Sakatin monimetalliesiinty-män kaivoshanke

YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTISELOSTUKSEN TÄYDENNYS

FCG Finnish Consulting Group Oy

14.3.2023

Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshanke
Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen täydennys

FCG Finnish Consulting Group Oy

Ulkoasu
FCG Finnish Consulting Group Oy

Kansikuva
AA Sakatti Mining Oy

Painopaikka
Grano Oy, Helsinki

Esipuhe

Tämä asiakirja täydentää Sodankylän kunnan alueelle suunnitellun Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen vuoden 2020 ympäristövaikutusten arviointiselostusta. Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen täydennyksen on laatinut FCG Finnish Consulting Group Oy AA Sakatti Mining Oy:n toimeksiannosta. Hankkeen työryhmään kuuluvat:

FCG Finnish Consulting Group Oy:n työryhmä		
Projektin johto		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli; vastuualueet YVA:ssa
Vahanne	Pasi	FL, rakennusgeologia (30 v.), johtava asiantuntija; projektipäällikkö, vaikutukset maa- ja kallioperään sekä pohjaveteen
Punkkinen	Henna	FM, ympäristögeologia (9 v.), ympäristöasiantuntija; projektikoordinaattori, laadunvarmistus
Pöyry	Emilia	DI, geoympäristötekniikka (18 v.), johtava asiantuntija; laadunvarmistus
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli; vastuualueet YVA:ssa
Kärkkäinen	Jari	FM, biologia (31 v.), johtava asiantuntija; vaikutukset eläimistöön ja suojelualueisiin sekä luonnon monimuotoisuuteen
Taavetti	Harri	Linnustoasiantuntija (11 v.), erityisasiantuntija; vaikutukset linnustoon
Nurminen	Marko	KTM, kansantaloustiede (17 v.), johtava asiantuntija; vaikutukset ilmastoon ja ilmanlaatuun
Lahin	Tuuli	LuK, maantiede (2 v.), nuorempi asiantuntija; paikkatieto- ja kartta-aineistot
FCG Finnish Consulting Group Oy:n alikonsultit		
Vesi-Eko Oy: Vaikutukset vesistöihin, vedenlaatuun, vesiekologiaan sekä vesieliöstöön		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Järvenpää	Kaisa	FM, ympäristötiede (5 v.), suunnittelija
Saarijärvi	Erkki	MMM, limnologia (23 v.), toimitusjohtaja
Ramboll Finland Oy: Vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Neumann	Antje	FM, biologia (18 v.), projektipäällikkö
YVA:n tausta-aineistoa tuottaneet tahot		
AFRY Finland Oy: Sulkemissuunnitelma		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Harju	Heli	DI, ympäristötekniikka (6 v.), ympäristöasiantuntija
Kettunen	Kaisa	DI, ympäristötekniikka (9 v.), ympäristöasiantuntija
Picken	Päivi	FT, geologia (26 v.), johtava asiantuntija
Wichmann	Anneli	FM, kemia (11 v.), vanhempi asiantuntija
AFRY Finland Oy: Vesitase ja vesienhallinta		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Haanpää	Kirsi	DI, ympäristötekniikka (14 v.), johtava asiantuntija, kaivosten vesienhallinta
Juholin	Piia	TkT, prosessitekniikka (10 v.), asiantuntija, vesienkäsittely

AFRY Finland Oy: Pintavesimallinnus		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Lauri	Hannu	DI, teknillinen fysiikka (29 v.), vanhempi asiantuntija
Lehtinen	Lotta	MMM, limnologia (19 v.), ympäristöasiantuntija
AFRY Finland Oy: Kaivannaisjätteet ja geokemia		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Picken	Päivi	FT, geologia (26 v.), johtava asiantuntija
Vaarasuo	Anne	FM, maantiede (14 v.), vanhempi asiantuntija
Wichmann	Anneli	FM, kemia (11 v.), vanhempi asiantuntija
AFRY Finland Oy: Pohjavesimallinnus		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Pentti	Elias	TkT, teknillinen fysiikka (12 v.), vanhempi asiantuntija
Eurofins Ahma Oy: Selvitys tulppaushankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura 2000 -alueeseen		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alata (vuosia), titteli
Hamari	Sami	FM, ekologia (20 v.), biologi
Lehmus	Stiina	FM, ekologia (3 v.), biologi
Heikkala	Osmo	MMT, ekologia (14 v.), ympäristöasiantuntija
Ramboll Finland Oy: Natura-arviointi 2022–2023		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Vauramo	Saara	FT, ympäristöekologia (10 v.), johtava asiantuntija
Mäkinen	Jussi	FM, ympäristöekologia (15 v), ympäristöasiantuntija
Koivulehto	Liisa	FM, hydrogeologi (6 v.), ryhmäpäällikkö
Ruohola	Jani	DI, vesitekniikka (5 v.), pohjavesiasiantuntija
Virta	Tiina	FM, ympäristötieteet (15 v.), ympäristöasiantuntija
Miettinen	Antti	FM, maantiede (15 v.), ympäristöasiantuntija
Rinne	Tomi	OTM, (30 v.), kiinteistö- ja ympäristölakimies
Itasca Denver Inc.: Pohjaveden virtausmallinnus		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli
Liu	Houmao	Ph.D. Civil Engineering (30 v.), Principal Hydrogeologist, General Manager
Mayerhoff	Steve	Ph.D. Hydrogeology (11 v.), Senior Hydrogeologist
Mitta Engineering Oy: Tekninen neuvonta kalliotilojen tiivistämisestä sekä sen käytännön toteutuksesta ja onnistumisesta		
Asiantuntijat		Koulutus ja kokemus alalta (vuosia), titteli, osaamisalue
Laitinen	Ilkka	DI (15 v.), ryhmäpäällikkö, kalliorakentaminen
Hannukainen	Lari	DI (7 v.), asiantuntija, kalliorakentaminen

Yhteystiedot

Hankkeesta vastaava:

AA Sakatti Mining Oy
Tuohiaavantie 2
99600 Sodankylä
p. 016 642 368

Vastuullisuusjohtaja Ulla Syrjälä
p. 040 480 1820
ulla.syrjala@angloamerican.com

YVA-konsultti:

FCG Finnish Consulting Group Oy
PL 950
00601 Helsinki
www.fcg.fi

Johtava asiantuntija Pasi Vahanne
p. 040 575 3132
pasi.vahanne@fcg.fi

Yhteysviranomainen:

Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
PL 8060
(Hallituskatu 3 B)
96101 Rovaniemi

Ylitarkastaja Leena Ruokanen
p. 029 503 7513
leena.ruokanen@ely-keskus.fi

Hankkeen YVA-asiakirjat ovat luettavissa sähköisesti osoitteessa:
https://www.ymparisto.fi/sakatinkaivosyva

Arviointiselostuksen täydennys on nähtävillä paperiversiona seuraavissa paikoissa ko. toimipisteiden aukioloaikoina:
Sodankylä kunta, Jäämerentie 1, 99600 Sodankylä
Sodankylän kunnankirjasto, Jäämerentie 1, 99600 Sodankylä
Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus), Hallituskatu 3 B, 96100 Rovaniemi

Sisällys

Yhteenveto 1

1 Johdanto 9

2 Hankkeen yleiskuvaus 12

2.1 Hankkeesta vastaava 12

2.2 Hankkeen tarkoitus 13

2.3 Hankkeen tausta 14

2.4 Sakatin esiintymän mineraalivarannot 15

2.5 Hankkeen sijainti ja alueen yleiskuvaus 16

2.5.1 Hankkeen sijainti 16

2.5.2 Hankkeen sijoittuminen suhteessa Viiankiaavan Natura 2000 -alueeseen 19

3 Tarkasteltavat vaihtoehdot 21

3.1 Hankesuunnitelman kehittyminen 21

3.1.1 AA Sakatti Mining Oy:n toimintatapa hankkeesta aiheutuvien haitallisten vaikutusten minimoimiseksi 21

3.1.2 YVA-ohjelmassa tarkastellut vaihtoehdot 26

3.1.3 YVA-ohjelman jälkeiset muutokset 27

3.1.4 YVA-selostuksen jälkeiset muutokset 28

3.2 Hankkeessa tarkasteltavien vaihtoehtojen kuvaus 28

3.2.1 Päävaihtoehtojen väliset erot 31

3.2.2 Alavaihtoehtojen väliset erot 32

3.2.3 Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät hankkeessa 33

3.3 Vaihtoehto VE0 41

3.4 Vaihtoehto VE1a 41

3.5 Vaihtoehto VE1b 44

3.6 Vaihtoehto VE2a 46

3.7 Vaihtoehto VE2b 49

3.8 Vaihtoehto VE3a 52

3.9 Vaihtoehto VE3b 55

4 Hankkeen tekninen kuvaus 58

4.1 Kaivoksen rakentaminen 63
4.1.1 Tieyhteys kaivosalueelle 63
4.1.2 Kaivoksen liittäminen sähköverkkoon 64
4.1.3 Kaivosalueen tekniset rakenteet 64
4.1.4 Vinotunnelit ja niiden louhinta 70
4.1.5 Avoimien kairareikien tulppaus 70
4.2 Kaivostoiminta 74
4.2.1 Malmin louhinta 75
4.2.2 Malmin esimurskaus ja kuljetus 77
4.2.3 Malmin rikastus ja rikasteen käsittely 78
4.2.4 Maanalaisen kaivoksen tiivistys- ja tuentamenetelmät 81
4.2.5 Tarvekivilouhos ja tarvekiven ympäristökarakterisointitutkimukset 87
4.3 Liikenne ja kuljetukset 91
4.4 Kaivoksen vesitase 91
4.4.1 Vesitase ja veden kierrätys 91
4.4.2 Mallinnustulokset 96
4.5 Vesien laatu 101
4.5.1 Rikastushiekka-alueen vedet 101
4.5.2 Prosessivesi 105
4.5.3 Kaivoksen kuivanapitovedet 106
4.5.4 Vesivarastoaltaan vesi 110
4.5.5 Kemikaalijäämät 111
4.5.6 Pintamaan sijoitusalueiden suotovesien laatu 112
4.5.7 Sivukivialueiden suotovesien laatu 112
4.5.8 Tarvekivilouhoksen vedet 113
4.5.9 Ainetaseen herkkyystarkastelu 115
4.6 Soveltuvat vesienkäsittelymenetelmät 115
4.6.1 Käsitellyn veden pitoisuudet ja vesistöön kohdistuvat kuormitukset 117
4.7 Toiminnassa muodostuvat kaivannaisjätteet 118
4.7.1 Sivukivet 121
4.7.2 Rikastushiekat 133
4.7.3 Pintamaat ja rakentamisen vuoksi poistettavat muut maa-ainekset 150

4.7.4 Selkeytysaltaiden pohjalietteet 152
4.7.5 Kaivannaisjätteiden ja jätealueiden luokittelu 152
4.7.6 Toiminnassa muodostuvat muut jätteet 153
4.7.7 Kaivoksen ympäristönsuojelurakenteet ja kaivannaisjätteiden hyötykäyttö 154
4.7.8 Rikastushiekan kuivaläjitys ja pölynhallintakeinot 160
4.8 Kemikaalien ja räjähdysaineiden käyttö sekä varastointi 163
4.8.1 Kemikaalit 163
4.8.2 Räjähdysaineet 166
4.9 Energia ja polttoaineiden käyttö 166
4.10 Sulkeminen 166
4.10.1 Sulkemissuunnittelun eteneminen 166
4.10.2 Tavoiteasettelu 166
4.10.3 Sulkemistarkastelun painopisteet 166
4.10.4 Osakohteiden sulkeminen 167
4.10.5 Sulkemisen jälkeiset veden laadut keskeisissä osakohteissa 171
4.11 Hankkeen toteuttamisaikataulu 178
4.12 Hankkeen liittyminen muihin hankkeisiin ja suunnitelmiin 179
4.13 Vaikutukset maankäyttöön ja maankäytön suunnitteluun 184
11 Vaikutukset maa- ja kallioperään 186
11.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus 187
11.1.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue 187
11.1.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät 187
11.1.3 Arvioinnin epävarmuustekijät 188
11.1.4 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suurusluokan arviointi 188
11.2 Nykytila 188
11.2.1 Nykytilan kuvaus 188
11.2.2 Vaikutuskohteiden herkkyys 207
11.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys 207
11.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 207
11.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 207
11.3.3 Sulkemisen vaikutukset 209
11.3.4 Vaikutusten merkittävyys 210

11.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 211
15 Vaikutukset ilmastoon ja ilmanlaatuun 213
15.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus 213
15.2 Nykytila 213
15.2.1 Nykytilan kuvaus 213
15.2.2 Nykytilan kuvaus 213
15.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys 216
15.4 Vaikutusten merkittävyys 216
15.5 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 216
16 Vaikutukset pohjaveteen 217
16.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus 224
16.1.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue 225
16.1.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät 226
16.1.3 Arvioinnin epävarmuustekijät 227
16.1.4 Vaikutuskohteiden herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi 228
16.2 Nykytila 230
16.2.1 Pohjavesialueet 230
16.2.2 Talousvesikaivot 235
16.2.3 Maaperän pohjavesi 236
16.2.4 Lähteet 238
16.2.5 Kalliopohjavesi 242
16.2.6 Pohjaveden pinnankorkeudet 242
16.2.7 Maa- ja kalliopohjaveden virtaussuunnat 253
16.2.8 Maaperän pohjaveden laatu 253
16.2.9 Kalliopohjaveden laatu 262
16.2.10 Viiankiaavan hydrogeologia 278
16.2.11 Vaikutuskohteiden herkkyys 279
16.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys 279
16.3.1 Pohjavesimallinnukset 279
16.3.2 Pohjaveden virtausmallinnusten soveltamismahdollisuudet eri hankevaihtoehdoissa 335
16.3.3 Pohja- ja suotovesien geokemiallinen mallinnus 339
16.3.4 Ilmastonmuutoksen vaikutus 346

16.3.5 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 347
16.3.6 Toiminnan aikaiset vaikutukset 357
16.3.7 Sulkemisen vaikutukset 367
16.3.8 Vaikutusten merkittävyys 371
16.3.9 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 373
16.3.10 Kaivostoiminnan vaikutukset vesienhoidon tavoitteisiin pohjavesialueilla 378
17 Vaikutukset vesistöihin ja vedenlaatuun 385
17.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus 386
17.1.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue 386
17.1.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät 389
17.1.3 Arvioinnin epävarmuustekijät 389
17.1.4 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi 390
17.2 Nykytila 391
17.2.1 Virtavedet 391
17.2.2 Suunnitellun kaivoksen lähialueen purot, norot ja ojat 402
17.2.3 Suunnitellun kaivoksen lähivaluma-alueen lammet ja järvet 414
17.2.4 Vesistöihin kohdistuva kuormitus 414
17.2.5 Järvet 430
17.2.6 Pohjasedimentit 431
17.2.7 Vaikutuskohteiden herkkyys 435
17.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys 438
17.3.1 Käsitteiden määrittely: pitoisuus ja pitoisuuden nousu Kitisessä 438
17.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 439
17.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 442
17.3.4 Sulkemistöiden aikaiset vaikutukset 484
17.3.5 Sulkemisen jälkeiset vaikutukset 484
17.3.6 Vaikutusten merkittävyys 484
17.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 488
18 Vaikutukset vesiekologiaan ja vesieliöstöön 489
18.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue 490
18.1.1 Vaikutusten muodostuminen 490
18.1.2 Vaikutusten tarkastelualue 490

18.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät 491
18.2.1 Kalastoseurannat ja kalataloushaastattelut 492
18.2.2 Sähkökoekalastukset 492
18.2.3 Kalojen metallipitoisuudet 493
18.2.4 Pohjaeläimet 493
18.2.5 Piilevät (päällyslevät) 494
18.2.6 Vesisammalet 494
18.2.7 Vaikutusarvioinnin toteutus 494
18.3 Arvioinnin epävarmuustekijät 494
18.4 Nykytila 495
18.4.1 Kalasto ja kalastus 495
18.4.2 Pohjaeläimet 500
18.4.3 Piilevät (päällyslevät) 504
18.4.4 Vesisammalet 506
18.5 Vaikutukset kalastoon ja kalatalouteen 508
18.5.1 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi 508
18.5.2 Vaikutusten arviointi 510
18.5.3 Kalastovaikutusten merkittävyys 512
18.6 Vaikutukset muuhun vesieliöstöön 513
18.6.1 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi 513
18.6.2 Vaikutusten arviointi 514
18.6.3 Vaikutusten merkittävyys 517
18.7 Yhteenveto vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä 519
18.8 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 520
19 Vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen 521
19.1 Johdanto 522
19.2 Tarkastelualue ja lähtötiedot 523
19.2.1 Tarkastelualue 523
19.2.2 Lähtötiedot 524
19.2.3 Arvioinnin epävarmuustekijät 528
19.3 Luontotyyppien ja kasvillisuuden nykytila 530
19.3.1 Kasvillisuusalue 530

19.3.2 Hankealueen ja lähialueen metsät 531
19.3.3 Hankealueen ja lähialueen suot 532
19.3.4 Hankealueen ja lähialueen joet, purot ja lammet 535
19.3.5 Lähteet ja pohjavesivaikutteiset suot 535
19.3.6 Rakentamisalueiden luontotyypit 539
19.3.7 Merkittävä kasvillisuus ja uhanalaislajisto 543
19.4 Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten arviointi 548
19.4.1 Vaikutusten muodostuminen 548
19.4.2 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi 551
19.4.3 Vaikutusten merkittävyys 553
19.4.4 Rakentamisen aikaiset vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen 553
19.4.5 Toiminnan aikaiset vaikutukset luontotyypeille ja kasvillisuudelle 565
19.4.6 Toiminnan lopettamisen jälkeiset vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen 581
19.4.7 Yhteenveto vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä 582
19.4.8 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 584
20 Vaikutukset linnustoon 587
20.1 Johdanto 588
20.2 Lähtötiedot ja tarkastelualue 588
20.2.1 Linnustoselvitysten menetelmät ja lähialueelle laaditut muut linnustoselvitykset 590
20.2.2 Arvioinnin epävarmuustekijät 600
20.3 Linnuston nykytila 600
20.3.1 Peräpohjolan pesimälinnuston yleispiirteet 600
20.3.2 Linnusto kaivoksen maanpäällisten rakenteiden alueella 601
20.3.3 Erilliskartoitusten tulokset 603
20.3.4 Suojelullisesti huomionarvoiset lajit 604
20.3.5 Rauhoitetut petolintulajit 607
20.3.6 Valtakunnallisesti uhanalaiset lajit 607
20.3.7 Alueellisesti uhanalaiset lintulajit 608
20.3.8 Lintudirektiivilajit 608
20.3.9 Kansainväliset vastuulajit 608
20.3.10 Linnusto Viiankiaavan Natura-alueella 608
20.3.11 Natura-alueen ja sen ulkopuolisen alueen linnuston vertailu 610

20.4 Lintuihin kohdistuvien vaikutusten arviointi 611
20.4.1 Linnustovaikutusten muodostuminen ja arviointimenetelmät 611
20.4.2 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi 616
20.4.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 618
20.4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset 624
20.4.5 Vaikutukset suojelullisesti huomionarvoiseen lajistoon 628
20.4.6 Vaikutukset muuttolinnustoon 631
20.4.7 Sulkemisen jälkeiset vaikutukset 631
20.4.8 Vaikutukset ja niiden merkittävyys 631
20.5 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 633
21 Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten arviointi 635
21.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue 636
21.1.1 Eläimistövaikutusten muodostuminen 636
21.1.2 Rakentaminen 636
21.1.3 Rakentamis- ja toimintavaiheessa ilmenevät häiriövaikutukset 637
21.1.4 Toiminnan aikaiset hydrologiset vaikutukset 637
21.1.5 Lopettamisen aikaiset vaikutukset 637
21.1.6 Luontovaikutusten tarkastelualue 637
21.1.7 Arvioinnin epävarmuustekijät 639
21.2 Lähtötiedot 640
21.2.1 Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset 641
21.2.2 Jokihelmisimpukka 643
21.2.3 Jättisukeltaja 644
21.2.4 Lettosiemenkotilo 644
21.2.5 Saukko 644
21.2.6 Lepakot 645
21.2.7 Viitasammakko 645
21.2.8 Riista- ja petoeläimet 647
21.3 Eläimistön nykytila 647
21.3.1 Luontodirektiivin liitteen II ja IV(a) lajit 647
21.3.2 Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset 652
21.3.3 Muu eläimistö 656

21.4 Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten arviointi ja vaikutusten merkittävyys 656
21.4.1 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi 656
21.4.2 Vaikutusten merkittävyys 658
21.4.3 Rakentamisenaikaiset vaikutukset 659
21.4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset 673
21.4.5 Sulkemisen aikaiset vaikutukset 675
21.5 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 676
21.6 Yhteenveto vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä 676
22 Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen 679
22.1 Johdanto 679
22.2 Luontoarvojen turvaaminen 679
22.3 Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen 684
22.4 AA Sakatti Mining Oy:n sitoutuminen nettopositiiviseen vaikutukseen luonnon monimuotoisuuden osalta 690
23 Vaikutukset Natura-alueisiin ja suojelualueisiin 691
23.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue 691
23.1.1 Vaikutusten muodostuminen 691
23.1.2 Vaikutusten tarkastelualue 692
23.1.3 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät 692
23.2 Nykytila 695
23.3 Vaikutusten arviointi ja vaikutusten merkittävyys 698
23.3.1 Viiankiaavan Natura-alue (FI1301706) 701
23.3.2 Muut Natura-alueet ja suojelukohteet 715
23.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen 721
23.5 Arvioinnin epävarmuustekijät 722
23.5.1 Laji- ja luontotyyppitietojen ajantasaisuus 722
23.5.2 Hydrologiset vaikutukset 722
23.5.3 Tiivistysmenetelmiin liittyvät epävarmuustekijät 724
23.5.4 Pölyn vaikutukset 724
23.5.5 Tärinän vaikutukset 724
23.5.6 Melun vaikutukset 724
23.6 Johtopäätökset 724
28 Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa 726

28.1 Valtatie 5:n uusi linjaus Sodankylän taajaman kohdalla 727
28.2 Soklin kaivoshanke 727
28.3 Pahtavaaran kaivos ja Ikkarin kaivoshanke 727
28.4 Kemijärven biojalostamo 728
28.5 Jäämeren rata 729
28.6 Lapin tunturirata 729
29 Yhteenveto ja vaihtoehtojen vertailu 730
30 Hankkeen toteuttamiskelpoisuus 757
30.1 Tekninen toteuttamiskelpoisuus 757
30.2 Yhteiskunnallinen toteuttamiskelpoisuus 759
30.3 Ympäristöllinen toteuttamiskelpoisuus 760
30.4 Sosiaalinen toteuttamiskelpoisuus 762
32 Hankkeen vaikutusten seuranta 764
32.1 Vesistöt 764
32.2 Pohjavesi 765
32.3 Melu 766
32.4 Ilmanlaatu 766
32.5 Biologinen seuranta 767
32.6 Porotalous 768
32.7 Aluetalous 768
32.8 Sosiaaliset vaikutukset 768
32.9 Kompensaatiotoimet 768
Lähteet 769

Liitteet

1. Tiivistelmä
2. YVA-selostuksen täydennyksessä käytetyt termit, lyhenteet ja yksiköt
3. Sakatin kaivoshankkeen hankevaihtoehtojen kartat
4. AA Sakatti Mining Oy YVA-selostus 30.11.2020. Puutteellisen arviointiselostuksen täydentäminen, Sakatin monimetallikaivos, Sodankylä. Yhteysviranomaisen ilmoitus täydennystarpeesta, LAPELY/3385/2017, 12.4.2021
5. Yhteysviranomaisen antaman ilmoituksen YVA-selostuksen täydennystarpeesta huomioiminen YVA-selostuksen täydennyksessä
6. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen vaikutukset Viiankiaavan Natura 2000 -alueeseen, Ramboll Finland Oy 2023

7. Luontokarttasarjat
8. Pohja- ja pintavesien tarkkailutulokset sekä pohjaveden havaintopisteiden sijaintikartat
9. Sakatin kaivoshankkeen pohjaveden virtausmallinnus, Itasca Denver Inc. 2023
10. Sakatin kaivoshanke, Ympäristövaikutusten arviointi, Kaivoksen vesitase, AFRY Finland Oy 2023
11. Yhteenveto kaivannaisjätteiden karakterisoinnista sekä kaivosalueen vesien laatuarvioinnista, AFRY Finland Oy 2023
12. Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin jokimallin avulla arvioituna, AFRY Finland Oy 2023
13. Rikastushiekan kuivaläjitys - Yhteenveto referensseistä ja pölynhallintakeinoista, AFRY Finland Oy 2022
14. Tiivistys- ja tuentamenetelmät Sakatin maanalaisessa kaivoksessa, AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022
15. Sakatin kaivos, sulkemissuunnitelma, AFRY Finland Oy 2023
16. Vain viranomaiskäyttöön: Erityisesti suojeltavat lajit ja metson soidinpaikat – Viranomaisliite

Yhteenveto

Sakatti on eräs maailman merkittävimpiä hyödyntämättömiä nikkeli-kupariesiintymiä. Anglo American -konserniin kuuluva AA Sakatti Mining Oy suunnittelee sen hyödyntämistä vihreän siirtymän tarpeisiin. Sakatin esiintymä sijaitsee Sodankylässä Viiankiaavan Natura 2000 -alueen ja soidensuojelualueen länsilaidalla, syvällä suon alla. Hankkeessa on tarkoitus louhia malmi maanalaisesta kaivoksesta ja rikastaa se, jolloin päätuotteina ovat joko erilliset kupari- ja nikkelirikasteet tai yhteisrikaste. Monimetalliesiintymän nyt tunnetut mineraalivarannot ovat noin 44,4 miljoonaa tonnia. Malmin suunniteltu louhintamäärä on noin 1,25–2,2 miljoonaa tonnia vuodessa ja kaivoksen toiminta-aika on noin 20 vuotta. Rikasteiden arvioitu tuotantomäärä tulee olemaan yhteensä keskimäärin 250 000 tonnia vuodessa ja tuotannon vaihteluväli 150 000–500 000 tonnia vuodessa. Sivutuotteina saadaan myös platinaa, palladiumia, kuparia, kobolttia, kultaa ja hopeaa. Sakatin kaivoksen rakentaminen alkaa aikaisintaan vuonna 2026 ja kaivostoiminta noin vuonna 2030.

YVA-menettely

Sakatin kaivoshankkeen YVA-menettely käynnistyi vuoden 2018 tammikuussa, kun YVA-ohjelma jätettiin yhteysviranomaisena toimivalle Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle (Lapin ELY-keskus). YVA-selostus jätettiin yhteysviranomaiselle marraskuun lopussa 2020. Lapin ELY-keskus ilmoitti 12.4.2021 YVA-selostuksen täydennystarpeesta ympäristövaikutusten arviointiselostuksen puutteellisuuden vuoksi (LAPELY/3385/2017). Tämä YVA-selostuksen täydennysasiakirja on laadittu vastaamaan yhteysviranomaisen täydennyspyynnössään esiin nostamiin seikkoihin perustellun päätelmän teon mahdollistamiseksi. YVA-selostus ja siitä annettu yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä otetaan huomioon myöhemmässä päätöksenteossa ja lupaharkinnassa.

Tarkasteltavat vaihtoehdot

Sakatin YVA-menettelyssä on tarkasteltu kolmea vaihtoehtoista toteutusmallia, joiden erot koskevat pääasiassa kaivoksen sisäänkäynnin toteutusta sekä louhitun malmin siirtämiseen liittyviä ratkaisuja. Toteutettava vaihtoehto voi olla myös yhdistelmä arvioiduista vaihtoehdoista. Hankkeessa on myös muihin asioihin liittyviä vaihtoehtoisia toteutustapoja, kuten matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa, raakaveden otto- ja ylijäämävesien purkupaikka sekä kaivokselle johtavan yhdystien ja uuden sillan sijaintipaikat. Vaihtoehdot on kuvattu seuraavassa taulukossa.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Kaivoksen sisäänkäynti	Ei toteuteta	Läntinen Kuusivaara	Pahanlaaksonmaa, esiintymän lounaispuolella	Pahanlaaksonmaa, esiintymän pohjoispuolella
Tehdasalue, altaat ja sijoitusalueet	Ei toteuteta	Läntinen Kuusivaara	Itäinen Kuusivaara	Pohjoinen Kuusivaara
Pastalaitos	Ei toteuteta	Maanalainen	Pahanlaaksonmaa	Pahanlaaksonmaa
Rikastushiekka-alueiden sijainti	Ei toteuteta	Itäinen Kuusivaara	Läntinen Kuusivaara	Läntinen Kuusivaara
Malmin maanpäällinen kuljetin	Ei toteuteta	Malmi maan pinnalle Kuusivaarassa, lyhyt hihnakuljetin	Hihnakuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara	Hihnakuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara

	VE0	VE1	VE2	VE3
Maanalaisen vinotunnelin toteutustapa	Ei toteuteta	Yhdystunneli (toteutetaan jatkuvatoimisella tunneliporauksella tai perinteisellä räjäytyslouhinnalla)	**Alavaihtoehto a**: Spiraalivinotunneli (toteutetaan perinteisellä räjäytyslouhinnalla), edellyttää nostokuilun ja -tornin	
			Alavaihtoehto b: Mutkavinotunneli (toteutetaan perinteisellä räjäytyslouhinnalla)	
Rikastushiekan läjitystapa	Ei toteuteta	**Alavaihtoehto a**: Rikastushiekka läjitetään kuivaläjityksenä		
		Alavaihtoehto b: Rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä		
Yhdystie ja silta	Ei toteuteta	**Alavaihtoehto a**: Eteläinen yhdystievaihtoehto: Rakennetaan uudet sillat Kitisen sekä Kelujoen yli, jolloin yhdystie liittyy Sodankylän itäpuolella valtatien 5 uuteen linjaukseen		
		Alavaihtoehto b: Pohjoinen yhdystievaihtoehto: yhdystie liittyy valtatiehen 4 Myllyojan pohjoispuolella ja Kitisen yli rakennetaan uusi silta		

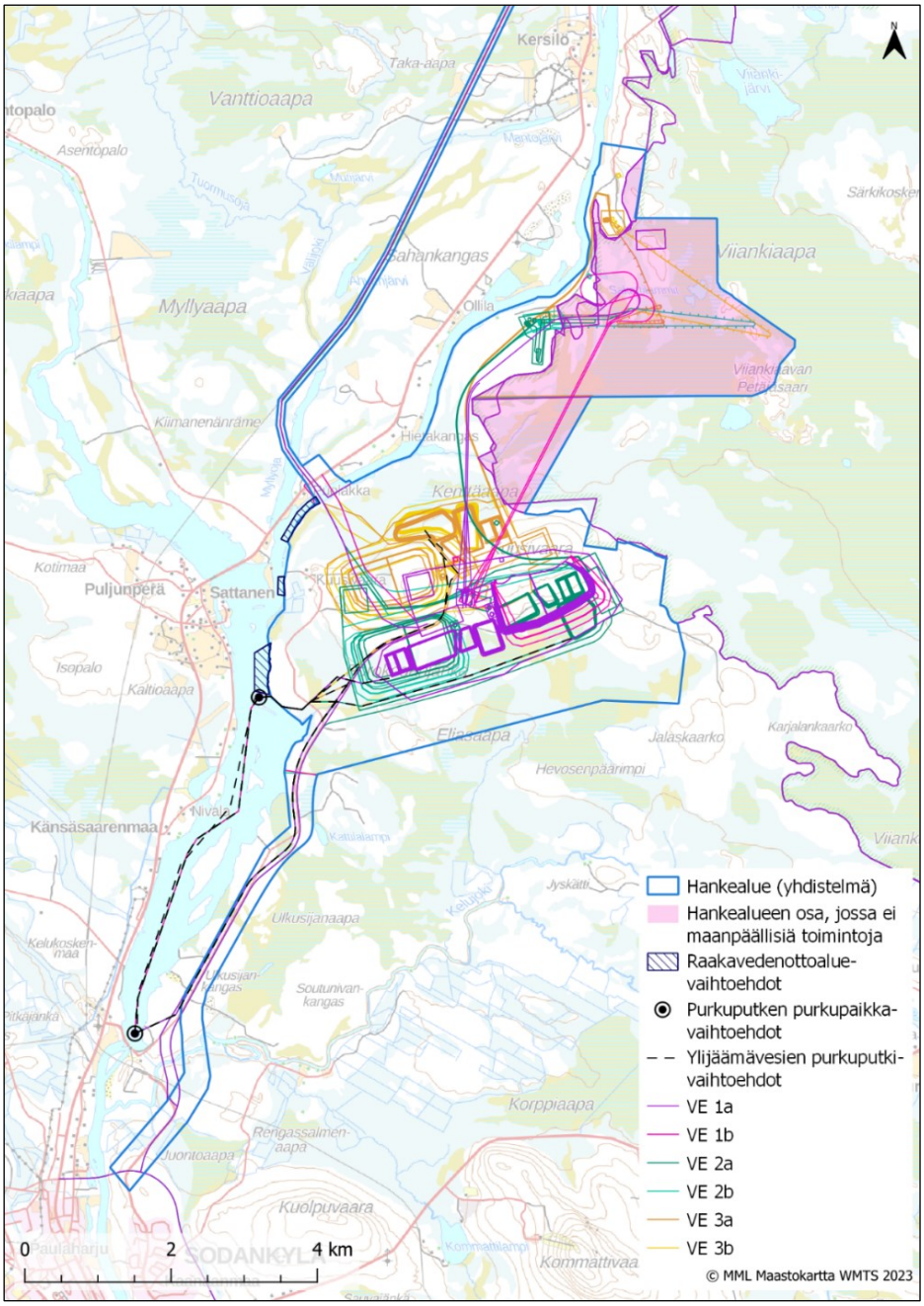
Sakatin kaivoshanke käsittää maanalaisen kaivoksen toiminnan sekä maan päällä tapahtuvan malmin rikastamisen, muodostuvien jätteiden ja vesien käsittelyyn liittyvät toiminnot, kaivosalueen tekniset perusrakenteet ja muut vaadittavat tukitoiminnot. Kaivoksen maanpäällinen tehdasalue sijoittuu suurelta osin Viiankiaavan länsipuolella sijaitsevalle Kuusivaaran alueelle, suojelualueen ulkopuolelle. Myös kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu suojelualueen ulkopuolelle. Alueelle sijoitetaan kaikki tuotannon vaatimat toiminnot, kuten rikastamo oheistoimintoineen, sijoitusalueet sivukiville, rikastushiekoille sekä pintamaille, tarvekivilouhos, lämpölaitos, vesienkäsittelyrakenteet ja -altaat, kuljettimet, polttoaineen jakeluasema sekä huolto-, varasto- ja toimistotilat. Lisäksi alueelle rakennetaan tekniset perusrakenteet, kuten sisäiset tiet ja sähköverkko. Hankevaihtoehdossa VE1 malmi siirretään rikastamolle vinotunnelia pitkin. Hankevaihtoehdoissa VE2 ja VE3 Kuusivaaran pohjoispuolella sijaitsevalle Pahanlaaksonmaalle rakennetaan nostotorni ja kuilunostin. Pastalaitos sijoittuu hankevaihtoehdon mukaan joko maanalaiseen kaivokseen tai Pahanlaaksonmaalle. Tehdasalueelle rakennetaan myös vesi- ja viemäriverkostot ja se liitetään Sodankylän kunnan vesijohto- ja viemäriverkostoihin. Kaivoksen aluesuunnittelun tavoitteena on sijoittaa kaivoksen toiminnot mahdollisimman lähelle toisiaan, jotta välimatkat ovat lyhyitä ja kaivoksen vaatima maa-ala pysyy mahdollisimman pienenä. Viiankiaavan suojelualueelle ei sijoiteta mitään maanpäällisiä rakenteita, vaan kaikki toiminta tapahtuu syvällä maanpinnan alapuolella. Suojelualueen alapuolelle sijoittuvan hankealueen laajuus on 602–739 hehtaaria riippuen hankevaihtoehdosta, mikä on noin 9–11 % Viiankiaavan Natura-alueesta.

Kaivoksen raakaveden otto tapahtuu Kitisestä Kuusivaaran länsipuolelta, vaihtoehtoisesti joko Kuusivaarankummun, Kuusivaarannivojen tai Kotisuvannon kohdalta, josta raakavesi johdetaan putkilinjaa pitkin rikastamolle. Kaivoksen toiminnassa muodostuva ylijäämävesi käsitellään ennen johtamista Kitiseen. Puhdistetut ylijäämävedet puretaan Kelukosken altaaseen kaivosalueesta alavirtaan, joko Porokota-nimiseen purkupaikkaan (A) tai Kelukoskelle (B). Ensimmäisessä vaihtoehdossa purkuputki rakennetaan tehdasalueelta Kitisen rantaan, jossa se upotetaan noin 300 metrin osuudelta Kitisen pohjaan, jälkimmäisessä vaihtoehdossa purkuputki rakennetaan joko maanalaisena tehdasalueelta eteläisen yhdystien yhteyteen tai upotetaan Kitisen pohjaan noin 5,3 kilometrin matkalla.

Maantien ja kaivoksen välille rakennettavalle yhdystielle on kaksi vaihtoehtoa. Eteläisessä vaihtoehdossa rakennetaan uusi silta Kelujoen yli ja yhdystie liittyy Sodankylän itäpuolella valtatien 5 uuteen linjaukseen. Pohjoisessa vaihtoehdossa yhdystie liittyy valtatiehen 4 Myllyojan pohjoispuolella ja

Kitisen yli rakennetaan uusi silta. Tuotetut rikasteet kuljetetaan maanteitse tai maantie-/rautatie-kuljetuksina jatkojalostukseen. Kaivos liitetään kantaverkkoon rakentamalla uusi 25 kilometrin pituinen 110 kilovoltin voimajohto Kitisen länsipuolelle Vajukosken kytkinasemalta Kuusivaaran tehdasalueen uudelle sähköasemalle.

Seuraavassa kuvassa on esitetty arvioitavat hankevaihtoehdot yhdistettynä yhteen kuvaan. Hankealueena on esitetty eri hankevaihtoehtojen yhdistelmästä syntyvä laajin rajaus.



Tekninen kuvaus

Sakatin kaivoksen rakentaminen aloitetaan louhimalla joko perinteisesti poraus-panostusmenetelmällä tai tunneliporalla maan päältä kulkuyhteys eli vinotunneli maan alla sijaitsevalle esiintymälle. Sakatin kaivos sijoittuu Viiankiaavan länsilaitaan maanpinnan alapuolelle, jossa pääesiintymän ylimmät rakenteet alkavat noin 250 metrin syvyydestä. Esiintymä jatkuu siitä alaspäin ulottuen ainakin 1 200 metrin syvyyteen. Pääesiintymästä koilliseen on pienempi, lähempänä maanpintaa sijaitseva satelliittiesiintymä NE, joka alustavan louhintasuunnitelman mukaan sijaitsee lähimmillään noin 80 metrin syvyydellä maanpinnasta. Malmi louhitaan maanalaisena louhintana käyttäen välitaso- ja pengerlouhinnan eri sovelluksia. Käytännössä malmiesiintymä jaetaan eri tasoilla oleviin erillisiin louhoksiin. Louhinta etenee alhaalta ylöspäin louhos kerrallaan. Käytettävät menetelmät ovat lyhytreikätäyttölouhinta -menetelmä, pitkäreikälouhinta -menetelmä sekä näiden yhdistelmä. Louhittu malmi murskataan maanalaiseen kaivokseen rakennettavalla esimurskaamolla, joka sijaitsee noin 450 metriä maanpinnan alapuolella. Esimurskauksen jälkeen malmi nostetaan kaivoksesta maan päälle hankevaihtoehdon mukaan joko hihnakuljettimella tai kuilunostimella, josta se siirretään edelleen hihnakuljettimilla Kuusivaaran tehdasalueelle katettuun malmin välivarastoon.

Sakatin rikastusprosessissa käytettävät menetelmät ovat murskaus, jauhatus, luokitus, vaahdotus, painovoimainen erotus ja magneettierotus sekä tuotteiden vedenpoisto. Mahdollisesti malmimurskeelle voidaan tehdä sensoripohjaista poimintaa. Rikastuksessa käytettävät pääkemikaalit ovat natriumkarbonaatti, rikkihappo, kalsiumhydroksidi, polysakkaroidi ja kaliumamyyliksantaatti. Vaahdotuksen ja magneettierotuksen avulla malmista tuotetaan myös jalometalleja sisältävää nikkeli-kupari-yhteisrikastetta, joka mahdollisesti jaetaan kahdeksi lopputuotteeksi eli kuparirikasteeksi (Cu-rikaste) ja nikkelirikasteeksi (Ni-rikaste).

Maanalaiseen kaivokseen muodostuvat tyhjät louhostilat täytetään toiminnan edetessä. Kaivostäyttöinä käytetään sivukivi- ja rikastushiekkajakeita, jolloin maan päälle tarvittava läjityskapasiteetti pienenee. Kaivostäyttöissä käytettävä, pasta, valmistetaan kaivokselle rakennettavalla pastalaitoksella, jossa rikastushiekka sakeutetaan ja siihen sekoitetaan sementtiä. Louhokset täytetään pääasiassa kovettuvalla kaivostäytöllä käyttäen ensisijaisesti pasta-kivimursketäyttöä, mutta myös pelkkää pastatäyttöä voidaan käyttää. Mahdollisten pastan valmistuskatkosten aikana louhokset täytetään kovettuvalla sivukivitäytöllä. Pelkällä sivukivellä tehtyä täyttöä käytetään vain poikkeustilanteissa.

Tämänhetkisen suunnitelman mukaan louhittavan sivukiven kokonaismäärä koko toiminnan aikana on noin 8,8 miljoonaa tonnia. Kaivoksen toiminnassa muodostuu sekä korkea- että matalarikkistä sivukiveä. Kaikki toiminnassa muodostuva sivukivi hyödynnetään käyttämällä sitä kaivostäytön materiaalina sekä soveltuvin osin kaivoksen rakennusmateriaalina. Tällöin tarvittavat sivukiven sijoitusalueet Kuusivaaran tehdasalueella ovat väliaikaisia.

Sakatin malmin rikastusprosessissa muodostuu rikasteiden lisäksi sekä matala- että korkearikkistä rikastushiekkaa. Koko toiminta-aikana muodostuvan rikastushiekan määräksi on arvioitu 31,1–36,4 miljoonaa tonnia, josta 85–88 % on matalarikkistä ja 12–15 % korkearikkistä rikastushiekkaa. Kaikki toiminnassa syntyvä korkearikkinen rikastushiekka ja osa matalarikkisestä rikastushiekasta käytetään kaivostäyttöön valmistettavan pastan materiaalina. Korkearikkinen rikastushiekka tarvitsee siten vain väliaikaisen varastoaltaan tuotannon alkuvaiheeseen. Tyhjien louhosten täyttämiseen

käytettävän pastan valmistus aloitetaan noin kahden vuoden kuluttua rikastamon käynnistämisestä, jonka jälkeen korkearikkinen rikastushiekka ohjataan suoraan pastalaitokselle. Matalarikkinen rikastushiekka tullaan läjittämään Kuusivaaran alueelle valitun hankevaihtoehdon mukaan joko märkä- tai kuivaläjityksenä. Tämänhetkisen arvion mukaan puolet kaikesta rikastushiekasta hyödynnetään kaivostäytöissä ja puolet varastoidaan rikastushiekka-alueelle.

Rikastushiekka-altaan patorakenteet rakennetaan sivukivestä ja moreenista. Pohjarakenne koostuu esimerkiksi seuraavista kerroksista: kuivatuskerros salaojaputkineen, pohjakerros (hiekka), tiivistyskerros (HDPE-muovikalvo) ja kuivatus-/suojakerros (hiekka).

Kuivaläjityksessä rikastushiekka painesuodatetaan, jolloin rikastushiekasta muodostuu suodinkuiva (noin 15–18 % kosteus) ”rikastushiekkakakku”, joka kuljetetaan hihnakuljettimilla välivarastolle. Sieltä se kuljetetaan kaivoskuorma-autoilla rikastushiekka-alueelle ja läjitetään ja tiivistetään mekaanisesti. Kuivaläjityksen rikastushiekka-alue koostuu kahdesta rinnakkaisesta osasta, mikä mahdollistaa vaiheittaisen rakentamisen ja sulkemisen. Kuivaläjitysalue suunnitellaan suljetun vesikierron järjestelmäksi, missä kaikki rikastushiekan kanssa kosketuksissa olevat vesijakeet kerätään ja kierrätetään takaisin prosessiin. Prosessivesien ja luonnonvesien erillään pitäminen on selkeämpää kuin perinteisellä rikastushiekka-altaalla. Toiminnan aikaista pölyämistä voidaan hallita tiivistämällä rikastushiekka läjityksen yhteydessä, vaiheittaisella maisemoinnilla ja vesisumutuksella. Kuivaläjitysvaihtoehdossa rakennetaan ensimmäisessä vaiheessa matalampi reunapato, jota korotetaan kahdessa vaiheessa varastointitarpeen kasvaessa.

Märkäläjityksessä sakeutettu rikastushiekkaliete pumpataan yksiosaiseen rikastushiekka-altaaseen, jonne se levitetään tasaisesti käyttämällä usean purkuputken yhdistelmää (spigotointi). Tällöin rikastushiekka laskeutuu altaan pohjalle ja selkeytynyt vesi pumpataan selkeytysaltaan kautta vesivarastoaltaalle. Samalla läjitysalueen pinta pysyy märkänä mahdollisimman laajalta alueelta, mikä vähentää rikastushiekka-altaalla tapahtuvaa pölyämistä. Jos rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä, rikastushiekka-alue patoineen rakennetaan yhdessä vaiheessa. Märkäläjitysvaihtoehdossa rikastushiekka-alueelta kerättävien ja kaivoksen vesikiertoon johdettavien vesien määrä on suurempi kuin kuivaläjityksessä, koska lietteen vesipitoisuus on korkeampi kuin kuivaläjitetyn ”rikastushiekkakakun”.

Kuusivaaran tehdasalueelle perustetaan rakentamisvaiheessa tarvekivilouhos, jolla turvataan riittävä kiviaineksen saanti kaivoksen rakentamisen tarpeisiin. Tehdasalueella Kuusivaaran etelärinteen pintamaiden sijoitusalueella erotellaan ja varastoidaan myöhempää käyttöä varten maakerrokset, jotka poistetaan alueelta ennen rakentamisen aloittamista ja rakentamisen aikana.

Kaivoksen raakavedenotto pyritään minimoimaan ja vettä kierrätetään kaivoksen vesikierroissa niin paljon kuin mahdollista, mikä vähentää ylijäämävesien purkutarvetta. Vesitaseen merkittävimpiä komponentteja on maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden määrä, jota voidaan vähentää mm. erilaisia kalliotilojen tiivistysmenetelmiä soveltaen. Kaikkien toimintojen alueilta tulevat valumavedet kerätään ja otetaan osaksi kaivoksen vesikiertoa. Toiminta-alueen ulkopuoliset puhtaat valumavedet pidetään erillään kaivosalueen vesistä alueelle rakennettavilla niskaojituksilla. Maanalaisen kaivoksen kuivanapitovedet johdetaan maanpinnalle erilliseen keräilyaltaaseen, josta ne edelleen johdetaan kaivoksen vesikiertoon. Vesien kierrätykseen, käsittelyyn ja keräilyyn liittyen tehdasalueelle

rakennetaan mm. seuraavat altaat: hulevesien keräilyallas, prosessiveden vara-allas, rikastushiekka-alueen vesien laskeutusallas, jätevesien poistoallas, kaivoksen kuivanapitovesien laskeutusallas sekä suurimpana vesivarastoallas. Vesialtaiden yhteistilavuus on noin 736 000 m^3. Vesivarastoaltaalta Kitiseen purettava vesi käsitellään aktiivisessa vesienkäsittelyprosessissa ennen johtamista pois kaivosalueelta. Metallien osalta todennäköinen prosessi on saostusprosessi hydroksidisaostuksena. Koska typpikuormitus on pääosin peräisin louhintaan käytettävistä räjähteistä, ja se päätyy kaivoksen kuivanapitovesiin, erillinen typenpoisto järjestetään tarvittaessa näille vesille. Vesienkäsittelyssä hajotetaan myös ksantaatit. Vesivarastoaltaalta puretaan ylijäämävesiä Kitiseen vuodessa 0,65–1,5 Mm^3.

Valtaosa kaivoksella käytettävistä kemikaaleista liittyy malmin rikastukseen ja vedenpuhdistukseen. Malmin rikastuksessa käytetään erilaisia kokooja-, vaahdotus-, aktivointi-/painaja-, säätö- ja sakeutuskemikaaleja. Kaivoksella tullaan käyttämään pääsääntöisesti paikalla sekoitettavaa, pumpattavaa emulsioräjähdysainetta, joka koostuu emulsiomatriisista ja kaasutusliuoksesta. Emulsioräjähdysainetta käytetään keskimäärin noin 1 000 t/v.

Sakatin kaivos on tarkoitus toteuttaa sähköisenä ja vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista sähköistämällä mahdollisimman suuri osa työkoneista. Toteutettaessa kaivos sähköisenä, tarvittavan poltto- ja dieselöljyn kokonaismäärä kaivoksen toimintavaiheessa on alle sadasosa perinteisesti toteutettuun kaivokseen verrattuna. Maanpäällisten rakennusten lämmitystä varten alueelle rakennetaan noin 4 MW:n lämpölaitos, ja lisäksi sillä pystytään lämmittämään maanalaisen kaivoksen tarvitsema raitisilma. Lämpölaitoksessa käytetään polttoaineena haketta arvion mukaan noin 4 860 t/v.

Sakatin kaivoksen eri toiminnoille on laadittu alustavat sulkemisratkaisut Anglo Americanin ja International Council on Mining & Metals -järjestön (ICMM) periaatteiden sekä EU:n kaivannaisjätedirektiivin ja kansallisen kaivannaisjäteasetuksen mukaisesti. Päätavoitteena on varmistaa alueen yleinen turvallisuus ja ettei alueelle kohdistuva kuormitus vaaranna ympäristöä tai terveyttä. Käytöstä poistuvat alueet palautetaan luonnonympäristöksi tai muuhun maankäyttöön. Sulkemisen aikana maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen annetaan täyttyä vedellä. Sitä ennen maanalaisista tiloista poistetaan laitteistoa ja kalustoa, asennetaan tarvittaessa välisulkuja rajoittamaan veden liikettä kaivoksen eri osien välillä ja kaivokseen pääsy estetään. Tarvekivilouhos luiskataan ja aidataan alueen turvallisuuden varmistamiseksi. Matalarikkisen rikastushiekka-alueen suotovesien vaikutuksia pohja- ja pintavesiin pystytään hallitsemaan tiiviillä pohjarakenteella. Peiterakenteet suunnitellaan teknisesti toimiviksi ja alueelle annetaan ajan myötä muodostua vaihteleva, luonnonmukainen kasvillisuus. Tehdasalueen rakennukset puretaan ja materiaalit kierrätetään tai käsitellään rakennusjätteenä. Alueelta poistetaan ja mahdollisuuksien mukaan kierrätetään kaikki tarpeettomat rakenteet, kemikaalit, räjähdysaineet, sähkölaitteet, työkoneet ja jätteet.

Kaivoksen kuivanapitovesien määrän rajoittaminen

Sakatin kaivoshankkeen YVA-selostusta koskevassa täydennyksessä tarkastellaan kahta realistista pohjaveden virtausmallinnusskenaariota, joiden ympäristövaikutukset arvioidaan. Käsiteltävät pohjaveden virtausmallinnusskenaariot ovat:

80 % tiivistysskenaario (80 % injektointitehokkuus)

Skenaariossa oletetaan, että vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenteet injektoidaan. Injektointitehokkuuden on oletettu olevan 80 %.

65 % tiivistysskenaario (65 % injektointitehokkuus)

Skenaariossa oletetaan, että vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenteet injektoidaan. Injektointitehokkuuden on oletettu olevan 65 %.

Molemmat skenaariot sisältävät myös kaivostäytön käytön. Kaivostäytölle on käytetty maltillista vedenjohtavuusarvoa 80 % tiivistysskenaariossa ja 65 % tiivistysskenaariossa korkeaa vedenjohtavuusarvoa.

Uutena lievennystoimenpiteenä eli ns. välttämistoimenpiteenä, pohjavedenpinnan alenemisen pienentämiseksi, on päädytty tarkastelemaan myös satelliittiesiintymän NE poisjättämistä kaivossuunnitelmasta. Sen seurauksena louhinta keskittyisi kaivoksen toimintavuosina vain pääesiintymän alueelle.

Tehdyt päivitykset ja tarkasteltavat vaikutukset

Täydennyspyynnön perusteella on tähän täydennysasiakirjaan täsmennetty ja täydennetty hankkeen yleiskuvausta (Luku 2), tarkasteltavia vaihtoehtoja (Luku 3), hankkeen teknistä kuvausta (Luku 4), vaikutuksia maa- ja kallioperään (Luku 11), vaikutuksia ilmastoon ja ilmanlaatuun (Luku 15), vaikutuksia pohjaveteen (Luku 16), vaikutuksia vesistöihin ja vedenlaatuun (Luku 17), vaikutuksia vesiekologiaan ja vesieliöstöön (Luku 18), vaikutuksia luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen (Luku 19), vaikutuksia linnustoon (Luku 20), vaikutuksia eläimistöön ja hyönteislajistoon (Luku 21), vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen (Luku 22), vaikutuksia Natura-alueisiin ja suojelualueisiin (Luku 23), yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa (Luku 28), yhteenvetoa ja vaihtoehtojen vertailua (Luku 29), hankkeen toteuttamiskelpoisuutta (Luku 30) sekä hankkeen vaikutusten seurantaa (Luku 32). Vaikutukset on arvioitu osin uudelleen uuden lähtöaineiston perusteella. Seuraavaan taulukkoon on koottu yhteenveto uudelleen tehtyjen vaikutusarviointien tuloksista.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta **0**	Vähäinen myönteinen **+**	Kohtalainen myönteinen **+ +**	Suuri myönteinen **+ + +**

Vaikutuksen kohde	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Maa- ja kallioperä	**0**	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Pohjavesi							
Hankealue	**0**	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Pohjavesialueet	**0**	- - -	- -	- - -	- - -	- - -	- - -
Lähteet	**0**	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Vesistöt ja vedenlaatu							
Kelukosken allas	**0**	-	-	-	-	-	-

Vaikutuksen kohde	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Kitisen alajuoksu	0	0	0	0	0	0	0
Lähivaluma-alue	0	-	-	-	-	-	-
Sakattilammit	0	--	--	--	--	--	--
Vesiekologia ja vesieliöstö							
Kalat	0	-	-	-	-	-	-
Pohjaeläimistö ja piilevät Kitinen	0	0	0	0	0	0	0
Pohjaeläimistö ja piilevät lähivaluma-alue	0	-	-	-	-	-	-
Pohjaeläimistö ja piilevät lähivaluma-alue (Sakattilammit)		--	--	--	--	--	--
Luonto							
Luontotyypit ja kasvillisuus							
• *tavanomainen kasvillisuus ja yleiset metsä- ja suotyypit*	0	-	-	-	-	-	-
• *huomionarvoinen kasvillisuus ja sammallajisto*	0	---	---	---	---	---	---
• *arvokkaat puustoiset luontotyypit*	0	-	-	-	-	--	--
• *arvokkaat suoluontotyypit*	0	---	---	---	---	---	---
• *pienvedet ja lähteikköluontotyypit*	0	---	---	---	---	---	---
Linnusto							
• *suolajisto*	0	---	---	---	---	---	---
• *metso ja tavanomainen metsälajisto*		--	--	--	--	--	--
• *muut arvioidut lajit*		-	-	-	-	-	-
Eläimistö ja hyönteislajisto							
• *jättisukeltaja, kirjojokikorento, lettosiemenkotilo, saukko*	0	0	0	0	0	0	0
• *viitasammakko*	0	---	---	---	---	-*	-
• *lettokoi*	0	--	--	--	--	0	0
• *pikkutupsukas*	0	0	0	0	0	0	0
• *käpäläsulkanen*	0	--	--	--	--	--	--
• *suohyönteislajisto*	0	--	--	--	--	0	0
• *suurpedot, muu eläimistö*	0	-	-	-	-	-	-
Luonnon monimuotoisuus							
• *kasvillisuus*	0	---	---	---	---	---	---
• *luontotyypit*	0	---	---	---	---	---	---
• *linnut, hyönteiset ja eläimet*		---	---	---	---	---	---
• *yksityiset suojelualueet*	0	0	0	0	--	-	-
• *Viiankiaavan Natura-alue*	0	--**	---	---	---	---	---

** Edellyttää viitasammakkojen kutualueiden huomioimista tie- ja putkilinjojen suunnittelun yhteydessä*

*** Edellyttää välttämistoimien toteuttamista (NE-satelliittiesiintymän pois jättäminen)*

1 Johdanto

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
1 Johdanto	Laadittu uudelleen.	-

Sakatin monimetalliesiintymän päämetallit ovat nikkeli, kupari ja platinaryhmän alkuaineet ja lisäksi esiintymä sisältää vähemmässä määrin myös kobolttia, kultaa ja hopeaa. Sakatin esiintymä sijaitsee noin 15 kilometriä Sodankylästä koilliseen (Kuva 1-1). Viiankiaavan länsireunalle sijoittuvalta alueelta on Anglo Americanin tekemän malminetsinnän tuloksena löydetty kolme vastaavanlaista monimetalliesiintymää, joista kaksi on tämän hetken tiedon mukaan taloudellisesti hyödynnettävissä. Löydetyistä esiintymistä pääesiintymää ja sen koillispuolelle sijoittuvaa satelliittiesiintymää NE tarkastellaan hankkeen YVA-menettelyssä ja niistä käytetään termiä ’Sakatin esiintymä’ tai ’Sakatin monimetalliesiintymä’ myöhemmin tekstissä. Anglo Americanin paikallistamat esiintymät muodostavat yhden merkittävimmistä uusista Suomessa ja Euroopassa viimeisten vuosikymmenien aikana tehdyistä löydöksistä. Sakatin esiintymän eri metallien – kuparin, nikkelin, koboltin, platinan, palladiumin, kullan ja hopean (Cu-Ni-Co-Pt-Pd-Au-Ag) – yhdistelmä yhdistettynä korkeisiin metallipitoisuuksiin sekä esiintymän geologiseen jatkuvuuteen tekevät siitä merkittävän.

Kuva 1-1 Sakatin kaivoshankkeen sijainti Lapissa, Sodankylän kunnassa.

Suurin osa Sakatin esiintymästä sijoittuu Natura 2000 -verkostoon kuuluvan ja soiden suojelulailla (30.9.1988/851) suojellun Viiankiaavan nurkkaan, syvälle alapuoliseen kallioperään. Hankealueella sijaitsee myös Uusitalon yksityinen suojelualue sekä Viiankiaavan yksityinen suojelualue. Alueen topografiaa hallitsevat laajat aapasuot sekä metsäiset saarekkeet. Alueelta ei ole tavattu malmipitoisia lohkareita tai kallioperäpaljastumia. Malminetsintätyö ja esiintymien löytyminen perustuvat geokemialliseen näytteenottoon, geofysiikan maasto- ja lentomittauksiin sekä timanttikairaukseen. Sakatin Ni-Cu-PGE –monimetalliesiintymä on maailmanlaajuisesti yksi Anglo Americanin tärkeimmistä suunnitteilla olevista kaivoshankkeista.

Sakatin kaivoshankkeen YVA-menettely käynnistyi vuoden 2018 tammikuussa, kun YVA-ohjelma jätettiin yhteysviranomaisena toimivalle Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle (Lapin ELY-keskus). YVA-selostus jätettiin yhteysviranomaiselle marraskuun lopussa 2020. Lapin ELY-keskus ilmoitti 12.4.2021 YVA-selostuksen täydennystarpeesta ympäristövaikutusten arviointiselostuksen puutteellisuuden vuoksi (LAPELY/3385/2017). Tämä YVA-selostuksen täydennysasiakirja on laadittu vastaamaan yhteysviranomaisen täydennyspyynnössään esiin nostamiin seikkoihin perustellun päätelmän teon mahdollistamiseksi. YVA-selostus ja siitä annettu yhteysviranomaisen perusteltu päätelmä otetaan huomioon myöhemmässä päätöksenteossa ja lupaharkinnassa.

YVA-selostuksen valmistumisen jälkeen kaivoksen teknistä suunnittelua on jatkettu, minkä perusteella mm. louhintamäärät, kaivoksen kuivanapitovesien määrä, tarvekivilouhoksen toteutussuunnitelma sekä muodostuvien suoto- ja kaivosvesien laatu ovat tarkentuneet. Lisäksi suunniteltuihin prosesseihin ja käytettäviin kemikaaleihin on tullut muutoksia. Maanalaisen kaivoksen tiivistys- ja tuentasuunnitelmat ovat tarkentuneet mm. saavutettavien tiivistystehokkuuksien osalta (lievennystoimenpiteet). Osana lieventämistoimenpiteitä on tarkasteltu myös NE-satellittiesiintymän jättämistä louhintasuunnitelman ulkopuolelle. Tästä toimenpiteestä käytetään nimitystä välttämistoimenpide. Varsinaisia hankevaihtoehtoihin tulleita muutoksia ovat kolmannen mahdollisen raakavedenottopaikan mukaan ottaminen sekä sivukivialueiden jääminen väliaikaisiksi (sivukivien hyötykäyttö). Lisäksi mm. pohjaveden virtausmallinnuksessa käytetyt kallioperän tiivistysskenaariot ovat muuttuneet (lievennystoimenpiteet).

Täydennyspyynnön perusteella on selostusta täydennetty ja täsmennetty seuraavien lukujen osalta: hankkeen yleiskuvaus (Luku 2), tarkasteltavat vaihtoehdot (Luku 3), hankkeen tekninen kuvaus (Luku 4), vaikutukset maa- ja kallioperään (Luku 11), vaikutukset ilmastoon ja ilmanlaatuun (Luku 15), vaikutukset pohjaveteen (Luku 16), vaikutukset vesistöihin ja vedenlaatuun (Luku 17), vaikutukset vesiekologiaan ja vesieliöstöön (Luku 18), vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen (Luku 19), vaikutukset linnustoon (Luku 20), vaikutukset eläimistöön ja hyönteislajistoon (Luku 21), vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen (Luku 22), vaikutukset Natura-alueisiin ja suojelualueisiin (Luku 23), yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa (Luku 28), yhteenveto ja vaihtoehtojen vertailu (Luku 29), hankkeen toteuttamiskelpoisuus (Luku 30) sekä hankkeen vaikutusten seuranta (Luku 32). Lukujen numeroinnit noudattelevat YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) lukujen numerointeja. Jokaisen luvun alkuun on lisätty taulukko, jossa on esitetty keskeisimmät lukuun tehdyt muutokset ja lisäykset. Täydennysasiakirjaan ei ole sisällytetty niitä YVA-selostuksen lukuja, joihin ei täydennyspyynnön tai teknisen suunnittelun etenemisen perusteella ole ollut tarvetta tehdä muutoksia. Jäljempänä tekstissä on monin paikoin viitattu YVA-selostukseen. Tällöin samassa

yhteydessä on aina lisätty lähdeviite (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) sekaannusten välttämiseksi. Viittaus esim. lukuun 16 tai kuvaan 16-1 ilman lähdeviitettä, tarkoittaa aina tässä täydennysosassa olevaa tekstiosuutta tai kuvaa.

Liitteessä 5 on esitetty yksityiskohtaisesti taulukkomuodossa, miten yhteysviranomaisen antama ilmoitus YVA-selostuksen täydennystarpeesta on huomioitu YVA-selostuksen täydennyksessä. Lisäksi jokaisen luvun alkuun on lisätty taulukko, josta käy ilmi ko. luvun sisältöön tehdyt muutokset ja mahdolliset viranomaisen esittämät täydennysvaatimukset.

2 Hankkeen yleiskuvaus

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
2.1 Hankkeesta vastaava	Päivitetty metallien kuvaus. Päivitetty vuoden 2022 työntekijäluvut.	-
2.2 Hankkeen tarkoitus	Päivitetty vuotuinen louhintamäärä sekä maininta merkittävästä hyödyntämättömästä esiintymästä globaalisti. Päivitetty rikastetyypit ja määrät sekä Kylylahtea ja Pyhäsalmea koskevat osat.	-
2.3 Hankkeen tausta	Päivitetty tapahtumia vuoden 2019 jälkeen. Hankkeen YVA-selostus valmistui vuoden 2020 lopussa.	-
2.4 Sakatin esiintymän mineraalivarannot	Päivitetty vuotuinen louhintamäärä. Uusi kappale vuoden 2016 jälkeisistä tutkimuksista.	-
2.5 Hankkeen sijainti ja yleiskuvaus	Kuva 2-1 ja Kuva 2-3 päivitetty. Kuviin lisätty raakavedenottoalue 3 (RV3).	-

Luvussa on esitetty hankkeesta vastaavan tiedot (Luku 2.1) sekä kerrotaan hankkeen tarkoituksesta (Luku 2.2), sen taustasta (Luku 2.3) ja Sakatin esiintymän mineraalivarannoista (Luku 2.4). Luvussa 2.5 kuvataan tarkemmin Sakatin kaivoshankkeen sijaintia, esitetään hankealue ja kerrotaan hankkeen sijoittumisesta suhteessa Viiankiaavan Natura 2000-alueeseen.

2.1 Hankkeesta vastaava

Anglo American -konserniin kuuluva AA Sakatti Mining Oy (myöhemmin 'AASM Oy') on vuonna 2011 perustettu suomalainen liiketoimintayksikkö, joka vastaa Sodankylässä sijaitsevan Sakatin monimetalliesiintymän malminetsinnästä sekä kaivoshankkeen toteutuksesta. Sakatin esiintymän lisäksi yhtiö tekee malminetsintää myös muualla Suomen Lapissa. Vuonna 2022 AASM Oy työllisti suoraan 49 henkilöä.

Anglo American Plc. on yksi maailman kymmenestä suurimmasta kaivosyhtiöstä, jonka tuotanto kattaa perusraaka-aineet (rautamalmi, mangaani ja metallurginen hiili), perus- ja jalometallit (kupari, nikkeli ja platina) sekä timantit. Yhtiö harjoittaa malminetsintää ja kaivostoimintaa Afrikassa, Aasiassa, Australiassa, Pohjois- ja Etelä-Amerikassa sekä Euroopassa Pohjoismaat mukaan lukien. Anglo Americanin pääkonttori sijaitsee Lontoossa, ja yhtiö on listattu Lontoon ja Johannesburgin pörsseihin. Yhtiö työllisti maailmanlaajuisesti vuonna 2021 noin 95 000 henkilöä. Toiminnassaan Anglo American on sitoutunut maailmanlaajuisesti noudattamaan kaivosalan tiukimpia turvallisuus- ja vastuullisuusnormeja ja -käytäntöjä.

2.2 Hankkeen tarkoitus

Hankkeen tarkoituksena on toteuttaa monimetallikaivos Sakatin esiintymän hyödyntämiseksi. Sakatin esiintymä on eräs maailman merkittävimpiä hyödyntämättömiä nikkeli-kupariesiintymiä. Kaivoksen toiminta käsittää malmin louhinnan maanalaisesta kaivoksesta sekä maan päällä tapahtuvan malmin rikastuksen. Louhitusta malmista tuotetaan yhteisrikaste tai erilliset kupari- ja nikkelirikasteet, jotka toimitetaan edelleen jatkojalostettavaksi sulatoille tai muille jalostuslaitoksille.

Sakatin esiintymän tunnettujen mineraalivarantojen määräksi on arvioitu 44,4 miljoonaa tonnia (Mt). Esiintymän varantojen on arvioitu riittävän 1,25–2,2 Mt vuotuisilla louhintamäärillä noin 20 vuotta. Nikkeli- ja kuparirikasteiden tai yhteisrikasteen arvioitu tuotanto tulee olemaan yhteensä keskimäärin 250 000 tonnia vuodessa (t/v) ja tuotannon vaihteluväli 150 000–500 000 t/v. Nikkelirikasteesta saadaan kaupallisesti hyödynnettävissä määrin myös platinaa, palladiumia, kuparia, kobolttia, kultaa ja hopeaa. Vastaavasti kuparirikasteesta saadaan sivutuotteina platinaa, palladiumia, kultaa ja hopeaa.

Sakatin kaivoksen on tarkoitus vastata maailmanlaajuisesti kasvavaan mineraalien tarpeeseen kaivostoimintaa kestävällä tavalla harjoittaen. Sakatin malmissa olevien metallien kysyntää, mukaan lukien nikkelin, kuparin, koboltin ja palladiumin, kasvattaa mm. liikenteen sähköistyminen, johon pelkällä metallien kierrättämisellä ei pystytä vastaamaan. Nikkelin pääasiallinen käyttökohde on ruostumaton teräs, mutta merkitys akkujen raaka-aineena on kasvamassa. Kupari on erittäin tärkeä sähköistämisen mahdollistaja, sillä sen pääkäyttöalueet ovat elektroniikkateollisuus ja erityisesti johtimet. Euroopan unionin laatimassa kriittisten ja muiden merkittävien raaka-aineiden luokittelussa nikkeli ja kupari on määritelty ei-kriittisiksi, taloudellisesti merkittäviksi raaka-aineiksi, ja platinaryhmän metallit (rutenium, rhodium, palladium, osmium, iridium ja platina) kriittisiksi raaka-aineiksi. EU-tasolla on valmisteilla European Critical Materials Act, jonka tarkoituksena on mm. lisätä kriittisten raaka-aineiden tuotantoa Euroopassa.

Suomessa on pitkä historia nikkeli- ja kuparimalmien louhinnalle, rikastukselle ja niiden jatkojalostamiselle, mutta nykyisellään jatkojalostusketju nojaa pitkälti tuontirikasteisiin. Nikkeliä louhitaan Suomessa ainoastaan Terrafame Oy:n kaivoksella Sotkamossa ja Sakatista 20 kilometrin päässä sijaitsevalla Boliden Kevitsan kaivoksella. Aiemmin nikkeliä ja kuparia tuottanut Boliden Kylylahden kaivos on hiljattain lopettanut toimintansa, kuten myös Pyhäsalmen sinkkikuparikaivos.

Sakatin kaivoksen suunnittelussa huomioidaan kaivosteollisuuden parhaat käytännöt haitallisten vaikutusten minimoimiseksi. Toteutuessaan Sakatin kaivos olisi Euroopan rikkainta monimetalliesiintymää parhaalla mahdollisella tekniikalla hyödyntävä ja vastuullisesti toimiva tuotantolaitos. Kaivoksessa hyödynnetään uutta teknologiaa, mm. siten, että selvitetään mahdollisuutta maanalaisten työkoneiden sähköistämiseen, jolloin tuotettavien rikasteiden hiilijalanjälki on alhainen. Hankkeen tarkempi tekninen kuvaus on esitetty luvussa 4.

Sakatin kaivoksen toiminnan on suunniteltu alkavan 2030-luvun alussa, riippuen mm. ympäristölupituksen aikataulusta. Hankkeen toteutusaikataulu on kuvattu tarkemmin Hankkeen teknisen kuvauksen yhteydessä luvussa 4.11.

2.3 Hankkeen tausta

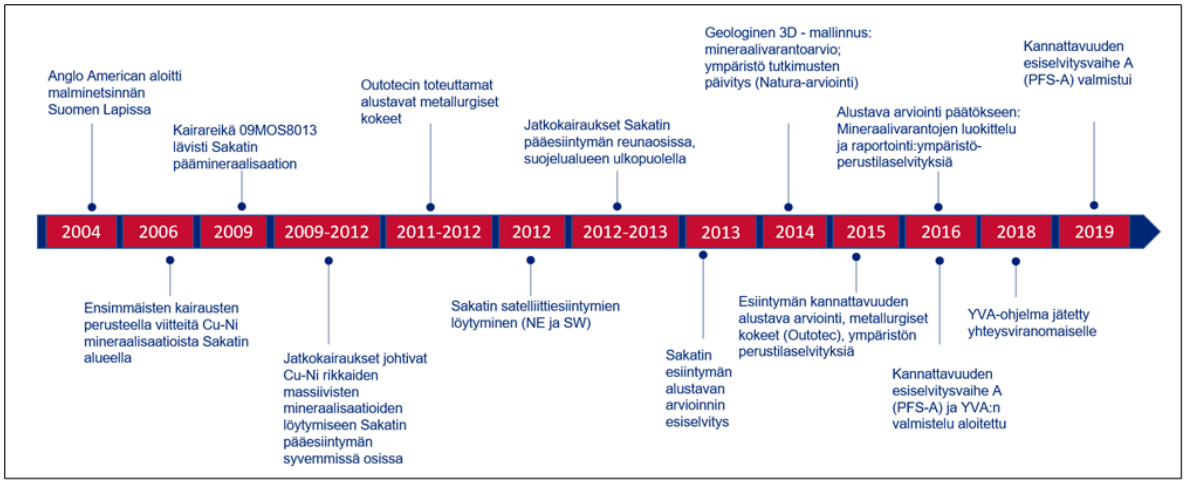
Anglo American aloitti malminetsinnän Sodankylän alueella vuonna 2004. Strategisen aluevalinnan jälkeen tulevat tutkimuskohteet valikoituivat valmisteluvaiheessa. Valmistelussa hyödynnettiin Geologian tutkimuskeskuksen lentogeofysiikan aineistoa, joka yhdistettiin tutkimusalueen geologisiin havaintoihin sekä Geologian tutkimuskeskuksen alueelliseen geokemian aineistoon.

Ensimmäiset malminetsinnän kenttätyöt koostuivat maastogeofysiikan mittauksista sekä pohjamoreeninäytteenotosta. Tutkimustulokset osoittivat, että Sakatin alueen itäosassa maaperässä esiintyi taustapitoisuuksiin nähden kohonneina pitoisuuksina nikkeliä, kuparia sekä platinaryhmään kuuluvia metalleja. Yhdistämällä tämä geokemian poikkeama lentogeofysiikan avulla havaittuun alueen magneettiseen poikkeamaan, ensimmäiset timanttikairaukset pystyttiin kohdentamaan tutkimusalueelle.

Timanttikairaukset malminetsintäalueilla aloitettiin vuonna 2006. Ensimmäisten kairausten perusteilla saatiin viitteitä Sakatin esiintymästä, kun kairauksissa lävistettiin kaksi mineralisoitunutta vyöhykettä, joissa havaittiin kohonneita kuparipitoisuuksia. Varsinaisesti Sakatin monimetalliesiintymä löydettiin vuonna 2009, jolloin timanttikairauksissa lävistettiin huomattavan paksu kuparimineralisaatio (110 metriä, pitoisuuksilla 1,3 % Cu, 0,2 % Ni, 0,5 g/t Pt, 0,3 g/t Pd ja 0,4 g/t Au). Tästä eteenpäin malminetsintä Sakatin alueella keskittyi tunnetun esiintymän syvyys- ja pituusjatkeiden tutkimiseen.

Sakatin esiintymän laajuutta kartoittaessa yhtiö käynnisti mineraalivarantojen hyödyntämistä koskevan kannattavuusselvitysprosessin. Vuonna 2016 valmistui kannattavuuden alustava arviointi (*Concept Study*), minkä jälkeen edettiin kannattavuuden esiselvitysvaiheeseen (*Pre-Feasibility Study, PFS*). Ensimmäinen osa kaksivaiheisesta kannattavuuden esiselvityksestä (PFS-A) valmistui vuoden 2019 lopussa. Hankkeen YVA-ohjelma jätettiin yhteysviranomaiselle vuoden 2018 alussa ja YVA-selostus valmistui vuoden 2020 lopussa. YVA-selostuksen merkittävien täydennystarpeiden vuoksi vuosina 2021 ja 2022 tehtiin laajoja selvityksiä ja mallinnuksia mm. hydrogeologiaan, kaivannaisjätteisiin ja ympäristön perustilaan liittyen. Keskeiset vaiheet Sakatin esiintymän löytymisestä sekä siihen liittyvistä tutkimuksista ja selvityksistä on esitetty alla (Kaavio 2-1).

Kaavio 2-1 Sakatin esiintymän tutkimus- ja selvitysvaiheet vuosina 2004–2019.



2.4 Sakatin esiintymän mineraalivarannot

Sakatin esiintymän tunnettujen mineraalivarantojen määräksi on arvioitu 44,4 Mt (Taulukko 2-1). Mineraalivarantoarvio perustuu vuosien 2006 ja 2014 välisenä aikana kerättyyn geologiseen aineistoon ja se pitää sisällään Sakatin pääesiintymän sekä siitä koilliseen sijaitsevan satelliittiesiintymän NE. JORC-koodin (JORC 2012) mukaisesti arvioidut Sakatin esiintymän osoitetut mineraalivarannot (*indicated resource*) ovat 3,5 Mt ja mahdolliset mineraalivarannot (*inferred resource*) 40,9 Mt käyttäen 1,0 % kupariekvivalentti (CuEq) cut-off arvoa. Osoitettujen mineraalivarantojen kuparipitoisuus on 3,45 %, nikkelipitoisuus 2,47 % sekä PGE (platina + palladium + kulta) pitoisuus 2,49 g/t. Mahdollisten mineraalivarantojen kuparipitoisuus on 1,77 %, nikkelipitoisuus 0,83 % sekä PGE-pitoisuus 1,37 g/t. Tämän hetken arvion mukaan Sakatin esiintymän kokonaislouhinta-aika on noin 20 vuotta vuosittaisen louhintamäärän ollessa 1,25–2,2 Mt.

Taulukko 2-1 Sakatin esiintymän mineraalivarantoarvio (raportoitu vuonna 2016 käyttäen JORC-koodistoa).

Sakatin esiintymän mineraalivarannot				
Luokka	**Mt**	**Cu %**	**Ni %**	**PGE g/t**
Mitatut (*Measured resource*)	-	-	-	-
Osoitetut (*Indicated resource*)	3,5	3,45	2,47	2,49
Mahdolliset (*Inferred resource*)	40,9	1,77	0,83	1,37
Yhteensä	**44,4**	**1,90**	**0,96**	**1,40**

Sakatin pääesiintymää sekä NE-esiintymää on tutkittu laajasti vuoden 2016 jälkeen mm. eri geofysiikan menetelmin ja timanttikairauksin. Timanttikairausten (noin 88 500 metriä) sekä alustavien geologisten mallinnusten ja mineraalivarantoarvioiden päivitysten perusteella esiintymän geologinen varmuusaste on kasvanut etenkin osoitettujen (*indicated*) mineraalivarantojen luokassa. Kairaustiheyttä on pyritty nostamaan noin 50 metrin reikäväliin etenkin pääesiintymän osissa, joissa pääosa mineraalisaatiosta koostuu massiivisulfideista. Osalla timanttikairauksista on tarkennettu tietoa malmin rajoista ja jatkeista. Sakatin pääesiintymän mineralisaatio on syvyydessä auki

useampaan suuntaan, mutta näiden jatkeiden tutkiminen tullaan tekemään maan alta kaivostoiminnan alettua.

Mahdollisiin mineraalivarantoihin liittyvistä epävarmuuksista johtuen ei voida olettaa, että kaikki tai osa mahdollisista mineraalivarannoista voidaan välttämättä muuttaa osoitetuiksi tai mitatuiksi mineraalivarannoiksi malminetsinnän jatkovaiheiden jälkeen. Esiintymän geologiasta (mm. mineralisaatioiden tyyppi ja syvyys) ja olosuhteista johtuen maan päältä tehtävillä kairauksilla ei voida saavuttaa mitattuun mineraalivarantoon (*measured resource*) vaadittavaa kairaustiheyden tasoa. Siihen vaadittavat kairaukset joudutaan tekemään maanalaisena kairauksena, kun alueella on tarkoitukseen soveltuvaa tunneliverkostoa olemassa.

2.5 Hankkeen sijainti ja alueen yleiskuvaus

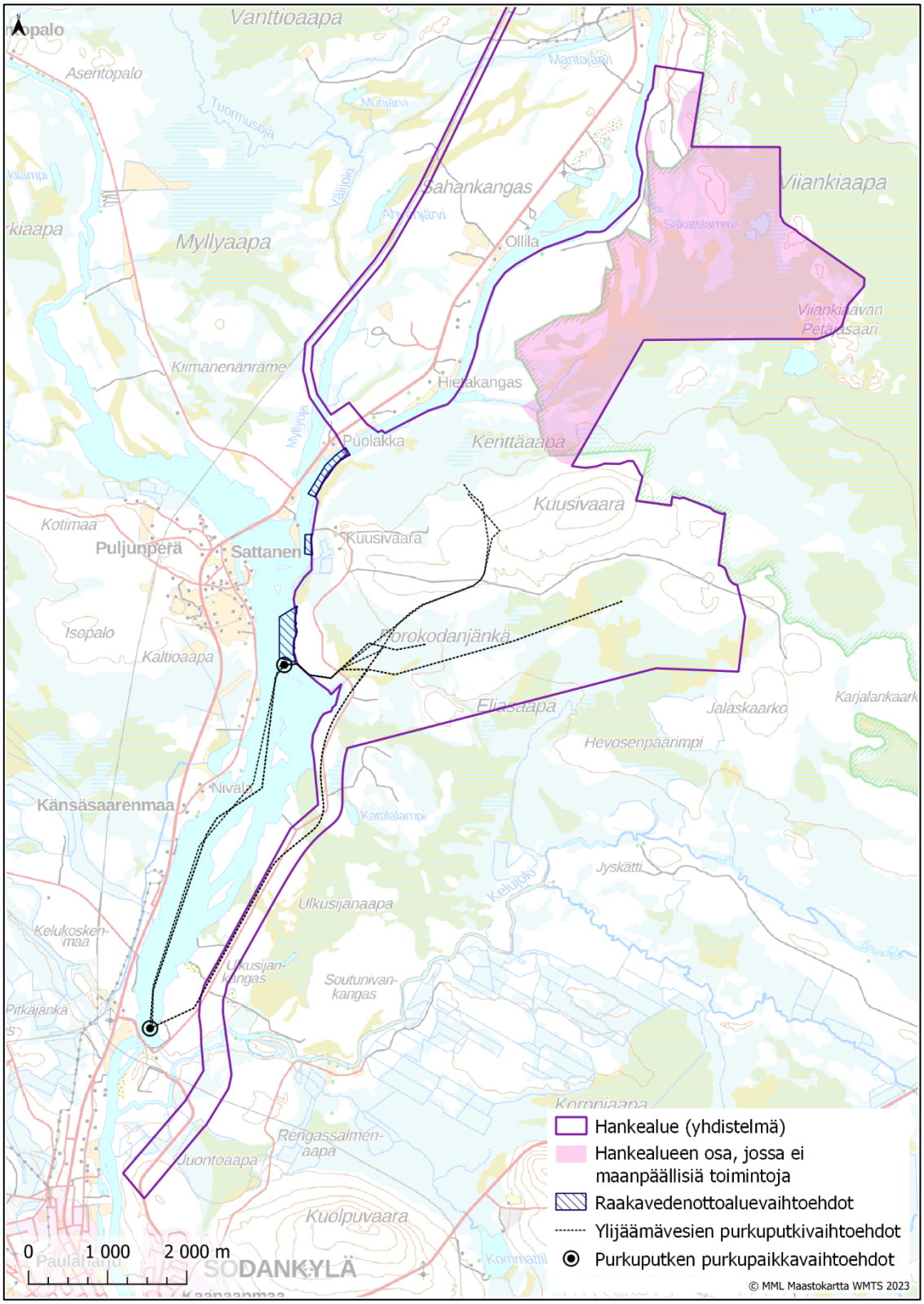
2.5.1 Hankkeen sijainti

Sakatin kaivoshanke sijoittuu Sodankylän kuntaan, noin 15 kilometriä kuntakeskuksesta koilliseen. Hankealue, johon rakentamistoimet sijoittuvat ja jonka sisälle hankkeen pääasialliset fysikaaliset vaikutukset kohdistuvat, on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 2-1). Hankealueeseen kuuluvat hankkeen maanpäälliset ja maanalaiset toiminnot. Hankealueen länsipuolella sijaitsee Kemijoen sivuhaaroihin kuuluva Kitinen sekä pohjois-eteläsuuntainen valtatie 4 (vt 4), joka on Keski-Lapin pohjoiseen suuntautuvan liikennöinnin pääväylä. Hankealueen lähistölle sijoittuvat Kersilön, Sattasen ja Moskuvaaran kylät. Kylistä lähimpänä hankealuetta sijaitsee Sattanen, joka sijaitsee noin kaksi kilometriä hankealueesta länteen. Hankealue sijoittuu kahden poropaliskunnan, Oraniemi ja Sattasniemi, alueelle.

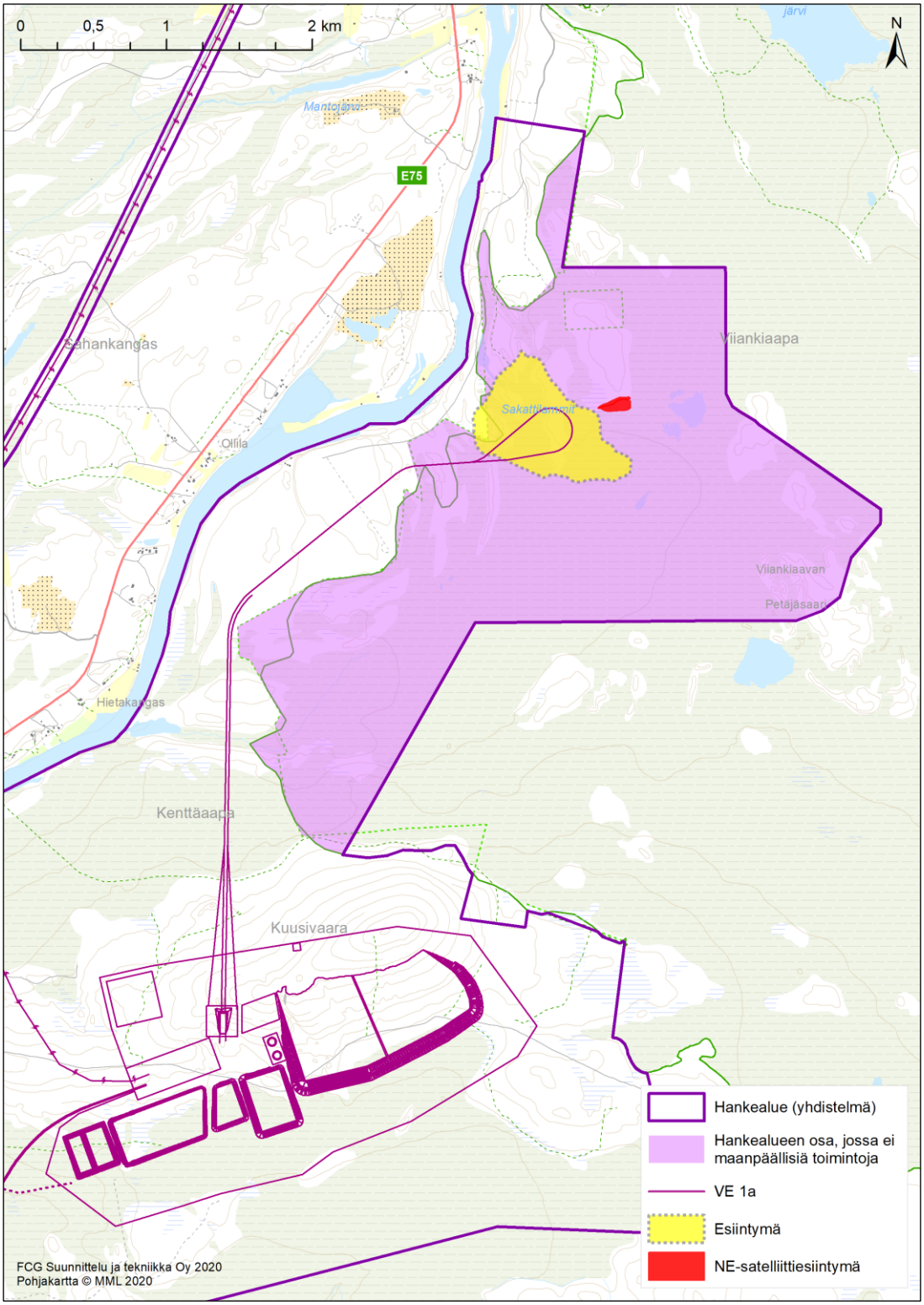
Alustavan louhintasuunnitelman mukaan Sakatin pääesiintymän ylimmät maanalaiset rakenteet sijoittuvat lähimmillään noin 250 metrin syvyydelle maanpinnasta ja mineralisaatio jatkuu aina 1 200 metrin syvyyteen. Pääesiintymästä koilliseen on pienempi, lähempänä maanpintaa sijaitseva satelliittiesiintymä NE, jossa ylimmät louhokset sijoittuvat lähimmillään noin 80 metriä maanpinnasta. Esiintymien tarkkoja rajoja syvyydessä ei ole vielä pystytty määrittämään. Kuvassa (Kuva 2-2) on esitetty Sakatin pääesiintymän ja satelliittiesiintymän NE sijainnit.

Kaivoksen maanpäällinen tehdasalue sijoittuu suurelta osin Viiankiaavan länsipuolella sijaitsevalle Kuusivaaran alueelle. Eri hankevaihtoehdoissa toimintoja on sijoitettu osin myös Pahanlaaksonmaalle noin 3–5 kilometriä Kuusivaarasta pohjoiseen. Suojelualueelle ei tule mitään maanpäällisiä rakenteita. Kaivoksella tarvittavan raakaveden otto sekä puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikka tulevat sijoittumaan Kitiseen.

Idässä maanpäällinen hankealue rajautuu Viiankiaapaan. Sakatin esiintymä sijaitsee suurimmaksi osaksi Viiankiaavan Natura 2000 –verkostoon kuuluvan suoalueen alapuolella, suojelualueen nurkassa. Hankkeen sijaintia suhteessa Viiankiaapaan on käsitelty tarkemmin luvussa 2.5.2. Alueesta noin kymmenen kilometriä pohjoiseen sijaitsevat laajat Natura 2000 -alueet Pomokaira ja Koitelainen.



Kuva 2-1 YVA-selostuksessa arvioitavan Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen sijainti ja hankealue.



Kuva 2-2 Sakatin esiintymän sijainti. Pääesiintymän sijainti on esitetty keltaisella ja satelliittiesiintymän NE sijainti punaisella. Kartalla on esitetty vaihtoehdon VE1a toimintojen sijoittuminen hankealueella ja vaihtoehdon VE1a vinotunnelin sijoittuminen suhteessa esiintymään.

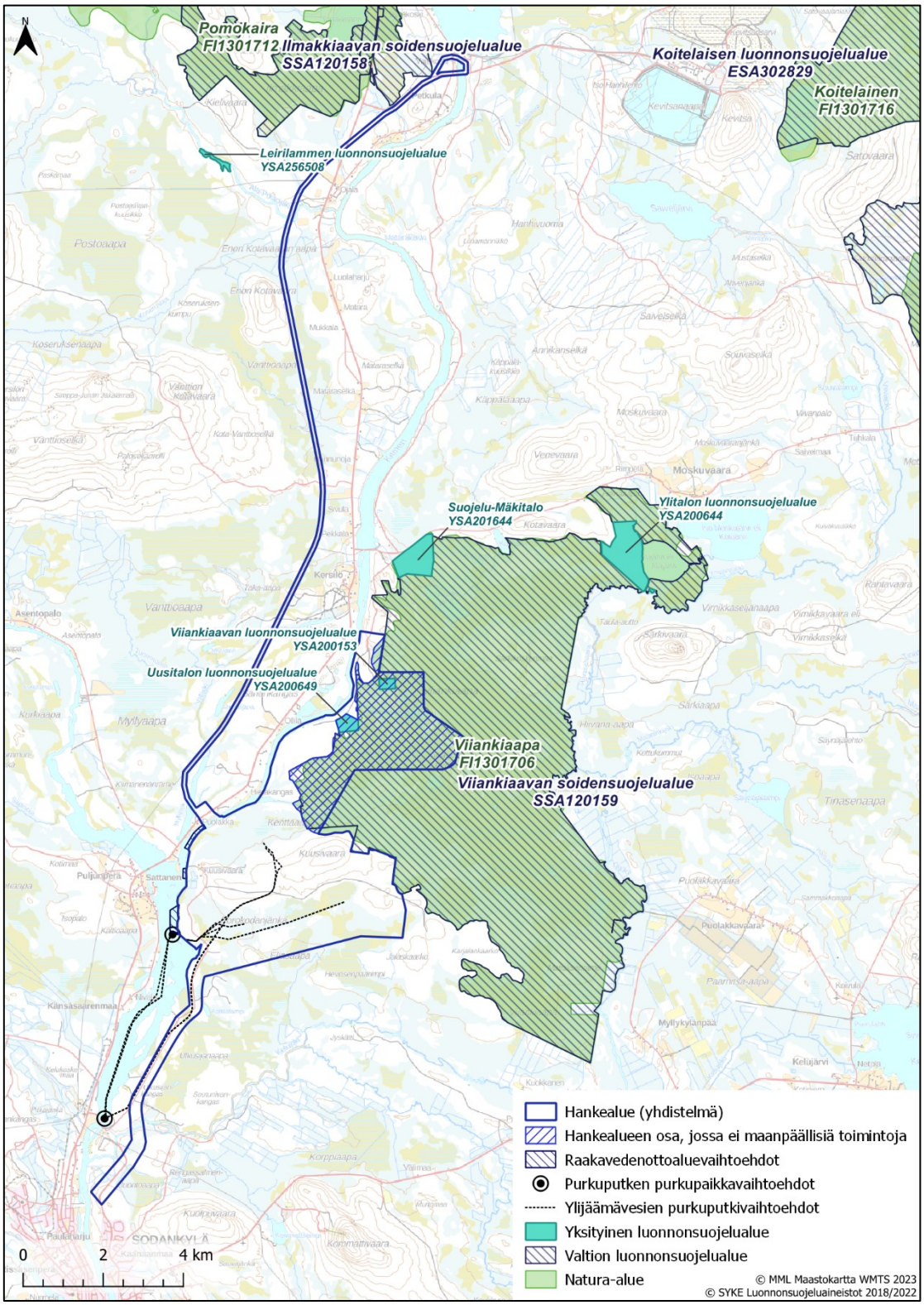
2.5.2 Hankkeen sijoittuminen suhteessa Viiankiaavan Natura 2000 -alueeseen

Sakatin pääesiintymä sijaitsee Natura 2000 –verkostoon kuuluvan Viiankiaavan suoalueen nurkassa ja pääesiintymän ylimmät maanalaiset rakenteet sijaitsevat lähimmillään noin 250 metriä maanpinnasta. Myös Sakatin satellittiesiintymä NE sijaitsee Viiankiaavan Natura 2000 -alueen alapuolella ja ylimmät louhokset sijoittuvat lähimmillään noin 80 metriä maanpinnasta. Kaivoksen maanpäälliset toiminnot eivät sijoitu Natura-alueelle. Hankkeen sijoittuminen suhteessa Viiankiaavan Natura 2000 –alueeseen ja soidensuojelualueeseen on esitetty kartalla (Kuva 2-3).

Pääosa Viiankiaavasta on perustettu soidensuojelualueeksi soidensuojelulailla (30.9.1988/851, Viiankiaavan soidensuojelualue SSA120159). Vuonna 2015 vahvistetussa ympäristöministeriön asetuksessa Natura 2000 -verkostoon kuuluvien alueiden luettelosta (354/2015) säädettiin Viiankiaavan sisällyttämisestä myös Natura 2000 –verkostoon. Viiankiaavan Natura-alue (FI1301706) on laajuudeltaan 6 595 hehtaaria. Alue on suojeltu sekä luontodirektiivin (erityisten suojelutoimien alue SAC) että lintudirektiivin (erityinen suojelualue SPA) perusteella.

Viiankiaavan Natura-alueella sijaitsee lisäksi neljä pienempää, yksityistä luonnonsuojelualuetta: Ylitalon luonnonsuojelualue (YSA200644), Suojelu-Mäkitalo (YSA201644), Viiankiaavan luonnonsuojelualue (YSA200153) ja Uusitalon luonnonsuojelualue (YSA200649). Näistä kaksi viimeksi mainittua sijaitsee hankealueella. Muu osa Natura-alueesta kuuluu soidensuojelun perusohjelmaan (Viiankiaapa SSO120565) (Suomen ympäristökeskus 2017). Myös nämä suojelualueet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 2-3).

Sakatin kaivoshankkeen yhteydessä on laadittu Viiankiaapaa koskeva Natura-arviointi (Ramboll Finland Oy 2023a). Alueen Natura-suojelua ja hankkeen vaikutuksia suojelun perusteina oleviin luontotyyppeihin ja lajeihin on käsitelty tarkemmin luvussa 23. Viiankiaavan luontoarvojen vuoksi hanke on suunniteltu toteutettavaksi maanalaisena kaivoksena siten, että toiminta alueella ei heikentäisi merkittävästi suojeltuja luontoarvoja. Tästä huolimatta kaivoshankkeen toteuttaminen saattaa edellyttää osittaista poikkeamista Natura 2000 −suojelusta ja menetettyjen luontoarvojen kompensaatiota. Tämä edellyttää valtioneuvoston päätöstä ja EU-komission lausuntoa (ks. YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka 2020a) luku 7.3.12).



Kuva 2-3 Sakatin kaivoshankkeen hankealue (vaihtoehtojen yhdistelmä) sekä sen läheisyydessä sijaitsevat luonnonsuojelualueet.

3 Tarkasteltavat vaihtoehdot

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
3.1.4 YVA-selostuksen jälkeen tapahtuneet muutokset	Lisätty uusi luku YVA-selostusvaiheen jälkeen tapahtuneista muutoksista.	-
3.2 Hankkeessa tarkasteltujen vaihtoehtojen kuvaus	Päivitetty hankevaihtoehtojen yhdistelmäkartta (lisätty uusi raakavedenottoalue).	-
3.2.3 Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät hankkeessa	Lisätty kuvaus uudesta vaihtoehtoisesta raakavedenottoalueesta (RV3). Päivitetty kaivoksen kuivanapitovesimäärien rajoittamistoimenpiteitä. Lisätty kuvaus välttämistoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista.	-
3.4–3.9 Vaihtoehtojen kuvaukset	Päivitetty hankevaihtoehtojen kartat (lisätty uusi raakavedenottoalue).	-

Luvussa 3 on kuvattu, mitä muutoksia hankkeeseen on tehty YVA-ohjelman (Pöyry Finland Oy 2018) jälkeen (Luku 3.1.3) sekä YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) jälkeen (Luku 3.1.4). Lisäksi kuvataan hankkeessa tarkasteltavat vaihtoehdot (Luvut 3.3–3.9) ja niiden väliset erot (Luku 3.2).

3.1 Hankesuunnitelman kehittyminen

Tässä luvussa on kuvattu lyhyesti hankesuunnitelmien kehittyminen hankkeen esiselvitysvaiheesta YVA-ohjelmavaiheeseen sekä hankesuunnitelman kehittymistä YVA-ohjelman (Pöyry Finland Oy 2018) jälkeen. Lisäksi on kuvattu YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) valmistumisen jälkeen tapahtuneita hankesuunnitelman muutoksia.

3.1.1 AA Sakatti Mining Oy:n toimintatapa hankkeesta aiheutuvien haitallisten vaikutusten minimoimiseksi

AASM Oy toimii Anglo Americanin toimintaperiaatteiden (Code of Conduct) mukaisesti. AASM Oy:n pyrkimyksenä on minimoida toiminnasta aiheutuvat ympäristö- ja yhteiskuntavaikutukset kattaen koko toiminnan elinkaaren malminetsinnästä kaivoksen sulkemiseen. Toimintaperiaatteen mukaisesti hankkeen ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia pyritään lieventämään ns. lievennyshierarkian mukaisesti (Kaavio 3-1):

1 ensisijaisesti välttämällä haitallisten ympäristö- ja yhteiskuntavaikutusten syntymistä,

2 lieventämällä ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia, jos niitä ei pystytä täysin välttämään,

3 ennallistamalla alueita, joihin aiheutunut haitallisia ympäristövaikutuksia tai

4 viimekädessä haitallisia ympäristövaikutuksia pyritään kompensoimaan, jos mitään muuta lievennyshierarkian toimenpiteistä ei pystytä toteuttamaan. (Anglo American 2020.)

Kaavio 3-1 Anglo American -konsernin toimintatapahierarkia kaivoshankkeen haitallisten vaikutusten minimoimiseksi, jossa ensisijainen keino on haitallisten vaikutusten välttäminen.

Vaikutusten välttäminen ja toteutetut lievennystoimenpiteet

Sakatin kaivoshankkeen suunnitteluvaiheessa ympäristö- ja sosiaalisten vaikutusten minimointi on toteutettu noudattaen lievennyshierarkiaa. Esisuunnitteluvaiheessa haitallisia vaikutuksia on pyritty välttämään esimerkiksi hankkeen sijoituspaikan ja toteutusmuotojen valinnalla sekä kuuntelemalla paikallisten sidosryhmien mielipiteitä (Taulukko 3-1). Paikalliset sidosryhmät otettiin mukaan hankesuunnitteluun mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Sidosryhmätilaisuuksista saatua palautetta hyödynnettiin esimerkiksi hankealueen sijoituksen suunnittelussa.

Hankkeen teknisessä suunnitteluvaiheessa pyrittiin löytämään ratkaisuja, joilla voidaan lieventää toiminnasta aiheutuvia haitallisia vaikutuksia. Suunnittelussa tarkastellut ratkaisut tähtäävät vähentämään toiminnasta aiheutuvia haittoja jo ennen toiminnan aloittamista sekä sen aikana. Tällöin vaihtoehtoisista teknisistä ratkaisuista valitaan ne, jotka aiheuttavat vähiten haitallisia vaikutuksia. Lievennystoimenpiteet eivät välttämättä rajoitu pelkästään hankealueelle, vaan niitä voidaan suunnitella ja toteuttaa myös sen ulkopuolella.

Ennallistamistoimet suoritetaan kohteelle, johon toiminnasta on kohdistunut haitallisia vaikutuksia. Ennallistamisella tähdätään esimerkiksi palauttamaan alue tilaan, jossa se oli ennen haitallisten vaikutusten muodostumista. Ennallistamistoimenpiteitä ei toteuteta pelkästään toiminnan päätyttyä, vaan ne ovat osa tuotannon aikaista toimintaa. Esimerkiksi toiminnan aikana kaivannaisjätealueiden sulkeminen aloitetaan sitä mukaa, kun ne poistuvat käytöstä (alue tulee täyteen).

Kompensointi on suunnitelmallinen toimenpide, jolla toiminnasta aiheutuneet haitalliset vaikutukset pyritään hyvittämään. Kompensaatioon päädytään vain, jos mikään lievennyshierarkian muu toimenpide ei ole riittävä. Kompensaatiotarve voidaan todeta jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, mikäli välttämis-, lieventämis- ja ennallistamistoimet arvioidaan riittämättömiksi verrattuna hankkeesta aiheutuviin haitallisiin ympäristövaikutuksiin. AASM Oy on esimerkiksi sitoutunut vapaaehtoiseen ekologiseen kompensaatioon, sillä hankealuetta ei pystytä palauttamaan luonnon monimuotoisuuden kannalta alkuperäiseen tai alkuperäistä parempaan tilaan (ks. luku 22.4 YVA-selostus, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a).

Esisuunnitteluvaihe

Ennen ympäristövaikutusten arvioinnin aloitusta Sakatin kaivoshankkeessa on laadittu lukuisia esiselvityksiä osana hankkeen alustavaa arviointia. Vaihtoehtoina tarkasteltiin maanalaista kaivosta, maanalaisen kaivoksen ja pienen avolouhoksen yhdistelmää sekä isoa avolouhosta.

Esisuunnittelussa arvioitiin ympäristön ja yhteisöjen kannalta keskeisiä näkökohtia ja keskityttiin hankkeen haitallisten vaikutusten välttämiseen ja lieventämiseen. Tarkastelun tuloksena todettiin, että suotuisin Sakatin hankkeen toteutustapa on maanalainen kaivos. Tarkastelussa parhaimmiksi louhintamenetelmiksi osoittautuivat lyhytreikätäyttölouhinta ja pitkäreikälouhinta (kuvattu tarkemmin jäljempänä luvussa 4.2.1). Myös tehdasalueen ja tukitoimintojen sijaintivaihtoehdot selkeytyivät suunnittelun edetessä. Esisuunnittelun aikana toteutetut toimenpiteet hankkeen haitallisten vaikutusten välttämiseksi on esitetty kootusti seuraavassa taulukossa (Taulukko 3-1).

Taulukko 3-1 AASM Oy:n toteuttamat toimenpiteet Sakatin kaivoshankkeen esisuunnittelun aikana hankkeen haitallisten ympäristö- ja sosiaalisten vaikutusten välttämiseksi ja lieventämiseksi.

Hankkeesta aiheutuvien haittojen välttäminen ja lieventäminen esisuunnittelun aikana	
Toiminta	**Kuvaus suunnittelun etenemisestä**
Kaivostoimintojen sijoittelu	Hankkeen alustavan suunnittelun aikana päätettiin, että esiintymän louhimiseksi toteutetaan maanalainen kaivos, ja maan päällä sijaitsevat kaivoksen tekniset perusrakenteet sijoitetaan Viiankiaavan Natura 2000 -alueen ja soidensuojelualueen ulkopuolelle.
Rikastushiekka-alue	Sopivimpien sijoituspaikkavaihtoehtojen löytämiseksi kaivoksen eri toiminnoille käynnistettiin valintaprosessi, joka sisälsi taloudelliset sekä aluesuunnitteluun, ympäristöön ja yhteiskuntaan liittyvät kriteerit. Valintaprosessissa huomioitiin Viiankiaavan Natura 2000 -alue, pohjavesialueet, läpäisevät maalajit, tulva-alueet ja -maat, kylät sekä asuinalueet. Lisäksi poronhoidon kannalta tärkeitä alueita pyrittiin välttämään. Sidosryhmäyhteistyö oli tärkeä osa arviointiprosessia.
Tehdasalue	Tarkastelujen pohjalta valittiin YVA-menettelyyn neljä mahdollista sijaintipaikkavaihtoehtoa. Näille vaihtoehdoille tehtiin tarkemmat perustilaselvitykset (mm. linnusto-, kasvillisuus- ja maaperäkartoitukset).
Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti	Perustilaselvityksissä Käppäläaavan alueelta löytyi merkittäviä luontoarvoja, jonka vuoksi alue jätettiin pois YVA-menettelystä. Tämän myötä tehdasalueen ainoaksi sijoituspaikaksi valikoitui Kuusivaaran alue.
Yhdystie	Yhdystievaihtoehdon valinnassa suurin painoarvo oli ympäristöllisillä ja yhteiskunnallisilla tekijöillä. Eteläisen yhdystien suunnittelu on käynnistynyt sidosryhmiltä saadun palautteen ja kunnan toiveiden pohjalta. Kunnan YVA-ohjelmasta antaman lausunnon pohjalta tievaihtoehdon linjausta muutettiin (tulvasuojelusyyt).
Voimajohto	YVA-ohjelmavaiheessa tunnistettiin kaksi mahdollista vaihtoehtoa Sakatin kaivoksen 110 kV voimajohdon kytkentäpisteeksi; Kelukoski tai Matarakoski.
	Tarkemman tarkastelun jälkeen molemmat YVA-ohjelmassa esitetyt voimajohtovaihtoehdot hylättiin. Teknisenä perusteena on se, että kaivoksella on oltava jatkuva sähkön saanti, mikä ei olisi toteutunut Kelukosken tai Matarakosken osalta. Lisäksi voimajohdon sijoittuminen Kitisen varteen olisi aiheuttanut maisemallista haittaa. Näiden syiden vuoksi voimajohdolle etsittiin toteuttamiskelpoisempi linjaus, joka tukisi myös valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita

Hankkeesta aiheutuvien haittojen välttäminen ja lieventäminen esisuunnittelun aikana	
Toiminta	**Kuvaus suunnittelun etenemisestä**
	sijoittumalla jo olemassa olevien voimajohtojen viereen. Uutena vaihtoehtona tunnistettiin Vajukosken sähkönjakeluasema, jonne uusi voimajohto kytketään.
Raakavedenottopaikka	Raakavedenottopaikat on suunniteltu yhteistyössä paikallisten sidosryhmien kanssa. Sijoituspaikan valinnassa on huomioitu ympäristöolosuhteita, kuten jään paksuuden oheneminen raakavedenoton seurauksena.
Ylijäämävesien purku-paikka	Puhdistettujen ylijäämävesien vaihtoehtoisten purkupaikkojen määrää rajattiin YVA-menettelyn aikana ja tällä hetkellä niitä on kaksi. Toinen paikoista määräytyi Sattasen kyläilloissa käytyjen keskustelujen perusteella Kelukosken altaaseen mahdollisimman kauas etelään ja toinen alavirtaan Sattasen kylästä uoman syvimpään kohtaan.

Tekninen suunnitteluvaihe

Hankkeen teknisessä suunnitteluvaiheessa on huomioitu lukuisia lievennystoimenpiteitä haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi (Taulukko 3-2), jotka ovat olleet lähtöoletuksina vaikutusten arvioinneissa. Toimenpiteet kohdistuvat valtaosin louhinnan toteutukseen, malmin käsittelyyn, kaivannaisjätteiden hyödyntämiseen ja käsittelemiseen sekä vesien hallintaan.

Taulukko 3-2 AASM Oy:n toteuttamat toimenpiteet Sakatin kaivoksen teknisessä suunnittelussa haitallisten vaikutusten lieventämiseksi.

Hankkeen tekniseen suunnitteluun sisällytetyt menetelmät haitallisten vaikutusten lieventämiseksi		
Toiminto	**Haitallinen vaikutus**	**Lieventämiskeino**
Maanalainen kaivos		
	Ilmapäästöt (pakokaasut, räjähdyskaasut)	Sähköinen kaivos - Korvataan perinteiset polttomoottoritoimiset työkoneet sähköisillä koneilla.
		Kaivoksen ilmanvaihto - Rakennetaan poistoilmanvaihtojärjestelmänä (raitisilmanotto ja poistoilmanpuhallus), millä saadaan vähennettyä työntekijöihin kohdistuvia terveyshaittoja.
		Malmin nosto kaivoksesta maanpinnalle toteutetaan kuorma-autojen sijaan joko hihnakuljettimilla tai kuilunostimella.
	Maanpinnan painuminen	Tyhjien louhostilojen täyttö (kaivostäyttö).
	Louhittava sivukivimäärä	Sivukiven määrä pystytään minimoimaan selektiivisellä louhintamenetelmällä.
	Räjähdeaineperäisen typen hallinta	Käytetään emulsioräjähdysaineita (typpi niukkaliukoisemmassa muodossa/vähemmän typpipäästöjä vesistöihin).
		Vinotunnelin yhtenä vaihtoehtoisena toteutustapana on tunneliporan käyttö. Yksi tunneliporan hyvistä puolista on typpipäästöjen pienentyminen.
	Melupäästöt	Poistoilmapuhaltimen melupäästöjen vähennys/minimointi puhaltimen suunnittelulla.
Malmin murskaus ja rikastus		
	Melu- ja pölypäästöt	Esimurskaus on sijoitettu maan alle.
		Toisen vaiheen murskaus ja jauhatuspiiri on sijoitettu rakennusten sisään, jotka on varustettu pölynpoistoilla.
		Malmin välivarastoalue on katettu.
		Kaikki hihnakuljettimet ovat koteloituja.

Hankkeen tekniseen suunnitteluun sisällytetyt menetelmät haitallisten vaikutusten lieventämiseksi		
Toiminto	**Haitallinen vaikutus**	**Lieventämiskeino**
		Tiestön ja rikastamoalueen asfaltointi.
	Energiankulutus	Painevalssijauhatus (HPGR), joka on energiatehokkain muihin jauhatusmenetelmiin verrattuna, on yksi vaihtoehto jauhatusmenetelmäksi.
	Toiminnan jälkeinen jalanjälki maanpinnalla	Rikastamorakennus on suunniteltu siten, että se pystytään helposti purkamaan ja kierrättämään toiminnan loputtua.
Kaivannaisjätteet		
	Toiminnan jälkeinen jalanjälki maanpinnalla	Korkearikkistä rikastushiekkaa ei jää maanpinnalle sulkemisen jälkeen, kaikki hyödynnetään kaivostäytössä.
		Hyvälaatuinen sivukivi hyödynnetään kaivoksen rakentamisessa (tarvekivenä). Toiminnan päätyttyä sivukiveä ei jää sijoitusalueelle.
		Korkearikkinen sivukivi hyödynnetään kaivostäyttö-materiaalina maanalaisessa kaivoksessa. Toiminnan päätyttyä sivukiveä ei jää sijoitusalueelle.
		Rikastamo ja kaivannaisjätealueet on sijoitettu tiiviisti toiminnasta aiheutuvan jalanjäljen minimoimiseksi.
	Vaikutukset maaperään sekä pohja- ja pintavesiin	Rikastushiekka- ja sivukivialueille sekä vesivarastoaltaaseen on suunniteltu tiiviit pohjarakenteet.
		Rikastamo ja kaivannaisjätealueet on sijoitettu korkealle maalle pois tulva-alueelta.
	Pölypäästöt	Kuivaläjitysvaihtoehdossa matalarikkisen rikastushiekka-alueen pinnan kastelu ja tiivistäminen, ajoreittien suunnittelu ja erillisten ajoväylien rakentaminen, aktiivisen läjitysalueen minimoiminen, operoinnin huolellinen suunnittelu (läjitysjärjestys, -tekniikat, toimenpiteiden ajoittaminen), vaiheittainen maisemointi, pölynsidonta-aineiden käyttö, pölynestoaitojen käyttäminen. Märkäläjitysvaihtoehdossa käytetään usean purkuputken yhdistelmää (spigotointi), jolloin alueen pinta pysyy märkänä mahdollisimman laajalti. Lisäksi pintaa kastellaan tarvittaessa.
		Korkearikkisen rikastushiekan pinta on jatkuvasti veden alla (vesipeitto).
		Tiestön ja piha-alueiden asfaltointi.
Vesienhallinta		
	Pintavesivaikutukset	Puhtaat pintavedet ohjataan erilleen kaivoksen vesistä niskaojilla.
		Kaivosalueen ylijäämävedet puhdistetaan ja johdetaan ympäristöön hallitusti yhtä purkureittiä pitkin.
		Raakavedenottomäärää pyritään vähentämään kierrättämällä prosessivettä (mahdollisimman korkea kierrätysaste).
	Pohjavesivaikutukset	Maanalaiseen kaivokseen tulevaa vesimäärää rajoitetaan teknisin ratkaisuin [injektointityö tunnelitilojen louhintojen yhteydessä ja tuotannon aikana tyhjien louhostilojen täyttö (pasta-kivimurske- ja pastatäyttö)]. Tiivistettävät alueet määritellään erikseen (ruhjevyöhykkeet, vettä johtavat rakenteet). Tarvittaessa käytetään esi-injektoinnin ja jälki-injektoinnin yhdistelmää. Tiivistys- ja tuentamenetelmien huolellinen suunnittelu ja toteutus.

Hankkeen tekniseen suunnitteluun sisällytetyt menetelmät haitallisten vaikutusten lieventämiseksi		
Toiminto	**Haitallinen vaikutus**	**Lieventämiskeino**
		Välttämistoimenpiteenä suunniteltu NE-satelliittiesiintymän louhimatta jättäminen pienentää merkittävästi pohjavedenpinnan alenemia etenkin Viiankiaavalla.
		Vanhat kairareiät suljetaan ennen louhintatöiden aloittamista.
		Kaivoksen sisäänkäynti sijoitetaan ympäröivään alueeseen nähden korkeammalle, jotta sulkemisen jälkeen kaivoksesta ei purkautuisi vesiä ympäristöön.

3.1.2 YVA-ohjelmassa tarkastellut vaihtoehdot

Esiselvitysten ja sidosryhmien kanssa käytyjen keskustelujen perusteella YVA-ohjelmaan valittiin tarkasteltavaksi neljä eri hankevaihtoehtoa maanalaisen kaivoksen toteuttamiselle. Ohjelmavaiheen aikana tehtyjen selvitysten perusteella kaikkien vaihtoehtojen maanpäälliset rakennukset sijoitettiin Kuusivaaran alueelle.

YVA-ohjelmassa (Pöyry Finland Oy 2018) esitetyt vaihtoehdot olivat VE0, VE1, VE2 ja VE3 (Kuva 3-1). Hankevaihtoehtojen valintaan johtaneet syyt ja tarkastelumenetelmät on kuvattu YVA-ohjelmassa. Selvityksiin perustuen jo ennen YVA-ohjelman vireille tuloa karsittiin vaihtoehto VE4 pois jatkoarvioinneista. Vaihtoehdossa VE4 kaivoksen tehdasrakennukset, rikastushiekka-alueet ja kaivoksen sisäänkäynti oli suunniteltu toteutettavaksi Käppäläaavan alueelle. Käppäläaavan alueelta löydettiin kuitenkin hankkeen yhteydessä laadituissa luontoselvityksissä useita uhanalaisia kohteita, joiden vuoksi vaihtoehto VE4 päätettiin jättää pois jatkoarvioinneista. Lisäksi hankevaihtoehtoa VE3 muokattiin siten, että Käppäläaavalle alun perin suunnitellut toiminnot siirrettiin Kuusivaaran alueelle.

Vaihtoehto VE0: Sakatin kaivoshanketta ei toteuteta. Alue säilyy muuttumattomana.

Vaihtoehto VE1: Sakatin pääesiintymä ja satelliittimalmio NE louhitaan maanalaisena kaivoksena. Rikastamo, kaivoksen sisäänkäynti ja rikastushiekka-alue oheistoimintoineen sijoitetaan **Kuusivaaran** alueelle.

Vaihtoehto VE2: Sakatin pääesiintymä ja satelliittimalmio NE louhitaan maanalaisena kaivoksena. Kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Viiankiaavan ja Kitisen väliselle alueelle (pohjoisemmaksi kuin VE1). Rikastamo ja rikastushiekka-alue oheistoimintoineen sijoitetaan **Kuusivaaran** alueelle.

Vaihtoehto VE3: Sakatin pääesiintymä ja satelliittimalmio NE louhitaan maanalaisena kaivoksena. Kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Viiankiaavan ja Kitisen väliselle alueelle (pohjoisemmaksi kuin VE2). Rikastamo ja rikastushiekka-alue oheistoimintoineen sijoitetaan **Kuusivaaran** alueelle.

Kuva 3-1 YVA-ohjelmavaiheessa esitetyt hankevaihtoehdot (Lähde: Pöyry Finland Oy 2018).

YVA-ohjelmavaiheessa hankevaihtoehtojen (päävaihtoehdot) sisällä oli useampia alavaihtoehtoja eri toimintojen sijoittumiselle. Sijoittelussa alustavasti huomioituja asioita olivat rikastushiekka- ja sivukivialueiden sijainti Kuusivaarassa, vedenotto- ja purkupaikka, voimajohdon linjaus sekä kaivokselle johtavan yhdystien ja tarvittavan sillan sijainnit. Näiden toimintojen sijainnit ovat tarkentuneet YVA-selostusvaiheen aikana ja niistä on kerrottu tarkemmin luvussa 3.2. Tarkasteltavat vaihtoehdot sekä hankealueelle sijoittuvat toiminnot on esitetty luvuissa 3.4–3.9.

3.1.3 YVA-ohjelman jälkeiset muutokset

YVA-ohjelman jälkeen hankesuunnittelua on edelleen jatkettu, ja vaihtoehtoja VE1, VE2 ja VE3 on tarkennettu ja osin muutettu. Vaihtoehtojen välisen tarkastelun helpottamiseksi ohjelmavaiheen jälkeen on päädytty käyttämään päävaihtoehtojen sisällä alavaihtoehtoja a ja b, joiden merkittävimmät erot ovat hankealueelle rakennettavan yhdystien sijoittumisessa, rikastushiekan läjitystavassa sekä maanalaiseen kaivokseen johtavan vinotunnelin toteuttamisessa.

YVA-ohjelmassa lähdettiin siitä, että malmin kuljettaminen ylös maanalaisesta kaivoksesta tapahtuisi joko hihnakuljettimin, kuilunostimella tai kuorma-autoilla. YVA-selostusvaiheessa on päädytty siihen, että malmin kuljetus maanpinnalle tapahtuisi vaihtoehdosta riippuen joko hihnakuljettimella tai kuilunostimella. YVA-selostusvaiheessa kuilunostimeen on sisällytetty maanpäällinen nostotorni, joka on YVA-ohjelmaan verrattuna uusi rakennelma.

Rikastushiekalle oli esitetty YVA-ohjelmassa neljää erilaista läjitysvaihtoehtoa. YVA-ohjelmavaiheen jälkeen on jatkettu rikastushiekan läjitystavan suunnittelua, ja YVA-ohjelmassa esitetyistä läjitystavoista on valittu YVA-selostukseen kaksi vaihtoehtoa: kuivaläjitys (käytössä alavaihtoehdoissa a) ja märkäläjitys (käytössä alavaihtoehdoissa b). Rikastushiekan läjitykselle varattavan alueen koko ja lopullisen täytön korkeus riippuvat valittavasta läjitysmenetelmästä ja läjitysalueen sijainnista.

Kaivoksen raakavedenottopaikat sekä puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikat ovat tarkentuneet YVA-ohjelmassa esitetystä. Raakavedenoton pumppaamon eteläisempää vaihtoehtoa 1 on siirretty hieman pohjoisemmaksi, ja pohjoisempaa vaihtoehtoa 2 on siirretty hieman etelämmäksi. YVA-selostuksessa puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikat on sijoitettu Kitiseen, mikä edellyttää purkuputken rakentamista.

Kaivoksen eteläisen yhdystien linjausta on tarkennettu. Eteläistä yhdystietä on siirretty YVA-ohjelmassa esitetystä Sodankylän kunnan YVA-ohjelmasta antaman lausunnon johdosta sekä tulvasuojelun vuoksi kauemmas Kelukosken padosta.

Sakatin kaivoksen sähköverkkoon liittämiseksi YVA-ohjelmassa tutkittiin kahta vaihtoehtoista linjausta uudelle 110 kV voimajohdolle. YVA-ohjelmassa esitetyt 110 kV voimajohdon linjaukset, Matarakosken tai Kelukosken voimalaitokselta todettiin toimimattomiksi ja ne jätettiin pois YVA-selostuksessa tarkasteltavista vaihtoehdoista. Ainoaksi toteuttamiskelpoiseksi vaihtoehdoksi osoittautui nk. Vajukosken linja. YVA-ohjelmavaiheen jälkeen voimajohdon reittisuunnittelua on tehty uudelleen siitä lähtökohdasta, että sähköliityntä kantaverkkoon tapahtuisi Vajukosken voimalaitoksen läheisyydessä sijaitsevalla 110 kV kytkinasemalla.

YVA-ohjelmassa esitettyä hankealueen rajausta on päivitetty ennen arviointivaiheen käynnistämistä. Hankealueen rajausta on laajennettu sen mukaisesti, mitä yhteysviranomainen on YVA-ohjelmasta antamassaan lausunnossaan asiasta todennut. Hankealueeseen on sisällytetty Viiankiaavan alle sijoittuva, hyödynnettävä Sakatin esiintymä, Kitisen yli rakennettavaksi suunniteltu silta ja 110 kV liityntävoimajohto. Lisäksi hankealuetta on laajennettu etelässä kohti Sodankylää siten, että hankealue kattaa myös eteläisen yhdystievaihtoehdon. YVA-ohjelmassa oli esitetty yksi hankealue, johon sisältyi kaikki vaihtoehdot. YVA-selostuksessa päädyttiin esittämään kullekin toteutusvaihtoehdolle oma rajauksensa toimintojen tosiallisen sijoittumisen selkeyttämiseksi. Näin ollen hankealueen rajauksia on yhteensä kuusi.

3.1.4 YVA-selostuksen jälkeiset muutokset

YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) valmistumisen jälkeen kaivoksen teknistä suunnittelua on jatkettu, minkä perusteella mm. louhintamäärät, kaivoksen kuivanapitovesien määrä, tarvekivilouhoksen toteutussuunnitelma sekä muodostuvien suoto- ja kaivosvesien laatu ovat tarkentuneet. Lisäksi suunniteltuihin prosesseihin ja käytettäviin kemikaaleihin on tullut muutoksia.

Kaivoksen tiivistys- ja tuentasuunnitelmat ovat tarkentuneet mm. saavutettavien tiivistysasteiden osalta (lievennystoimenpiteet). Osana lieventämistoimenpiteitä on tarkasteltu myös kaivossuunnitelman muuttamista jättämällä NE-satelliittiesiintymä louhintasuunnitelman ulkopuolelle, eli satelliittiesiintymää ei louhittaisi lainkaan. Tästä toimenpiteestä käytetään jäljempänä nimitystä välttämistoimenpide.

Varsinaisia vaihtoehtoihin tulleita muutoksia ovat kolmannen mahdollisen raakavedenottopaikan mukaan ottaminen sekä sivukivialueiden jääminen väliaikaisiksi (sivukivien hyötykäyttö). Lisäksi mm. pohjaveden virtausmallinnusohjelmisto sekä virtausmallinnuksessa (Itasca Denver Inc. 2023) käytetyt kallioperän tiivistysskenaariot ovat muuttuneet (lievennystoimenpiteet).

3.2 Hankkeessa tarkasteltavien vaihtoehtojen kuvaus

YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) arvioidaan kolmea päävaihtoehtoa VE1, VE2 ja VE3. Jokaiseen päävaihtoehtoon kuuluu kaksi alavaihtoehtoa a ja b. Hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutukset arvioidaan omana vaihtoehtonaan, vaihtoehto VE0. Näin ollen YVA-selostuksessa arvioituja vaihtoehtoja muodostui kaikkiaan seitsemän kappaletta (VE0, VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b). Hankealueet on muodostettu vaihtoehtokohtaisesti siten, että hankealueita on kuusi. Nämä hankealueet on kuvattu kunkin vaihtoehdon yhteydessä jäljempänä luvuissa 3.4–3.9. Hankealue kattaa kaikki kaivoksen maanpäälliset ja maanpinnan alapuolelle sijoittuvat toiminnot pois lukien Kitiseen sijoittuvat vedenottoon ja -purkuun liittyvät rakenteet. Vaikutusarvioinnissa on selkeyden vuoksi esitetty kuitenkin vain yksi hankealueen rajaus, joka kuvaa vaihtoehtojen yhdistelmänä muodostuvaa laajinta hankealuetta.

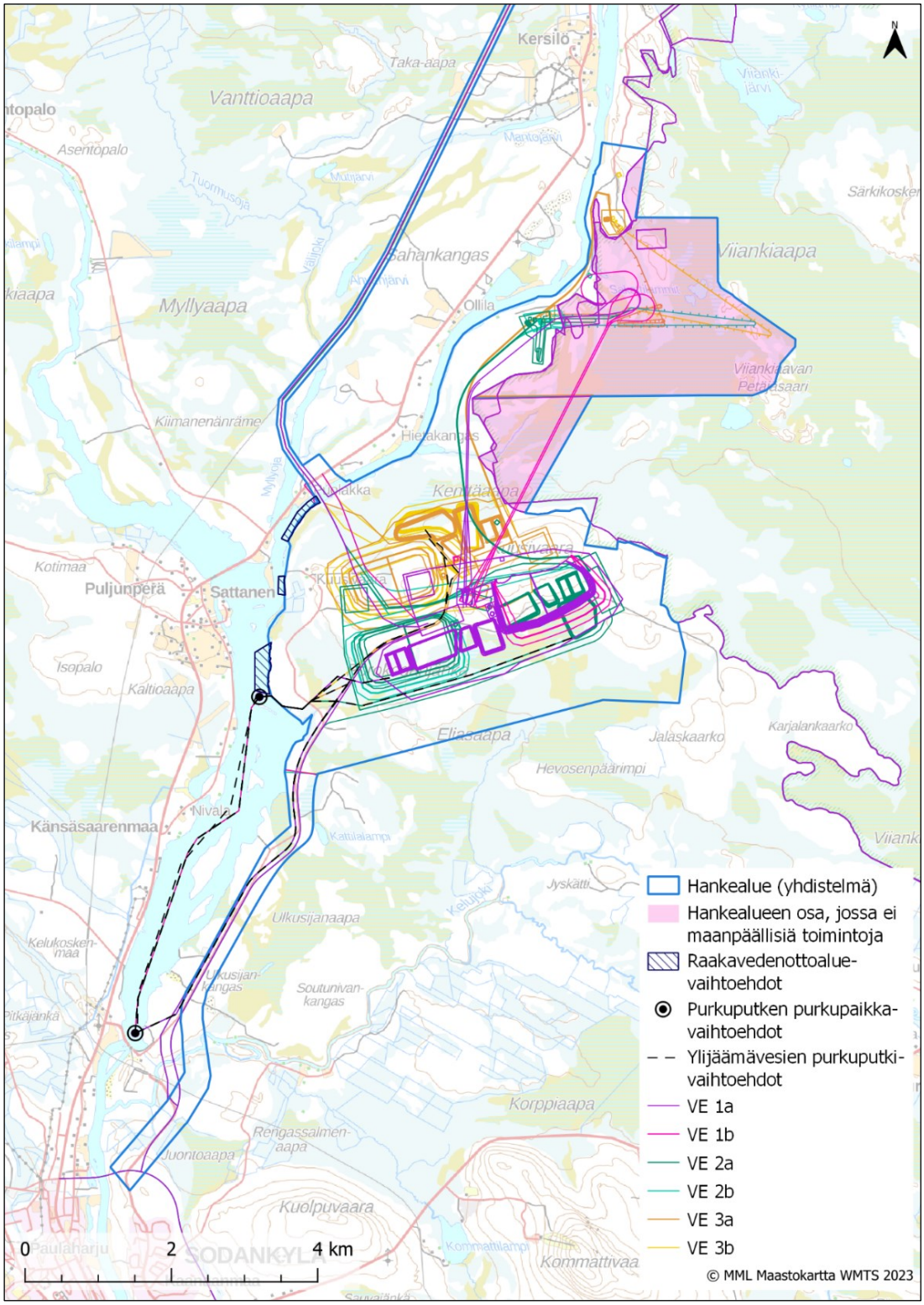
Hankevaihtoehtojen kuvauksissa on pyritty keskittymään vaihtoehtojen välisten erojen ja tärkeimpien toimintojen sijoittelun kuvaamiseen. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 3-2) on kuvattu päävaihtoehtojen keskeisimmät erot. Kuva 3-2 esittää kunkin vaihtoehdon toimintojen sijoittumisen

hankealueelle. Jokainen vaihtoehdoista on kuvattu tarkemmin jäljempänä luvuissa 3.3–3.9. Hankkeen teknisessä kuvauksessa (Luku 4) on kuvattu tarkemmin eri rakenteita, yksittäisiä kaivosalueen toimintoja ja malmin rikastamiseen liittyviä prosesseja. Malmin louhintamäärä on kaikissa hankevaihtoehdoissa sama, noin 1,25–2,2 Mt/v., ja kaivoksen toiminta-aika on kaikissa vaihtoehdoissa noin 20 vuotta.

Taulukko 3-3 YVA-selostuksessa arvioitavat vaihtoehdot.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Kaivoksen sisäänkäynti	Ei toteuteta	Läntinen Kuusivaara	Pahanlaaksonmaa, esiintymän lounaispuolella	Pahanlaaksonmaa, esiintymän pohjoispuolella
Tehdasalue, altaat ja sijoitusalueet	Ei toteuteta	Läntinen Kuusivaara	Itäinen Kuusivaara	Pohjoinen Kuusivaara
Pastalaitos	Ei toteuteta	Maanalainen	Pahanlaaksonmaa	Pahanlaaksonmaa
Rikastushiekka-alueiden sijainti	Ei toteuteta	Itäinen Kuusivaara	Läntinen Kuusivaara	Läntinen Kuusivaara
Malmin maanpäällinen kuljetin	Ei toteuteta	Malmi maan pinnalle Kuusivaarassa, lyhyt hihnakuljetin	Hihnakuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara	Hihnakuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara
Maanalaisen vinotunnelin toteutustapa	Ei toteuteta	Yhdystunneli (toteutetaan jatkuvatoimisella tunneliporauksella tai perinteisellä räjäytyslouhinnalla)	**Alavaihtoehto a**: Spiraalivinotunneli (toteutetaan perinteisellä räjäytyslouhinnalla), edellyttää nostokuilun ja -tornin	
			Alavaihtoehto b: Mutkavinotunneli (toteutetaan perinteisellä räjäytyslouhinnalla)	
Rikastushiekan läjitystapa	Ei toteuteta	**Alavaihtoehto a**: Rikastushiekka läjitetään kuivaläjityksenä		
		Alavaihtoehto b: Rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä		
Yhdystie ja silta	Ei toteuteta	**Alavaihtoehto a**: Eteläinen yhdystievaihtoehto: Rakennetaan uudet sillat Kitisen sekä Kelujoen yli, jolloin yhdystie liittyy Sodankylän itäpuolella valtatien 5 uuteen linjaukseen		
		Alavaihtoehto b: Pohjoinen yhdystievaihtoehto: yhdystie liittyy valtatiehen 4 Myllyojan pohjoispuolella ja Kitisen yli rakennetaan uusi silta		

Toteutettava vaihtoehto voi lopulta olla yhdistelmä YVA-menettelyssä arvioitavista vaihtoehdoista. Käytännössä tämä voi tarkoittaa sitä, että lopulta toteutuu vaihtoehto, jossa on esim. mutkavinotunneli (vaihtoehdosta VE2b ja VE3b), kuivaläjitys (vaihtoehdoista VE1a, VE2a ja VE3a) ja pohjoinen yhdystie (vaihtoehdosta VE1b, VE2b ja VE3b). Valittavaan toteutustapaan vaikuttavat paitsi ympäristövaikutusten arvioinnin johtopäätökset eri vaihtoehtojen vaikutuksista, myös tekniset toteutusvaihtoehdot ja vaihtoehtojen taloudellinen kannattavuus.



Kuva 3-2 YVA-selostuksessa arvioitavat hankevaihtoehdot yhdistettynä yhteen kuvaan. Kuvassa hankealueena on esitetty eri hankevaihtoehtojen yhdistelmästä syntyvä laajin rajaus. Purkuputken reittivaihtoehdot on kuvattu mustalla katkoviivalla.

3.2.1 Päävaihtoehtojen väliset erot

Toimintojen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella

Päävaihtoehdoissa (VE1, VE2 ja VE3) Kuusivaaran tehdasalueelle sijoitetaan kaikki tuotannon vaatimat toiminnot kuten rikastamo oheistoimintoineen, sijoitusalueet sivukiville, rikastushiekoille sekä pintamaille, lämpölaitos, vesienkäsittelyrakenteet ja -altaat, tarvekivilouhos, kuljettimet sekä huolto-, varasto- ja toimistotilat. Lisäksi alueelle rakennetaan tekniset perusrakenteet kuten sisäiset tiet, sähköverkko sekä vesi- ja viemäriverkostot. Vaihtoehtojen välillä on pieniä eroja rakennusten ja altaiden sijoittumisessa suhteessa toisiinsa. Kuusivaaran tehdasalue aidataan kaikissa vaihtoehdoissa. Toimintojen yksityiskohtaisempi sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella on kuvattu luvussa 4 (Kuva 4-1). Rakennusten lopullinen sijoittelu määräytyy rakennusluvan perusteissa.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin sijainti

Kaivoksen sisäänkäynti vaihtelee eri päävaihtoehtojen välillä siten, että päävaihtoehdossa VE1 kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee Kuusivaaran tehdasalueella ja päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3 Pahanlaaksonmaalla. Päävaihtoehdossa VE2 kaivoksen sisäänkäynti Pahanlaaksonmaalla on hieman etelämpänä kuin päävaihtoehdossa VE3.

Pastalaitoksen sijoittuminen

Pastalaitoksen rikastushiekasta ja kovettuvasta sidosaineesta valmistetaan tahna, pasta, jota käytetään kaivostäyttönä. Laitoksen sijainti riippuu hankevaihtoehdosta. Päävaihtoehdossa VE1 pastalaitos rakennetaan maanalaiseen kaivokseen noin 370 metrin syvyyteen maan pinnasta. Päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3 pastalaitos rakennetaan maan päälle Pahanlaaksonmaalle. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b ja VE3a pastalaitos sijoittuu Pahanlaaksonmaan eteläosaan, kun taas vaihtoehdossa VE3b pastalaitos sijoittuu sen pohjoisosaan.

Malmin ja sivukiven kuljetus maanalaisesta kaivoksesta maanpintaan

Malmi siirretään kaivoksesta maan päälle joko hihnakuljettimella tai nostokuilun kautta riippuen valittavasta vinotunnelivaihtoehdosta. Suoravinotunnelivaihtoehdossa (VE1a ja VE1b) ja mutkavinotunnelivaihtoehdossa (VE2b ja VE3b) malmin siirto maan päälle tapahtuu hihnakuljettimilla vinotunnelia pitkin. Spiraalivinotunnelivaihtoehdossa (VE2a ja VE3a) malmi nostetaan maan päälle kuilunostimella. Kuilunostin edellyttää nostotornia, joka rakennetaan Pahanlaaksonmaan eteläosaan vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a.

Malmin ja sivukiven maanpäällinen siirto

Päävaihtoehdossa VE1, jossa kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee Kuusivaarassa muiden toimintojen yhteydessä, maanalaisesta kaivoksesta rakennetaan hihnakuljetin louhitun malmin ja sivukiven siirtämiseksi maan päälle. Hihnakuljetin jatkuu lyhyen matkaa maan pinnalla siirtäen malmin maanalaisen kaivoksen sisäänkäynniltä malmin välivarastoalueelle ja sivukivet sijoitusalueille.

Päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3 kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee Pahanlaaksonmaalla, jolloin malmi ja sivukivi siirretään hihnakuljettimella Pahanlaaksonmaalta Kuusivaaran tehdasalueelle, jossa sijaitsee malmin välivarasto ja sivukiven sijoitusalueet. Hihnakuljetin sijoitetaan Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan välille rakennettavan huoltotien yhteyteen (havainnekuva ks. Kuva 4-2, luku 4.1.3). Hihnakuljetin on koteloitu.

Huoltotie Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan välillä

Päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3 rakennetaan huoltotieyhteys Kuusivaaran tehdasalueen ja Pahanlaaksonmaan välille. Huoltotien pituus on noin 4,5–5,5 kilometriä. Huoltotie palvelee kaivoksen huoltoajoa sekä henkilöautoliikennettä. Huoltotien viereen sijoitetaan hihnakuljettimen lisäksi tarvittavia teknisiä perusrakenteita, kuten vesilinjat sekä 20 kV voimajohto (havainnekuva ks. Kuva 4-2, luku 4.1.3).

3.2.2 Alavaihtoehtojen väliset erot

Alavaihtoehdot (a ja b) määrittävät päävaihtoehdon sisällä yhdystien sijainnin, rikastushiekan läjitystavan sekä maanalaisen kaivoksen vinotunnelin toteutukseen liittyviä ratkaisuja.

Kaivoksen vinotunnelin toteutus

Sakatin esiintymän hyödyntämistä varten louhitaan vinotunneliyhteys maan päältä maanalaiseen kaivokseen. Vinotunneli voidaan toteuttaa joko suora-, mutka- tai spiraalivinotunnelina. Toteutustapa riippuu vaihtoehdosta. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b toteutustapana on suoravinotunneli, vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a spiraalivinotunneli ja vaihtoehdoissa VE2b ja VE3b mutkavinotunneli. Vinotunnelin toteutustapa sekä valittava louhintamenetelmä vaikuttavat siihen, miten malmi nostetaan kaivoksesta maanpintaan ja miten maanalaisen kaivoksen ilmanvaihto toteutetaan. Vinotunnelien toteutustavoista, malmin siirrosta ja ilmanvaihdosta on kerrottu tarkemmin YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 4.1.4.

Matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa

Maan päälle varastoitava matalarikkinen rikastushiekka voidaan läjittää joko kuiva- tai märkäläjitysmenetelmällä. Kuivaläjitysvaihtoehdossa (vaihtoehdot VE1a, VE2a ja VE3a) rikastushiekka-alue koostuu kahdesta vierekkäin sijaitsevasta erillisestä lohkosta ja märkäläjitysvaihtoehdossa (vaihtoehdot VE1b, VE2b ja VE3b) yhdestä alueesta. Rikastushiekka-alueen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella riippuu tarkasteltavasta päävaihtoehdosta.

Kaivoksen yhdystie

Sakatin kaivokselle rakennetaan uusi yhdystie, joka toteutetaan siten, että kaikissa a-alavaihtoehdoissa (vaihtoehdot VE1a, VE2a ja VE3a) yhdystie sijoittuu Kuusivaaran tehdasalueelta etelään vt 5:n uudelle linjaukselle ja vastaavasti kaikissa b-alavaihtoehdoissa (vaihtoehdot VE1b, VE2b ja VE3b) Kuusivaaran tehdasalueelta luoteeseen vt 4:lle. Pohjoisen yhdystien sijainnille Kuusivaaran tehdasalueella on kaksi vaihtoehtoa, mikä johtuu toimintojen erilaisesta sijoittumisesta eri vaihtoehdoissa. Yhdystien sijainti Kuusivaaran tehdasalueen ulkopuolella on yhtäläinen. Uudella yhdystiellä kulkee

kaikki kaivokselle tuleva ja sieltä lähtevä liikenne. Uusien tieyhteyksien tarkempi kuvaus on esitetty vuonna 2020 jätetyn YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 4.1.1.

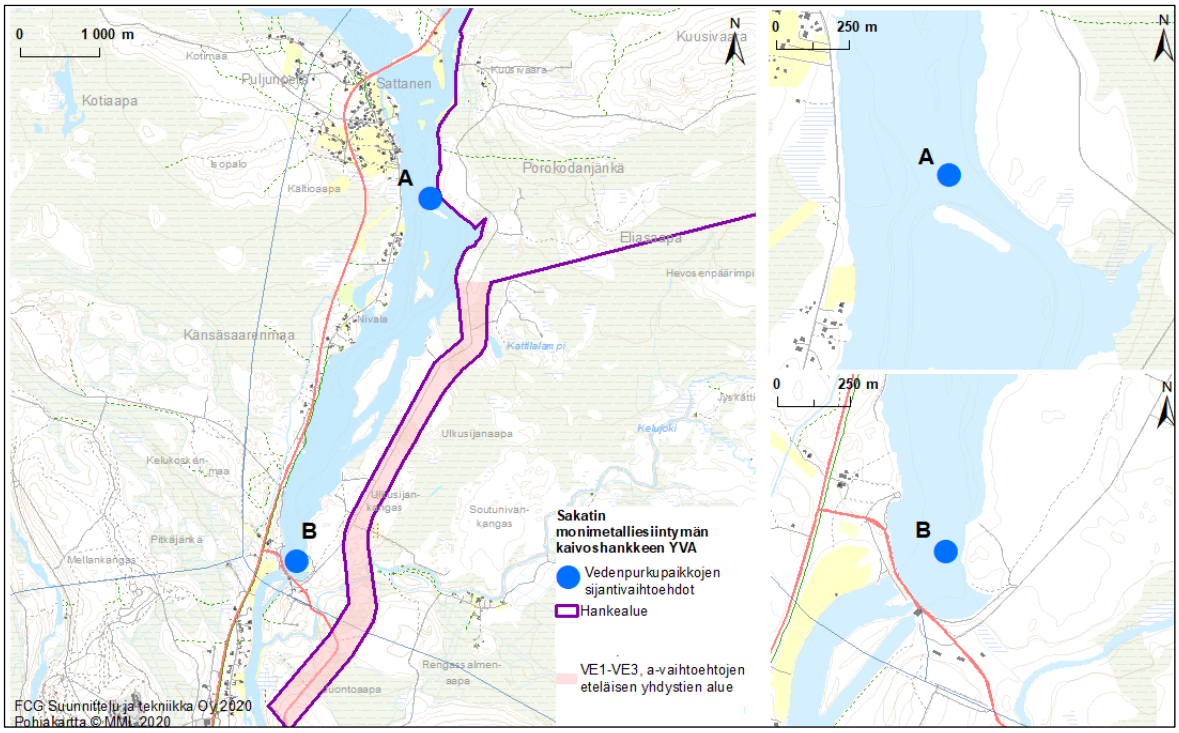
3.2.3 Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät hankkeessa

Raakavedenotto ja puhdistettujen ylijäämävesien purkaminen

Kaivoksen tarvitsema raakavedenotto ja puhdistettujen ylijäämävesien purkupiste sijoittuvat Kitiseen. Putkilinjasto sijoitetaan Kitisen ja Kuusivaaran tehdasalueen välillä maan alle.

Kaivoksen tarvitsema raakavesi otetaan Kitisestä. Raakavedenottamon sijainnille on kolme vaihtoehtoista paikkaa (Kuva 3-2), jotka ovat alavaihtoehdosta riippumattomia. Pohjoisin vaihtoehto (RV1) sijoittuu Myllyojan ja Kitisen liittymäkohdalle, keskimmäinen vaihtoehto (RV3) sijoittuu Kuusivaara-rankummun kohdalle ja eteläisin vaihtoehto (RV2) Kotisuvannon kohdalle. Tehdasalueen ja Kitisen välille rakennetaan putkilinjat raakavedelle. Raakavesiputken arvioitu pituus on noin 2 100–2 700 metriä (kaivosalueelta suorinta reittiä Kitisen rannalle).

Puhdistettujen ylijäämävesien purkamisen osalta on selvitetty kahta vaihtoehtoista, Kelukosken altaassa sijaitsevaa paikkaa, A (Porokota) ja B (Kelukoski) (Kuva 3-3).



Kuva 3-3 Sakatin kaivoksen ylijäämävesien purkupaikat, vaihtoehto A Porokota ja B Kelukoski.

Mikäli puhdistetut ylijäämävedet johdetaan purkupaikkaan A (Porokota), purkuputki rakennetaan tehdasalueelta Kitisen rantaan, jossa se upotetaan noin 300 metrin osuudelta Kitisen pohjaan. Purkupaikka A on mahdollinen kaikissa vaihtoehdoissa (VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b). Mikäli puhdistetut ylijäämävedet johdetaan purkupaikkaan B, alavaihtoehdoissa a purkuputki rakennetaan

maanalaisena tehdasalueelta eteläisen yhdystien yhteyteen ja alavaihtoehdoissa b upotetaan Kitisen pohjaan noin 5,3 kilometrin matkalla. Purkuputken sijaintivaihtoehdot on esitetty yllä (Kuva 3-2).

Kaivosalueella muodostuvia saniteettijätevesiä varten rakennetaan tarvittava putki, joka liitetään kunnan viemäriverkostoon sopivassa liityntäpisteessä. Liitynnän tarkka sijainti selviää myöhemmässä vaiheessa suunnittelua.

Räjähteiden varastoalue

Räjähteiden varastoalue sijaitsee Kuusivaaran tehdasalueen välittömässä läheisyydessä (VE1a, VE1b), Kuusivaaran pohjoispuolella (VE2a) tai Pahanlaaksonmaalla (VE2b, VE3a, VE3b). Räjähdysaineita varastoidaan maan päällä vain rakentamisvaiheessa. Toimintavaiheessa räjähdysaineet varastoidaan maanalaisessa kaivoksessa. Tilapäisen räjähdevaraston toteutustapa riippuu valittavasta tunnelin louhintamenetelmästä. Tunneliporausvaihtoehdossa räjähdysaineita tarvitaan vain tarvekiven louhintaan ja mahdollisiin maanpäällisiin louhintoihin. Tällöin erillistä varastoaluetta ei tarvita välttämättä lainkaan. Jos vinotunneli toteutetaan poraus ja räjäytys –vaihtoehdon mukaisesti, kaivoksen alueelle luvitetaan valtioneuvoston asetuksen räjähteiden valmistuksesta ja varastoinnista (819/2015) mukainen määräaikainen räjähdevarasto. Tällöin varastointiin käytetään SFS 4397 standardin mukaisia merikontteja, joita alueelle tulee kolme kappaletta. Varaston sijainnissa huomioidaan vaadittavat suojaetäisyydet.

Kuljetukset

Hankkeen rakennus- ja tuotantovaiheen (pois lukien rikastekuljetukset) raskaiden kuljetusten on hankkeen logistiikkaselvityksessä oletettu tapahtuvan vt 4:ä pitkin Rovaniemen suunnalta. Tuotantovaiheessa rikasteet kuljetetaan maanteitse joko vt 4:ä pitkin Perämeren satamiin Kemiin tai Ouluun tai vaihtoehtoisesti vt 5:ttä pitkin Kemijärvelle, josta rikasteet kuljetetaan junalla Harjavaltaan tai Perämeren satamiin. Myös maantiekuljetus vt 4:ä pitkin Kemiin ja junakuljetus Kemistä Harjavaltaan on mahdollista. Yhtenä vaihtoehtona ovat rekkakuljetukset suoraan Harjavaltaan. Kaivoksen kuljetuksia on kuvattu tarkemmin vuonna 2020 jätetyssä YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) hankkeen teknisen kuvauksen yhteydessä luvussa 4 sekä liikennevaikutusten arvioinnin yhteydessä luvussa 14.

Kaivoksen liittäminen sähköverkkoon

Sakatin kaivoksen sähköverkkoon liittämiseksi rakennetaan uusi 110 kV voimajohto, jonka linjaus on kaikkien hankkeessa tarkasteltavien vaihtoehtojen osalta käytännössä sama. Ainoastaan tehdasalueella voimajohdon sijainti voi vaihdella hieman eri vaihtoehtojen välillä riippuen rakennusten ja rakenteiden sijoittumisesta. Voimajohdon kokonaispituus on noin 25,1 kilometriä. Voimajohtoa ja sen ympäristövaikutuksia on kuvattu tarkemmin vuonna 2020 jätetyssä YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 27. Voimajohdon ympäristöselvitys on ko. YVA-selostuksen liitteenä (Liite 24).

Rikastamon prosessivaihtoehdot

Sakatin kaivoshankkeessa päärikastusprosessina käytetään vaahdotusta ja magneettierotusta. Rikastusprosessin yhtenä osana on ns. ripevaihe, jolla pyritään toisaalta mahdollisimman korkeaan lopulliseen arvomineraalien talteen saantiin ja toisaalta mahdollisimman alhaiseen rikkipitoisuuteen laitoksen rikastushiekka-alueelle ohjattavassa prosessijätteessä. Ripevaiheella on kaksi mahdollista toteutustapaa: prosessivaihtoehto 1 ja prosessivaihtoehto 2. Prosessivaihtoehdot eroavat toisistaan etenkin käytettävien kemikaalien suhteen, mikä vaikuttaa erityisesti kaivoksen vedenlaatuun. Rikastuksesta on kerrottu tarkemmin jäljempänä luvussa 4.2.3.

Kaivoksen toteutustapa

Sakatin kaivos voidaan toteuttaa ns. perinteisenä kaivoksena, jolloin kaikki kaivoksella käytettävät työkoneet ovat dieselkäyttöisiä tai sähköisenä kaivoksena, jolloin maanalaisen kaivoksen sekä rikastushiekka-alueen kaikki ajoneuvot ja työkoneet olisivat sähkökäyttöisiä.

Kaivoksen kuivanapitovesien määrien rajoittaminen

Rakennus- ja tuotannon aikana maanalaiseen kaivokseen tulevaa vesimäärää pyritään rajoittamaan teknisin ratkaisuin ja siten lieventämään pohjavesiin kohdistuvia vaikutuksia (erityisesti pohjavesipinnan alenemaa). Kalliopohjaveden pääsyä maanalaiseen kaivokseen voidaan vähentää tiivistämällä tunnelitiloja sekä tuotantovaiheessa täyttämällä tyhjiä louhostiloja kovettuvalla täytöllä (pasta-kivimursketäyttö ja pastatäyttö). Tunnelitilojen tiivistys voidaan toteuttaa injektointimenetelmällä, jossa kallioon ja siinä oleviin ruhjeisiin porataan reikiä ja pumpataan niihin kovettuvaa eristysainetta (injektointimassaa). Injektointi voidaan toteuttaa joko ennen tunnelin louhintaa (esi-injektointi) tai jälkikäteen vesivuotojen ilmestyttyä (jälki-injektointi). Estämällä vedentulo kaivokseen pystytään ehkäisemään louhinnasta aiheutuvia pohjavesivaikutuksia sekä parantamaan turvallisuutta kaivoksessa.

Sakatin kaivoshankkeen YVA-selostusta koskevassa täydennyksessä tarkastellaan kahta realistista pohjavesimallinnusskenaariota, joiden ympäristövaikutukset arvioidaan. Käsiteltävät pohjavedenvirtausmallinnusskenaariot ovat:

80 % tiivistysskenaario (80 % injektointitehokkuus)

Skenaariossa oletetaan, että vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenteet injektoidaan. Injektointitehokkuuden on oletettu olevan 80 %. Kaivostäytön vedenjohtavuutena on käytetty maltillista vedenjohtavuusarvoa ($5{,}0 \times 10^{-8}$ m/s).

65 % tiivistysskenaario (65 % injektointitehokkuus)

Skenaariossa oletetaan, että vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenneteet injektoidaan. Injektointitehokkuuden on oletettu olevan 65 %. Kaivostäytön vedenjohtavuutena on käytetty korkeaa vedenjohtavuusarvoa ($1{,}0 \times 10^{-7}$ m/s).

Molemmat skenaariot sisältävät myös kaivostäytön käytön. Kaivostäytön on oletettu kutistuvan täytön kovettuessa. Kutistumisen seurauksena kallion ja täytön väliin jää vettä johtava kanava, mikä on huomioitu mallinnuksessa.

Pohjavedenvirtausmallissa injektointitehokkuudella (%) tarkoitetaan tunnelilinjalle vuotamaan jäävien laskentasolujen suhteellista osuutta. Injektointitehokkuus ei siis suoraan kuvaa injektoinnin suunnittelussa käytettävien olennaisten muuttujien ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi tunnelia ympäröivä injektoitu alue, sen paksuus ja vedenjohtavuus sekä injektointimassan tyyppi ja tunkeuma. Hankesuunnittelun seuraavissa vaiheissa pohjavesimallin oletuksista tullaan luomaan tekniset tavoitteet vuotovesien hallinnalle. (AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022.)

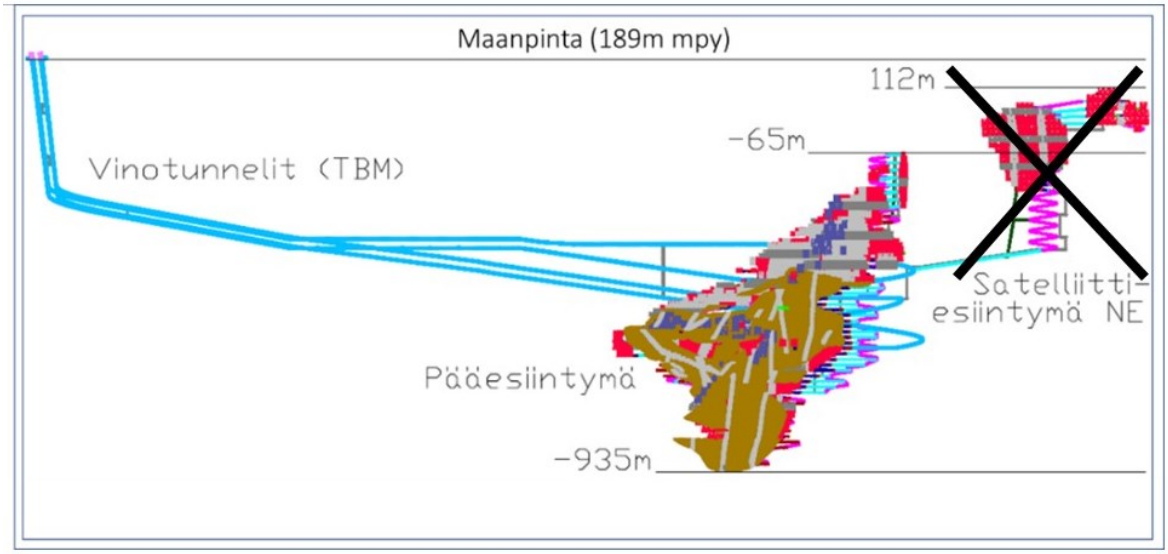
Välttämistoimenpiteet

Nykyinen Sakatin kaivossuunnitelma sisältää pääesiintymän ja sen koillispuolelle sijoittuvan satelliittiesiintymän NE louhinnan. Tunnettujen mineraalivarantojen määräksi on arvioitu 44,4 Mt ja kokonaislouhinta-aika on nykyisen kaivossuunnitelman mukaan noin 20 vuotta. Nykyisen kaivossuunnitelman mukaan satelliittiesiintymän NE valmistelevat työt eli peränajo ja tuotantotasojen louhinta tultaisiin toteuttamaan kaivoksen toimintavuosien 9–10 aikana. Malmin louhinta satelliittiesiintymän NE alueelta on suunniteltu alkavaksi toimintavuonna 11.

Uutena lievennystoimenpiteenä eli ns. välttämistoimenpiteenä, pohjavedenpinnan alenemisen pienentämiseksi, on päädytty tarkastelemaan satelliittiesiintymän NE poisjättämistä kaivossuunnitelmasta. Sen seurauksena louhinta keskittyy kaivoksen toimintavuosina vain pääesiintymän alueelle. Sakatin kaivossuunnitelma välttämistoimet huomioiden on seuraava (vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b):

- **Toimintavuodet 0–2:** Kuusivaaran tehdasalueelta rakennetaan neljä vinotunnelia pääesiintymälle. Ensimmäisten tilojen louhinta ja rakentaminen aloitetaan maanalaiseen kaivokseen.
- **Toimintavuodet 3–8:** Malmin louhinta alkaa ja kaivostilojen rakentaminen siirtyy kaivoksen syvempiin osiin tason -400 metriä mpy alapuolelle. Toimintavuosien aikana malmin louhinta tapahtuu kaivoksen syvimmissä osissa.
- **Toimintavuodet 9–10:** Malmin louhinta siirtyy pääesiintymän ylempiin osiin tasoille -150–(-65) metriä mpy. Vinotunnelin rakentaminen satelliittiesiintymälle NE jää välttämistoimien myötä pois.
- **Toimintavuodet 11–22:** Malmin louhinta keskittyy pelkästään pääesiintymän alueelle tasoille -400–(-70) metriä mpy. Malmin louhinta satelliittiesiintymän NE alueelta jää välttämistoimien myötä pois.

Satelliittiesiintymän NE sisältämän malmin osuus on noin 5 % kaivoksesta louhittavasta malmin kokonaismäärästä. Pohjautuen mineraalivarantoarvioon satelliittiesiintymän NE poisjättäminen ei vaikuta kaivoksen toiminta-aikaan eikä louhintamääriin. NE-satelliittiesiintymän malmi on suurelta osin metalli- ja sulfidipitoisuuksiltaan erittäin korkealaatuinen ns. massiivista malmia, joten sillä on pienet vaikutukset louhitun malmin laatuun, joskin koko toiminta-aikaa ajatellen tämä vaikutus on vähäinen. Seuraavassa kuvassa (Kuva 3-4) on esitetty pituuspoikkileikkauskuva Sakatin esiintymästä, johon on merkitty rastilla (x) alueet, jotka välttämistoimien seurauksena jätetään louhimatta.



Kuva 3-4 Välttämistoimien myötä satelliittiesiintymä NE:n hyödyntäminen sekä esiintymälle johtava vinotunneli jätetään toteuttamatta. Kuvaan on havainnollistettu rastilla (x) poisjätettävät alueet. Kuvaan on lisäksi havainnollistettu pääesiintymän ja satelliittiesiintymän NE sijoittuminen suhteessa maanpintaan. Sakatin pääesiintymän ylin louhintataso sijoittuu 65 metriä merenpinnan alapuolelle, eli noin 250 metriä maanpinnan tasosta. Satelliittiesiintymän NE ylin louhintataso (louhoksen katto) sijaitsee noin 112 metriä merenpinnan yläpuolella, eli noin 80 metriä maanpinnan tasosta. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022, muokattu.)

Välttämistoimenpiteistä aiheutuvat muutokset ja vaikutukset

Välttämistoimenpiteistä aiheutuvat muutokset suunniteltuun kaivostoimintaan ja niiden vaikutukset arvioitaviin tekijöihin on esitetty tiivistettynä seuraavassa taulukoissa (Taulukko 3-4 ja Taulukko 3-5). Tarkemmin vaikutuksia on käsitelty jäljempänä vaikutusten arvioinnin yhteydessä luvuissa 11 ja 15–23. YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) tarkasteltuja vaikutuksia ei ole arvioitu uudelleen, jos asiantuntija-arvion perusteella on voitu katsoa vaikutusten pysyvän samoina uusista lievennystoimenpiteistä huolimatta. Näitä lukuja ei ole sisällytetty tähän täydennysosaan.

Taulukko 3-4 Välttämistoimenpiteistä aiheutuvat muutokset suunniteltuun kaivostoimintaan.

Kohde	Muutokset
LIEVENNYSTOIMENPITEISTÄ AIHEUTUVAT MUUTOKSET (NE-esiintymän poisjäänti)	
Tekninen kuvaus/ lähtötiedot	**Malmin louhinta ja mineraalivarannot**: Lievennystoimilla ei ole merkittävää muutosta mineraalivarantoarvioon eikä se siten vaikuta suunniteltuna toiminta-aikana louhittavan malmin kokonaismäärään. Lievennystoimet eivät vaikuta käytettäviin louhintamenetelmiin eivätkä oleellisesti vaikuta käytettävien räjähdysaineiden määrään. Ylin louhintataso tulee olemaan Sakatin pääesiintymän alueella noin 250 metriä maanpinnan tason alapuolella. **Kaivoksen kuivanapitovedet**: Lievennystoimien vaikutuksesta maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärän arvioidaan vähenevän, mikä voi vaikuttaa edelleen kaivokselta Kitiseen johdettavan ylijäämäveden määrään. Maanalaisen kaivoksen ylemmälle pumppaamotasolle tulevien laimeampien kuivanapitovesien (-420 metrin tason yläpuoliset vedet) määrän arvioidaan vähenevän, jolla saattaa olla lievästi väkevöittävä vaikutus koko kaivoksen kuivanapitoveden laatuun.

Kohde	Muutokset
	Rikastusprosessi: Malmisyötteen laatu muuttuu vähäisessä määrin, minkä ei arvioida vaikuttavan kemikaalien kulutusmääriin merkittävästi. Näiden perusteella rikastusprosessi ei vaikuta kaivoksen kierrätysveden laatuun. **Kaivannaisjätteet**: Lievennystoimien vaikutuksesta sivukivien louhintamäärän arvioidaan hieman vähenevän, mutta verrattuna kokonaislouhintamäärään muutos on merkityksetön. Sivukiven laatu ei muutu. Rikastushiekan määrän ja laadun ei arvioida muuttuvan merkittävästi. **Kaivannaisjätealueet:** Kaivannaisjätealueiden koko ja mittasuhteet eivät muutu nykyisestä. Kaivannaisjätealueiden suotovesien laatumallinnusten lähtökohdissa (*source term*) tapahtuvat pienet muutokset (rikastushiekan laatu ja sivukivien määräsuhteet) eivät vaikuta merkittävästi lopulliseen suotoveden laatuun. **Tarvekivilouhos**: Lievennystoimilla ei ole vaikutusta louhittavan tarvekiven määrään. **Ylijäämäveden laatu:** Lievennystoimilla ei arvioida olevan vaikutusta kaivokselta Kitiseen johdettavan ylijäämäveden laatuun. Mahdolliset pitoisuusmuutokset kaivosalueen eri vesijakeissa (ml. kuivanapitovesi, jätealueilta tulevat suotovedet) pystytään hallitsemaan vesienkäsittelyllä, jonka seurauksena ylijäämävesien laadussa ei arvioida tapahtuvan merkittävää muutosta. **Energian kulutus:** Lievennystoimien myötä maanalaisen kaivoksen ilmanvaihdossa tarvittava ilmamäärä ja raitisilman lämmitystarve voivat vähentyä ja siten pienentäen koko kaivoksen energian kulutusta. Kokonaisenergian kulutuksen kannalta muutos on merkityksetön. **Sulkemistoimenpiteet**: Ei muutoksia

Taulukko 3-5 Välttämistoimenpiteistä aiheutuvat muutokset suunniteltuun kaivostoimintaan ja niiden vaikutukset arvioitaviin tekijöihin.

Kohde	Muutokset	Vaikutus*
LIEVENNYSTOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSET (NE-esiintymän poisjääntı), TOIMINTAVAIHE		
Maankäyttö ja maankäytön suunnittelu	Maankäyttöön ja maankäytön suunnitteluun ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia tai muutoksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Maisema ja kulttuuriympäristö	Maisemaan ja kulttuuriympäristöön ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta, koska kaivoksen maanpäällisiin rakennuksiin ja rakenteisiin ei kohdistu muutosta.	Ei vaikutusta
Maa- ja kallioperä	Lievennystoimien seurauksena malmin louhinta keskittyy pääesiintymän alueelle. Muutos kohdistuu maanalaisiin toimintoihin, joten sillä ei ole maaperään kohdistuvia vaikutuksia. Alueella ei sijaitse suojeltavia kohteita. Maa- ja kallioperään ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Melu	Louhintaan liittyvät toiminnot tapahtuvat maan alla, maan päällä tapahtuvien toimintojen ajoittuminen ja laajuus ei muutu. Meluvaikutusten osalta ei ilmene aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Tärinä	Lievennystoimien seurauksena maanalaisen kaivoksen tuotantoaikainen louhintatärinä keskittyy pääesiintymän alueelle. Satelliittiesiintymä NE sijaitsee lähimpänä maanpintaa, joten tärinäalue Sakattilampien suunnassa todennäköisesti pienenee. Tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta ympäristövaikutusten arvioinnin lopputulemaan kokonaisuutena.	Vähäinen myönteinen
Liikenne	Raskaan- ja henkilöliikenteen määrässä ei arvioida tapahtuvan muutosta. Liikenteeseen ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Ilmasto ja ilmanlaatu	Lievennystoimien vaikutus maanalaisen kaivoksen poistoilmanlaatuun (kokonaispäästöt) on merkityksetön. Kaivosalueen pöly- ja kasvihuonekaasupäästöissä (laatu ja määrä) ei arvioida tapahtuvan merkittävää muutosta. Ilmastoon ja ilmanlaatuun ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Pohjavesi	Maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärän vähentyessä pohjavedenpinnan alenema (pinta-ala ja aleneman syvyys) pienenee merkittävästi Sakattilampien ympäristössä Viiankiaavalla. Lievennystoimilla ei ole vaikutusta Kuusivaaran alueen pohjavedenpinnan alenemiin.	Vähäinen myönteinen/ kohtalainen myönteinen

Kohde	Muutokset	Vaikutus*
	Lähteet: Lievennystoimien seurauksena Viiankiaavalla sijaitsevat lähteet Vii-HL2-7 ja Vii-L1 jäävät pohjavedenpinnan alenema-alueen ulkopuolelle. Muihin lähteisiin ei ole vaikutusta. **Pohjavesialueet:** Pohjavedenpinnan mallinnetun aleneman syvyys hieman pienenee Pahalaksonmaan pohjavesialueella, mutta muutos on hyvin vähäinen. Kersilönkankaan osalta arvioituihin vaikutuksiin ei tule muutoksia.	
Vesistöt ja vedenlaatu	Lievennystoimien seurauksena kaivoksen ylijäämävesien laadussa saattaa tapahtuva pieniä muutoksia, mutta niiden ei arvioida olevan merkittäviä, koska pitoisuutta ja kuormitusta hallitaan vesienkäsittelyllä. **Kitinen:** Kaivosalueelta purettavan ylijäämäveden määrä on pieni suhteessa Kitisen virtaamaan ja näin ollen lievennystoimien myötä mahdollisesti tapahtuvilla vähäisillä kuormitus- ja pitoisuusmuutoksilla ei arvioida olevan vaikutusta Kitisen vedenlaatuun. **Muut vesistöt:** Kaivoksen ylijäämävedet johdetaan purkuputkessa Kitiseen, joten niistä ei kohdistu vaikutuksia muihin vesistöihin. Lievennystoimien seurauksena kaivannaisjätealueiden suotovesien laadun ei arvioida muuttuvan eikä näin ollen alapuolisten vesistöjen (Kelujoki ja Kitinen) vaikutusten arvioida muuttuvan. Lievennystoimilla pohjavedenpinnan alenemat eivät ulotu Sakattilammille ja näin ollen Sakattilampiin kohdistuvat vaikutukset vähenevät. Lievennystoimien seurauksena Kärväslampeen kohdistuvien vaikutusten ei arvioida muuttuvan, koska lampi on pintavesivaikutteinen. **Purot ja ojat:** Kärväslammen purku-uoma ja Ruosteoja ovat pintavesivaikutteisia, eikä lievennystoimien siten arvioida vaikuttavan niihin. Sakattiojan kohdistuvien vaikutusten ei arvioida muuttuvan lievennystoimien seurauksena.	Ei vaikutusta/ vähäinen myönteinen
Vesiekologia ja vesieliöstö	Lievennystoimien seurauksena kaivoksen ylijäämävesien laadussa saattaa tapahtuva pieniä muutoksia, mutta niiden ei arvioida olevan merkittäviä, koska pitoisuutta ja kuormitusta hallitaan vesienkäsittelyllä. **Kitinen:** Lievennystoimien seurauksena Kitiseen kohdistuva kuormitus arvioidaan pysyvän samana, jonka vuoksi vaikutukset Kitisen vesiekologiaan ja vesieliöstöön eivät muutu. **Muut vesistöt**: Lievennystoimien seurauksena Sakattilampien ympäristöön ei kohdistu pohjaveden alenemaa eikä siitä seuraavaa hydrologian muutosta Sakattilammille ja näin ollen mahdollisia muutoksia vesiekologiaan ei aiheudu. Kärväslampi on pintavesivaikutteinen, joten muutoksia perustilaan ei arvioida tapahtuvan.	Ei vaikutusta
Luontotyypit ja kasvillisuus	Lievennystoimien seurauksena pohjavesipinnan alenemat pienenevät Sakattilampien ympäristössä Viiankiaavalla. Näin ollen Natura-alueen ulkopuolisiin luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	
Linnusto	Mahdollinen tärinäalue Sakattilampien ympäristössä todennäköisesti pienenee lievennystoimien seurauksena, mutta tällä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta linnustoon. Linnustoon ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Eläimistö ja hyönteislajisto	Eläimistöön ja hyönteislajistoon ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Luonnon monimuotoisuus	Luonnon monimuotoisuuden osalta pohjavedenpinnan aleneman pienenemisen arvioidaan vähentävän pienessä määrin haitallisia vaikutuksia hankealueella. Natura-alueella luonnon monimuotoisuuteen kohdistuu vain kohtalaisia heikentäviä vaikutuksia, jos lievennystoimenpiteet toteutetaan. Vaikutus Sakattilammille ja sen ympäristöön (alueen monimuotoisuutta turvaava kohde, vaarantuneen luontodirektiivin II liitteen lajin lapinsirppisammalen merkittävä esiintymä) vähenee.	Vähäinen myönteinen/ kohtalainen myönteinen
Natura-alueet ja suojelualueet	Lievennystoimien seurauksena pohjavedenpinnan alenema (pinta-ala ja syvyys) pienenee ja vaikutukset suoalueen vesikemiaan vähenevät (pinta- ja pohjavesien määräsuhde), mikä vähentää kasvien ja eläinten elinympäristöön kohdistuvia kielteisiä vaikutuksia.	Ei vaikutusta/ kohtalainen myönteinen/

Kohde	Muutokset	Vaikutus*
	Lievennystoimien vaikutukset Viiankiaavan suojeluperusteisiin: Lapinsirppisammaleeseen (luontodirektiivi liitteen II laji) kohdistuvat vaikutukset vähenevät. Lievennystoimien vaikutus lapinsirppisammaleeseen arvioidaan olevan kohtalainen myönteinen. Luontodirektiivin liitteen II lajeihin isonuijasammal ja kiiltosirppisammal kohdistuvat vaikutukset lievenevät, lievennystoimien vaikutus lajeihin arvioidaan olevan vähäinen myönteinen. Lievennystoimien seurauksena lettorikkoon kohdistuvat vaikutukset häviävät, joten toimenpiteiden vaikutus lettorikkoon arvioidaan olevan suuri myönteinen. Lapinleinikin osalta vaikutukset eivät muutu lievennystoimien seurauksena. Saukkoon ei kohdistu pohjaveden alenemisesta johtuvia merkittäviä vaikutuksia, joten lievennystoimenpiteillä ei ole vaikutusta. Lettoihin kohdistuvat vaikutukset vähenevät. Lievennystoimien vaikutus lettoihin arvioidaan olevan kohtalainen myönteinen. *Lähteet ja lähdesuot, Puustoiset suot* sekä *Humuspitoiset järvet ja lammet* -luontotyyppeihin kohdistuvat vaikutukset lievenevät tai häviävät lievennystoimenpiteiden seurauksena, joten toimenpiteiden vaikutuksen arvioidaan olevan suuri myönteinen. Linnuston osalta lievennystoimien seurauksena ei arvioida tapahtuvan muutoksia vaikutuksiin.	suuri myönteinen
Ihmiset	Ihmisiin kohdistuvat vaikutukset eivät muutu, koska virkistyskäyttöön, asutukseen, elinkeinoelämään, palveluihin ja työllisyyteen kohdistuvissa vaikutuksissa (pöly, liikenne, tärinä, melu) ei tapahdu merkittävää muutosta. Ihmisiin ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta
Poronhoito	Lievennystoimien seurauksena poronhoitoon kohdistuvat pölyvaikutukset eivät muutu. Maanalaisen kaivoksen tärinäalue Sakattilampien suunnassa saattaa mahdollisesti pienentyä, joka voi vaikuttaa myönteisesti porojen elinolosuhteisiin. Tärinän vaikutusalueen mahdollisen pienentymisen seurauksena poronhoidon häiriöalueet voivat pienentyä.	Vähäinen myönteinen
Aluetalous	Lievennystoimenpiteet eivät vaikuta kaivoksen suunniteltuun tai luvitettavaan toiminta-aikaan (20 vuotta), louhintamääriin, tuotantomääriin, tuotantolaajuuteen tai rikastusprosessiin. Tästä syystä investoinnin kokoon, työpaikkojen määrään, liikevaihtoon, veroihin tai muihin taloudellisiin tekijöihin ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.	Ei vaikutusta

**Verrataan tilanteeseen ilman lievennystoimenpiteitä*

Vaikutukset sulkemisvaiheessa

Tekninen kuvaus ja lähtötiedot

Varsinaisiin sulkemistoimenpiteisiin ei aiheudu muutoksia lievennystoimenpiteiden johdosta. Sulkemissuunnitelmassa esitetään mahdollisena lisätoimenpiteinä välisulkujen valua maanalaiseen kaivokseen. Kyseessä on kuitenkin mahdollinen tarvearvioon perustuva lisätoimenpide. NE-satelliittiesiintymän jättäminen pois louhintasuunnitelmasta voi poistaa tai vähentää välisulkujen tarvetta.

Sulkemisen jälkeiset suotovedet

Teoreettisesti tarkasteltuna välttämistoimenpiteet voisivat vaikuttaa rikastushiekka-alueen suotoveden laatuun välillisesti rikastushiekan ominaisuuksien tai rikastushiekka-alueen mittasuhteiden kautta. Muutos on kuitenkin vähäinen. Sivukivialueita ovat väliaikaisia ja niitä ei jää alueelle toiminnan päätyttyä.

Pohjavesi, maanalaisen kaivoksen alue

Kaivoksen täyttymisnopeus ei muutu, vaikka NE-satelliittiesiintymä jää pois louhintasuunnitelmasta. Tämä johtuu siitä, että tarkasteltava alenema esiintyy nimenomaan pääesiintymän ja osin vinotunnelin alueella. Lievennystoimien seurauksena vedellä täyttyneen maanalaisen kaivoksen ylimpien osien läpivirtaaman arvioidaan hieman pienentyvän. Maanpinnan tasoon nähden tämä vähäinen muutos tapahtuu kuitenkin suhteellisen syvällä. Toimenpiteiden seurauksena vaikutuksen arvioidaan olevan vähäinen sulkemisvaiheen ympäristövaikutusten lopputuleman kannalta.

Pohjavesi, Kuusivaaran alue

Kuusivaaran alueen arvioituihin pohjavesivaikutuksiin ei kohdistu muutoksia lievennystoimien seurauksena, koska rikastushiekka-alueen koossa tai suotovesien laadussa ei tapahdu merkittäviä muutoksia toimenpiteiden myötä.

Vesistöt ja vedenlaatu

Lievennystoimien seurauksena vedellä täyttyneen kaivoksen yläosan pienempi läpivirtaama aiheuttaa pohjaveteen vähäisen myönteisen vaikutuksen. Vähäinen pohjaveteen kohdistuva vaikutus tapahtuu maanpinnantasoon nähden suhteellisen syvällä, jonka vuoksivaikutuksen ei arvioida heijastuvan pintavesiin.

3.3 Vaihtoehto VE0

Nollavaihtoehdossa VE0 Sakatin kaivoshanketta ei toteuteta ja tältä osin alue pysyy muuttumattomana. VE0 lähtee olettamuksesta, että hanketta suunnitellaan ja esiselvitetään, mutta kaivos ei etene rakennusvaiheeseen. Sodankylässä jo toiminnassa olevan Kevitsan kaivoksen toiminta jatkuu ja sen on arvioitu päättyvän aikaisintaan vuonna 2032–2034. Vaihtoehto VE0 toimii vaikutusarviointeja tehtäessä vertailukohteena muille vaihtoehdoille, joissa Sakatin kaivos tullaan toteuttamaan.

3.4 Vaihtoehto VE1a

Vaihtoehdossa VE1a kaikki kaivoksen maanpäällä olevat toiminnot sijoittuvat Kuusivaaran tehdasalueelle, Kuusivaaran vedenjakajan eteläpuolelle (poikkeuksena räjähteiden varastoalue, joka sijoittuu Kuusivaaran pohjoispuoliselle valuma-alueelle). Pintavedenjakajien sijaintia on käsitelty tarkemmin luvussa 17.2.

Vaihtoehdossa VE1a vedenottamoiden sijaintivaihtoehdot, puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehdot, voimajohdon sijainti tehdasalueen ulkopuolella sekä tarkasteltavat rikastamon prosessivaihtoehdot ovat samat kuin muissa arvioitavissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät on esitetty edellä luvussa 3.2.3.

Vaihtoehdon VE1a hankealue ja vaihtoehtoon liittyvät toiminnot on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-5).

Toimintojen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella

Rikastamo oheistoimintoineen sijoittuu Kuusivaaran lounaisrinteelle. Rikastamoalueen eteläpuolella on sijoitusalueet matala- ja korkearikkisille sivukiville, vesivarastoallas, muut vesien keräilyaltaat sekä korkearikkisen rikastushiekan varastoallas. Kuusivaaran eteläpuolelle sijoitetaan rikastushiekka-alue. Muita Kuusivaaran tehdasalueelle sijoittuvia toimintoja ovat vesienkäsittelysakan sijoitusalue, tarvekivilouhos, lämpölaitos, polttoaineen jakeluasema, varastotilat (mm. väliaikainen räjähdysainevarasto), sisäinen tiestö, pysäköintialueet sekä huolto-, toimisto- ja sosiaalitilat.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja vinotunneliyhteys

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Kuusivaaran tehdasalueelle. Vinotunneliyhteys maanalaiseen kaivokseen toteutetaan neljänä suoravinotunnelina. Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynniltä vinotunnelit kulkevat kohti maanalaista kaivosta Viiankiaavan suojelualueen länsipuolella. Lähempänä maanalaista kaivosta vinotunnelit kulkevat suojelualueen alapuolella. Vinotunnelit johtavat maanalaiseen kaivokseen, jonka rakenteet alkavat noin 250 metrin syvyydestä pääesiintymän osalta ja NE-satelliittiesiintymän NE osalta noin 80 metrin syvyydestä. Nykytiedon mukaan Sakatin esiintymä ulottuu syvimmillään noin 1 200 metrin syvyyteen. Ilmanvaihto kaivoksesta tapahtuu em. vinotunnelien kautta.

Malmin ja sivukiven siirto

Malmi murskataan maanalaiseen kaivokseen rakennettavalla esimurskaamolla. Maan alla esimurskattu malmi siirretään maanpintaan vinotunnelissa sijaitsevilla hihnakuljettimilla. Näin ollen vaihtoehdossa VE1a ei rakenneta maanpäällistä nostotornia kuten vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a. Maan päällä malmi siirretään hihnakuljetinta käyttäen malmin katetulle välivarastoalueelle. Hihnakuljettimia käytetään myös sivukivien siirtoon kaivoksesta maan päälle ja takaisin.

Matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa ja rikastushiekka-alueen sijainti

Rikastushiekan läjitys tapahtuu kuivaläjityksenä. Rikastushiekka-alue koostuu kahdesta lohkosta, jotka sijoittuvat tehdasalueen itäpuolelle.

Pastalaitos

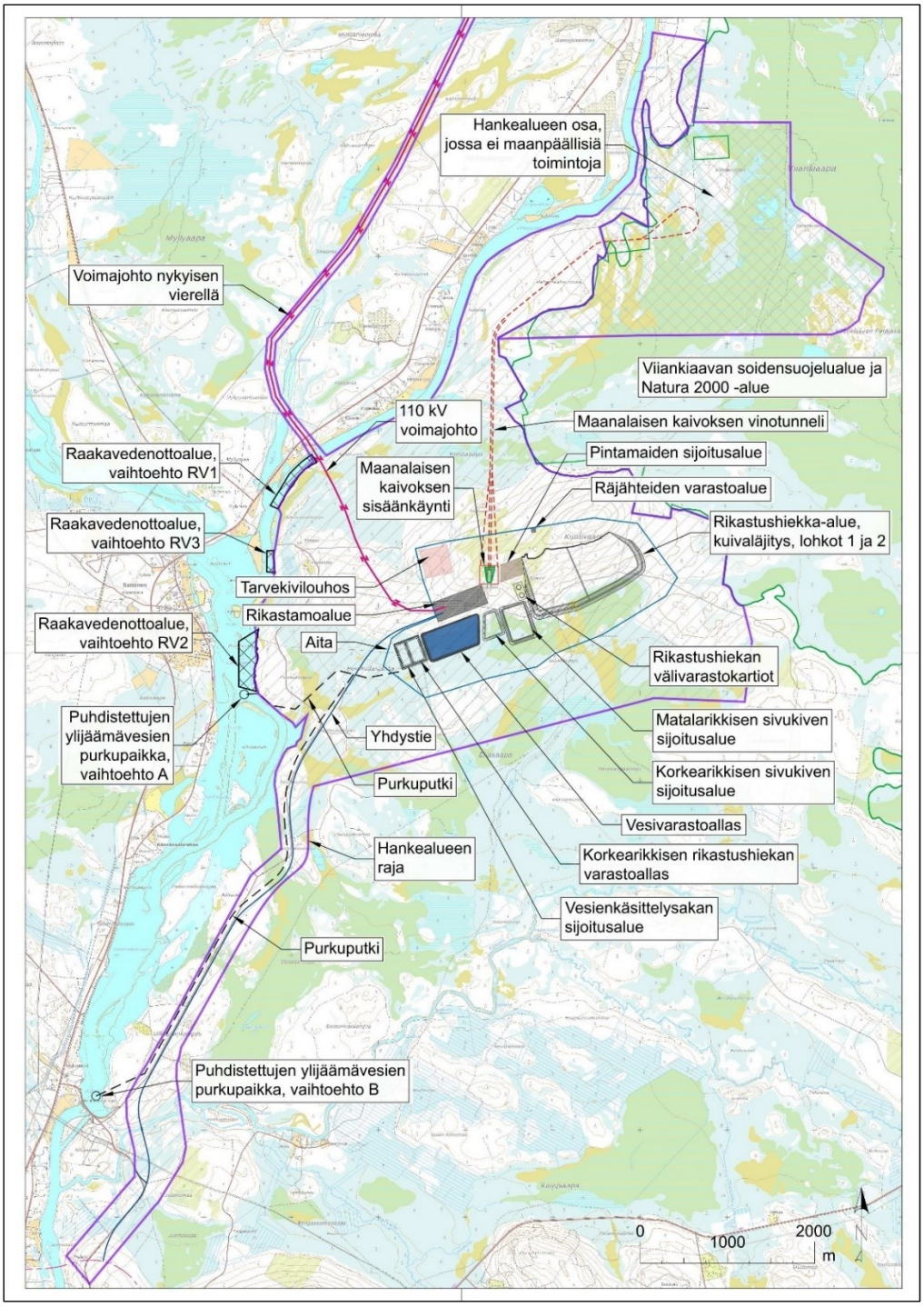
Vaihtoehdossa VE1a pastalaitos sijoitetaan maanalaiseen kaivokseen.

Kaivoksen yhdystie

Sekä kevyt että raskas autoliikenne kaivokselle ohjataan Sodankylän taajaman pohjoisosan uuden sillan, vt 5:n uuden tieyhteyden ja kaivoksen Kuusivaaran tehdasalueelle johtavan uuden, ns. eteläisen yhdystien kautta (YVA-selostus, Kuva 4–2, Luku 4 (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a)). Kaivoksen yhdystie ylittää Kelujoen ja yhdistyy vt 5:n uuteen linjaukseen Sodankylän keskustan itäpuolella.

Tarvekivilouhos

Kaivoksen rakentamisessa tarvittavaa kiveä varten perustetaan tarvekivilouhos. Vaihtoehdossa VE1a se sijoitetaan Kuusivaaran länsipuolelle, tehdasalueelle rikastamoalueen pohjoispuolelle.



Kuva 3-5 Sakatin kaivoksen toimintojen sijoittuminen vaihtoehdossa VE1a. Kuvaan on lisätty uusi raakavedenottoalue (RV3). (Lähde: AFRY Finland Oy.)

3.5 Vaihtoehto VE1b

Vaihtoehto VE1b poikkeaa vaihtoehdosta VE1a vinotunnelien toteutuksen, yhdystien sekä rikastushiekan läjitystavan osalta. Vaihtoehdossa VE1b vedenottamoiden sijaintivaihtoehdot, puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehdot, voimajohdon sijainti tehdasalueen ulkopuolella sekä tarkasteltavat rikastamon prosessivaihtoehdot ovat samat kuin muissa arvioitavissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät on esitetty edellä luvussa 3.2.3.

Vaihtoehdon VE1b mukainen hankealue ja sinne sijoittuvat toiminnot on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-6).

Toimintojen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella

Tehdasalue ja siihen liittyvät rikastushiekka-alue, korkearikkisen rikastushiekan varastoallas, matala- ja korkearikkisen sivukiven sijoitusalueet, vesienkäsittelyaltaat, vesienkäsittelysakan sijoitusalue sekä rikastushiekka-alue sijaitsevat Kuusivaaran luoteispuolella, pintavedenjakajan eteläpuolisella alueella kuten vaihtoehdossa VE1a.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja vinotunneliyhteys

Sisäänkäynti maanalaiseen kaivokseen sijaitsee lähestulkoon samassa kohtaa Kuusivaaran tehdasaluetta kuin vaihtoehdossa VE1a, mutta kaivoksen sisäänkäynti suuntautuu maanpäällisiltä osiltaan enemmän koilliseen kohti pääesiintymää, kun vaihtoehdossa VE1a sisäänkäynti suuntautuu pohjoiseen.

Myös vaihtoehdossa VE1b vinotunnelin toteutustapa on suoravinotunneli. Vinotunnelit (4 kpl) laskeutuvat suoraan Kuusivaarasta koillisen suuntaan kohti pääesiintymää, jolloin tunneli sijoittuu Viiankiaavan Natura-alueen alle.

Malmin ja sivukiven siirto

Louhittu malmi ja sivukivi kuljetetaan maan pinnalle kuten vaihtoehdossa VE1a.

Matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa ja rikastushiekka-alueen sijainti

Vaihtoehdossa VE1b rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä. Rikastushiekka-alue sijoittuu tehdasalueen itäpuolelle kuten vaihtoehdossa VE1a.

Pastalaitos

Pastalaitos sijaitsee maanalaisessa kaivoksessa kuten vaihtoehdossa VE1a.

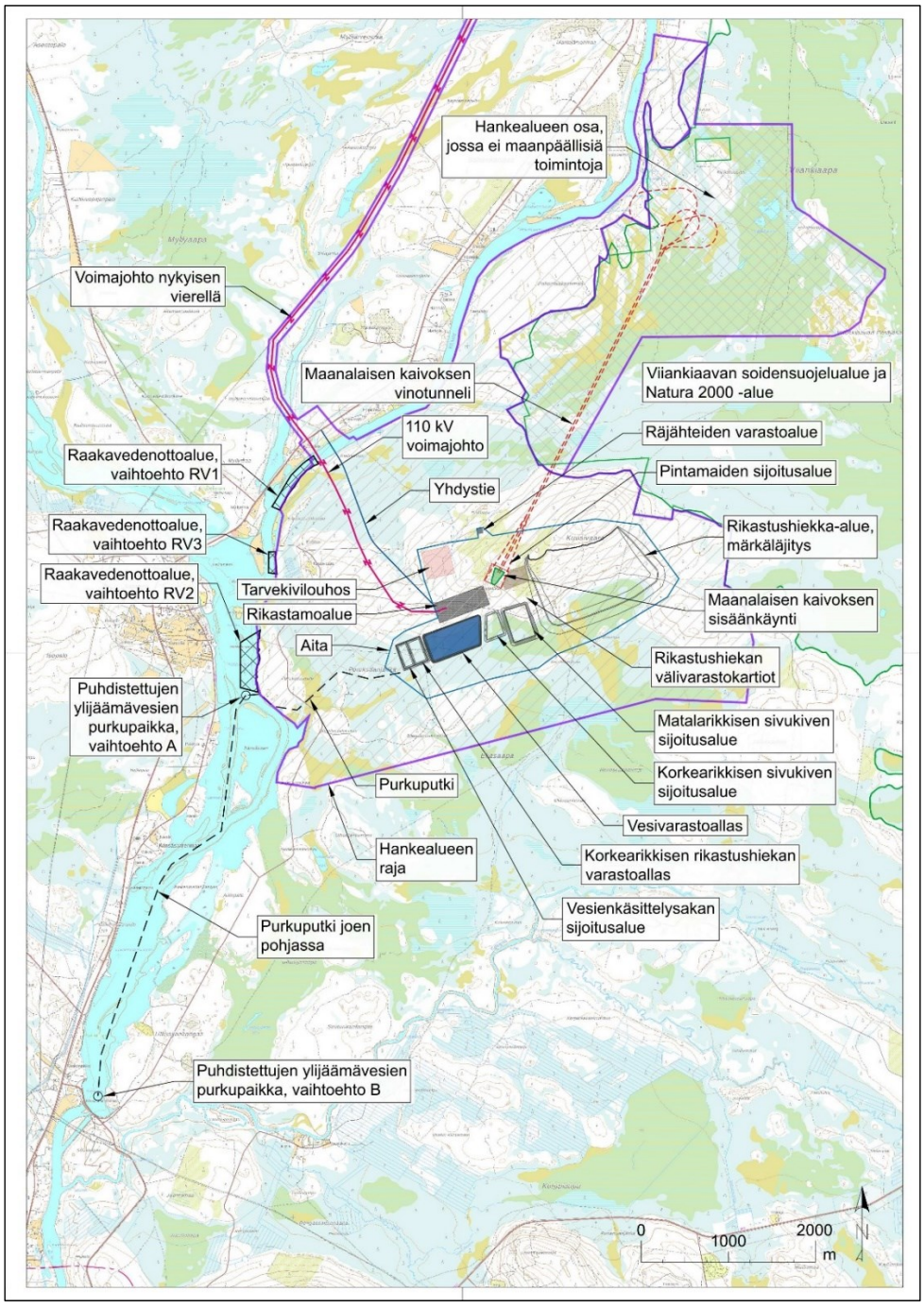
Kaivoksen yhdystie

Vaihtoehdossa VE1b liikenne kaivokselle ohjataan uuden, ns. pohjoisen yhdystien kautta (YVA-selostus, Kuva 4–2, Luku 4 (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a)). Yhdystien rakentaminen

edellyttää uuden liittymän rakentamista vt 4:lle Myllyojan pohjoispuolelle sekä uuden, Kitisen ylittävän sillan rakentamista.

Tarvekivilouhos

Tarvekivilouhoksen sijainti on kuten vaihtoehdossa VE1a.



Kuva 3-6 Sakatin kaivoksen toimintojen sijoittuminen vaihtoehdossa VE1b. Kuvaan on lisätty uusi raakavedenottoalue (RV3). (Lähde: AFRY Finland Oy.)

3.6 Vaihtoehto VE2a

Vaihtoehdossa VE2a tehdasalue sijoittuu Kuusivaaraan, pintavedenjakajan eteläpuolelle kuten vaihtoehdossa VE1. Lisäksi maanpäällisiä toimintoja sijoittuu myös Pahanlaaksonmaalle. Vedenottamoiden sijaintivaihtoehdot, puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehdot, voimajohdon sijainti tehdasalueen ulkopuolella sekä tarkasteltavat rikastamon prosessivaihtoehdot ovat samat kuin muissa arvioitavissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät on esitetty edellä luvussa 3.2.3.

Vaihtoehdon VE2a mukainen hankealue ja sinne sijoittuvat toiminnot on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-7).

Toimintojen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella

Rikastamoalue, korkearikkisen rikastushiekan varastoallas, matala- ja korkearikkisen sivukiven sijoitusalueet, vesienkäsittelysakan sijoitusalue sekä vesivarastoallas, sisäinen tiestö, pysäköintialueet sekä huolto-, toimisto- ja sosiaalitilat sijaitsevat Kuusivaaran tehdasalueen itäosassa ja ovat siten lähempänä Viiankiaavan Natura-aluetta kuin muissa vaihtoehdoissa, joissa ne sijoittuvat lähemmäs Kitistä. Matalarikkisen rikastushiekan rikastushiekka-alue sijaitsee Kuusivaaran tehdasalueen länsiosassa.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja vinotunneliyhteys

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Pahanlaaksonmaalle, joka sijaitsee Kuusivaaran tehdasalueesta noin kolme kilometriä pohjoiseen. Vaihtoehdossa VE2a vinotunnelin toteutustapa on spiraalivinotunneli.

Malmin ja sivukiven siirto

Malmi murskataan maanalaiseen kaivokseen rakennettavalla esimurskaamolla. Maan alla esimurskattu malmi tuodaan kuilunostimen avulla maan pinnalle. Maan pinnalle rakennetaan kuilunostinta varten nostotorni, joka sijaitsee Pahanlaaksonmaalla, noin 500 metriä kaivoksen sisäänkäynnistä pohjoiseen.

Maan päällä malmi siirretään hihnakuljettimella, joka on koteloitu, Pahanlaaksonmaalta Kuusivaaraan tehdasalueella sijaitsevalle malmin katetulle välivarastoalueelle. Hihnakuljettimen viereen rakennetaan huoltotie henkilöauto- ja huoltoliikennettä varten sekä tarvittavat tekniset perusrakenteet, kuten mm. 20 kV voimajohto ja putkilinjat kaivoksen vesien johtamista varten. Hihnakuljettimia käytetään myös sivukivien siirtoon kaivoksesta maan päälle ja takaisin.

Matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa ja rikastushiekka-alueen sijainti

Rikastushiekan läjitys toteutetaan kuivaläjityksenä. Rikastushiekka-alue koostuu kahdesta lohkosta, jotka sijoittuvat tehdasalueen länsipuolelle.

Pastalaitos

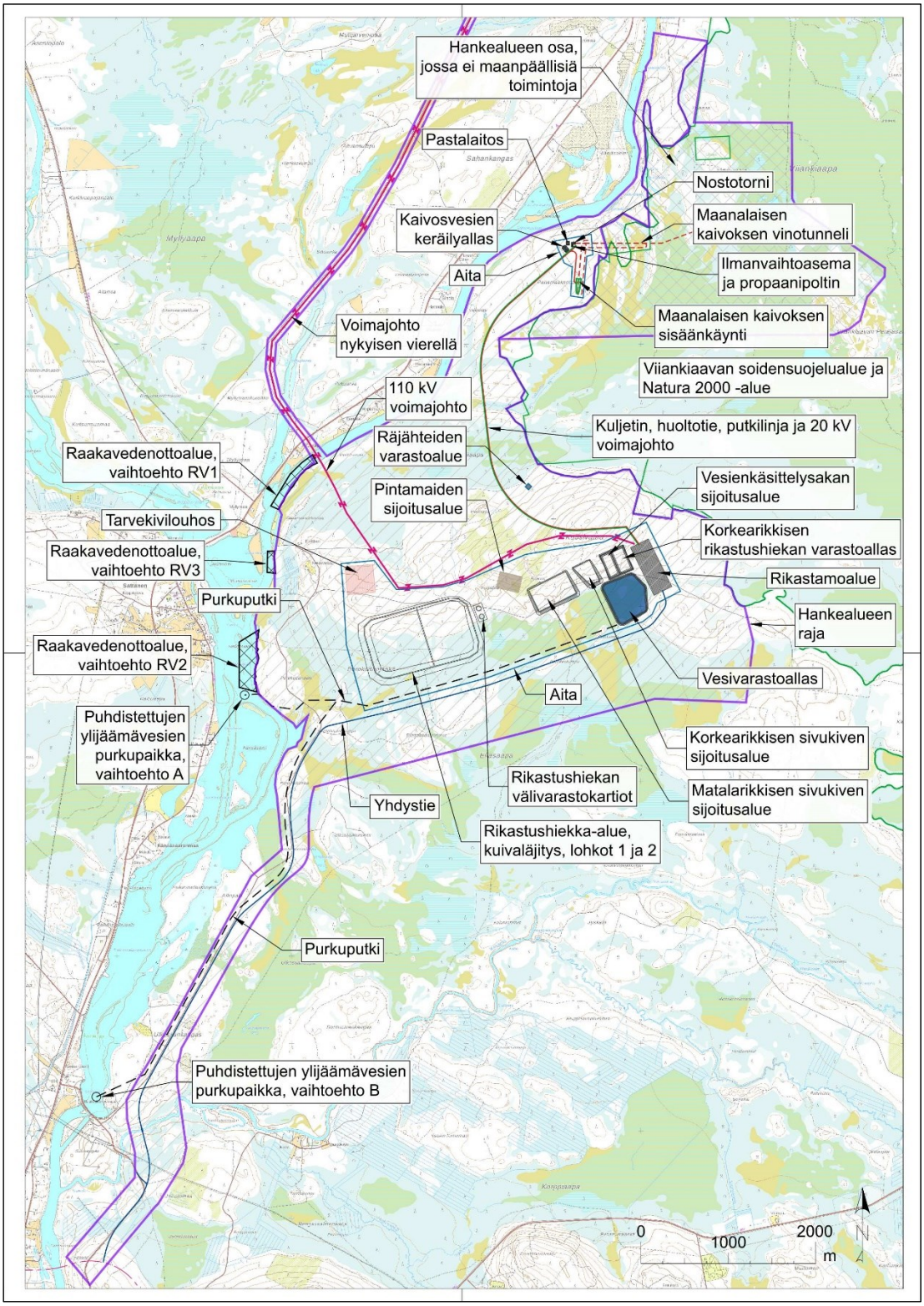
Pastalaitos rakennetaan maan päälle Pahanlaaksonmaalle. Pastalaitos sijoittuu noin 500 metriä kaivoksen sisäänkäynnistä pohjoiseen.

Kaivoksen yhdystie

Yhdystie kaivosalueelle toteutetaan kuten vaihtoehdossa VE1a.

Tarvekivilouhos

Tarvekivilouhos sijaitsee Kuusivaaran tehdasalueella kuten muissakin vaihtoehdoissa. Vaihtoehdossa VE2a tarvekivilouhos sijaitsee hieman lähempänä Kitistä kuin muissa päävaihtoehdoissa.



Kuva 3-7 Sakatin kaivoksen toimintojen sijoittuminen vaihtoehdossa VE2a. Kuvaan on lisätty uusi raakaveden-ottoalue (RV3). (Lähde: AFRY Finland Oy.)

3.7 Vaihtoehto VE2b

Vaihtoehdossa VE2b tehdasalue sijoittuu Kuusivaaraan, pintavedenjakajan eteläpuolelle kuten vaihtoehdoissa VE1a, VE1b ja VE2a. Lisäksi maanpäällisiä toimintoja sijoittuu myös Pahanlaaksonmaalle.

Vaihtoehdossa VE2b vedenottamoiden sijaintivaihtoehdot, puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehdot, voimajohdon sijainti tehdasalueen ulkopuolella sekä rikastamon prosessivaihtoehdot ovat samat kuin muissa arvioitavissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät on esitetty edellä luvussa 3.2.3.

Vaihtoehdon VE2b mukainen hankealue ja sinne sijoittuvat toiminnot on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-8).

Toimintojen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella

Vaihtoehdossa VE2b Kuusivaaraan sijoittuvan maanpäällisen tehdasalueen sijainti on kuten vaihtoehdossa VE2a. Rikastamoalue, matalarikkisen rikastushiekan rikastushiekka-alue, korkearikkisen rikastushiekan sijoitusalue, matala- ja korkearikkisen sivukiven sijoitusalueet, vesienkäsittelysakan sijoitusalue sekä vesivarastoallas sijoittuvat kuten vaihtoehdossa VE2a.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja vinotunneliyhteys

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Pahanlaaksonmaalle, kuten vaihtoehdossa VE2a. Maanalaiseen kaivokseen johtava vinotunneli toteutetaan mutkavinotunnelina.

Malmin ja sivukiven siirto

Malmi murskataan maanalaiseen kaivokseen rakennettavalla esimurskaamolla ja siirretään maanpinnalle vinotunnelissa sijaitsevilla hihnakuljettimilla. Vaihtoehdossa VE2b ei näin ollen rakenneta nostotornia kuten vaihtoehdossa VE2a.

Maan päällä malmi siirretään hihnakuljettimella, joka on koteloitu, Pahanlaaksonmaalta Kuusivaaran tehdasalueella sijaitsevalle malmin katetulle välivarastoalueelle. Kuten vaihtoehdossa VE2a, hihnakuljettimen viereen rakennetaan huoltotie henkilöauto- ja huoltoliikennettä varten sekä tarvittavat tekniset perusrakenteet, kuten mm. 20 kV voimajohto ja putkilinjat kaivoksen vesien johtamista varten. Hihnakuljettimen ja huoltotien sijainti on muutoin kuten vaihtoehdossa VE2a, mutta kaivoksen sisäänkäynnin läheisyydessä niiden sijainti poikkeaa hieman vaihtoehdosta VE2a. Hihnakuljettimia käytetään myös sivukivien siirtoon kaivoksesta maan päälle ja takaisin.

Matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa ja rikastushiekka-alueen sijainti

Rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä, kuten myös vaihtoehdoissa VE1b ja VE3b. Rikastushiekka-alue sijoittuu tehdasalueen länsipuolelle kuten vaihtoehdossa VE2a.

Pastalaitos

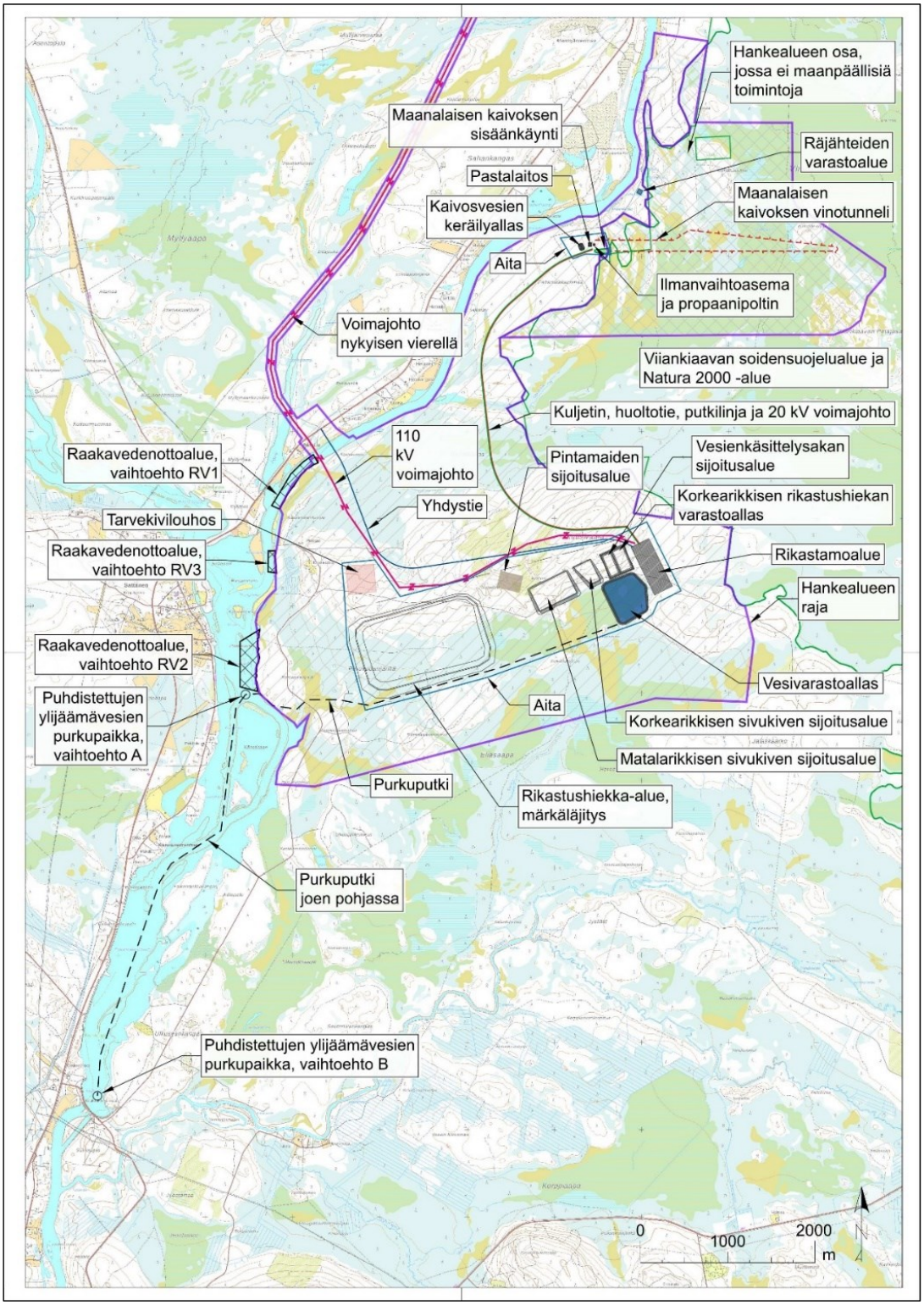
Pastalaitos rakennetaan maan päälle Pahanlaaksonmaalle. Pastalaitos sijoittuu kaivoksen sisäänkäynnin yhteyteen. Pastalaitos sijaitsee noin 250 metriä idempänä kuin vaihtoehdossa VE2a.

Kaivoksen yhdystie

Vaihtoehdossa VE2b kaivoksen yhdystie ja silta toteutetaan kuten vaihtoehdossa VE1b. Liikenne kaivokselle ohjataan siis uuden, ns. pohjoisen yhdystien kautta.

Tarvekivilouhos

Kuusivaaran tehdasalueelle sijoitettavan tarvekivilouhoksen sijainti on kuten vaihtoehdossa VE2a.



Kuva 3-8 Sakatin kaivoksen toimintojen sijoittuminen vaihtoehdossa VE2b. Kuvaan on lisätty uusi raakavedenottoalue (RV3). (Lähde: AFRY Finland Oy.)

3.8 Vaihtoehto VE3a

Vaihtoehdossa VE3a tehdasalue sijoittuu Kuusivaaran länsipuolelle. Erotuksena aikaisemmin kuvattuihin vaihtoehtoihin, Kuusivaaran maanpäälliset toiminnot käsittävä tehdasalue sijoittuu vaihtoehtoja VE1 ja VE2 pohjoisemmaksi, pintavedenjakajan pohjoispuolelle. Lisäksi maanpäällisiä toimintoja sijoittuu myös Pahanlaaksonmaalle.

Vaihtoehdossa VE3a vedenottamoiden sijaintivaihtoehdot, puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehdot, voimajohdon sijainti tehdasalueen ulkopuolella sekä rikastamon prosessivaihtoehdot ovat samat kuin muissa arvioitavissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät on esitetty edellä luvussa 3.2.3.

Vaihtoehdon VE3a mukainen hankealue ja sinne sijoittuvat toiminnot on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-9).

Toimintojen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella

Rikastamoalue, sisäinen tiestö, pysäköintialueet sekä huolto-, toimisto- ja sosiaalitilat sijoittuvat Kuusivaaran länsiosaan rikastushiekka-alueen ja Viiankiaavan suojelualueen väliselle alueelle. Rikastamoalueen pohjois- ja luoteispuolelle sijoittuvat matala- ja korkearikkisen sivukiven sijoitusalueet, rikastushiekka-alue matalarikkiselle rikastushiekalle, korkearikkisen rikastushiekan varastoallas, vesienkäsittelysakan sijoitusalue sekä vesivarastoallas. Rikastamoalueen lounaispuolelle sijoittuu pintamaiden sijoitusalue.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja vinotunneliyhteys

Sisäänkäynti maanalaiseen kaivokseen sijaitsee Pahanlaaksonmaalla hankealueen pohjoisosassa, noin 2,5 kilometriä pohjoisempana kuin vaihtoehdossa VE2a. Maanalaiseen kaivokseen johtava vinotunneli toteutetaan spiraalivinotunnelina, kuten myös vaihtoehdossa VE2a. Sisäänkäynti sijoittuu Viiankiaavan suojelualueen rajan läheisyyteen, ja sisäänkäynniltä lähtevä tunneli laskeutuu maan alle suojelualueen rajalla suuntautuen kaakon-etelän suuntaan, josta se kääntyy länteen kohti esiintymää.

Malmin ja sivukiven siirto

Malmi murskataan maanalaiseen kaivokseen rakennettavalla esimurskaamolla. Esimurskattu malmi tuodaan kuilunostimen avulla maan pinnalle. Maan pinnalle rakennetaan kuilunostinta varten nostotorni, joka sijaitsee Pahanlaaksonmaalla, noin 250 metriä idempänä kuin vaihtoehdossa VE2a.

Kuten vaihtoehdossa VE2, malmi siirretään Pahanlaaksonmaalta Kuusivaaran tehdasalueelle hihnakuljettimella, joka on koteloitu. Hihnakuljettimen yhteyteen rakennetaan vastaavat tekniset perusrakenteet (huoltotie, voimajohto, putket) kuten vaihtoehdossa VE2. Hihnakuljettimia käytetään myös sivukivien siirtoon kaivoksesta maan päälle ja takaisin.

Matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa ja rikastushiekka-alueen sijainti

Rikastushiekan läjitys tapahtuu kuivaläjityksenä. Rikastushiekka-alue koostuu kahdesta lohkosta, jotka sijoittuvat tehdasalueen länsipuolelle. Vaihtoehdossa VE3a matalarikkisen rikastushiekan rikastushiekka-alue sijoittuu Kitisen ja rikastamoalueen väliselle alueelle kuten vaihtoehdossa VE2a ja VE2b. Vaihtoehdossa VE3a rikastushiekka-alue sijaitsee pohjoisempana kuin vaihtoehdossa VE2a ja VE2b.

Pastalaitos

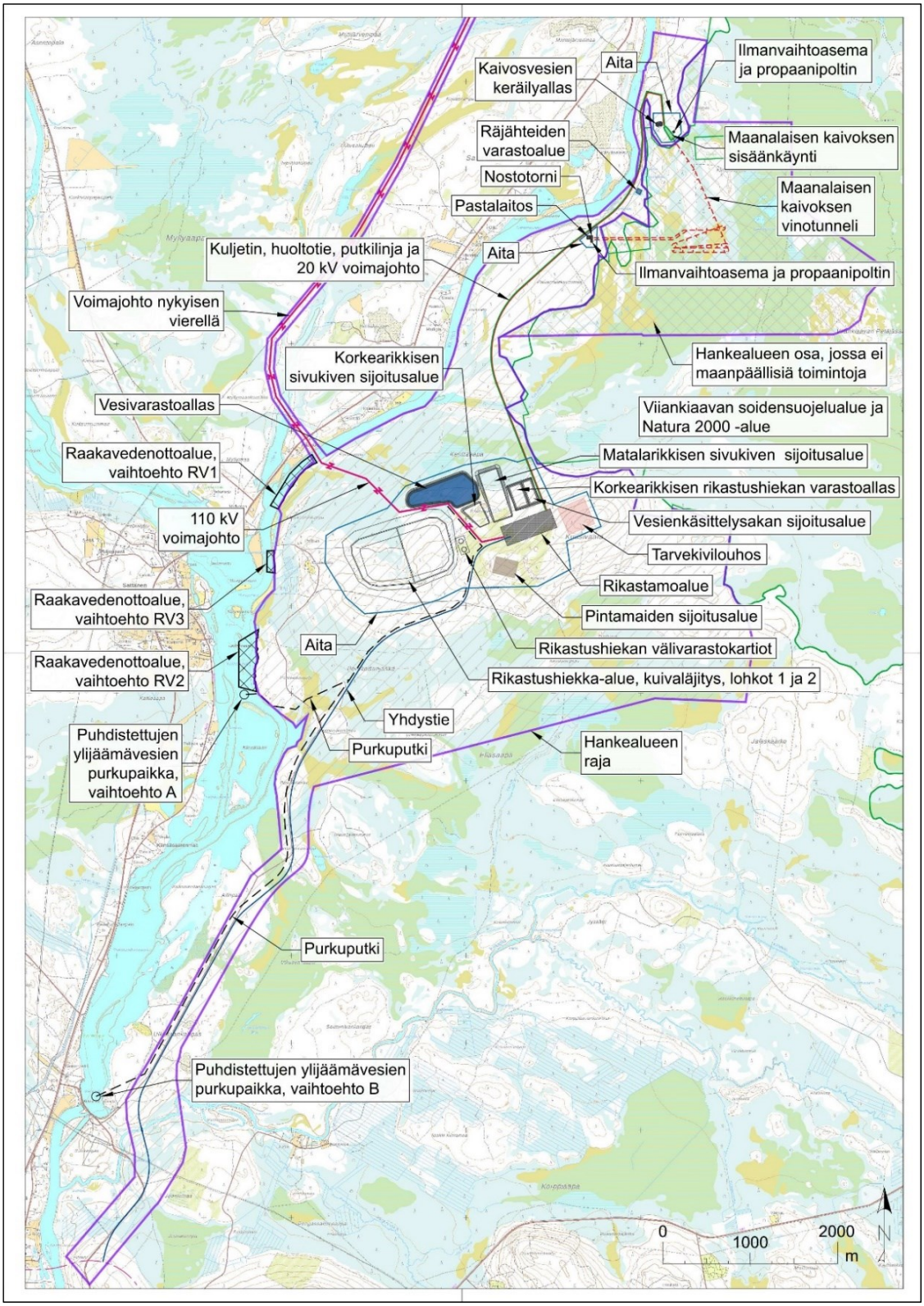
Pastalaitos rakennetaan maan päälle Pahanlaaksonmaalle ja se sijoittuu nostotornin yhteyteen.

Kaivoksen yhdystie

Yhdystie kaivosalueelle toteutetaan kuten vaihtoehdoissa VE1a ja VE2a.

Tarvekivilouhos

Kaivoksen rakentamisessa tarvittavaa kiveä varten perustetaan tarvekivilouhos. Vaihtoehdossa VE3a tarvekivilouhos sijoittuu Kuusivaaraan, rikastamoalueen itäpuolelle.



Kuva 3-9 Sakatin kaivoksen toimintojen sijoittuminen vaihtoehdossa VE3a. Kuvaan on lisätty uusi raakavedenottoalue (RV3). (Lähde: AFRY Finland Oy.)

3.9 Vaihtoehto VE3b

Vaihtoehdossa VE3b tehdasalue sijoittuu Kuusivaaran länsipuolelle. Erotuksena aikaisemmin kuvattuihin vaihtoehtoihin, Kuusivaaran maanpäälliset toiminnot käsittävä tehdasalue sijoittuu vaihtoehtoja VE1 ja VE2 pohjoisemmaksi, pintavedenjakajan pohjoispuolelle. Lisäksi maanpäällisiä toimintoja sijoittuu myös Pahanlaaksonmaalle.

Vaihtoehdossa VE3b vedenottamoiden sijaintivaihtoehdot, puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehdot, voimajohdon sijainti tehdasalueen ulkopuolella sekä tarkasteltavat rikastamon prosessivaihtoehdot ovat samat kuin muissa arvioitavissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdoista riippumattomat tekijät on esitetty edellä luvussa 3.2.3.

Vaihtoehdon VE3b mukainen hankealue ja sinne sijoittuvat toiminnot on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 3-10).

Toimintojen sijoittuminen Kuusivaaran tehdasalueella

Rikastamoalue sijoittuu Kuusivaaran länsiosaan kuten vaihtoehdossa VE3a. Rikastamoalueen pohjoispuolelle sijoittuvat matalarikkisen sivukiven sijoitusalue ja korkearikkisen rikastushiekan sijoitusalue sekä luoteispuolelle vesivarastoallas. Rikastamoalueen lounaispuolelle sijoittuvat korkearikkisen sivukiven sijoitusalue ja pintamaiden sijoitusalue.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja vinotunneliyhteys

Sisäänkäynti maanalaiseen kaivokseen sijaitsee Pahanlaaksonmaalla. Sisäänkäynti sijaitsee lähestulkoon kuten vaihtoehdossa VE3a, mutta suuntautuu kaakkoon, kun taas vaihtoehdossa VE3a tunnelin sisäänkäynti suuntautuu hieman etelämmäksi.

Maanalaiseen kaivokseen johtava vinotunneli toteutetaan mutkavinotunnelina, kuten myös vaihtoehdossa VE2a. Vinotunneli suuntautuu sisäänkäynniltä kaakkoon ja kääntyy sitten länteen kohti esiintymää.

Malmin ja sivukiven siirto

Malmi murskataan maanalaiseen kaivokseen rakennettavalla esimurskaamolla ja siirretään maanpinnalle vinotunnelissa sijaitsevilla hihnakuljettimilla. Vaihtoehdossa VE3b ei näin ollen rakenneta nostotornia.

Maan päällä malmi siirretään hihnakuljettimella, joka on koteloitu, Pahanlaaksonmaalta Kuusivaaran tehdasalueella sijaitsevalle malmin välivarastolle. Vaihtoehdossa VE3b kuljetusmatka maan päällä on pidempi kuin vaihtoehdossa VE3a, mikä johtuu malmin erilaisesta nostotavasta. Vaihtoehdossa VE3b malmi nostetaan maanpinnalle maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin kautta (vinotunnelia pitkin), kun taas vaihtoehdossa VE3a kuilunostimen kautta. Vaihtoehdon VE3a kuilunostimen nostotorni sijaitsee noin 2,5 kilometriä maanalaisen kaivoksen sisäänkäynniltä luoteeseen.

Hihnakuljettimen viereen rakennetaan huoltotie henkilöauto- ja huoltoliikennettä varten sekä tarvittavat tekniset perusrakenteet, kuten mm. 20 kV voimajohto ja putkilinjat kaivoksen vesien johtamista varten. Hihnakuljettimen, huoltotien ja tarvittavien teknisten perusrakenteiden sijainti hankealueella ja toteutustapa ovat kuten vaihtoehdossa VE3a. Hihnakuljettimia käytetään myös sivukivien siirtoon kaivoksesta maan päälle ja takaisin.

Matalarikkisen rikastushiekan läjitystapa ja rikastushiekka-alueen sijainti

Rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä, kuten myös vaihtoehdoissa VE1b ja VE2b. Rikastushiekka-alue sijoittuu tehdasalueen länsipuolelle kuten vaihtoehdossa VE3a.

Pastalaitos

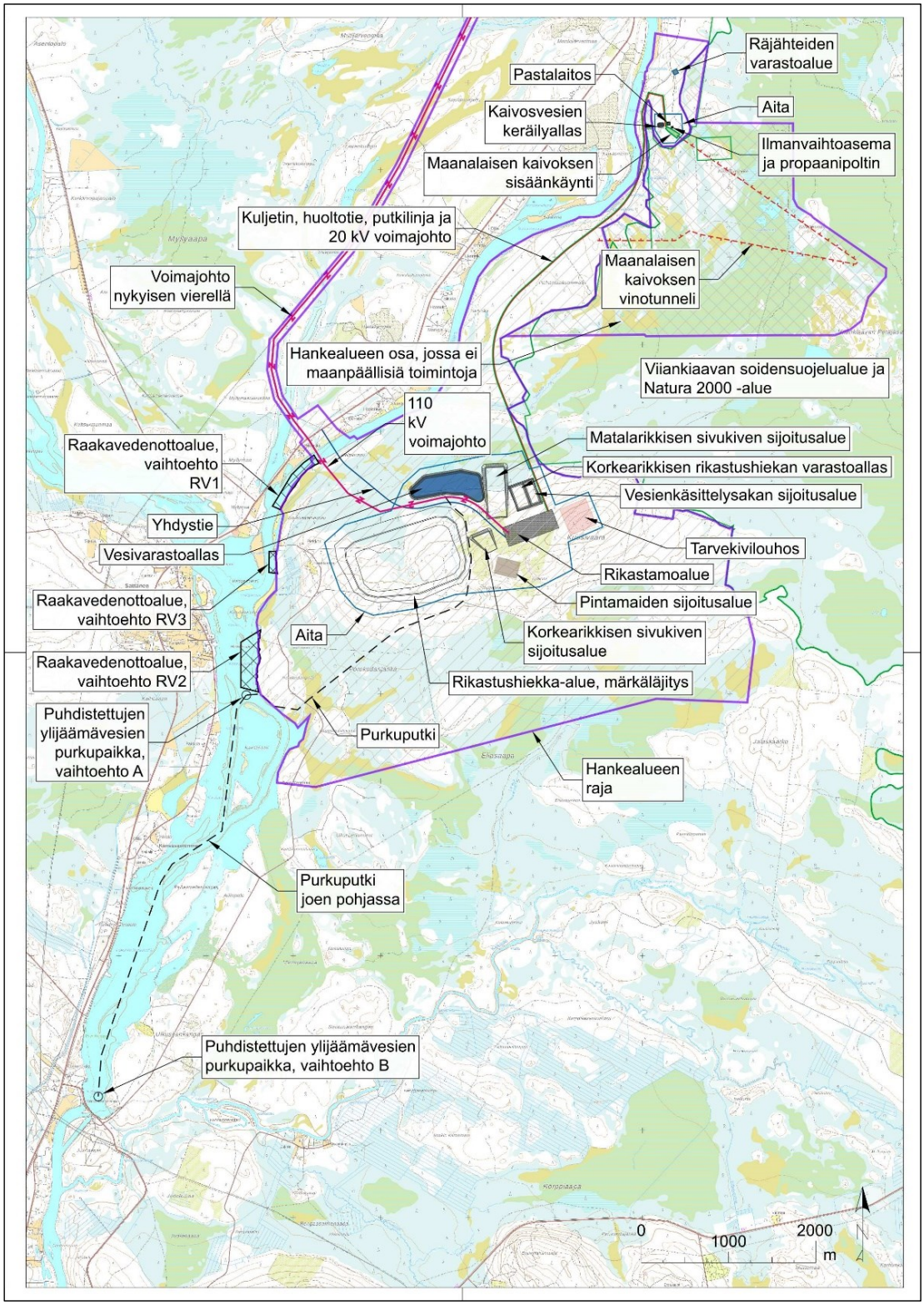
Pastalaitos rakennetaan maan päälle Pahanlaaksonmaalle ja se sijoittuu kaivoksen sisäänkäynnin yhteyteen.

Kaivoksen yhdystie

Kaivoksen yhdystie ja silta toteutetaan kuten vaihtoehdoissa VE1b ja VE2b. Liikenne kaivokselle ohjataan siis uuden, ns. pohjoisen yhdystien kautta.

Tarvekivilouhos

Kuusivaaran tehdasalueelle sijoitettavan tarvekivilouhoksen sijainti on kuten vaihtoehdossa VE3a.



Kuva 3-10 Sakatin kaivoksen toimintojen sijoittuminen vaihtoehdossa VE3b. Kuvaan on lisätty uusi raakavedenottoalue (RV3). (Lähde: AFRY Finland Oy.)

4 Hankkeen tekninen kuvaus

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
4.1.2 Kaivoksen liittäminen sähköverkkoon	Korjattu virheellinen viittaus YVA-selostuksen lukuun 27 (luvun numerointi).	-
4.1.3 Kaivosalueen tekniset rakenteet	Luku päivitetty uuden raakavedenottoalueen sekä sivukivien sijoittamisen osalta. Matalarikkisen rikastushiekan muodostumismäärä päivitetty. Vesien varastoaltaiden kuvausta täydennetty.	YVA-selostukseen tulee lisätä allasrakenteiden kuvaus.
4.1.5 Avoimien kairareikien tulppaus	Lisätty kokonaan uusi luku.	-
4.2 Kaivostoiminta	Täydennetty maanalaisen kaivoksen pituusleikkauksen kuvauksella.	-
4.2.1 Malmin louhinta	Malmin vuotuinen louhintamäärä päivitetty.	-
4.2.2 Malmin esimurskaus ja kuljetus	Malmin esimurskausmenetelmä päivitetty.	-
4.2.3 Malmin rikastus ja rikasteen käsittely	Kuvausta ja toiminnan aikaisen rikastetuotannon vaihteluväliä päivitetty.	-
4.2.4 Maanalaisen kaivoksen tiivistys- ja tuentamenetelmät	Pohjavesivaikutusten lieventämistoimenpiteiden tarkastelua on täydennetty viranomaisen täydennysvaatimukset huomioiden (AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022). Tämän perusteella luku 4.2.4 on nimetty ja laadittu kokonaan uudelleen. Luvun aiempi nimi: *Kaivostäyttö ja pastalaitos.*	Arviointiselostuksessa ei tarkemmin esitetä, miten ja millä periaatteilla eri louhostäyttömenetelmiä on suunniteltu toteutettavaksi. Kun louhostäytöt ja injektoinnit on katsottu pohjavesivaikutuksia lieventäviksi toimenpiteiksi, on oleellista tuoda esille, millä kriteereillä louhostäyttötapa kulloisessakin tilanteessa valitaan, mihin vedenjohtavuusarvoihin niillä on tarkoitus päästä, ja miten toimitaan ja tarkkaillaan, että näin myös tapahtuu. Myös injektoinnin laajuuden osalta periaatteet tulee esittää. YVA-selostusta tulee täydentää injektoinnin teknisen toteutuksen (esi- ja jälki-injektointi) ja toteuttamiskelpoisuuden osalta sekä kuvata miten

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
		niiden vaikuttavuudessa on huomioitu olemassa olevat tiedot kallioperän ruhjeisuudesta, vedenjohtavuudesta ja antoisuudesta.
4.2.5 Tarvekivilouhos ja tarvekiven ympäristökarakterisointitutkimukset	Lukua päivitetty tarvekivilouhoksen kuvauksen ja louhintamäärien osalta.	-
4.4 Kaivoksen vesitase	Vesi- ja ainetasemallinnus on päivitetty viranomaisen täydennysvaatimukset huomioiden (AFRY Finland Oy 2023a). Luvun 4.4 alalukuja päivitetty tämän perusteella.	Sakatin kaivosalueen kokonaisvesitasetta tulee tarkastella kerran 100 vuodessa tapahtuvaa sadantaa suuremmilla arvoilla. Vesitaseessa tulee huomioida päivitetystä pohjavesimallista saatava kuivanapitovesien määrä ja vaihteluväli sekä virhemarginaalit. Vesitaseessa tulee huomioida kaikki vesijakeet, mukaan lukien tarvekivilouhoksen ja tehdasalueen hulevedet sekä eri vesijakeiden määrien vaihteluvälit ja vesijakeiden määräarvioihin liittyvät epävarmuudet ja virhemarginaalit. Vesitase tulee arvioida rakentamisvaiheelle ja toimintavaiheelle. Vesienjohtamisen kuvaus.
4.4.1 Vesitase ja veden kierrätys	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta. Rakentamisvaiheen vesienhallinta lisätty.	
4.4.2 Mallinnustulokset	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta. Vesienhallinnan mitoitustilanteiden tarkastelu lisätty.	
4.5 Vesien laatu	Kaivostoiminnassa muodostuvien vesijakeiden laatuarviointeja on täydennetty (AFRY Finland Oy 2023b). Luvun 4.5 alalukuja päivitetty näiden tietojen perusteella.	YVA-selostusta tulee täydentää rikastushiekkojen karakterisoinnin osalta niin, että rikastushiekoista muodostuvan suotoveden ominaisuudet ja pitkän aikavälin käyttäytyminen on määritelty molempien YVA-selostuksessa kuvattujen rikastusprosessivaihtoehtojen osalta edustavista näytteistä. Suotovesien karakterisointitulokset tulee kuvata yksityiskohtaisesti YVA-selostuksessa. YVA-selostusta tulee täydentää sivukivien suotovesien ominaisuuksien kuvauksen osalta esittäen karakterisoinnin tulokset nykyistä kattavammin. YVA-selostusta tulee täydentää niin, että siinä on kuvattu selkeästi
4.5.1 Rikastushiekka-alueen vedet	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	
4.5.2 Prosessivesi	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	
4.5.3 Kaivoksen kuivanapitovedet	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	
4.5.4 Vesivarastoaltaan vesi	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
4.5.5 Kemikaalijäämät	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	louhostäyttöjen vaikutukset kuivanapitovesien laatuun sekä louhoksen ylivuotoveden laatuun.
4.5.6 Pintamaan sijoitusalueiden suotovesien laatu	Lisätty kokonaan uusi luku.	
4.5.7 Sivukivialueiden suotovesien laatu	Lisätty kokonaan uusi luku.	
4.5.8 Tarvekivilouhoksen vedet	Lisätty kokonaan uusi luku.	
4.5.9 Ainetaseen herkkyystarkastelu	Lisätty kokonaan uusi luku.	
4.6 Soveltuvat vesienkäsittelymenetelmät	Vesienkäsittelymenetelmät ja niiden kuvaukset päivitetty.	Vesienkäsittelymenetelmien kuvauksessa tulee huomioida eri vesijakeiden laatuarviot.
4.6.1 Käsitellyn veden pitoisuudet ja vesistöön kohdistuvat kuormitukset	Lisätty kokonaan uusi luku.	
4.7 Toiminnassa muodostuvat kaivannaisjätteet	Kaivannaisjätteiden karakterisointia (AFRY Finland Oy 2023b) sekä tietoja rikastushiekan kuivaläjityksestä ja pölynhallintakeinoista (AFRY Finland Oy 2022c) on täydennetty viranomaisen täydennysvaatimukset huomioiden. Luvun 4.7 alalukuja on päivitetty näiden raportointien pohjalta.	YVA-selostusta tulee täydentää sivukivien mineralogisen kuvauksen ja karakterisointitulosten osalta esittäen karakterisoinnin tulokset nykyistä kattavammin. YVA-selostusta tulee täydentää rikastushiekkojen karakterisoinnin osalta niin, että rikastushiekkojen ominaisuudet ja pitkän aikavälin käyttäytyminen on määritelty molempien YVA-selostuksessa kuvattujen rikastusprosessivaihtoehtojen osalta edustavista näytteistä. Rikastushiekkojen mineraloginen karakterisointi tulee kuvata tarkemmin ja esittää myös käytetyt mineralogiset tutkimusmenetelmät.
4.7.1 Sivukivet	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	
4.7.2 Rikastushiekat	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	
4.7.3 Pintamaat ja rakentamisen vuoksi poistettavat muut maa-ainekset	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
4.7.5 Kaivannaisjätteiden ja jätealueiden luokittelu	Luku nimetty ja laadittu uudelleen. Luvun entinen nimi: *Kaivannaisjätteiden luokittelu.*	Sivukivien läjittämisen osalta YVA-selostuksen perusteella jää epäselväksi minkä verran sivukiveä hyödynnettäisiin kaivostäytössä ja minkä verran sivukiveä tulisi jäämään maanpäälliseen sivukiviläjitykseen. YVA-selostusta tulisi täydentää sivukivien ja rikastushiekkojen kaivannaisjätealueiden pohjarakenteiden kuvauksen osalta niin, että niissä huomioidaan jätejakeiden päivitetyt karakterisointitiedot. YVA-selostusta tulee täydentää kuivaläjityksen osalta ja esittää referenssit kuivaläjityksen käytöstä Suomen olosuhteita vastaavissa ilmasto-olosuhteissa. Osa arviointia on pölynhallintakeinojen esittäminen ja niiden vaikutusten ja toimivuuden arviointi vastaavissa olosuhteissa.
4.7.7 Kaivoksen ympäristönsuojelurakenteet ja kaivannaisjätteiden hyötykäyttö	Lisätty uusi luku. Jätteiden sijoitusta ja hyötykäyttöä koskevat päällekkäiset tiedot poistettu luvun 4.7 muista alaluvuista.	
4.7.8 Rikastushiekan kuivaläjitys ja pölynhallintakeinot	Lisätty kokonaan uusi luku.	
4.8.1 Kemikaalit	Luku päivitetty käytettävien kemikaalien ja niiden kulutusmäärien osalta.	-
4.10 Sulkeminen	Kaivoksen sulkemissuunnitelma on päivitetty viranomaisen täydennysvaatimukset huomioiden (AFRY Finland Oy 2023c). Luvun 4.10 alalukuja päivitetty kuvausten, uusien tietojen sekä tulosten osalta.	YVA-selostusta tulee täydentää kaivoksen sulkemisen osalta ja tarkentaa miten eri tekijät vaikuttavat louhoksesta ja kaivannaisjätealueilta maaperään, pohja- ja pintavesiin kulkeutuvien vesien laatuun kaivoksen sulkemisen jälkeen. Sulkemisen jälkeisessä ympäristövaikutusten arvioinnissa tulee ottaa huomioon tarkennetut ja päivitetyt tiedot koskien kaivannaisjätteiden karakterisointia ja läjittämistä, pohjavesi- ja vesistövaikutuksia sekä vesitasetta. Myös sulkemisen jälkeiset suotoveden laadun mallinnusarviot tulee päivittää.
4.10.3 Sulkemistarkastelun painopisteet	Kuvauksia päivitetty.	
4.10.4 Osakohteiden sulkeminen	Kuvauksia päivitetty.	
4.10.5 Sulkemisen jälkeiset veden laadut keskeisissä osakohteissa	Päivitetty uusien tietojen ja tulosten osalta.	
4.11 Hankkeen toteuttamisaikataulu	Toteuttamisaikataulu päivitetty.	-
4.12	Lisätty nykytilakuvausten päivitykset YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja	-

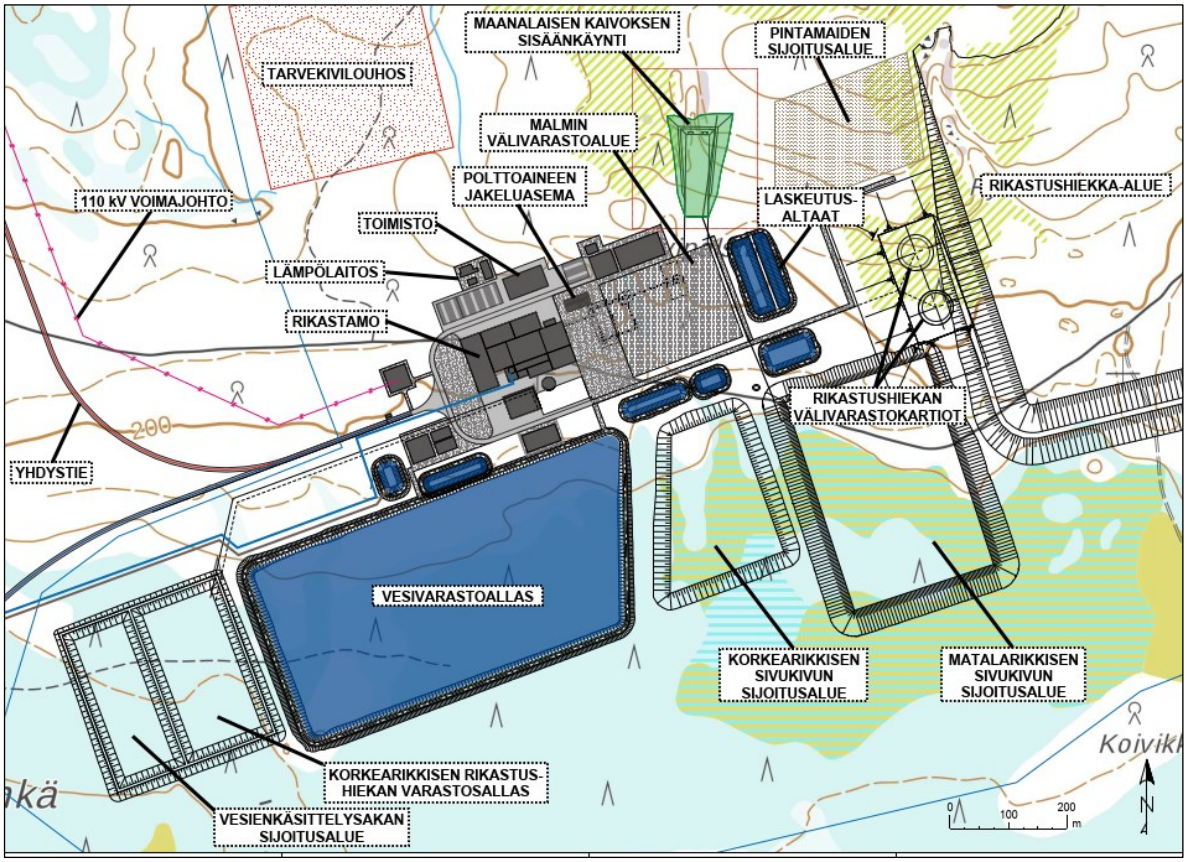
Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
Hankkeen liittyminen muihin hankkeisiin ja suunnitelmiin	tekniikka 2020a) lukuun 6 *”Hankkeen liittyminen muihin hankkeisin ja suunnitelmiin”* liittyen (Huom! Lukua 6 ei ole päivitetty).	
4.13 Vaikutukset maankäyttöön ja maankäytön suunnitteluun	Lisätty nykytilakuvausten päivitykset YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka 2020a) lukuun 9 *”Vaikutukset maankäyttöön ja maankäytön suunnitteluun”* liittyen (Huom! Lukua 9 ei ole päivitetty).	-

Sakatin kaivos käsittää maanalaisen kaivoksen toiminnan ja maan päällä tapahtuvan malmin rikastamisen, toiminnassa muodostuvien jätteiden ja vesien käsittelyyn liittyvät toiminnot, kaivosalueen tekniset perusrakenteet sekä muut vaadittavat tukitoiminnot. Maanalainen kaivos sijoittuu Viiankiaavan kulmaan maanpinnan alapuolelle, missä Sakatin pääesiintymä alkaa noin 350 metrin syvyydestä jatkuen siitä alaspäin. Alustavan louhintasuunnitelman mukaan pääesiintymän maanalaiset rakenteet tulevat lähimmillään 250 metrin syvyydelle maanpinnasta. NE-satelliittiesiintymä sijaitsee pääesiintymän koillispuolella, lähempänä maanpintaa, ollen alustavan louhintasuunnitelman mukaan lähimmillään noin 80 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kaivoksen maanpäälliset rakenteet ja rakennukset, kuten rikastamo, pintamaiden, sivukivien ja rikastushiekan sijoitusalueet sekä varasto- ja huoltotilat, sijoittuvat pääasiassa Kuusivaaran tehdasalueelle. Sisäänkäynti maan päältä maanalaiseen kaivokseen sijaitsee tarkasteltavan vaihtoehdon mukaan joko Kuusivaaran tehdasalueella (VE1a ja VE1b) tai Pahanlaaksonmaalla (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b), joka sijaitsee noin 3–5 kilometrin etäisyydellä Kuusivaarasta pohjoiseen.

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakennetaan myös 20 kV voimajohto, huoltotieyhteys ja hihnakuljetin Pahanlaaksonmaalta Kuusivaaran tehdasalueelle. Lisäksi näissä vaihtoehdoissa Pahanlaaksonmaalle sijoittuvat pastalaitos, kaivoksen ilmanvaihtoon liittyvät rakenteet, kaivosvesien keräilyallas sekä vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a nostotorni.

Kaivoksen rakenteisiin kuuluvat myös Kitisestä tapahtuvaan raakavedenottoon ja kaivosalueelta poisjohdettavien puhdistettujen ylijäämävesien purkamiseen liittyvät rakenteet, yhdystie kaivosalueelle sekä uusi 110 kV voimajohto Kuusivaaran tehdasalueelle kaivoksen liittämiseksi sähköverkkoon.

Kaivoksen aluesuunnittelun tavoitteena on sijoittaa kaivoksen toiminnot mahdollisimman lähelle toisiaan, jotta välimatkat ovat lyhyitä ja alueen vaatima maa-ala pysyy mahdollisimman pienenä. Alustava suunnitelma Kuusivaaran tehdasalueelle sijoittuvista toiminnoista on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-1) vaihtoehdon VE1a osalta. Muissa vaihtoehdoissa toimintojen sijainti Kuusivaarassa poikkeaa vaihtoehdosta VE1a ja osa toiminnoista sijaitsee Pahanlaaksonmaalla. Toimintojen sijoittuminen on esitetty kaikkien hankevaihtoehtojen osalta luvussa 3 Tarkasteltavat vaihtoehdot sekä liitteen 3 kartoissa.



Kuva 4-1 Kuusivaaran tehdasalueelle sijoittuvat toiminnot vaihtoehdossa VE1a.

4.1 Kaivoksen rakentaminen

Ennen varsinaisen tuotannon käynnistymistä rakennetaan kaivostoiminnan edellyttämät tekniset ja vesienkäsittelyn perusrakenteet sekä tehdasalueen eri toiminnot. Seuraavissa luvuissa on esitetty tarkemmin keskeisimmät kaivostoimintaa valmistelevat työt. YVA-selostuksen täydennykseen on tuotu vain ne alaluvut, joihin on tehty täsmennyksiä tai muutoksia YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) jälkeen.

Sakatin kaivoshankkeessa varsinaisen kaivoksen rakentamisvaiheen kesto on noin 2–3 vuotta. Tätä edeltää yhdystien ja sillan sekä voimajohdon rakentaminen kaivokselle, joiden rakentamisajan on arvioitu olevan vajaat kaksi vuotta. Rakentamisvaihetta ei kuitenkaan voida erottaa täysin kaivoksen toimintavaiheesta, koska tiettyjen alueiden, kuten rikastushiekan sijoitusalueiden ja maanalaisen kaivoksen tunneliverkoston, rakentaminen jatkuu myös tuotantovaiheen aikana.

4.1.1 Tieyhteys kaivosalueelle

Lukuun ei ole tullut muutosta.

4.1.2 Kaivoksen liittäminen sähköverkkoon

Sakatin kaivoksen tarvitsemaa sähköä varten alueelle rakennetaan uusi 110 kV Vajukoski-Sakatti -voimajohto. Voimajohto alkaa Fingrid Oyj:n Vajukosken sähköasemalta ja päättyy Kuusivaaran tehdasalueelle rakennettavalle uudelle sähköasemalle. Voimajohdon reitti ja rakenteet on kuvattu sekä voimajohdon vaikutukset arvioitu YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 27.

4.1.3 Kaivosalueen tekniset rakenteet

Varsinaiselle tehdasalueelle sijoittuvat toiminnot ja rakenteet on esitetty edellisessä kuvassa (Kuva 4-1). Eri hankevaihtoehdoissa toimintojen sijoittelu voi vaihdella hieman tehdasalueen sisällä, mutta kaikissa vaihtoehdoissa tehdasalue sijoittuu Kuusivaaraan, Natura-alueen ulkopuolelle. Tehdasalueelle sijoitetaan kaikki tuotannon vaatimat toiminnot, kuten rikastamo oheistoimintoineen, sijoitusalueet sivukiville, rikastushiekoille sekä pintamaille, lämpölaitos, vesienkäsittelyrakenteet ja -altaat, kuljettimet, polttoaineen jakeluasema sekä huolto-, varasto- ja toimistotilat. Lisäksi alueelle rakennetaan tekniset perusrakenteet, kuten sisäiset tiet, sähköverkko sekä vesi- ja viemäriverkostot. Lisäksi alueelle rakennetaan niskaojat, joilla estetään rakentamisalueen ulkopuolelta tulevien puhtaiden vesien sekoittuminen rakentamisalueen vesiin.

Sähköverkko kaivosalueella

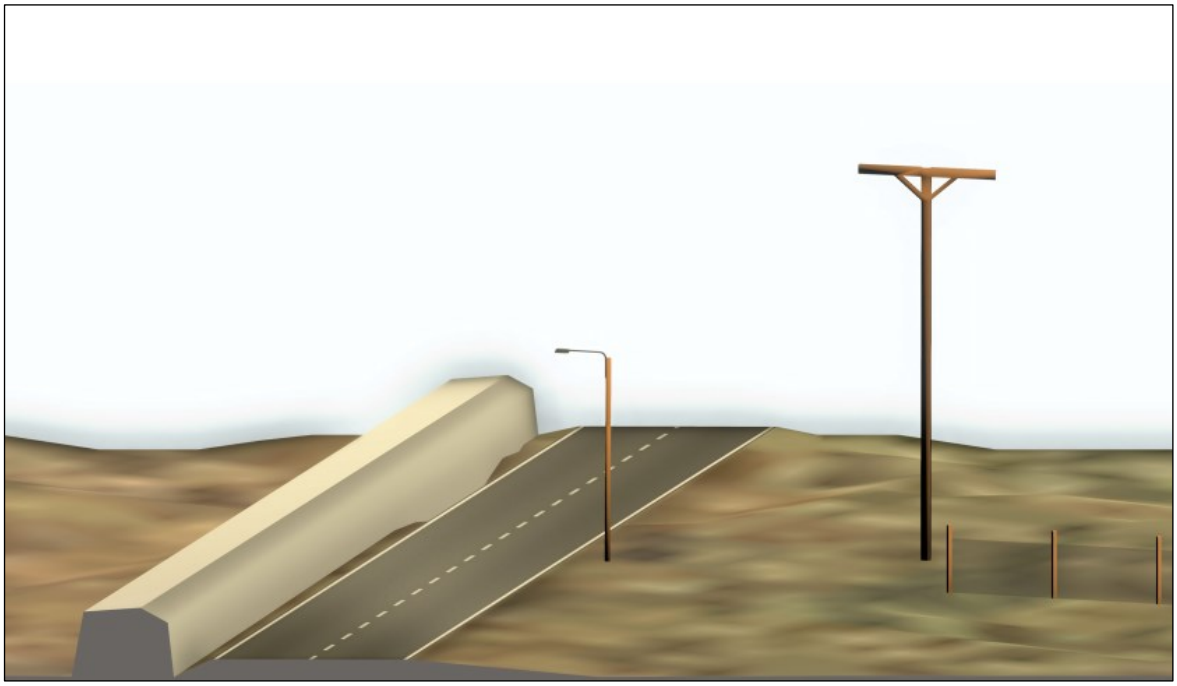
Kaivosalueelle tuleva 110 kV voimajohto yhdistetään hankealueelle rakennettavaan muuntamoon, jossa jännite alennetaan sisäiseen sähköverkkoon sopivaksi. Sähköverkko rakennetaan kattamaan kaikki toiminta-alueet, mukaan lukien yhdystien valaistus. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakennetaan lisäksi 20 kV sähkölinja Kuusivaaran tehdasalueelta Pahanlaaksonmaalle.

Vesijohto- ja viemäriverkosto

Kaivos liitetään Sodankylän kunnan vesijohtoverkostoon, jota varten rakennetaan tarvittava yhdysputki. Saniteettijätevesiä varten rakennetaan maan alle sijoittuva viemäriputki, joka liitetään kunnan viemäriverkostoon Kitisen länsipuolella. Kitisen ylityskohdalla putki upotetaan Kitisen pohjaan.

Hankealueelle sijoittuvat tiet

Kaivosalueen sisäinen tieverkosto rakennetaan kattamaan Kuusivaaran tehdasalueen lisäksi kaivosalueen muut toiminnot. Tiet mitoitetaan niille tulevan liikenteen mukaisesti ja ne päällystetään valtaosin. Kuusivaaran tehdasalueen ja Pahanlaaksonmaan välille rakennetaan lisäksi huoltotie hankevaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Alla (Kuva 4-2) on esitetty havainnekuva huoltotiestä.



Kuva 4-2 Havainnekuva Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan välille rakennettavasta huoltotiestä ja kuljetinhihnasta (hankevaihtoehdot VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b). Kuvassa on esitetty myös 20 kV sähkölinjan pylväs. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy.)

Maanpäällinen kuljetinhihna

Hankevaihtoehdoissa VE2 (a ja b) ja VE3 (a ja b) rakennetaan Kuusivaaran tehdasalueen ja Pahanlaaksonmaan välille maanpäällinen kuljetinhihna louhitun malmin kuljetusta varten (Kuva 4-2). Kuljetinhihna koteloidaan melu- ja pölyvaikutusten pienentämiseksi.

Raakavedenottoon ja vesien purkamiseen liittyvät rakenteet

Kaivokselle otetaan tuotantoon tarvittavaa raakavettä Kitisestä, jonne myös kaivokselta poisjohdettavat puhdistetut ylijäämävedet puretaan. Kaivoksen eri toteutusvaihtoehtoihin liittyen vedenottamolle on esitetty kolme ja purkupaikalle kaksi vaihtoehtoista sijaintipaikkaa. Raakavedenottamon vaihtoehtoiset sijaintipaikat on esitetty YVA-selostuksen täydennyksen luvussa 3. Vaihtoehtoisten purkupaikkojen sijainnit on esitetty vastaavasti luvussa 3.

Tehdasalueen ja Kitisen välille rakennetaan putkilinjat raakavedelle sekä kaivoksella muodostuville puhdistetuille ylijäämävesille. Raakavesiputken arvioitu pituus on noin 2 100–2 700 metriä (kaivosalueelta suorinta reittiä Kitisen rannalle). Kaivoksen ylijäämävesien purkuputki kulkee osittain maan pinnalla (maahan kaivettuna) sekä osittain Kitisen pohjaan upotettuna. Purkupisteen sijaitessa Sattasen kylän eteläpuolella purkuputken pituus kaivosalueelta Kitisen rannalle on noin 2 400–3 000 metriä ja Kitiseen upotettavan putken pituus on noin 300 metriä. Purkupisteen sijatessa Kelukosken patoaltaassa purkuputki voidaan sijoittaa eteläisen yhdystien yhteyteen, jolloin maassa kulkevan putken pituus on noin 6 000 metriä ja loppuosa putkesta (pituus sata metriä) upotetaan Kitiseen.

Vaihtoehtoisesti putkilinja voidaan tuoda Kelukosken patoaltaaseen upottamalla putki Kitisen pohjaan Sattasen kylän eteläpuolella, jolloin upotettavan putken pituus on noin 5 300 metriä.

Pastalaitos

Rikastusprosessissa muodostuvasta korkearikkisestä rikastushiekasta valmistetaan pastaa (tahnaa) kaivostäyttöä varten. Pasta valmistetaan kaivokselle rakennettavalla pastalaitoksella. Pastalaitoksen sijainti riippuu hankevaihtoehdosta. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b pastalaitos rakennetaan maanalaiseen kaivokseen noin 370 metrin syvyyteen maan pinnasta. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, ja VE3b pastalaitos rakennetaan maan päälle Pahanlaaksonmaalle maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin läheisyyteen ja vaihtoehdossa VE3a Pahanlaaksonmaalle nostotornin läheisyyteen. Pastalaitosta on kuvattu tarkemmin luvussa 4.2.4.

Tarvekivilouhos

Kuusivaaran tehdasalueelle perustetaan rakentamisvaiheessa tarvekivilouhos, jolla turvataan riittävä kiviaineksen saanti kaivoksen rakentamisen tarpeisiin. Tarvekivilouhos on toiminnassa pääasiassa rakentamisvaiheessa noin 2–3 vuoden ajan, jolloin tarvekiveä louhitaan enimmillään 3,8 Mm^3. Tarvittaessa tarvekivilouhos voidaan ottaa käyttöön myös myöhemmin tuotannon aikana ja näin ollen tarvekiveä voidaan louhia kaiken kaikkiaan noin 6 Mm^3.

Louhittu kiviaines murskataan jatkokäyttöä varten. Murskaus tapahtuu liikutettavalla murskaimella tarvekivilouhoksessa tai sen välittömässä läheisyydessä. Tarvekivilouhoksen sijainti on esitetty eri toteutusvaihtoehtoja esittelevissä suunnitelmakuvissa luvuissa 3.4–3.9. Tarvekivilouhosta ja tarvekiven ominaisuuksia on kuvattu luvussa 4.2.5.

Maa-ainesten sijoitusalue

Ennen rakentamisen aloittamista ja rakentamisen aikana poistettavat pintamaakerrokset sekä muut irtomaakerrokset erotellaan ja varastoidaan myöhempää käyttöä varten (esim. maisemointi sulkemisvaiheessa) erilliselle pintamaiden sijoitusalueelle. Tämä alue sijaitsee kaikissa hankevaihtoehdoissa tehdasalueella Kuusivaaran etelärinteellä. Sijoitusalueen koko on laajimmillaan noin 46 000 m^2. Rakentamiseen käytettäviä maa-aineksia tuodaan tarvittaessa myös alueen ulkopuolelta.

Sivukivien sijoitusalueet

Rakentamisvaiheessa muodostuu sivukiveä vinotunnelin (eli rikastamon ja pääesiintymän välittömään läheisyyteen sijoittuvat kaivosrakenteet yhdistävän yhdystunnelin) ja maanalaisen kaivoksen tilojen louhinnasta. Kaivoksen nykyarvion mukaisilla mineraalivarannoilla koko toiminnan aikana muodostuu sivukiveä noin 8,8 Mt. Arvio koskee vaihtoehtoa VE1a, jossa louhitaan neljä vinotunnelia ja jossa vinotunnelien pituus on suurin. Muissa vaihtoehdoissa muodostuvan sivukiven määrä jää pienemmäksi. Sivukiven määrä on tuotetun rikasteen määrään nähden hyvin alhainen, mikä johtuu esiintymän geologiasta ja sovellettavasta maanalaisesta louhintamenetelmästä.

Maan päälle rakennetaan kaksi sivukiven sijoitusaluetta: yksi korkearikkiselle sivukivelle ja toinen matalarikkiselle sivukivelle. Sijoitusalueet rakennetaan Kuusivaaran tehdasalueelle hankevaihtoehdosta riippuen Kuusivaaran etelä- tai pohjoisrinteelle. Sijoitusalueiden rakenteita on kuvattu luvussa 4.7.7.

Sakatin kaivoshankkeessa yhtenä tavoitteena on, että muodostuva sivukivi hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti kaivoksen rakentamisessa sekä tuotantovaiheen aikana myös maanalaisen kaivoksen louhostäyttöihin, jotta maan päälle ei jää sivukivialueita toiminnan päätyttyä. Sijoitusalueet ovat siten väliaikaisia. Sivukivelle tarkoitetut sijoitusalueet ovat laajimmillaan muutama vuosi toiminnan aloittamisen jälkeen, ennen kuin kaivoksessa on riittävästi täytettävää avointa tilaa, johon rikastushiekka ja sivukivet voidaan sijoittaa.

Matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue

Sakatin kaivoshankkeessa on päädytty kahteen mahdolliseen rikastushiekan läjitystapaan: rikastushiekan märkäläjitykseen ja kuivaläjitykseen. Läjitystä varten rikastushiekka-alueelle rakennetaan padottu alue.

Rikastushiekka-alue koostuu kuivaläjitysvaihtoehdossa kahdesta rinnakkaisesta osasta eli lohkosta, mikä mahdollistaa vaiheittaisen rakentamisen. Märkäläjitystä käytettäessä allas on yksiosainen.

Rikastushiekka-alueen sijaintipaikka vaihtelee vaihtoehdoittain, mutta on aina tehdasalueella. Patojen harjan taso on hankevaihtoehdosta riippuen noin 10–14 metriä ympäröivää maanpintaa korkeammalla, mutta noin 10–20 metriä alempana kuin Kuusivaaran korkein harjanne.

Maan päälle tullaan sijoittamaan matalarikkistä rikastushiekkaa arviolta 27,5–31 Mt. Mikäli menetelmänä käytetään kuivaläjitystä, alueen pinta-ala on 89–104 hehtaaria. Jos rikastushiekka läjitetään lietteenä, altaan pinta-ala on 126–144 hehtaaria. Rikastushiekka-aluetta, läjitystapoja ja rikastushiekan hyötykäyttöä on kuvattu luvussa 4.7.7.

Korkearikkisen rikastushiekan sijoitusallas

Tuotannon alkuvaiheen aikana syntyvä korkearikkinen rikastushiekka pumpataan lietteenä tarkoitusta varten rakennettavaan altaaseen odottamaan pastalaitoksen käynnistämistä. Kaivostäyttöä ei tarvita tuotannon alkuvaiheessa, koska kaivoksessa ei ole vielä louhittuna riittävästi tyhjää tilaa, johon täyttöä voidaan tehdä. Arvion mukaan kaivostäyttö aloitetaan noin kahden vuoden kuluttua rikastamon käynnistämisestä.

Pastalaitoksen käynnistyttyä rikastushiekka johdetaan suoraan pastalaitokselle, ja rikastushiekka-allas jää varalle mahdollisia poikkeustilanteita varten.

Allas on mitoitettu huomioiden tuotantomäärät, vuotuiset sadevesimäärät sekä poikkeukselliset sääolosuhteet. Altaan tilavuus on noin 334 000 m^3. Rikastushiekka-altaan rakenteita on kuvattu luvussa 4.7.7.

Vesien varastoaltaat

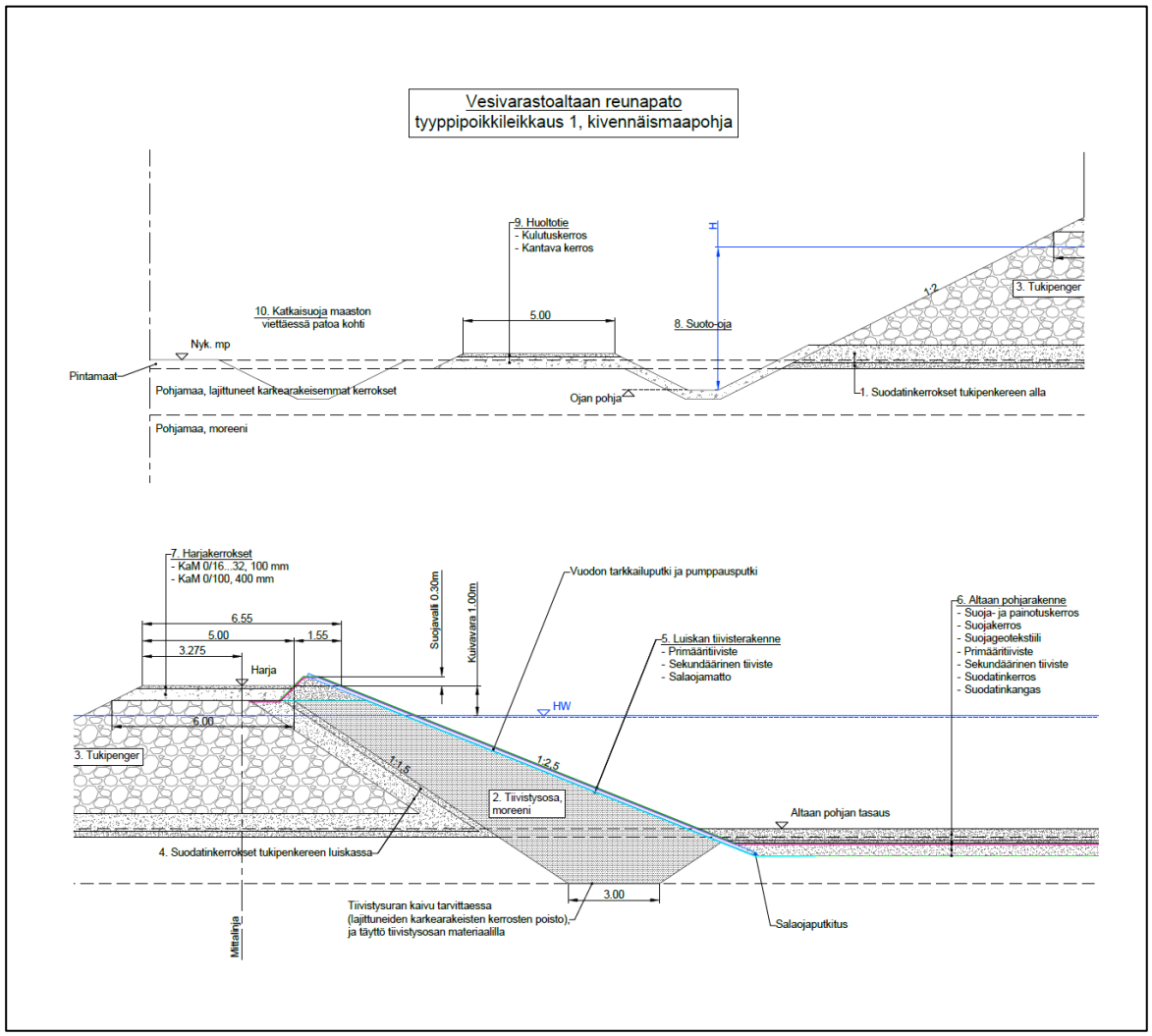
Vesien kierrätykseen, käsittelyyn ja keräilyyn liittyen tehdasalueella on yksi iso ja viisi muuta pienempää allasta (Taulukko 4-1 ja Kuva 4-1).

Taulukko 4-1 Tehdasalueiden vesialtaiden pinta-alat ja tilavuudet.

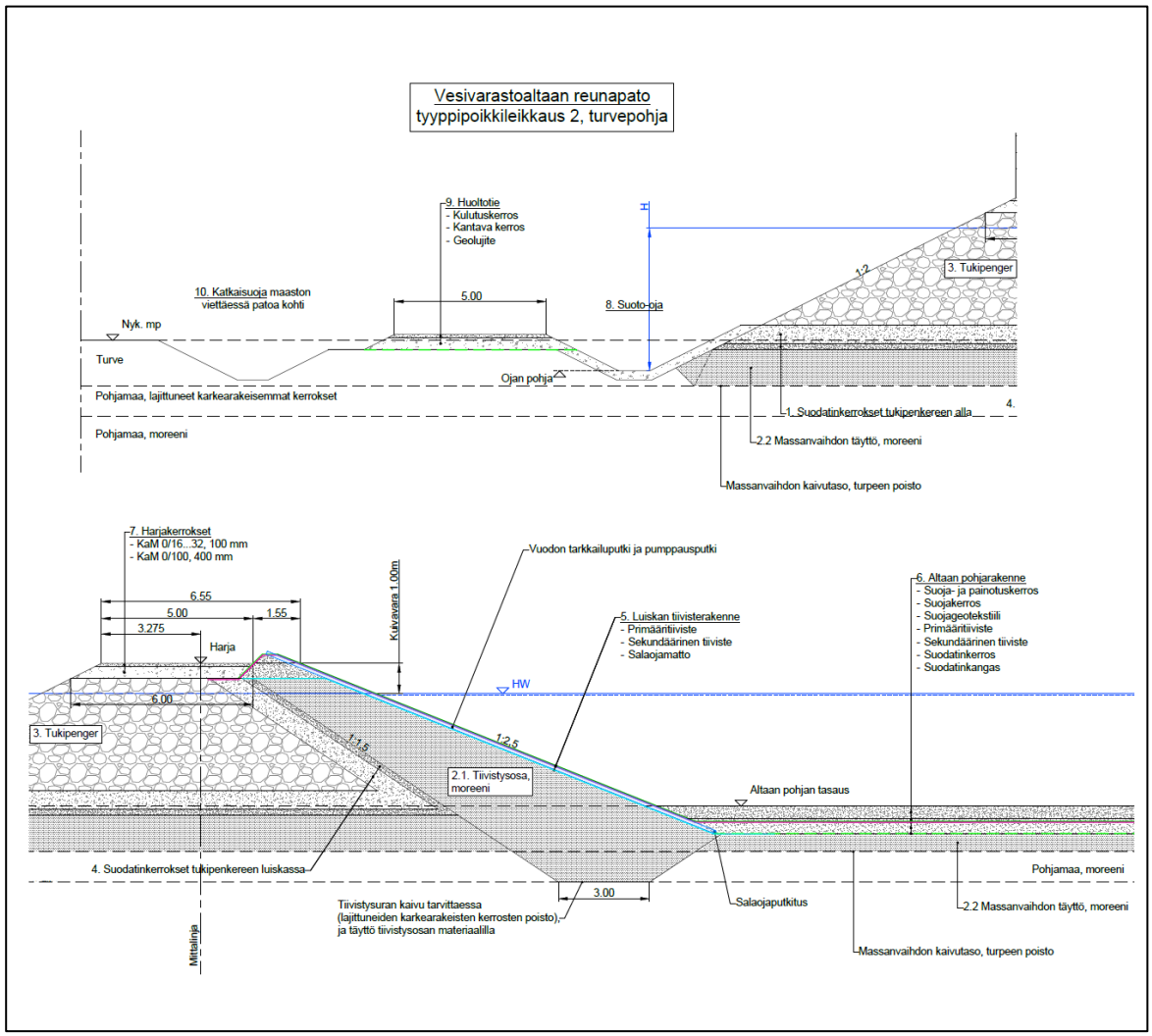
Allas	Pinta-ala (m^2)	Tilavuus (m^3)
Hulevesien keräilyallas	2 600	5 200
Vesivarastoallas	250 000	700 000
Prosessiveden vara-allas	2 600	5 200
Rikastushiekka-alueen vesien laskeutusallas	3 500	8 000
Jätevesien poistoallas	1 400	2 800
Kaivoksen kuivatusvesien yhdistelmäallas	2 400 / 4 000*	5 000 / 10 000*

**Kaksiosainen allas, kaivosvedet pumpataan kahdelta eri tasolta, sillä pohjaveden laatu muuttuu syvemmällä kalliperässä*

Kaikki vesialtaat rakennetaan tiiviiksi käyttämällä pohjarakenteena yhdistelmärakennetta. Padot rakennetaan moreenista ja patojen ulkoreunoille rakennetaan eroosiosuojaus murskatusta louheesta. Patorakenteet on suunniteltu patoturvallisuusmääräysten mukaisesti. Seuraavat kuvat (Kuva 4-3 ja Kuva 4-4) esittävät vesivarastoaltaan rakenteiden tyyppileikkauksia. Yksinkertaistetusti vesivarastoaltaan rakenne muodostuu altaan pohjarakenteesta, reunapadosta sekä tukipenkereen luiskasta rakenteineen.



Kuva 4-3 Tyyppipoikkileikkauskuva vesivarastoaltaan rakennevaihtoehdoista. Rakenne kivennäismaapohjalla. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a, muokattu.)



Kuva 4-4 Tyyppipoikkileikkauskuva vesivarastoaltaan rakennevaihtoehdoista. Rakenne turvepohjalla. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a, muokattu.)

4.1.4 Vinotunnelit ja niiden louhinta

Lukuun ei ole tullut muutosta.

4.1.5 Avoimien kairareikien tulppaus

AASM Oy on tehnyt timanttikairauksia malminetsintälupa-alueilla vuodesta 2006 lähtien. Suurin osa malminetsintäkairauksista on sijoittunut Sakatin malminetsintälupa-alueelle ja sen lähialueilla sijaitseville malminetsintälupa-alueille. Kaikkiin kairattuihin reikiin on asennettu tiivis irrotettava ja uudelleen asennettava pintatulppa eli mansetti heti kairaustyön päätyttyä. Sakatin kaivoshankkeen teknisen suunnittelun käynnistyessä todettiin, että maanalaisen kaivoksen alueelle sijoittuvat kairareiät on tulpattava pysyvästi. AASM Oy on aloittanut kairareikien pysyvän tulppausmenetelmän kehittämisen kairauskaudella 2016–2017, jolloin tehtiin ensimmäisiä testitulppauksia. Tämän jälkeen menetelmää on kehitetty useiden kairauskausien ajan. Tässä luvussa kuvattu tulppausmenetelmä

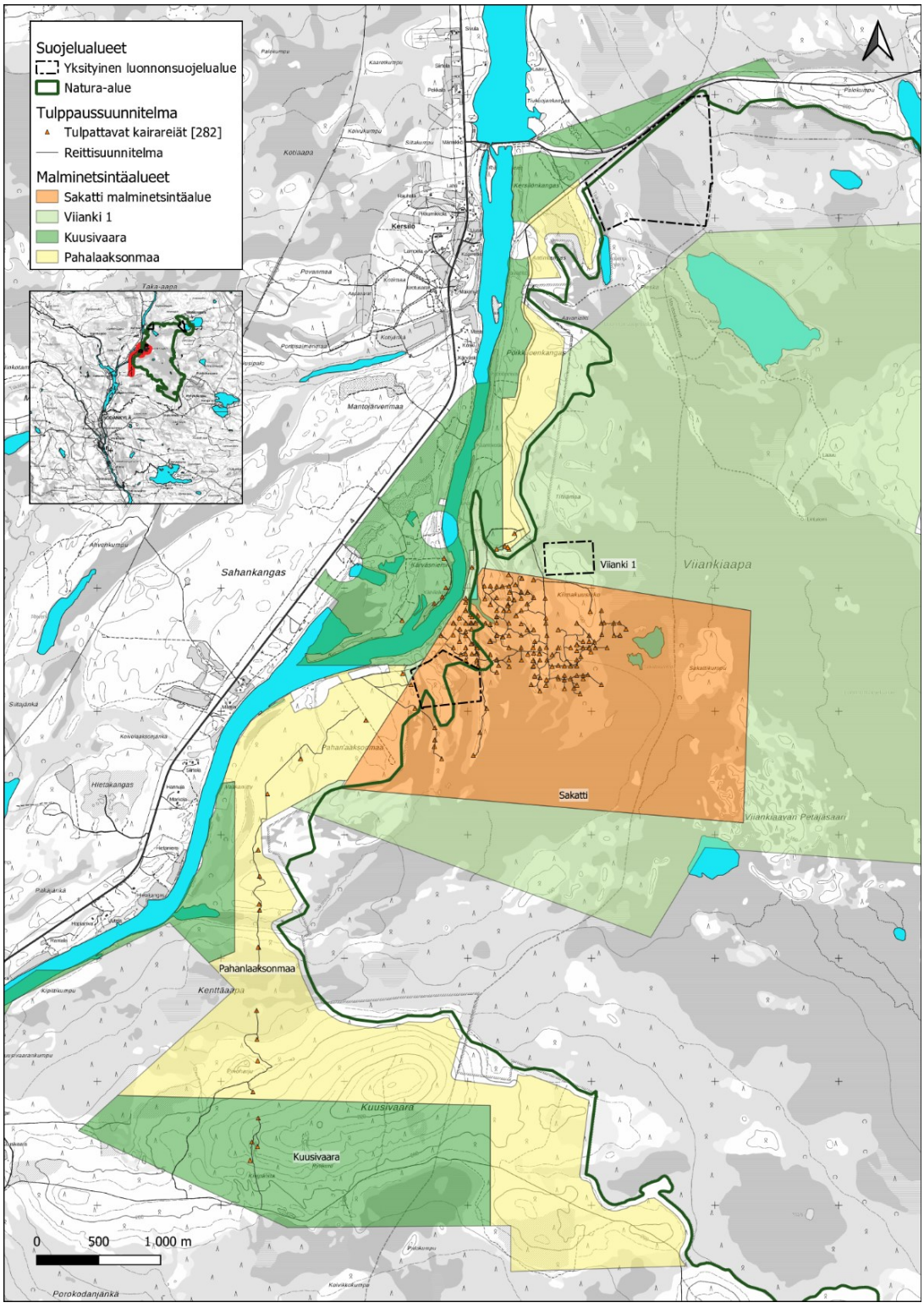
otettiin käyttöön kairauskaudella 2020–2021, jolloin menetelmällä tulpattiin yhteensä 24 kairareikää.

Kairareikien tulppaamisella halutaan varmistaa ensisijaisesti, että kairareiät eivät muodosta pintavesien tai maa- ja kalliopohjavesien kulkureittejä suunniteltuun maanalaiseen kaivokseen sekä varmistaa myös turvallinen työskentely-ympäristö kaivoksessa. Lisäksi tulppauksella voidaan ehkäistä pinta- ja pohjavesien sekoittumista toisiinsa estämällä kalliopohjavesien kulkeutuminen maan pintakerroksiin sekä estää erilaatuisten pohjavesien sekoittumista keskenään. Tulppaus siten pienentää kaivostoiminnan hydrologisia vaikutuksia.

Pysyvä tulppaus koskee ennen kautta 2021–2022 kairattuja avonaiseksi jätettyjä kairareikiä, joita on yhteensä 282 kpl (Natura-alueella 192 kpl). Alueelle tullaan jättämään tulevien kairauskausien aikana muutamia avonaisia kairareikiä (noin 5 kpl/kairauskausi) myöhemmin tehtäviä geofysiikan tai hydrogeologian tutkimuksia varten. Nämä avoimeksi jätetyt kairareiät tullaan tulppaamaan samanaikaisesti, kun vanhat kairareiät tulpataan. Tulppaus tullaan aloittamaan kaivoksen rakennusvaiheessa ja se voi mahdollisesti jatkua vielä kaivoksen toimintavaiheen alkupuolella. Alustavan arvion mukaan kairareikien pysyvä tulppaus tehdään kolmen talvikauden aikana. Tulppaus etenee sitä mukaa, kun kaivoksen maanalaisten tilojen louhinta etenee. Tulpattavat kairareiät sijaitsevat pääasiassa Sakatti-malminetsintälupa-alueella. Tulpattavia reikiä sijoittuu myös Viianki 1:n sekä Natura-alueen ulkopuolisille malminetsintälupa-alueille Pahanlaaksonmaa ja Kuusivaara (Kuva 4-5). (Eurofins Ahma Oy 2022c.) Lupaa tulppaustyön toteuttamiselle tullaan hakemaan kaivosluvan yhteydessä.

Kairareikien tulppauksen reittisuunnittelussa hyödynnetään mahdollisimman paljon jo olemassa olevia reittilinjauksia ja huomioidaan viimeisimmät tiedot alueen suojelullisesti arvokkaiden lajien esiintymistä. Reitit valmistellaan etukäteen. Valmisteleviin töihin kuuluvat uusien reittien merkitseminen, kasvillisuuskartoitukset ja myöhemmin maan jäätyessä reittien pohjustaminen ja lumettaminen. Reitit valmistellaan ensisijaisesti tamppaamalla luonnonlunta. Tarvittaessa reittejä vahvistetaan käyttämällä tykkilunta. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

Kairareikien tulppaus toteutetaan kolmella kairausyksiköllä (konetyyppi DE 140 ja DE 150). Kairauskoneiden mukana kuljetetaan omilla telastoilla kulkevia suljetun vedenkierron kontteja. Reikien aukaisussa syntyvä kairaussoija kerätään talteen ja kuljetetaan alueelta pois tela-ajoneuvolla. Työmaaliikenteessä käytetään nykyaikaista moottorikelkkakalustoa. Koneiden käytöstä aiheutuu melua, jonka arvioidaan olevan vähäisempää ja lyhytkestoisempaa kuin kairauksessa. Tulppauksen yhteydessä joudutaan mahdollisesti avaamaan sortuneita kairareikiä uudelleen kairaamalla, joten maksimaaliset melutasot ovat kuitenkin verrattavissa malminetsinnän kairausmeluun. (Eurofins Ahma Oy 2022c.) Oy Kati Ab:n toteuttamien meluselvitysten (Oy Kati Ab 2014, raportti sisäiseen käyttöön, toissijainen viittaus Eurofins Ahma Oy 2022c) mukaan tulppauksessa käytettävien äänekkäimpien kairakoneiden (DE 140) aiheuttama melutaso alittaa suojelualueilla esiintyvää melua koskevan ohjeistuksen (valtioneuvoston päätös 993/1992) mukaisen 40 dB:n tason noin 800 metrin etäisyydellä kairauksen toteutuspaikasta.



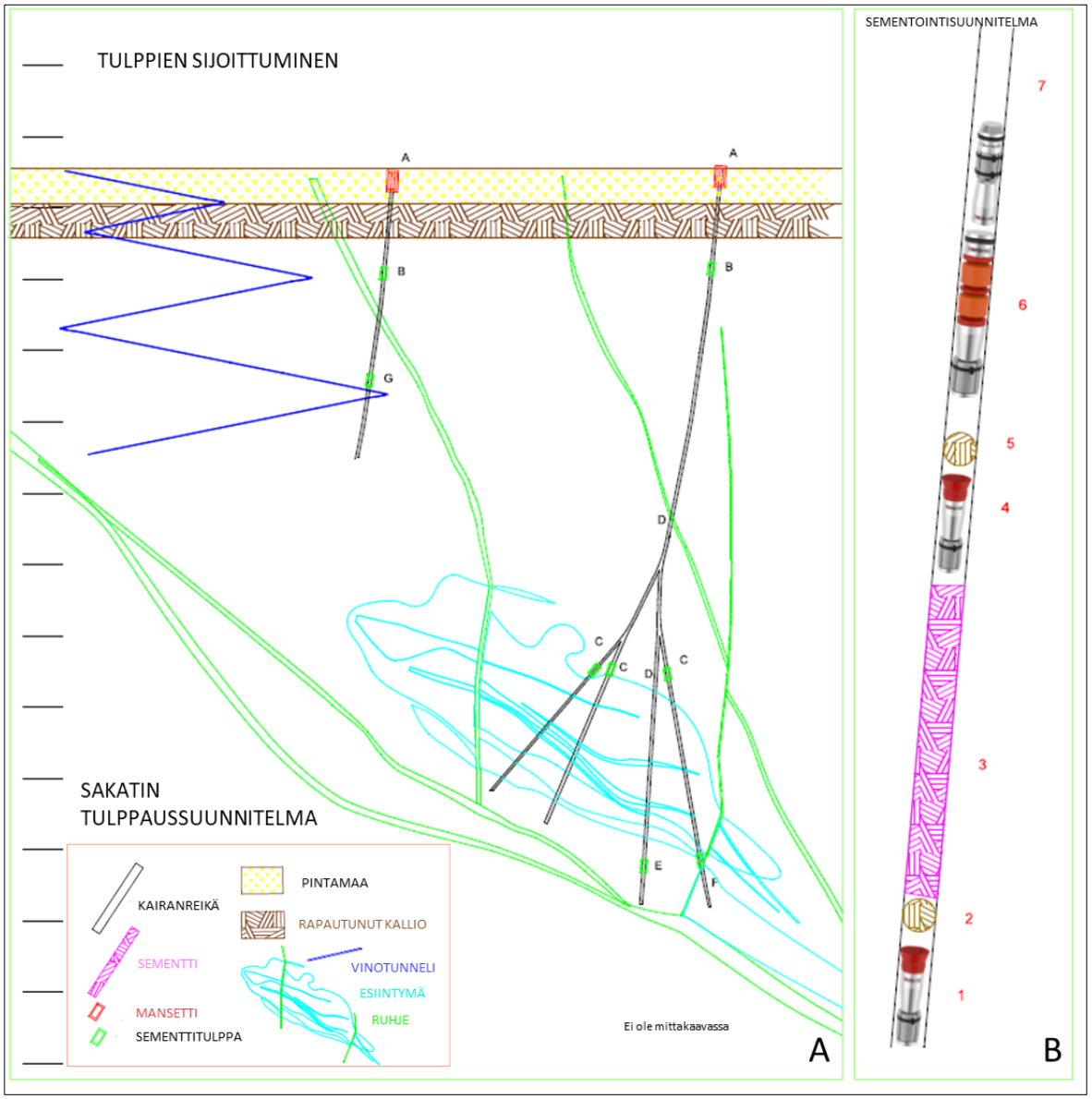
Kuva 4-5 Tulpattavien kairareikien sijoittuminen malminetsintälupa-alueilla (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2022c).

Kairareikien tulppauksessa kairareikää ei tulla tulppaamaan koko matkalta, vaan kairareikiin asennetaan tietyille syvyyksille ns. sementtitulppa ja erillinen kaksoistulppa, jotka yhdessä muodostavat

niin sanotun tulppauspaketin. Kaksoistulppa asennetaan noin yhden metrin etäisyydelle sementtitulpan yläpuolelle ja sen tehtävänä on varmistaa tulppauksen onnistuminen. Tulppaus toteutetaan kairakoneen avustamana. Sementtitulppa koostuu pikasementtiosiosta sekä sen ylä- ja alapuolelle sijoitettavista tulpista (tyyppi: Van Ruth CW) ja puhdistuspalloista. Kaksoistulpan muodostaa kaksi erityyppistä peräkkäin asennettavaa tulppaa (tyypit: Van Ruth CWBP ja Van Ruth HD). Tulppauspaketti sulkee reiän noin 15 metrin osuudelta. Seuraavassa kuvassa (Kuva 4-6) on esitetty periaatekuva kairareikään asennettavista sementti- ja kaksoistulpasta sekä havainnollistettu erilaisia esimerkkitilanteita, miten tulppia voidaan asentaa kairareikiin. Käytettävä tulppausmenetelmä mahdollistaa useamman tulppauspaketin asentamisen samaan kairareikään ilman, että kairaputkia tarvitsee tulppausten välissä nostaa ylös ja laskea uudelleen alas. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

Tulppien määrä ja asennussyvyys suunnitellaan kairareikäkohtaisesti. Asennettavien tulppien määrään vaikuttavat esimerkiksi kallioperän rakenteet ja rikkonaisuus, kairareiän sijainti suhteessa louhittavaan esiintymään sekä onko kairareikä haaroitettu. Kuva 4-6 (kuva A) havainnollistaa erilaisia esimerkkitilanteita tulppien asentamisesta kairareikään. Yleensä kallioperän yläosiin asennetaan tulppa (B), jonka syvyys arvioidaan kallioperän rikkonaisuuden ja rapautuneisuuden mukaan. Mikäli kairareikä on haaroitettu, reiän haaroihin asetetaan tulppa lähelle haarautumiskohtaa esiintymän yläpuolelle eli ns. kattopuolelle (C). Haaroitettu emoreikä (D) voidaan jättää auki hydrogeologisia ja geoteknisiä tutkimuksia tai myöhemmin tehtäviä lisähaaroituksia varten. Emoreikä voidaan tulpata sen jälkeen, kun reiän tutkimukset on saatu päätökseen. Kairareiät, jotka menevät malmiesiintymän läpi ja ulottuvat vähintään 50 metriä sen alapuolelle, tulpataan malmiesiintymän alapuolelta eli ns. jalkapuolelta (E). Ruhjevyöhykkeiden läpi menevät kairareiät tulpataan ruhjevyöhykkeiden ylä- ja/tai alapuolelta (F). Tulppia asennetaan myös esiintymän ulkopuolella oleviin kairareikiin, jotka sijoittuvat suunnitellun maanalaisen kaivoksen alueelle (G). Lisäksi kairareiän maanputken suulle asennetaan tiivis, irrotettava ja uudelleen asennettava pintatulppa eli mansetti (A). (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

Keskeisin kairareikien tulppauksessa käytettävä kemikaali on pikasementti (Fondu-sementti), jota käytetään sementtitulpan teossa. Sementin lisäksi tulppauksessa käytetään kairakoneen suljetussa vesikierrossa samoja apuaineita kuin malminetsintään liittyvissä kairauksessa. Myös muut suojaustoimenpiteet ovat samoja, mm. kairareiästä nouseva irtonainen kiviaines kerätään talteen ja toimitetaan asianmukaiselle jätteenkäsittelylaitokselle. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

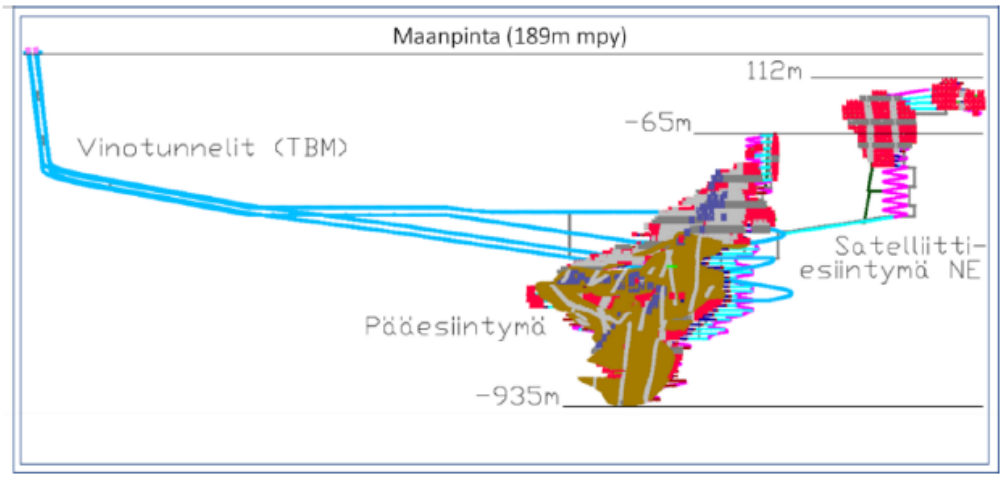


Kuva 4-6 Kuvassa A on havainnollistettu erilaisia esimerkkitilanteita kairareikiin asennettavien tulppien sijoittumisesta suhteessa esiintymään sekä kallioperässä esiintyviin rakenteisiin. Kuvassa B on havainnollistettu kairareikään asennettavan tulpan rakennetta; 1) Van Ruth CW -tulppa, 2) puhdistuspallo, 3) pikasementti, 4) Van Ruth CW -tulppa, 5) puhdistuspallo, 6) Van Ruth CWBP -tulppa ja 7) Van Ruth HD -tulppa. (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2022c.)

4.2 Kaivostoiminta

Sakatin maanalaisen kaivoksen muodostavat maanpinnalta kaivokseen johtava kulkuyhteys ja pääesiintymä. Sakatin pääesiintymän ylimmät louhintatasot sijaitsevat noin 250 metriä maanpinnan alapuolella. Pääesiintymästä koilliseen on pienempi, lähempänä maanpintaa sijaitseva satelliittiesiintymä NE, jossa ylimmät louhokset sijoittuvat lähimmillään noin 80 metriä maanpinnasta.

Seuraavassa kuvassa (Kuva 4-7) on havainnollistettu tunneliporalla toteutetun hankevaihtoehdon VE1a mukaista maanalaista kaivosta.



Kuva 4-7 Pituusleikkauskuva Sakatin maanalaisesta kaivoksesta. Sakatin pääesiintymän ylin louhintataso sijoittuu 65 metriä merenpinnan alapuolelle, eli noin 250 metriä maanpinnan tasosta. Satelliittiesiintymän NE ylin louhintataso (louhoksen katto) sijaitsee noin 112 metriä merenpinnan yläpuolella, eli noin 80 metriä maanpinnan tasosta. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022.)

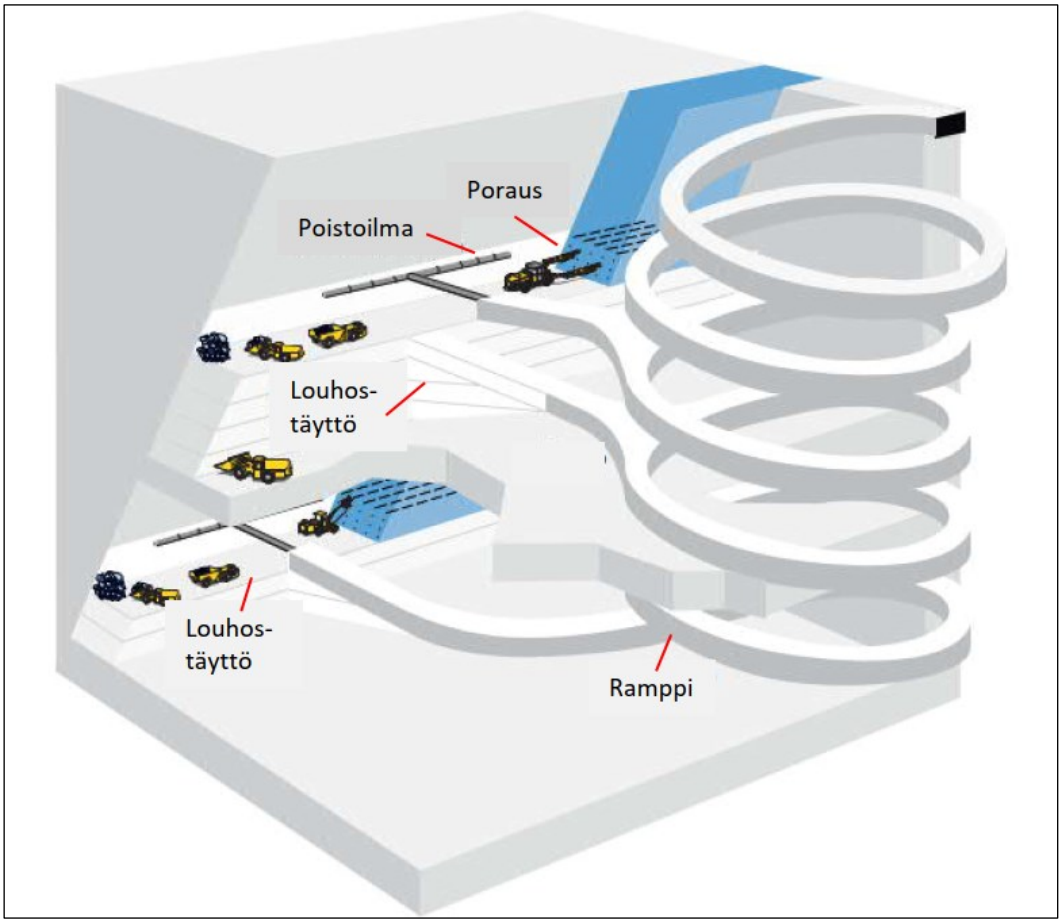
Kaivostoimintaa kuvaavassa luvussa esitetään louhintamenetelmät, louhitun malmin käsittely ja kuljetus, rikastusprosessi ja rikasteen käsittely, kaivostäyttö ja sen valmistamiseen tarvittava pastalaitos sekä tarvekiven ominaisuudet.

4.2.1 Malmin louhinta

Malmin louhintamäärät vaihtelevat kaivoksen suunnitellulla, noin 20 vuoden toiminta-ajalla välillä 1,25–2,2 Mt/v. Tämänhetkisen suunnitelman mukaan louhittavan sivukiven kokonaismäärä koko toiminnan aikana on noin 8,8 Mt.

Malmi louhitaan maanalaisena louhintana käyttäen välitaso- ja pengerlouhinnan eri sovelluksia. Käytännössä malmiesiintymä jaetaan eri tasoilla oleviin erillisiin louhoksiin. Louhinta etenee alhaalta ylöspäin louhos kerrallaan. Käytettävät menetelmät ovat lyhytreikätäyttölouhinta ja pitkäreikälouhinta sekä näiden yhdistelmä.

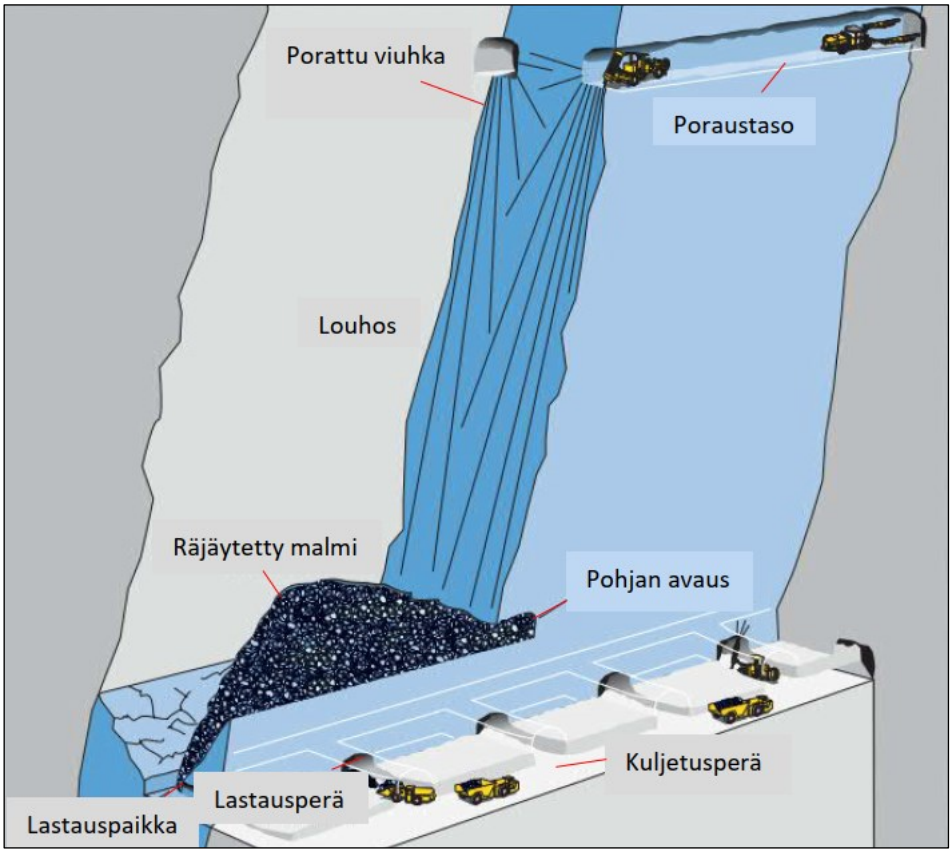
Lyhytreikätäyttölouhintamenetelmässä (Kuva 4-8) malmi irrotetaan vaakasuunnassa kerroksittain aloittaen yleensä esiintymän pohjalta ja edeten ylöspäin. Malmi porataan, panostetaan, räjäytetään, lastataan kuljetusajoneuvoihin ja siirretään pois louhoksesta. Kun kerros on louhittu, täytetään louhos rikastushiekasta tehdyllä pastalla (pastatäyttö), sivukiven tai muun murskatun kiviaineksen ja pastan yhdistelmällä pastakivimursketäytöllä, tai poikkeustapauksissa sivukivellä (joko sellaisenaan tai sideaineena käytettävän sementin kanssa). Täyttö tukee louhoksen seinämiä ja toimii työskentelytasona, kun seuraavaa kerrosta louhitaan. Täyttölouhinta soveltuu erityisesti massiivisten malmilinssien louhintaan.



Kuva 4-8 Louhinnan toteutus lyhytreikätäyttölouhintamenetelmällä (Lähde: Atlas Copco 2007, muokattu).

Pitkäreikälouhintamenetelmässä (Kuva 4-9) malmi porataan ja räjäytetään viuhkoissa yläpuoliselta tasolta alapuoliselle tasolle, josta malmin lastaus tapahtuu. Poraus voidaan toteuttaa joko ylhäältä alaspäin tai alhaalta ylöspäin. Louhinnassa muodostuva avoin tila täytetään yleensä osa-alueittain, ja täyttömenetelmät ovat vastaavat kuin lyhytreikätäyttölouhinnassa. Louhinta etenee osa-alueittain ja väliin jätetään ns. malmipilareita tukemaan louhosta.

Pitkäreikälouhinta sopii erityisesti massiivisen malmin louhintaan esiintymän malmipitoisimmille alueille. Menetelmää käytetään myös kapeiden malmilinssien louhimiseen ns. pitkittäisenä louhintana, jolloin porareiät ovat samansuuntaiset toisiinsa nähden viuhkamaisen porauksen asemasta.



Kuva 4-9 Louhinnan toteutus pitkäreikälouhinta –menetelmällä (Sakatissa reiät porataan alhaalta ylöspäin) (Lähde: Atlas Copco 2007, muokattu).

4.2.2 Malmin esimurskaus ja kuljetus

Louhittu malmi murskataan maanalaiseen kaivokseen rakennettavalla esimurskaamolla, joka sijaitsee noin 450 metriä maanpinnan alapuolella. Louhitun malmin ensimmäinen murskausvaihe tapahtuu maan alla kaivoksessa, jossa malmi murskataan karkeamurskaimella alle 150 millimetrin raekokoon. Esimurskauksen jälkeen virrasta poistetaan mahdollisesti sivukivimateriaalia ns. Bulk Ore Sorting -menetelmällä, eli mekaanisella lajittelulla, jossa koko materiaalivirta ohjataan sensoriohjattuna poistohihnalle. Poistohihnan kautta materiaali kuljetetaan maan alla suoraan käytettäväksi kaivostäyttöön.

Esimurskattu malmi kuljetetaan maan pinnalle. Suoravinotunnelivaihtoehdossa (VE1a ja VE1b) ja mutkavinotunnelivaihtoehdossa (VE2b ja VE3b) malmin siirto tapahtuu hihnakuljettimilla vinotunnelia pitkin. Spiraalivinotunnelivaihtoehdossa (VE2a ja VE3a) malmi nostetaan maan päälle kuilunostimella. Maan päällä malmi siirretään hihnakuljettimilla Kuusivaaran tehdasalueelle katettuun malmin välivarastoon.

Malmin välivaraston koko on arviolta noin 33 000 m^2. Ympäristön suojaamiseksi kentälle rakennetaan vastaava vesitiivis pohjarakenne kuin korkearikkiselle sivukivelle. Kentän reunoilla pohjatiiviste nostetaan ylöspäin matalan patorakenteen avulla estämään sadevesien pääsy alueen ulkopuolelle.

Kenttärakenteen kallistuksilla saadaan vedet johdettua alueen etelälaidalle, mistä ne kerätään erilliseen altaaseen.

Välivarastosta karkeamurskattu malmi siirretään hihnasyöttimillä ja -kuljettimilla kaksivaiheiseen hienomurskauspiiriin, jossa se murskataan aluksi 45–50 millimetrin ja sen jälkeen 10–20 millimetrin raekokoon. Murskauspiiri sisältää myös seulomalla tehtävän luokituksen, jossa karkea ja hieno aines erotetaan toisistaan, minkä jälkeen karkea aines palautetaan piirissä taaksepäin ja hienoaines ohjataan jatkovaiheisiin. On mahdollista, että murskauspiiriin tullaan integroimaan sensoripohjainen lajittelu ja malmin jakaminen erilaatuisiin varastoitaviin fraktioihin. Tämän tarkoituksena on mahdollistaa rikastusprosessin syötemateriaalin laadun säätö ja vakauttaminen, jolloin rikastuspiirin automatisoitu optimointi onnistuu paremmin.

4.2.3 Malmin rikastus ja rikasteen käsittely

Valmistettu rikastuspiirin syöte johdetaan varsinaiselle rikastamolle, missä siitä erotetaan arvokkaat mineraalit. Malmin geologiaa ja mineralogiaa on kuvattu luvussa 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään.

Sakatin rikastusprosessissa käytettävät menetelmät ovat murskaus, jauhatus, luokitus, vaahdotus ja magneettierotus sekä tuotteiden vedenpoisto. Rikastusprosessissa Sakatin malmista tuotetaan Cu-Ni-yhteisrikastetta tai rikastusprosessi viedään pidemmälle, jolloin tuotteina ovat kuparirikaste (Cu-rikaste) ja nikkelirikaste (Ni-rikaste). Lisäksi on mahdollista, että prosessissa tuotetaan myös erillistä jalometallirikastetta yksinkertaisella ominaispainoerotuksella, jossa ei käytetä kemikaaleja. Muussa tapauksessa em. metallirikasteet sisältävät jalometalleja

Malmin rikastusprosessia on kuvattu yksityiskohtaisemmin seuraavissa kappaleissa. Rikastamon prosessivesiä on kuvattu jäljempänä luvussa 4.5. Rikastuksessa käytettäviä kemikaaleja on käsitelty luvussa 4.8.

Murskattu malmi hienonnetaan edelleen märkäjauhatusmyllypiirissä. Murske syötetään myllyihin veden kanssa ja jauhatuslietteen kiintoainepitoisuus on noin 60 %. Jauhatusprosessin luokittimina toimivat seula ja hydrosyklonit. Luokittimien avulla ylikarkea jauhatustuote palautetaan takaisin myllyihin ja raekooltaan sopiva, alle 0,2 millimetrin jauhatuksen lopullinen tuote, ohjataan vaahdotukseen. Myös kuivan ns. painevalssijauhatuksen (High Pressure Grinding Roll, HPGR) käyttämistä primäärivaiheena märkäjauhatuksen sijaan selvitetään.

On mahdollista, että ennen vaahdotusta karkeat partikkelit ohjataan esirikastuspiiriin, jossa käytettävät menetelmät voivat sisältää magneettisen erotuksen ja vaahdotuksen lisäksi myös ominaispainoerotuksen. Ominaispainoerotuksessa partikkelit erotetaan niiden tiheyden perusteella. Tarkoituksena on poistaa jatkoprosessista ei-malmimineraaleja sisältävät kevyet partikkelit ja rikastaa jalometallimineraaleja omaksi tuotteekseen. Tähän käytetään ns. spiraaliluokittimia, jossa liete kiertää spiraalimaista rataa ja kevyet partikkelit ajautuvat ulkokehälle, ja sentrifugierottimia, jossa ominaispainoerotusta vahvistetaan nopeasti pyörivällä kammiolla ja vesihuuhtelulla. Ominaispainoerotuksessa ei käytetä kemikaaleja. Esirikastuspiirin tuotteet (esikäsittelyn rikaste ja esikäsittelyn jäte) ohjataan edelleen vaahdotusprosessin eri vaiheisiin jatkoprosessoitavaksi.

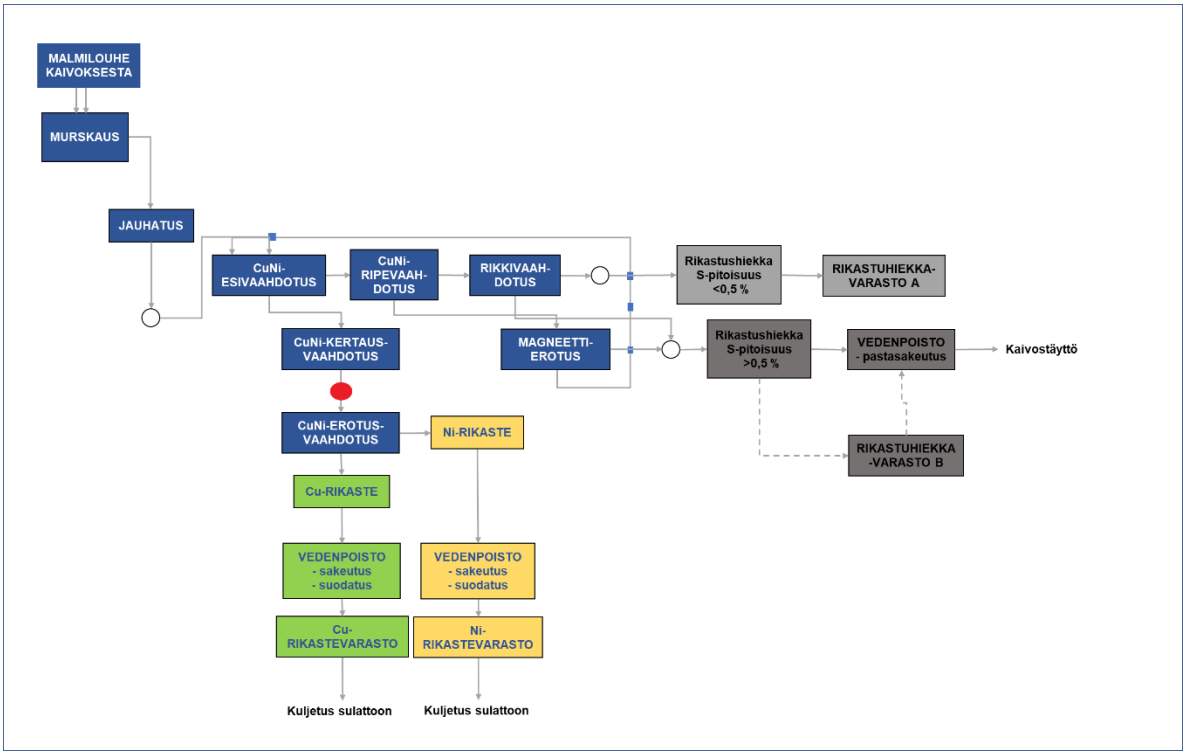
Vaahdotusprosessissa käytetään sekoittimilla ja ilmansyötöllä varustettuja vaahdotuskennoja, joihin jauhatuksesta tuleva malmiliete ohjataan. Vaahdotuskennossa sekoituksen, ilman ja sinne lisättävien kemikaalien avulla synnytetään ilmakuplasto, johon arvomineraalit tarttuvat ja nousevat kennossa olevan lietteen pinnalle ja siitä edelleen kennon reunan ylitteenä vaahdotusränniin. Rännin tuote ohjataan lietepumppujen avulla seuraavaan prosessivaiheeseen.

Vaahdotuksessa käytetyt kemikaalit voidaan jakaa seuraavasti: 1) kokoojat, joiden tehtävänä on kiinnittyä rikastettavien mineraalien pintoihin, 2) vaahdotteet, jotka alentavat rikastuslietteen pintajännitystä ja edesauttavat ilman avulla luotavan vaahdotuskuplaston muodostumista, 3) säännöstelijät, aktivoijat ja painajat, joita käytetään toisaalta arvomineraalien aktivointiin ja toisaalta epätoivottujen mineraalien passivointiin ulos arvomineraalien rikastusvaahdosta sekä 4) erilaiset vaahdotuslietteen alkalisuuteen ja happamuuteen vaikuttavat kemikaalit. Näiden lisäksi käytetään lietteiden vedenpoistovaiheessa ns. flokkulantteja, jotka edesauttavat lietteiden sakeutusta.

Sakatin rikastamon vaahdotuspiiri käsittää kuparin ja nikkelin yhteisesivaahdotuksen kertauksineen, mistä tuotteena saadaan kupari-nikkeli-yhteisrikaste. Mahdollisesti yhteisrikaste on lopputuote, mutta pääsuunnitteluvaihtoehtona on tällä hetkellä, että yhteisrikaste jaetaan kupari/nikkeli-erotusvaahdotuksella lopullisiksi tuotteiksi, eli erillisiksi kupari- ja nikkelirikasteiksi. Lisäksi on mahdollista, että tuotetaan pieniä määriä jalometallirikastetta. Rikaste tai rikasteet sakeutetaan ja suodatetaan noin 10 % loppukosteuteen ja varastoidaan kuljetettavaksi edelleen jatkojalostukseen. Yhteensä keskimääräinen rikastetuotanto on noin 0,25 Mt/v, mutta tuotannon suuruus sekä rikasteiden osuudet vaihtelevat malmin pitoisuudesta riippuen. Tällä hetkellä tiedossa oleva toiminnan aikainen vaihteluväli on 0,15–0,50 Mt/v.

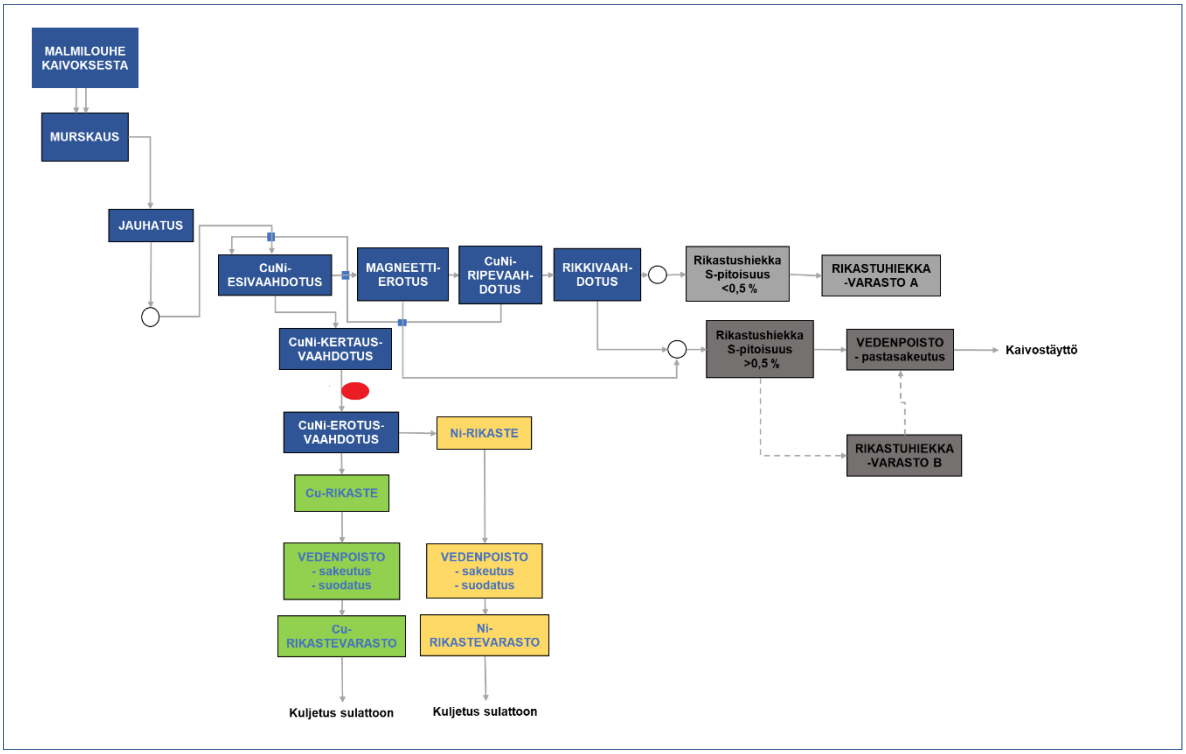
Rikastuspiiri käsittää myös ns. ripevaiheen, jolla pyritään toisaalta mahdollisimman korkeaan lopulliseen arvomineraalien talteen saantiin, ja toisaalta mahdollisimman alhaiseen rikkipitoisuuteen laitoksen rikastushiekka-alueelle ohjattavassa prosessijätteessä. Ripevaiheella on kaksi mahdollista toteutustapaa.

Prosessivaihtoehdossa 1 (Kuva 4-10) riperikastuksen ensimmäisenä vaiheena on Cu/Ni-ripevaahdotus. Tämän vaiheen rikaste ohjautuu märkämagneettierotukseen. Magneettierotuksessa prosessivirrasta erotetaan sulfidinen magneettikiisu, joka muodostaa osan korkearikkisestä rikastushiekasta. Ei-magneettinen osa palautetaan Cu/Ni-esivaahdotukseen. Cu/Ni-ripevaahdotuksen jätteelle suoritetaan vielä lopullinen rikkivaahdotus, jonka rikaste muodostaa kaivostäytteenä käytettävän korkearikkisen rikastushiekkajakeen yhdessä magneettikiisun kanssa. Rikkivaahdotusvaiheen jäte muodostaa matalarikkisen rikastushiekan, joka ohjataan läjitykseen.



Kuva 4-10 Prosessivaihtoehdon 1 periaatetason prosessikaavio. Punaisella ympyrällä merkitty Cu-Ni-yhteisrikaste, joka on tässä vaiheessa optio. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

Prosessivaihtoehdossa 2 (Kuva 4-11) ripepiirin ensimmäinen vaihe on suoraan märkämagneettierotus, jossa prosessivirrasta erotetaan sulfidinen magneettikiisu. Tämä, ns. LIMS-rikaste muodostaa osan Sakatin rikastamon korkearikkisestä jätteestä, josta toisen osan muodostaa viimeisenä riperikastusvaiheena vaahdotettava sulfidipitoinen riperikaste. Yhdistetty LIMS-rikaste–riperikaste sakeutetaan niin, että kiintoainepitoisuudeksi muodostuu 60–70 %.



Kuva 4-11 Rikastusprosessivaihtoehdon 2 periaatteellinen prosessikaavio. Punaisella ympyrällä merkitty Cu-Ni-yhteisrikaste, joka on tässä vaiheessa optio. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

4.2.4 Maanalaisen kaivoksen tiivistys- ja tuentamenetelmät

Sakatin kaivoksessa tiivistys- ja tuentamenetelmien käytöllä vähennetään maanalaiseen kaivokseen tulevan vuotoveden määrää. Toteuttamalla kalliotilojen tiivistys ja tuenta suunnitelmien mukaisesti voidaan saavuttaa pohjaveden virtausmallinnuksen mukainen taso kaivokseen tulevan vesimäärän suhteen, sekä parantaa merkittävästi työturvallisuutta ja työskentelyolosuhteita.

Veden tulon rajoittaminen kaivokseen on ollut periaatteena suunniteltaessa Sakatin kaivoksen pohjaveden virtausmallia. Pohjavesimallinnuksen avulla on pyritty tunnistamaan kaivoksen veden tuloon vaikuttavat geologiset rakenteet ja kaivostilat. Merkittävimmin veden tuloon vaikuttavat vinotunnelin yläosa ja maanalaisen kaivoksen lävistävät vettä johtavat geologiset rakenteet. Rakenteiden ja vinotunnelin vaikutusta veden tuloon on tutkittu tiivistyksen näkökulmasta. Lisäksi mallin avulla on tarkasteltu kaivostäytön sekä lähimpänä maanpintaa olevien louhintatasojen louhimatta jättämisen vaikutuksia kaivokseen tulevaan veden määrään. Vinotunnelin injektointisyvyyttä kasvatettiin mallinnuksessa 150 metriin maanpinnan tasosta katsottuna. Injektointisyvyyden lisäksi mallin avulla testattiin sekä vinotunneleiden että vettä johtavien geologisten rakenteiden injektointitehokkuuden vaikutusta pohjavedenpinnan alenemaan injektointitehokkuutta muuttamalla. Pohjaveden virtausmallinnuksessa kaikki tyhjät louhostilat on oletettu täytettävän kovettuvalla kaivostäytöllä. Mallissa on käytetty pastatäyttöä todennäköisimmin käytettävän pasta-kivimursketäytön sijaan, koska pastan vedenjohtavuudesta on olemassa tutkimustietoa. Mallinnuksessa testattiin pastatäytölle eri vedenjohtavuusarvoja, sekä ns. suljettua louhosta. Mallinnusten mukaan kaivostäytön vedenjohtavuudella on vain vähäinen vaikutus kaivoksen vesimäärään pitkällä aikavälillä, sillä suurin

osa vedestä päätyy kaivokseen louhoksia ympäröivien kaivostilojen, eikä niinkään louhoksien kautta.

Sakatin kaivoshankkeen YVA-selostusta koskevassa täydennyksessä tarkastellaan kahta realistista pohjavesimallinnusskenaariota, joiden ympäristövaikutukset arvioidaan. Käsiteltävät pohjaveden-virtausmallinnusskenaariot on esitetty luvussa 3.2.3.

Ympäristövaikutusten arvioinnin pohjalta Sakatin kaivokselle tullaan määrittelemään tarvittava tiivistystaso (huomioiden myös muut lievennystoimet) siten, ettei Viiankiaavan suoalueelle kohdistu sellaisia kuivatusvaikutuksia, jotka heikentäisivät merkittävästi niitä luontoarvoja, joiden vuoksi Viiankiaapa on sisällytetty osaksi Natura 2000 -verkostoa.

Tiivistys- ja tuentamenetelmät sekä pohjaveden virtausmallinnuksen skenaariot on kuvattu tarkemmin liitteessä 14 (AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022). Tässä luvussa on esitetty yhteenveto liitteessä kuvatuista asioista.

Kalliotilan tiivistys

Keskeisin menetelmä kaivostiloihin tulevan vesimäärän rajoittamiseksi on kalliotilan tiivistäminen. Injektointi on Suomessa yleisimmin kaivostoiminnassa käytetty tiivistysmenetelmä, jota todennäköisesti tullaan käyttämään myös Sakatin kaivoksessa. Menetelmässä louhittavan alueen kallioraokoja tiivistetään sementtipohjaisella tai kemiallisella injektointimassalla vedenjohtavuuden pienentämiseksi. Injektointi voidaan toteuttaa esi-injektointina ennen tilan louhimista tai jälki-injektointina louhinnan jälkeen. Pääsäätöisesti esi-injektointia käytetään vesivuotovaatimuksiltaan haastavammissa kohteissa (Väylävirasto 2019). Esi-injektoinnilla ei voida kuitenkaan saavuttaa täysin vesitiiviitä rakenteita, vaan sen tarkoituksena on pienentää kallion vedenjohtavuutta sekä vähentää kalliotiloihin tulevaa veden määrää (Melbye ym. 2003). Jälki-injektointi soveltuu käytettäväksi kohteissa, joissa vesivuotojen ja tiiviysvaatimuksen ero ei ole suuri tai vesivuotojen voidaan olettaa olevan pistemäisiä. Jälki-injektoinnilla voidaan myös tiivistää epäonnistuneesti esi-injektoituja alueita (Väylävirasto 2019). Esi-injektointiin verrattuna jälki-injektointi ei ole yhtä aikakriittinen louhinnan etenemisen kannalta, minkä vuoksi sitä on perinteisesti suosittu kaivosteollisuudessa. Kohteissa, joissa tiivistysvaatimukset ovat korkeat, käytetään jäännösvesivuotojen minimoimiseksi kehittyneempiä menetelmiä yhdistäen sekä esi- että jälki-injektointia.

Sakatin kaivoksen tiivistystarpeen määrittelyssä ja tiivistyksen suunnittelussa keskeisin lähtötieto on kallioperän rakenne sekä kivenlaatu maanalaisen kaivoksen alueella. Tämänhetkisten tutkimustulosten perusteella maanalaisen kaivoksen rakenteet ja louhinta-alueet tulevat sijoittumaan pääasiassa alueille, joilla kivenlaatu on hyvää tai kohtuullista, eikä suuria ruhjevyöhykkeitä tai rakoja esiinny. Paikoitellen esiintyy kuitenkin alueita, joilla kivenlaatu on heikkoa tai erittäin heikkoa, mikä puolestaan viittaa vettä johtavien rakenteiden mahdolliseen esiintymiseen kyseisillä alueilla.

Sakatin esiintymän läpi kulkee kallioperän ruhjevyöhykkeitä. Tunnistetut vettä johtavat rakenteet on huomioitu nykyisessä kaivossuunnitelmassa ja ne tullaan huomioimaan myös varsinaisen kaivostoiminnan aikana. Koska merkittäviä vettä johtavia kallioperän rakenteita ei kuitenkaan pystytä louhinnassa täysin kiertämään tai muilla keinoin välttämään, on Sakatin kaivoksen toteuttamisessa varauduttu kalliotilojen tiivistämiseen. Tiivistyssuunnitelmat vinotunnelilinjaukselle sekä

maanalaiselle kaivokselle tullaan laatimaan hankkeen jatkosuunnittelun yhteydessä. Todennäköisesti ne tulevat koostumaan systemaattisesta (järjestelmällisestä) ja kriteeripohjaisesta esi-injektoinnista sekä jälki-injektoinnista.

Sakatin kaivosta ei tulla tiivistämään kauttaaltaan, vaan tiivistettävät alueet määritellään erikseen. Todennäköisimmin injektointia tullaan käyttämään maanalaiseen kaivoksen sisäänkäynnin ja maanalaiseen kaivokseen vievän vinotunnelin alueella, sekä kohdissa, joissa tunneli joudutaan louhimaan kallioperässä olevien isompien vettä johtavien rakenteiden läpi. Näiden lisäksi vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b mahdollisesti toteutettavat pystykuilut tullaan injektoimaan, alustavan suunnitelman mukaan systemaattista esi-injektointia käyttäen.

Vinotunnelia ei todennäköisesti ole tarpeen esi-injektoida systemaattisesti koko sen matkalta, vaan tiivistys tullee pääasiassa kohdistumaan ruhjevyöhykkeiden alueelle. Ruhjevyöhykkeiden alueella tullaan todennäköisesti soveltamaan systemaattista esi-injektointia ja vinotunnelilinjauksen muissa osissa kriteeripohjaista esi-injektointia sekä jälki-injektointia. Ruhjevyöhykkeen alueelle tarvittava lisätuenta suunnitellaan kohdekohtaisesti. Todennäköisiä tuentamenetelmiä voivat olla esimerkiksi teräskaarien asennus, pultitus ja ruiskubetonointi.

Sakatin kaivossuunnitelmassa on huomioitu merkittävien vettä johtavien rakenteiden sijoittuminen tuotantoalueiden ja louhosten suunnittelussa. Louhosten ja ruhjevyöhykkeiden väliin on jätetty kymmenen metriä leveä ”ehjän” kallion alue, eli ns. pilari, jota ei tulla louhimaan. Pilarilla pyritään estämään suoran vettä johtavan yhteyden muodostuminen louhoksen ja ruhjevyöhykkeen välille. Tarvittaessa pilaria voidaan tiivistää jälkikäteen, jos räjäytysten seurauksena pilariin on muodostunut merkittäviä vettä johtavia rakenteita.

Tunnelinajossa ruhjeita ei pysytä aina kiertämään siirryttäessä louhinta-alueelta toiselle, vaan osa tunneleista joudutaan louhimaan ruhjevyöhykkeen läpi. Ennen louhintatöiden käynnistämistä tunnettujen ruhjevyöhykkeiden osalta laaditaan aluekohtainen injektointisuunnitelma. Ensisijaisesti tiivistysmenetelmänä käytetään kriteeripohjaista esi-injektointia. Kun tiivistyksen tavoitteena on kaivoksen rakenteiden tukeminen, tunnelin louhinnassa tiivistys kohdennetaan yleensä tunnelin katon ja seinämien alueelle. Sakatin maanalaisessa kaivoksessa tullaan tiivistämään myös tunnelin lattia, koska tavoitteena on tuennan ohella vähentää tunneliin tulevan veden määrää.

Tunnettujen vettä johtavien ruhjevyöhykkeiden lisäksi on mahdollista, että maanalaisen kaivoksen alueella esiintyy myös muita pienempiä vettä johtavia rakenteita, joita ei vielä tähän mennessä ole pystytty paikallistamaan maan päältä tehdyillä malminetsintäkairauksilla. Kairauksia tullaan kuitenkin jatkamaan maanalaisesta kaivoksesta käsin kaivoksen tuotantovaiheen aikana.

Tämänhetkisessä kaivossuunnitemassa on varauduttu siihen, että kallio-olosuhteet voivat olla paikoitellen huonoja jopa 200 metrin syvyyteen asti. Tunnelin louhinnassa vettä johtavien rakenteiden tiivistämisessä noudatetaan tunnelin louhinnassa käytettyä injektointiprosessia. Louhosten alueella toimenpiteet valitaan louhoskohtaisesti. Tarvittaessa louhoksen alueella voidaan käyttää injektointia tai louhos voidaan jättää jopa kokonaan louhimatta.

Lähtökohtaisesti maanalaisen kaivoksen pysyvät tilat, kuten pumppaamot sekä huolto-, varasto- ja toimistotilat, rakennetaan alueelle, jossa kallion laatu on hyvä ja kallion vedenjohtavuus pieni. Koska

tilat on tarkoitettu pitkäaikaisiksi työskentelytiloiksi, niiden tuennan vaatimustaso on väliaikaisten tilojen, kuten louhosten ja tuotantotasojen, tuennan vaatimustasoa korkeampi. Pysyviä kalliotiloja tullaan tarpeen mukaan tiivistämään vesivuotojen estämiseksi.

Onnistuneen tiiveystason saavuttamisen edellytyksinä ovat hyvä suunnittelu, käytettävien injektointiaineiden ja työtapojen testaus, huolellinen työskentely sekä laadunvarmistus.

Kallion tuentaan käytettävät menetelmät

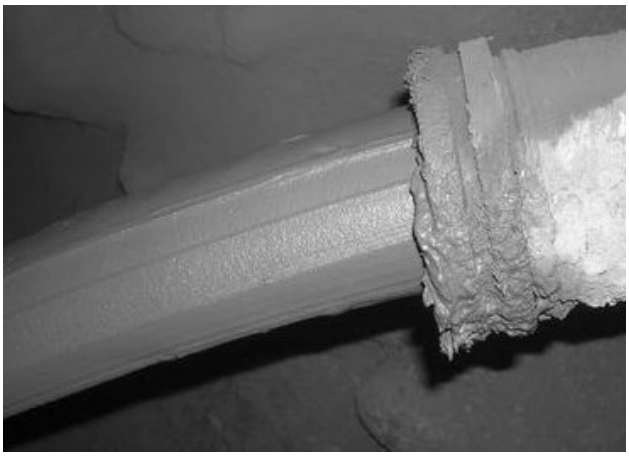
Tiivistämisen ohella veden tuloa kaivostiloihin voidaan vähentää kalliotiloja tukemalla. Tuennalla pyritään ehkäisemään kallion muodonmuutoksia, kuten sortumia ja uusien rakojen syntymistä, ja sillä voidaan siten epäsuorasti vähentää uusien vettä johtavien rakenteiden syntyä ja kalliotiloihin tulevan veden määrää.

Syvissä maanalaisissa metallikaivoksissa kallion rikkoutumista tunneleiden tai louhostilojen ympärillä ei voida suurten kalliojännitysten vuoksi estää. Maanalaisessa kaivostoiminnassa käytetään kaivostäyttöä kalliota tukevana rakenteena. Useimmissa kaivoksissa tyhjien louhostilojen täyttäminen kaivostäytöllä on louhinnan ja ympäristöolosuhteiden kannalta oleellinen tekijä, jotta voidaan ehkäistä kallioräiskeiden muodostumista, maanpinnan vajoamista sekä sortumien syntymistä. (Paalumäki ym. 2015.)

Kaivostäyttö

Maanalaisessa louhinnassa muodostuvat tyhjät louhostilat, tunneliperät ja muut tyhjät tilat pyritään yleensä täyttämään kaivostoiminnassa syntyvällä hyödyntämättömällä materiaalilla. Sakatin kaivoksessa tyhjät louhokset on suunniteltu täytettäväksi pääasiassa kovettuvalla kaivostäytöllä; joko pastatäytöllä tai pasta-kivimursketäytöllä. Louhokset pyritään täyttämään mahdollisimman nopeasti heti niiden tyhjäksi lastauksen jälkeen, jotta kallioperässä ei ennättäisi tapahtua avonaisesta tilasta johtuvia merkittäviä muodonmuutoksia. Poikkeustilanteissa tyhjiä louhoksia voidaan täyttää kovettuvalla sivukivitäytöllä, jos esimerkiksi pastan valmistus on keskeytynyt. Tämänhetkisessä kaivossuunnitelmassa louhoksia ei ole suunniteltu täytettäväksi pelkällä sivukivellä. Sivukivitäyttöä voidaan kuitenkin satunnaisesti käyttää esimerkiksi toisen vaiheen louhoksissa, mikäli täyttökohteessa ei esiinny merkittäviä vesivuotoja.

Pastatäytössä käytettävä pasta on tahnamainen kiviaineksen, sideaineen ja veden muodostama seos (Kuva 4-12). Pastatäytön lietetiheys vaihtelee yleensä 75–78 % välillä. Pastan valmistamiseen käytetään useimmiten rikastushiekkaa, johon sekoitetaan sideainetta kasvattamaan materiaalin lujuutta. (Paalumäki ym. 2015.) Pastassa käytettävä sideainepitoisuus voi vaihdella 2–10 % välillä (Sivakugan ym. 2015).



Kuva 4-12 Rikastushiekasta valmistettu pasta, joka ohjataan putkilinjaa pitkin täytettävään louhokseen (Lähde: Sivakugan ym. 2015).

Sakatin kaivoksessa pastan valmistamiseen käytetään sekä matala- että korkearikkistä rikastushiekkaa. Pasta valmistetaan pastalaitoksella. Pastalaitoksella rikastushiekkaan sekoitetaan sideainetta, jonka pitoisuus riippuu mm. louhostäytön lujuusvaatimuksesta ja louhintajärjestyksestä. Pastalaitokselta pasta johdetaan putkilinjastoa pitkin täytettävään louhokseen. Alustavan suunnitelman mukaan louhoksen täyttö tapahtuu kahdessa vaiheessa, joiden välissä täytön annetaan kovettua. Mikäli täytetyn louhoksen päällä tullaan liikkumaan työkoneilla, louhostäytön päälle voidaan valaa vielä kansi. Mikäli täyttömateriaalilla on jo saavutettu riittävä lujuus, ei kannen valu ole välttämätöntä. (Paterson & Cooke 2018.)

Pastalaitoksen sijainti riippuu hankevaihtoehdosta. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b pastalaitos rakennetaan maanalaiseen kaivokseen noin 370 metrin syvyyteen maan pinnasta. Vaihtoehdoissa (VE2a, VE2b ja VE3a) pastalaitos rakennetaan maan päälle Pahanlaaksonmaalle maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin läheisyyteen. Vaihtoehdossa VE3b laitos sijaitsee Pahanlaaksonmaalla nostotornin läheisyydessä.

Pasta-kivimursketäyttö on pastatäytön variaatio, jossa pastan sekaan lisätään valmistusprosessin lopussa sivukiveä tai muuta murskattua kiviainesta (Kuva 4-13). Näin pastasta ja kivimurskeesta saadaan valmistettua hyvin homogeeninen massa, joka voidaan johtaa täytettävänä olevaan louhokseen pastan tapaan pumppaamalla. Massa kovettuu nopeasti pienen vesipitoisuutensa johdosta ja säilyttää kauttaaltaan tasaisen lujuuden. Menetelmällä voidaan saavuttaa pastatäyttöä korkeammat lujuusominaisuudet, jonka vuoksi pasta-kivimursketäyttöä voidaan käyttää vaativimmissa täyttökohteissa, joihin pastatäyttö ei ole lujuusominaisuuksiltaan riittävä. Käyttämällä kivimursketta voidaan vähentää pastassa käytettävän sideaineen osuutta. (Wilson & Calverd 2011.)

Kuva 4-13 Havainnekuva pasta-kivimursketäyttömateriaalista laboratorio-olosuhteissa (Lähde: Paterson & Cooke 2018).

Sakatin kaivoksessa pasta-kivimursketäytössä hyödynnetään kaivoksen louhinnassa muodostuvaa sivukiveä, joka murskataan ja sekoitetaan pastan joukkoon pastalaitoksella. Pasta-kivimursketäyttöön käytetään ensisijaisesti mahdollisesti happoatuottavia sivukiviä. Näin saadaan pienennettyä kiven reaktiivista pinta-alaa ja hidastettua sulfidien hapettumisreaktiota sekä metallien liukenemista. Kun louhinnassa syntyvät sivukivet hyödynnetään pasta-kivimursketäytössä, ei maan päälle ole tarvetta rakentaa pysyviä sivukiven sijoitusalueita. Alustavan suunnitelman mukaan pasta-kivimursketäytössä käytettään rikastushiekkaa ja sivukiveä sekoitussuhteella 70:30. Pasta-kivimursketäyttö toteutetaan samoja periaatteita noudattaen kuin louhoksen pastatäyttö.

Louhostäytön lujuusvaatimus on riippuvainen louhittavasta kohteesta. Sakatin kaivoksessa louhinta etenee pääasiassa alhaalta ylöspäin, eli ensin louhitaan louhintatason alimmat louhokset, jotka täytetään pasta-kivimurske- tai pastatäytöllä, minkä jälkeen siirrytään louhimaan täytettyjen louhosten yläpuolelle. Koska eteneminen tapahtuu alhaalta ylöspäin, vaaditaan louhostäytöltä suurta lujuutta, jotta työskentely täytetyn louhoksen päällä on mahdollista. Pilareita louhittaessa louhostäytön lujuusvaatimus pilarin viereisissä louhoksissa on suurempi kuin mitä tavanomaisesti louhosten täytössä vaaditaan. Erityisesti tämä korostuu louhinta-alueen alapuolisia vaakapilareita louhittaessa. Vaakapilarin louhinta tapahtuu vasta sitten, kun kaikki louhokset pilarin yläpuolelta on louhittu ja täytetty. Suoraan vaakapilarin yläpuolella sijaitsevat louhokset tulee täyttää suuren lujuuden omaavalla louhostäytöllä, jotta voidaan taata turvalliset työskentelyolosuhteet vaakapilarin louhintaa varten. Louhokset, joissa täytöltä vaaditaan korkeampaa lujuusominaisuutta, on tämänhetkisen suunnitelman mukaan tarkoitus täyttää pasta-kivimursketäytöllä.

Sivukivitäytössä täyttömateriaalina hyödynnetään karkeaa kiviaineista, jota saadaan esimerkiksi kaivoksen valmistelevista töistä sekä maanpäällisistä avolouhoksista. Hyödyntämällä sivukiviä kaivostäytössä pystytään pienentämään maan päälle rakennettavien sivukivien sijoitusalueiden kokoa

ja jopa poistamaan ne kokonaan kaivostoiminnan päättyessä. Sakatin kaivoksessa sivukivitäyttöä on tarkoitus hyödyntää vain erityistapauksissa.

Sivukivitäytössä voidaan käyttää myös sideainetta, jolloin täytteestä käytetään nimitystä **kovettuva sivukivitäyttö**. Sideaineen käytöllä saavutetaan korkeampi lujuusarvo kuin pelkällä sivukivitäytöllä (Paalumäki ym. 2015). Kovettuvaa sivukivitäyttöä voidaan käyttää Sakatin kaivoksella poikkeustilanteissa korvaamaan pastatäyttöä.

Sakatin kaivoksessa kullekin louhokselle laaditaan ennen louhinnan aloittamista täyttösuunnitelma, jota täyttämisessä noudatetaan. Täyttömateriaalin valmistusreseptiä voidaan tarvittaessa muuttaa. Louhostäytön laadun varmistamiseksi laaditaan tarkkailuohjelma, joka käsittää täyttömateriaalin valmistusvaiheen, louhoksen täyttövaiheen sekä jälkiseurannan täyttövaiheen päätyttyä.

Muut kalliotilojen tuentamenetelmät

Kalliotuennassa on kyse ympäröivän kalliomassan vahvistamisesta esimerkiksi kalliopulteilla raudoittamalla, tukemalla kalliotilan pintaa ruiskubetonoinnilla, tai esivalmisteisin tuenta- ja verhouselementein. Tuentavaatimus ja käytettävät menetelmät ovat riippuvaisia louhitun tilan tuentatarpeesta. Esimerkiksi pysyvät tilat, kuten vinotunnelit, varasto- ja korjaamotilat, ovat käytössä koko kaivoksen elinkaaren ajan, ja sen vuoksi näissä kohteissa tuentakäytännöt ovat samankaltaiset kuin kalliorakentamisessa.

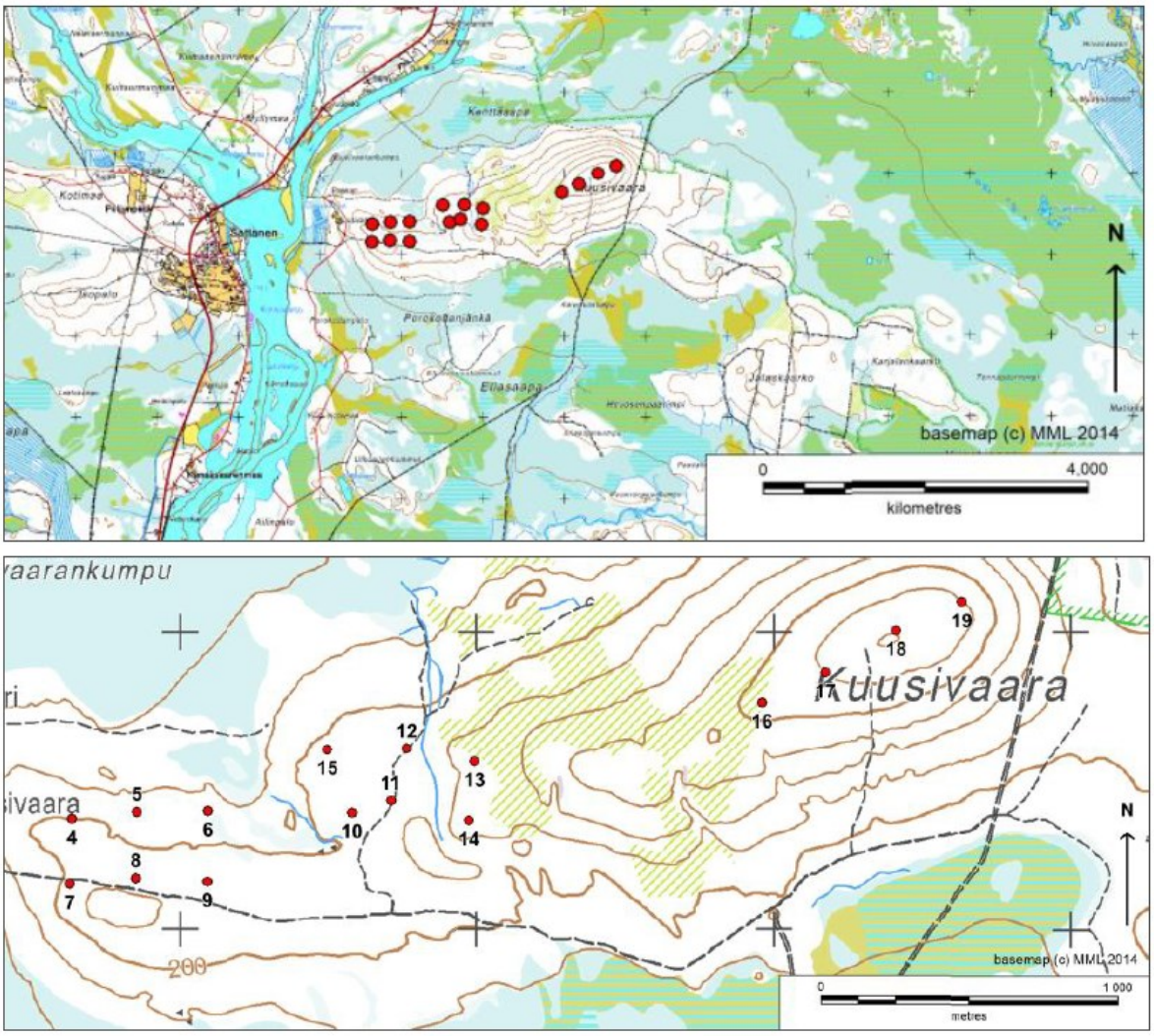
Kalliopultitus vahvistaa rikkonaista kalliota puristaen sen murtumapinnat tiiviisti yhteen. Pultit voivat toimia ainoana tuentamenetelmällä tai niitä voidaan käyttää yhdessä ruiskubetonin, verkkojen tai kalliopantojen kanssa. Vaativampaan tuentaan voidaan käyttää **vaijeripultteja**. (Paalumäki ym. 2015.) **Ruiskubetonoinnissa** kalliotilan seinämille ruiskutettava betoni muodostaa kallion pinnalle tiiviin massan, tunkeutuen pinnalla oleviin halkeamiin ja koloihin sekä tasoittaen pinnan epätasaisuuksia (Väylävirasto 2019). Ruiskubetonointia voidaan vahvistaa lisäämällä betoniin teräs- tai muovikuituja, tai käyttämällä raudoitusverkkoa parantamaan rakenteen sitkeyttä ja muodonmuutosominaisuuksia (Paalumäki ym. 2015). Esivalmisteisteiset, esimerkiksi betoniset **tuenta- ja verhouselementit** voidaan asentaa suoraan tunneliporauslaitteesta. Elementeistä muodostuva segmenttikehä muodostaa tunnelin tuentana ja verhouksena toimivan elementtirakenteen. Yhdessä esi-injektoinnin kanssa käytettynä menetelmät toimivat toisiaan täydentävinä.

Sakatin kaivoksessa kalliotiloissa käytettävät muut tuentamenetelmät ja niiden laajuus suunnitellaan aina kohdekohtaisesti kallioperän kalliomekaanisten ominaisuuksien ja kalliotilan käyttötarkoituksen perusteella. Pysyvien kohteiden tuentavaatimukset ovat huomattavasti tuotantotunneleiden vaatimuksia korkeampia. Lopullinen suunnitelma päivitetään rakennusvaiheessa tunnelissa tehtyjen havaintojen pohjalta, jolloin voidaan varmistua, että alueen tuenta on riittävää. Tuennassa voidaan käyttää kallio- ja vaijeripultitusta sekä ruiskubetonointia.

4.2.5 Tarvekivilouhos ja tarvekiven ympäristökarakterisointitutkimukset

Rakentamisvaiheessa tarvittavaa kiviainesta louhitaan Kuusivaaran tehdasalueelle perustettavasta tarvekivilouhoksesta. Tarvekivilouhoksen paikan selvittämiseksi Kuusivaaran alueelle on kairattu yhteensä 16 kairareikää (Kuva 4-14). Kairaustulosten perusteella kallioperä on tutkimuspisteiden

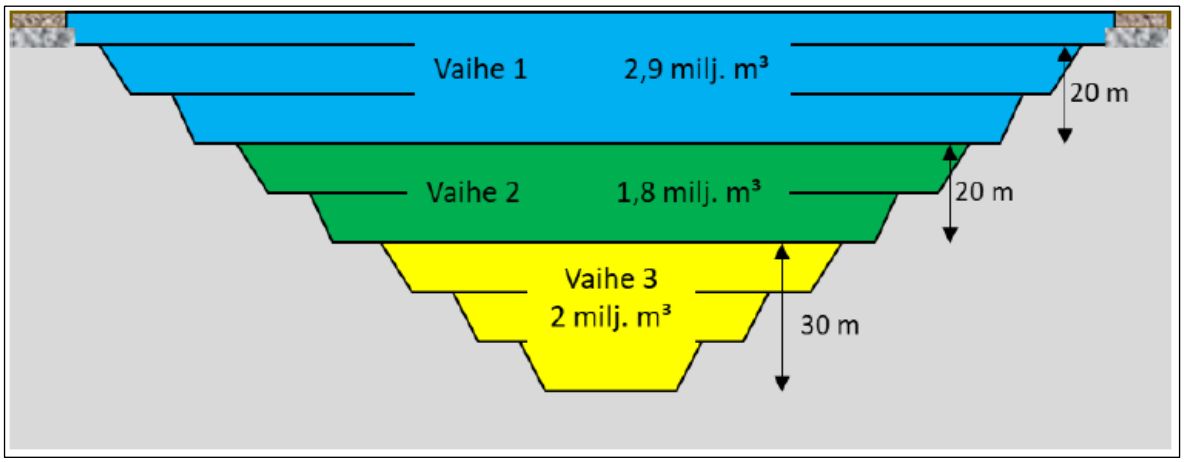
alueella mafista vulkaniittia. Kairasydännäytteistä koostettiin yhteensä seitsemän kokoomanäytettä mineralogisia ja kemiallisia analyysejä varten. Tutkimustulosten pohjalta arvioitiin, täyttävätkö Sakatin Kuusivaarasta louhittavat tarvekivet pysyvälle jätteelle säädetyt raja-arvot (Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 717/2009 ja Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 190/2013), ovatko ne happoa muodostavia ja mitkä ovat kiviainesten mahdolliset haitta-aineiden lähteet.



Kuva 4-14 Tarvekiven louhintapaikan selvittämiseksi kairattujen kairareikien sijainti (Lähde: Geologian tutkimuskeskus 2020b).

Louhintasuunnitelman mukaan louhos kattaa likimain neliömäisen kymmenen hehtaarin laajuisen alueen, ja sen lopullinen syvyys on 70 metriä rapautuneen pintakallion alapinnasta. Tarvekivilouhoksen enimmäistilavuus louhittavan kallion suhteen on 6 Mm³. Suunnitellun louhoksen jako mallinnusvaiheiksi on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-15). Mallinnuksen ensimmäisessä vaiheessa louhittu tilavuus käsittää maapeitteen, rapautuneen pintakallion ja kaksi ylintä kymmenen metrin kalliokerrosta. Louhoksen tilavuus ensimmäisessä mallinnusvaiheessa on noin 2,9 Mm³, josta

maapeitteen ja rapakallion osuus noin 700 000 m^3. Mallinnuksen toisessa vaiheessa on louhittu myös seuraavat kaksi kymmenmetristä kalliokerrosta, joiden tilavuus on yhteensä noin 1,8 Mm^3. Kolmannessa mallinnusvaiheessa tarvekivilouhos saavuttaa louhintasuunnitelman mukaisen täyden laajuuden, kun alimmat kolme kerrosta (tilavuus noin 2 Mm^3) louhitaan. (AFRY Finland Oy 2022a.)



Kuva 4-15 Tarvekivilouhoksen louhintasuunnitelman jako kolmeksi mallinnusvaiheeksi. Ei mittakaavassa. (Lähde: AFRY Finland Oy 2022a.)

Kuusivaaran tarvekivilouhoksen numeerisen pohjavesimallinnuksen on laatinut AFRY Finland Oy (2022a). Mallinnuksen tuloksia on käsitelty luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen. Mallinnusraportti on esitetty liitteen 10 liitteessä 4.

Mineralogiset analyysit

Yksinkertaistetun petrografisen analyysin tavoitteena oli määrittää kivilaji sekä tutkia haitallisia aineita sisältävien mineraalien esiintymistä näytteissä. Haitallisilla aineilla tarkoitetaan tässä yhteydessä lähinnä asbestia. Valtioneuvoston asetuksessa asbestityön turvallisuudesta (798/2015) on mainittu seuraavat kuitumaiset silikaatit: aktinoliittiasbesti, amosiittiasbesti, antofylliittiasbesti, krysotiili, krokidoliitti, tremoliittiasbesti ja erioniitti.

Kemialliset analyysit

Kaivannaisjätteiden kykyä tuottaa hapanta kaivosvalumaa määritettiin standardin SFS-EN 15875 pohjalta. Määrityksiin sisältyivät neutraloimispotentiaali (NP) ja hapontuottopotentiaali (AP). Näiden perusteella laskettiin neutralisoimispotentiaalisuhde (NP/AP). Hapontuottopotentiaalia arvioitiin myös yksivaiheisen NAG-testin perusteella (AMIRA 2002).

Alkuaineiden sitoutumista kiviainekseen tarkasteltiin kuuman kuningasvesiuuton avulla ISO 11466 standardin mukaan. Alkuaineiden sitoutumista kiviainekseen tarkasteltiin myös analysoimalla NAG-testin liuoksen alkuainepitoisuuksia. Haitta-aineiden liukoisuutta tarkasteltiin kaksivaiheisen ravistelutestin avulla standardin SFS-EN 12457-3 mukaan. Metallipitoisuudet määritettiin uutteista ICP-OES tai ICP-MS -tekniikoilla.

Tulokset

Mineralogisen tutkimuksen perusteella tarvekivilouhosta edustavien näytteiden kivilaji oli mafinen vulkaniitti, ja päämineraaleina amfiboli ja plagioklaasi. Tarvekivinäytteet eivät olleet rapautuneita, eivätkä sisältäneet merkittäviä määriä pehmeitä tai herkästi rapautuvia mineraaleja, kuten karbonaatteja, sulfideja, sulfaatteja tai orgaanista ainesta. Näytteet sisälsivät kiilteitä keskimäärin noin 3 %. Pieniä määriä (<0,1–0,2 %) kuparikiisua havaittiin yhtä näytettä lukuun ottamatta kaikissa näytteissä. Myös hieman rikkikiisua ja magneettikiisua havaittiin useassa näytteessä. Pieni määrä (<0,1 %) pentlandiittia havaittiin ainoastaan yhdessä näytteessä. Näytteiden keskimääräinen raekoko oli noin 0,1 millimetriä ja kiviaines oli homogeenista. Asbestianalyysin perusteella Kuusivaaran tarvekivinäytteissä ei esiintynyt havaittavia määriä asbestikuituja (Geologian tutkimuskeskus 2020b). Kivinäytteiden kuningasvesiliukoiset pitoisuudet on esitetty alla (Taulukko 4-2).

Taulukko 4-2 Tarvekivinäytteiden ympäristölle haitallisten hivenmetallien ja arseenin kuningasvesiliukoiset pitoisuudet. Pitoisuuksien vertailuarvoina on esitetty valtioneuvoston maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa asetuksessa (214/2007) esitetyt ohjearvot sekä alueen suurimmat suositellut taustapitoisuudet (SSTP-arvot). Asetuksessa (214/2007) ei ole määritelty viitearvoja molybdeenille. (Lähde: Geologian tutkimuskeskus 2020b, muokattu.)

	Yksikkö	Antimoni	Arseeni	Kadmium	Kobolti	Kromi	Kupari	Lyijy	Nikkeli	Sinkki	Vanadiini	Molybdeeni
VNa kynnysarvo	mg/kg	2	5	1	20	100	100	60	50	200	100	-
VNa alempi ohjearvo	mg/kg	10	50	10	100	200	150	200	100	250	150	-
VNa ylempi ohjearvo	mg/kg	50	100	20	250	300	200	750	150	400	250	-
SSTP-arvo*	mg/kg	-	**5,8****	-	**26****	**280****	-	-	**140**	-	-	-
Näyte 1	mg/kg	0,11	0,7	0,07	13	21	194	0,8	23	31	84	0,6
Näyte 2	mg/kg	0,06	0,7	0,06	17	22	243	0,8	27	34	87	0,7
Näyte 3	mg/kg	0,05	0,7	0,04	16	27	216	0,7	28	31	98	0,4
Näyte 4	mg/kg	0,06	0,6	0,05	16	27	179	0,7	26	32	95	0,7
Näyte 5	mg/kg	0,04	0,5	0,04	12	19	137	0,5	20	29	77	0,5
Näyte 6	mg/kg	0,04	0,4	0,03	28	26	322	0,5	43	33	88	0,5
Näyte 7	mg/kg	0,04	0,6	0,09	24	26	418	0,9	39	49	93	0,7

**Kuusivaaran alueen suurimmat suositellut taustapitoisuudet (SSTP). Jos SSTP-arvo on suurempi kuin VNa 214/2007 kynnysarvo, korvaa se kynnysarvon. SSTP-arvoa ei esitetä, jos se on ollut pienempi kuin kynnysarvo.*
***SSTP-arvo poikkeaa YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvun 11 taulukossa 11-3 esitetystä johtuen erilaisesta aluerajauksesta.*

Kaikkien kokoomanäytteiden kuparipitoisuudet ylittivät joko VNa 214/2007 kynnysarvon/SSTP-arvon, alemman ohjearvon tai ylemmän ohjearvon. Kaikissa näytteissä havaittiin kuparikiisua, jonka määrä vastasi hyvin yllä olevassa taulukossa (Taulukko 4-2) esitettyjä kuparin liukoisia pitoisuuksia (Geologian tutkimuskeskus 2020b).

Standardin SFS-EN 12457-3 mukaisesti tehtyjen ravistelutestien perusteella haitta-aineiden liukoisuudet ovat tarvekivinäytteissä pieniä. Minkään haitta-aineen pitoisuus ei ylittänyt kaatopaikoista annetussa asetuksessa (331/2013) mainittuja raja-arvoja. (Geologian tutkimuskeskus 2020b.)

Tarvekivinäytteiden rikkipitoisuudet olivat matalia. Kokonaisrikin pitoisuus oli korkeimmillaan 0,4 % ja sulfidisen rikin pitoisuus korkeimmillaan 0,1 %. Kaikkien näytteiden NP/AP-luku oli vähintään 3, ja alimmillaan 6,2. NAG-testien liuosten pH:t olivat emäksisiä. Yli 3 olevat NP/AP luvut viittaavat siihen, että Kuusivaaran tarvekivissä on hyvä puskurikapasiteetti. NAG pH:n ja NP/AP lukujen perusteella näytteet eivät todennäköisesti ole happoa tuottavaa kiviainesta. (Geologian tutkimuskeskus 2020b.)

Tutkittuja Kuusivaaran tarvekivinäytteitä ei voida pitää kaivannaisjäteasetuksen (Vna 717/2009 ja Vna 190/2013) tarkoittamina pysyvinä kiviaineksina, sillä tutkittujen näytteiden kuningasvesiuuttoiset kuparipitoisuudet ylittävät suurimmat suositellut taustapitoisuudet (SSTP-arvot) tai kynnysarvot. Lisäksi yhdessä näytteessä kuningasvesiuuttoisen koboltin pitoisuus ylitti SSTP-arvon. (Geologian tutkimuskeskus 2020b.)

Kuusivaaran kiviaines soveltuu ympäristöominaisuuksiensa puolesta maarakentamiskäyttöön Sakatin kaivosalueella. Jos kiviainesta sijoitetaan kohteisiin, joissa se voi päästä kosketuksiin mahdollisen happaman kaivosvaluman kanssa, tulee kuparin mahdollinen liukeneminen ottaa huomioon. Tällöin kiviainesta tulee esimerkiksi käyttää mahdollisimman suuressa raekoossa. (Geologian tutkimuskeskus 2020b.)

4.3 Liikenne ja kuljetukset

Lukuun ei ole tullut muutosta.

4.4 Kaivoksen vesitase

4.4.1 Vesitase ja veden kierrätys

Sakatin kaivosalueen vesitase on positiivinen, mikä tarkoittaa, että kaivosalueelle tulee enemmän vettä (mm. sadanta) kuin sieltä luontaisesti poistuu (mm. haihdunta). Tästä johtuen kaivosalueelta on poistettava vettä. Lisäksi tarvitaan vesien varastoaltaita puhdistettaville vesille ja prosessissa käytettäville vesille sekä tasaamaan muutoksia vesitaseessa. Kaivosalueella muodostuvan ylijäämäveden määrään vaikuttaa erityisesti alueella muodostuvan veden määrä (sadanta ja pintavaluma) sekä maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapito. Sakatin kaivoshankkeen suunnittelun yhteydessä on laadittu kaivoksen vesitaseraportti (AFRY Finland Oy 2023a, Liite 10), jossa on esitetty vuosi- ja kuukausitason vesitaseet vaihtoehtoisille tarkastelutilanteille (rikastushiekan läjitystapa, tarvekivilouhoksen eri louhintavaiheet sekä kaivoksen kuivatuksen eri skenaariot).

Sakatin kaivostoiminnassa muodostuvia vesijakeita ovat maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitovedet, maanpäällisten pintamaan sekä matala- ja korkearikkisen sivukiven sijoitusalueiden valuma- ja suotovedet, tehdasalueen sade- ja hulevedet sekä korkearikkisen ja matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueiden vedet. Rikastushiekka-alueiden vedet ovat alueelle tulevia sadevesiä tai rikastushiekasta erottuvia vesiä. Edellä mainittujen lisäksi kaivoksen ns. yleiseen vesikiertoon kuuluvat rikastusprosessin vedet ja Kitisestä otettava raakavesi. Vesikierron osana huomioidut prosessit ovat rikastus, matalarikkisen rikastushiekan suodatuslaitos (vain kuivaläjityksessä), pastalaitos ja vedenkäsittelylaitos. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Rakentamisvaiheen vesienhallinta

Ennen rakentamisen aloitusta puhtaat rakentamisalueen ulkopuoliset vedet ohjataan rakentamisalueen ohi niskaojilla. Tällä estetään puhtaiden vesien sekoittuminen rakentamisalueen vesiin. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Kaivoksen rakennusaikainen vesistökuormitus koostuu pääasiassa maarakennustyömaa-alueelta sadeveden mukana kulkeutuvasta kiintoaineesta. Rakennusvaiheen kuormitus hallitaan johtamalla työmaa-alueiden valumavedet selkeytykseen (laskeutusaltaisiin) ennen niiden purkamista vesistöön. Kiintoaineen mukana vedestä erottuu kiinteässä muodossa olevia haitta-aineita kuten metalleja. Rakennustyömaiden valumavedet ohjataan laskeutusaltaisiin painovoimaisesti. Selkeytystä voidaan tarvittaessa tehostaa. Vesistöön johdettavan veden kiintoainepitoisuuden arvioidaan olevan normaalivirtaaman tilanteessa enimmillään 15 mg/l. Rankkasateiden ja kevätylivaluman aikaan kiintoainepitoisuus voi olla hetkellisesti enimmillään 30 mg/l. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Kaivoksen rakentaminen etenee vaiheittain. Rakentamisvaiheen aikana rakennustyömaa-alueita ovat kaivoksen sisäänkäynti vinotunneleineen, tehdasalue, vesivarastoallas, sivukivialueet, rikastushiekka-alue sekä alueeseen liittyvän tiestön ja muun tarpeellisen infrastruktuurin rakentaminen. Rakennustyömaiden arvioitujen yhtäaikaisten pinta-alojen mukaan johdettuna rakennusaikaisen kiintoainekuormituksen arvioidaan olevan keskimäärin kuivaläjitysvaihtoehdoissa noin 11 500 kg/vuosi ja märkäläjitysvaihtoehdoissa noin 15 400 kg/vuosi. Äärimmäisen runsassateisen vuoden tilanteessa kuormitukset voivat olla kuivaläjitysvaihtoehdoille 21 700 kg/vuosi ja märkäläjitysvaihtoehdoille 29 000 kg/vuosi. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Raakavedenotto ja veden kierrätys

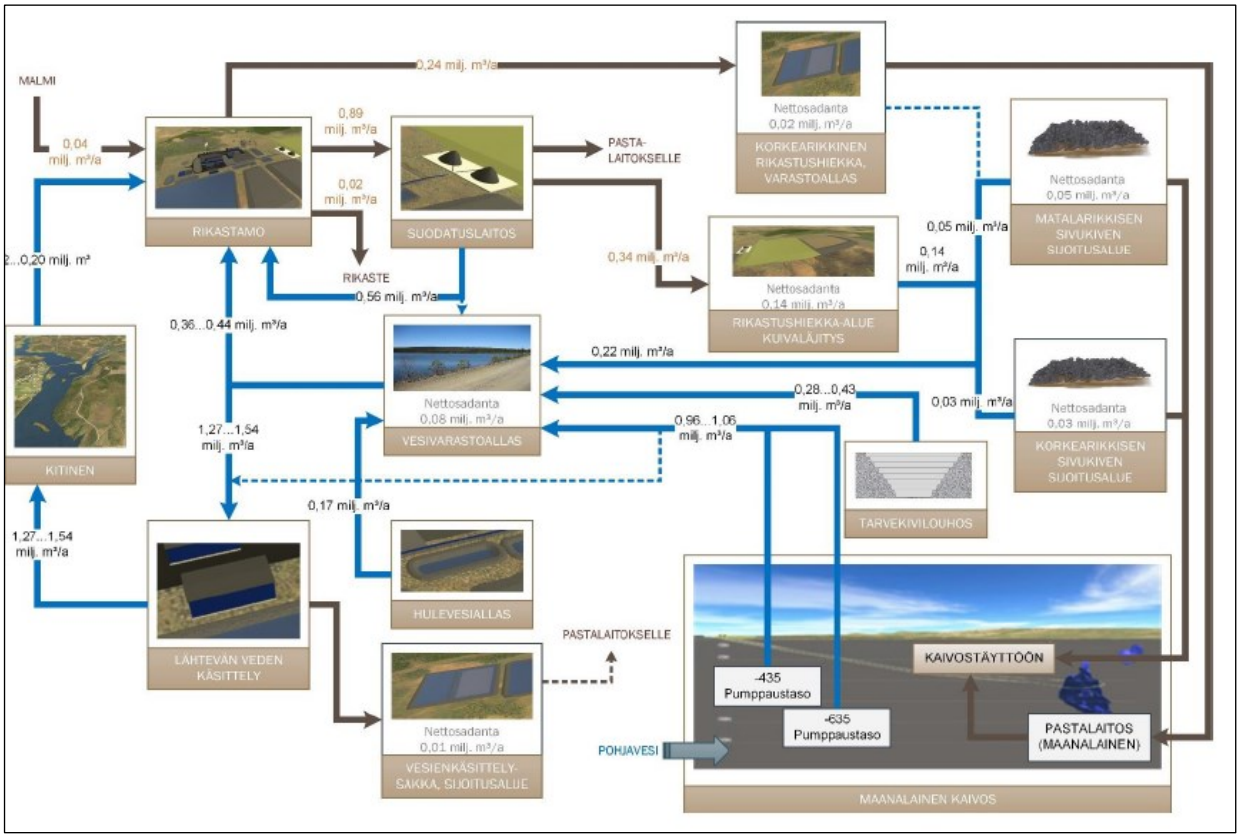
Kitisestä tapahtuva raakavedenotto pyritään minimoimaan ja vettä kierrätetään kaivoksen vesikierroissa niin paljon kuin mahdollista. Kaikkien toimintojen alueilta tulevat valumavedet kerätään ja otetaan osaksi kaivoksen vesikiertoa. Toiminta-alueen ulkopuoliset puhtaat valumavedet pidetään erillään kaivosalueen vesistä alueelle rakennettavilla niskaojituksilla. Kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitovedet kerätään maan pinnalle ja otetaan osaksi kaivoksen vesikiertoa. Kaivoksen toiminnassa muodostuva ylijäämävesi käsitellään ennen johtamista Kitiseen. (AFRY Finland Oy 2023a.) Seuraavissa kuvissa (Kuva 4-16 ja Kuva 4-17) on esitetty vesikiertokaaviot sekä rikastushiekan kuivaläjitys- että märkäläjitysvaihtoehdolle.

Prosessin ylösajovaiheessa raakavedenottotarve Kitisestä on moninkertainen tuotantovaiheeseen verrattuna. Ylösajovaiheen raakavedenottotarve voi olla hetkellisesti jopa 800 m³/h. (AFRY Finland Oy 2023a.)

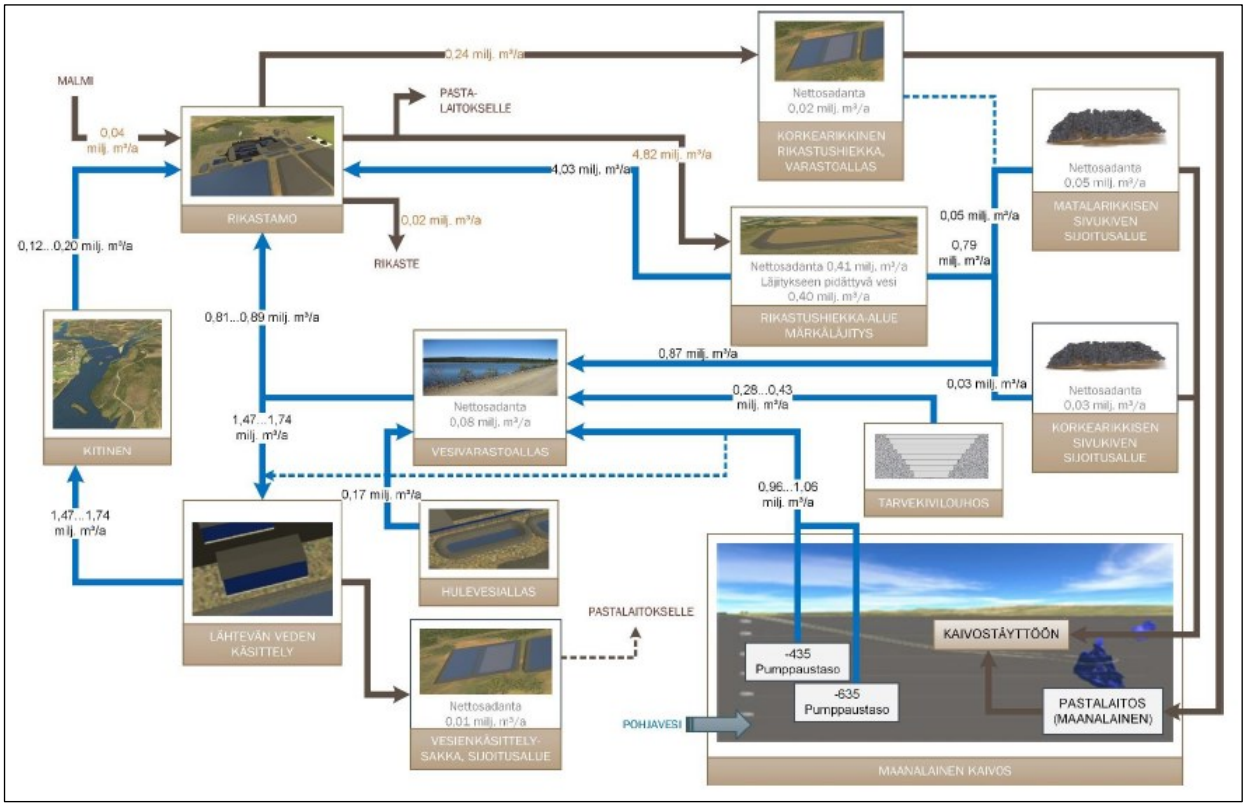
Yleisesti tuotantovaiheessa raakavettä käytetään reagenssien valmistukseen, pumppujen tiivistevetenä, huuhtelu- ja pesuvesinä sekä palovetenä. Tuotantovaiheessa prosessiveden laadun tasaantuessa tullaan selvittämään, mitkä raakaveden käyttökohteet voidaan korvata prosessivedellä. Huomioiden kierrätysveden maksimoiminen, jatkuvan raakavedenottotarpeen arvioidaan olevan 15–25 m³/h, mikä vastaa reagenssien valmistuksen vedentarvetta. Hetkellisesti vedenotto voi olla tuotantovaiheessakin kuitenkin jopa 200 m³/h. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Rikastamon sisäisen kierron lisäksi vettä kierrätetään nk. ”isossa kierrossa” eli rikastushiekka-alueen ja rikastamon välillä. Tässä isossa kierrossa kiertävän veden määrä eroaa suuresti rikastushiekan kuiva- ja märkäläjitysvaihtoehtojen välillä. Kuivaläjitysvaihtoehdossa rikastamolle palautettavan kierrätysveden määrä on vain noin 40–50 m³/h, kun taas märkäläjitysvaihtoehdossa vastaava kierrätys on luokkaa 600 m³/h. Kuivaläjitysvaihtoehdossa kaikki kierrätysvesi otetaan vesivarastoaltaalta. Märkäläjitysvaihtoehdossa kierrätysvettä otetaan sekä rikastushiekka-altaalta että vesivarastoaltaalta. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Anglo American konsernin minimitavoitetila veden kierrätysasteelle vuonna 2020 koskien kaikkia yhtiön tuotannossa olevia kaivostoimintoja on 75 %. Lisäksi konsernilla on pitkän tähtäimen kestävyystavoitteita koskien raakavedenoton minimoimista erityisesti vesivarojen suhteen niukoilla alueilla. Vaikka Sakatin hanke ei sijoitu vesivarojen suhteen niukalle alueelle, yhtiön globaalit vedenkierrätystavoitteet näkyvät kaivoksen toimintojen suunnittelussa. (AFRY Finland Oy 2023a.)



Kuva 4-16 Vesikiertokaavio – rikastushiekan kuivaläjitys, vesimäärät keskimääräisen ilmaston mukaiset (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).



Kuva 4-17 Vesikiertokaavio – rikastushiekan märkäläjitys, vesimäärät keskimääräisen ilmaston mukaiset (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Mallinnukset

Hankkeen vesitaseen mallinnuksessa on käytetty kahta vesitasemallia: analyyttistä Excel-mallia sekä dynaamista GoldSim-mallia. Excel-mallilla on tarkasteltu aina yhtä tuotannon ajankohtaa kerrallaan. Mallinnusajanjakso on yksi kalenterivuosi ja mallin aika-askel on yksi kalenterikuukausi. Excel-malli on vuosisadannan suhteen muutettu @Risk -ohjelmalla todennäköisyysmalliksi. Todennäköisyysmallin toiminnallisuuksien kautta on vuositason purkuvesimäärälle saatu määritettyä mallin tuloksissa esitetyt 99 % luottamusvälin ylä- ja alarajat. Malli ja kaikki sen tarkastelutilanteet on laadittu ilmaston historia-aineistosta johdetulle keskimääräisen sadannan mukaiselle ilmastoaineistolle, useille ilmastonmuutosskenaarioille sekä äärimmäisen runsassateisen vuoden tilanteelle (ks. jäljempänä Meteorologiset lähtötiedot). GoldSim-vesitasemallia on tässä vaiheessa käytetty varmistamaan Excel-mallin tuloksia. Mallinnukset ja niiden tulokset on tarkemmin kuvattu liitteenä 10 olevassa vesitaseraportissa (AFRY Finland Oy 2023a).

Mallinnuksessa käytetyt tarkastelutilanteet on esitetty alla (Taulukko 4-3). Valitut tarkastelutilanteet on valittu kuvaamaan eri hankevaihtoehtojen välisiä todennäköisimpiä eroja. Tarkastelutilanteiden väliset erot liittyvät kaivoksen kuivanapitovesimääriin, rikastushiekan läjitystapaan (kuivaläjitys/märkäläjitys) tai tarvekivilouhoksen kuivanapitovesimääriin. Kaivoksen kuivanapitovesimäärä on mallinnettu kahdella eri pohjavedenvirtausmallinnusskenaariolla, jotka on kuvattu luvussa 3.2.3 (AFRY Finland Oy 2023a.)

Rikastushiekan märkäläjitys lisää kaivoksen vesitaseessa mukana olevan veden määrää ja kaivoksen tiivistysmenetelmät puolestaan vähentävät sitä. Lisäksi hankkeessa on kaksi pääasiallista prosessivaihtoehtoa, jotka eroavat toisistaan pääasiassa käytettävien kemikaalien ja prosessiveden laatuarvioiden suhteen. Nämä vaihtoehdot on kuvattu luvussa 4.2.3 (AFRY Finland Oy 2023a.)

Taulukko 4-3 Vesitasemallinnuksen tarkastelutilanteet (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Tarkastelutilanne	Kuvaus
Tarkastelutilanne 1	Rikastushiekan kuivaläjitys, kaivoksen kuivanapitovesimäärät mallinnettu 80 % tiivistysskenaariolle, tarvekivilouhoksen pohjavesipurkauma vaiheen 2 mukainen
Tarkastelutilanne 2	Rikastushiekan kuivaläjitys, kaivoksen kuivanapitovesimäärät mallinnettu 65 % tiivistysskenaariolle, tarvekivilouhoksen pohjavesipurkauma vaiheen 3 mukainen
Tarkastelutilanne 3	Rikastushiekan märkäläjitys, kaivoksen kuivanapitovesimäärät mallinnettu 80 % tiivistysskenaariolle, tarvekivilouhoksen pohjavesipurkauma vaiheen 2 mukainen
Tarkastelutilanne 4	Rikastushiekan märkäläjitys, kaivoksen kuivanapitovesimäärät mallinnettu 65 % tiivistysskenaariolle, tarvekivilouhoksen pohjavesipurkauma vaiheen 3 mukainen

Meteorologiset lähtötiedot

AFRY Finland Oy:n (2023a) laatimassa vesitasemallinnuksessa käytetty meteorologinen havaintoaineisto on haettu Ilmatieteen laitoksen tietokannoista Sodankylän Tähtelän sääasemalta. Haettu aineisto sisältää vuorokausisadannan sekä vuorokauden keskilämpötilan aikavälille 1961–2020. Haihdunnan osalta on hyödynnetty mallinnettuja haihdunta-arvoja.

Vesitasemallinnuksessa on käytetty sadannan lähtötietona vuosien 1991–2020 kuukausisadantojen keskiarvoja. Lisäksi haihdunnan on arvioitu olevan 225 mm/vuosi. Vuosisadannan ja haihdunnan erotuksena on määritetty alueelle nettosadannan arvo, joka on 319 mm/vuosi. Tämä vastaa 10 l/s/km^2 valunta-arvoa. Valunnan jakautuminen eri kuukausille on arvioitu alueelle tyypillisten valumaprosenttien mukaan. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Talviaikainen nettosademäärä vapautuu lumen sulaessa. Vesivarastoaltaan pinnalle on arvioitu muodostuvan talvella jääkerros, mikä on huomioitu altaan vapaan veden määrässä. Jäänpaksuustietoina on käytetty Sodankylän Unarin mitta-aseman vuosien 1999–2019 keskimääräisiä jäänpaksuuden arvoja. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Poikkeuksellisen sateisen vuoden tilanne on mallinnettu käyttämällä vuoden 1992 ilmaston toteutuneita sadanta-arvoja. Vuoden 1992 vuosisadesumma on ollut 785 mm, mikä vastaa harvinaisempaa kuin kerran sadassa vuodessa tapahtuvaa vuosisadannan toistuvuutta. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Vesitaseen numeerinen ilmastonmuutosskenaariomalli on laadittu RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5 -ilmastomalleja edustaville yksittäisille ilmastonmuutosskenaarioille. Ilmastonmuutosskenaarioiden osalta lämpötilan nousun vaikutus haihduntaan on arvioitu tässä mallinnuksessa prosentuaalisena muutoksena nykyisen ilmaston haihdunnasta. Haihdunnan on arvioitu kasvavan eri skenaarioissa seuraavasti:

- RCP2.6 – haihdunta +8 %
- RCP4.5 – haihdunta +10 %
- RCP8.5 – haihdunta +12 %. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Ilmastonmuutosskenaarioiden aineistot on haettu Ruotsin ilmatieteen ja hydrologian laitoksen SMHI:n (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) datapalvelusta. (AFRY Finland Oy 2023a.) Skenaarioiden tarkemmat kuvaukset on esitetty liitteessä 10. Vesitasemallinnuksessa käytetyt hydrologiset arvot (keskimääräiset arvot) on esitetty alla (Taulukko 4-4).

Taulukko 4-4 Vesitasemallinnuksessa käytetyt hydrologiset arvot (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Kuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yht.
Keskimääräinen ilmasto													
Keskilämpötila (°C)	-13	-12	-7	-1	6	12	15	12	7	0	-6	-10	**0,3**
Sadanta (mm)	36	31	30	32	40	61	76	56	52	47	42	41	**543**
Haihdunta (mm)	0	0	1	5	37	60	60	40	18	4	0	0	**225**
Nettosadanta (mm)	36	31	29	27	3	1	16	16	34	43	42	41	**319**
Valunta (mm)	9	8	7	30	118	27	24	21	25	22	17	11	**319**
Jäänpaksuus (cm)	42	52	60	56	5	0	0	0	0	2	14	29	**-**
Vuoden 1992 ilmasto (poikkeuksellisen sateinen vuosi)													
Keskilämpötila (°C)	-8	-7	-4	-4	7	13	12	9	8	-9	-10	-5	**0,2**
Sadanta (mm)	24	32	46	34	30	113	128	136	103	21	40	77	**785**
Haihdunta (mm)	0	0	1	3	46	75	47	27	12	3	0	0	**214**
Nettosadanta (mm)	24	32	45	31	-16	38	81	109	91	18	40	77	**571**
Valunta (mm)	8	7	7	8	200	29	54	106	89	24	20	18	**571**
Ilmastonmuutosskenaariot													
RCP2.6													
Keskilämpötila (°C)	-11	-9	-4	0	8	14	16	13	8	2	-4	-8	**2,1**
Sadanta (mm)	36	32	33	32	46	58	78	60	45	54	44	39	**555**
Haihdunta (mm)	0	0	1	5	40	65	65	43	19	4	0	0	**243**
Nettosadanta (mm)	36	32	32	26	6	-7	13	16	26	50	44	39	**312**
Valunta (mm)	4	4	4	30	125	26	24	20	25	22	17	11	**312**
RCP4.5													
Keskilämpötila (°C)	-11	-7	-5	1	9	14	16	14	8	2	-4	-9	**2,3**
Sadanta (mm)	35	36	26	34	43	74	73	62	51	58	38	38	**568**
Haihdunta (mm)	0	0	1	6	41	66	66	44	20	4	0	0	**248**
Nettosadanta (mm)	35	36	25	29	3	8	7	18	32	53	38	38	**321**
Valunta (mm)	4	4	4	31	128	27	24	21	26	22	17	11	**321**
RCP8.5													
Keskilämpötila (°C)	-10	-7	-4	1	9	15	16	14	9	3	-4	-9	**2,8**
Sadanta (mm)	44	48	32	41	51	76	74	69	53	62	43	38	**631**
Haihdunta (mm)	0	0	1	6	41	67	67	45	20	4	0	0	**252**
Nettosadanta (mm)	44	48	31	35	10	8	7	24	33	57	43	38	**379**
Valunta (mm)	5	5	5	37	152	32	29	25	30	26	20	13	**379**

4.4.2 Mallinnustulokset

Vuositason nettovesimäärät

Taselaskennan perustana on, että tarkasteltavaan vesikiertoon tulevien ja lähtevien virtojen nettosumman tulee olla sama. Kun tarkastellaan kaivoksen vuotuisia vesitaseita, tarkoittaa nettopositiivinen tilanne sitä, että vettä tulee joko purkaa ympäristöön tai varastoida kaivosalueelle. Nettonegatiivisina vuosina joko kulutetaan olemassa olevia vesivarastoja tai otetaan lisäraakavettä toimintojen ulkopuolelta – tässä tapauksessa Kitisestä. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Kaivoksen vesitase on kaikissa tarkastelluissa tilanteissa nettopositiivinen eli kiertoon tulee enemmän vettä kuin sieltä luontaisesti poistuu (Taulukko 4-5). Kaivoksen vuotuisen vesitaseen ylimäärä on pienin vesitaseen tarkastelutilanteessa 1 ja vastaavasti suurin vesitaseen tarkastelutilanteessa 4. Mallinnettu 99 % luottamusväli kuvaa malliin liittyvää ilmastollista vaihteluväliä, jonka ylä- tai alapuolella oleminen on äärimmäisen epätodennäköistä. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Ilmastonmuutosmallit eri ilmastonmuutosskenaarioille osoittavat, että muuttuva ilmasto ei tule juurikaan vaikuttamaan kaivokselta purettavaan vuosittaiseen ylijäämäveden määrään. Ilmastonmuutos tulee kuitenkin muuttamaan vuoden sisällä tapahtuvien ilmastollisten ilmiöiden rytmiä ja ennakoitavuutta, mikä tullaan hankkeessa huomioimaan kaivoksen vesienhallinnan järjestelmien toteutuksessa. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Taulukko 4-5 Vuositason nettovesitase eri tarkastelutilanteissa (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Vesitaseen tarkastelutilanne	Ilmastollinen tarkastelutilanne / Ilmastoskenaario	Vesitaseen ylimäärä (Mm^3/vuosi)
Tarkastelutilanne 1	Keskimääräinen ilmasto	1,35
	Poikkeuksellisen sateinen vuosi (1992)	1,61
	Ilmastonmuutos RCP2.6	1,33
	Ilmastonmuutos RCP4.5	1,34
	Ilmastonmuutos RCP8.5	1,39
	99 % luottamusvälin yläraja	1,78 (maksimi)
	99 % luottamusvälin alaraja	1,05 (minimi)
Tarkastelutilanne 2	Keskimääräinen ilmasto	1,54
	Poikkeuksellisen sateinen vuosi (1992)	1,80
	Ilmastonmuutos RCP2.6	1,52
	Ilmastonmuutos RCP4.5	1,53
	Ilmastonmuutos RCP8.5	1,58
	99 % luottamusvälin yläraja	1,97 (maksimi)
	99 % luottamusvälin alaraja	1,24 (minimi)
Tarkastelutilanne 3	Keskimääräinen ilmasto	1,55
	Poikkeuksellisen sateinen vuosi (1992)	2,00
	Ilmastonmuutos RCP2.6	1,52
	Ilmastonmuutos RCP4.5	1,53
	Ilmastonmuutos RCP8.5	1,61
	99 % luottamusvälin yläraja	2,22 (maksimi)
	99 % luottamusvälin alaraja	0,99 (minimi)
Tarkastelutilanne 4	Keskimääräinen ilmasto	1,74
	Poikkeuksellisen sateinen vuosi (1992)	2,19
	Ilmastonmuutos RCP2.6	1,71
	Ilmastonmuutos RCP4.5	1,72
	Ilmastonmuutos RCP8.5	1,80
	99 % luottamusvälin yläraja	2,41 (maksimi)
	99 % luottamusvälin alaraja	1,18 (minimi)

Purettavien ylijäämävesien määrät

Kullekin tarkastelutilanteelle (Taulukko 4-3) on laadittu kuukausitason vesitasemalli, jonka perusteella on määritetty eri vaihtoehtojen ylijäämäveden määrä sekä arvioitu vesivarastotilavuuden

riittävyyttä. Laskennan tulokset ja johtopäätökset on esitetty seuraavissa kappaleissa. Yksityiskohtaiset lähtevän veden virtaaman kuvaajat on esitetty liitteenä 10 olevassa AFRY Finland Oy:n (2023a) vesitaseraportissa.

Tarkastelutilanteessa 1 (kuivaläjitys; 80 % tiivistysskenaario; tarvekivilouhoksen kuivanapitovesimäärä vaiheen 2 mukainen) vuositase on 1,35 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivanapitovesimäärät ovat maltilliset. Kaivokselta purettavan ylijäämäveden määrä on suurimmillaan toukokuussa ollen 140 000 m³/kk. Vesiä puretaan pois kaivosalueelta myös talviaikana. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Tarkastelutilanteessa 2 (kuivaläjitys; 65 % tiivistysskenaario; tarvekivilouhoksen kuivanapitovesimäärä vaiheen 3 mukainen) vuositase on 1,54 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivanapitovesimäärät ovat tarkastelutilannetta 1 suuremmat. Kaivokselta purettavan ylijäämäveden määrä on suurimmillaan toukokuussa ollen 160 000 m³/kk. Tässä vaihtoehdossa vettä puretaan pois kaivosalueelta tasaisesti myös talviaikana. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Tarkastelutilanteessa 3 (märkäläjitys; 80 % tiivistysskenaario; tarvekivilouhoksen kuivanapitovesimäärä vaiheen 2 mukainen) vuositase on 0,86 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivatusvesimäärä on maltillinen. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Rikastushiekan märkäläjitys edellyttää merkittävästi suurempaa veden kierrätystä rikastushiekka-alueelta takaisin prosessiin. Altaaseen jäävä ylimäärävesi on tässä tarkastelussa mallinnettu hallittavan siten, että se puretaan vesivarastoaltaaseen tasaisesti koko vuoden aikana. Käytännössä ajotavat voivat vaihdella. Vesivarastoaltaalle purettava vesimäärä on 65 000 m³/kk mikäli veden purku toteutetaan tässä esitetyn mallin mukaisesti. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Vesivarastoaltaan purkuvesimäärä on suurimmillaan toukokuussa ollen 170 000 m³/kk. Tässä vaihtoehdossa vettä puretaan pois kaivostoimintojen alueelta tasaisesti myös talviaikana. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Tarkastelutilanteessa 4 (märkäläjitys; 65 % tiivistysskenaario; tarvekivilouhoksen kuivanapitovesimäärä vaiheen 3 mukainen) vuositase on 1,74 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivanapitovesimäärä on tarkastelutilannetta 3 suurempi. Rikastushiekan märkäläjityksen osalta vesienhallintaratkaisu on vastaava kuin tarkastelutilanteessa 3. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Kaivokselta purettavan ylijäämäveden määrä on suurimmillaan huhti-lokakuussa ollen noin 160 000 m³/kk. Talviaikana vesiä johdetaan pois kaivosalueelta kohtuullisen tasaisesti. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Eri vaihtoehtojen kuukausitason purkuvesimäärät on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 4-6). Taulukon luvut kuvaavat sadannan suhteen keskimääräistä tilannetta.

Taulukko 4-6 Tarkasteltujen vaihtoehtojen kaivokselta purettavan ylijäämäveden määrä yksikössä m³/kk. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

	Tarkastelutilanne 1	Tarkastelutilanne 2	Tarkastelutilanne 3	Tarkastelutilanne 4
Tammikuu	92 900	109 000	117 300	133 400
Helmikuu	90 700	105 300	119 300	133 900
Maaliskuu	90 600	106 700	115 900	132 000
Huhtikuu	125 900	141 500	141 800	157 400
Toukokuu	143 400	159 500	118 600	134 700
Kesäkuu	113 700	129 300	131 200	146 800
Heinäkuu	127 000	143 200	144 400	160 500
Elokuu	132 600	148 700	151 600	167 800
Syyskuu	133 000	148 600	151 100	166 700
Lokakuu	119 600	135 800	138 000	154 100
Marraskuu	97 600	113 200	119 400	135 000
Joulukuu	83 200	99 300	106 500	122 700
Yhteensä	**1 349 800**	**1 539 600**	**1 554 600**	**1 744 400**

Mallin tulokset vaihtelevassa ilmastossa

Vesitasemalli on nykyilmaston (keskimääräinen ilmasto) lisäksi ajettu soveltaen vuoden 1992 toteutunutta sadantaa sekä kolmella eri ilmastonmuutosskenaariolla, jotka edustavat RCP2.6, RCP4.5 ja RCP8.5 -ilmastomalleja. Koska ilmastonmuutosmallit edustavat mallien mukaista keskimääräistä ilmastoa kaivoksen arvioidussa tuotantovaiheessa, eroa nykyilmaston tuloksiin ei tällä juurikaan nähdä. Vuoden 1992 ilmastoa käytettäessä kuukausitason ylijäämävesimäärissä nähdään kuitenkin selkeitä eroja keskimääräisiin ilmaston malleihin. Todellisuudessa kuukausitason ylijäämävesimäärät tulevat siis sulan kauden aikana riippumaan lumen sulamisen nopeudesta ja sateisuudesta. Talvikuukausina kaivokselta purettava ylijäämävesi koostuu lähinnä kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitovesistä. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Oletukset ja yleistykset

Vesitasemalli ja siitä raportoidut tulokset on tehty analyyttisenä mallina, ja mallin tulokset kuvaavat siten vain malliin syötettyjen parametrien mukaan laskettua tulosta. Malli ei lähtökohtaisesti ole todennäköisyysmalli, lukuun ottamatta kuvattuja vuosinettovesitaseen 99 % luottamusvälin tietoja (Taulukko 4-5), jotka on saatu määrittämällä malliin vuosisadannalle todennäköisyysjakauma. (AFRY Finland Oy 2023a.) Tuotantovaiheen vesitaseen mallinnuksessa käytetyt oletukset ja yleistykset on kuvattu liitteessä 10.

Herkkyysanalyysi

Kokonaisvesitaseen herkkyys liittyy pääasiassa sadantaan, rikastushiekan kiintoainepitoisuuteen läjityksessä (liittyy märkäläjitysvaihtoehtoihin) sekä kaivoksen kuivanapitovesimäärän muutoksiin. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Mallinnuksessa märkäläjitysvaihtoehtojen (vesitaseen tarkastelutilanteet 3 ja 4) tarkastelussa rikastushiekan kiintoainepitoisuudeksi läjityksessä on arvioitu 77 m-%. Mikäli kiintoainepitoisuus olisikin 3,5 %-yksikköä suurempi eli rikastushiekkaan pidättyisi arvioitua vähemmän vettä, vuotuinen

kaivokselta purettavan ylijäämäveden määrä kasvaisi noin 76 000 m³. Vastaavasti, mikäli rikastushiekkaan pidättyisikin enemmän vettä, tarve purkaa ylijäämävettä pois kaivokselta pienenisi. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Myös muutokset kaivoksen kuivanapitovesimäärässä vaikuttavat suoraan kaivokselta purettavan ylijäämäveden määrään. Vesitasemallin herkkyystarkastelu kaivoksen kuivanapitovesimäärien muutoksille osoitti noin 260 000 m³ vaihtelua kuivanapitovesien ennustetuissa vuosinettotaseissa ääripääskenaarioiden (65 % ja 100 % -tiivistysskenaariot) välillä. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Vesienhallinnan mitoitustilanteiden tarkastelu

Kuukausitasolle laaditun vesitasemallin tulokset eivät ole poikkeuksellisen sateisten tilanteiden mallinnuksesta huolimatta suoraan sovellettavissa kaivoksen vesienhallintajärjestelmien mitoitustiedoiksi. Yksittäisten vesienhallintajärjestelmien mitoituksessa tulee huomioida vielä erikseen poikkeukselliset rankkasateet, sateiset jaksot ja kevään ylivalumakauden virtaamat. Lähtökohtaisena oletuksena on, että toiminnalle haettavassa ympäristöluvassa tullaan edellyttämään kaivoksen vesienhallintajärjestelmien mitoitusperusteeksi kerran sadassa vuodessa sattuvaa rankkasadetta, sateista jaksoa tai kevään ylivalumakautta. Lisäksi AA Sakatti Mining Oy:llä ja emoyhtiö Anglo Americanilla on omia sisäisiä mitoitusstandardeja ja -ohjeita, jotka huomioidaan vesienhallintajärjestelmien lopullisessa mitoituksessa. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Vesienhallinnan mitoitustilanteiden tarkastelu on kuvattu tarkemmin liitteen 10 liitteessä 3. Tässä luvussa on esitetty yhteenveto keskeisistä liitteessä kuvatuista asioista.

Kaivoksen vesienhallijärjestelmällä tarkoitetaan kaivoksen vesienhallintaan liittyviä altaita, pumppaamoja, putkilinjoja ja ojaverkostoja. Järjestelmän mitoituksella tarkoitetaan sitä, että järjestelmä mitoitetaan kokonaisuutena toimimaan valituissa ja tarkastelluissa mitoitustilanteissa. Mitoituksen apuvälineenä toimii kaivosalueelle laadittava vesitasemalli. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Vesienhallintajärjestelmiin kuuluvilla selkeytysaltailla ei ole usein erillistä yläpuolista valuma-aluetta, joten pelkän altaan mitoitusvirtaama määräytyy altaaseen tulevasta mitoitussadannasta sekä altaaseen erikseen pumpattavista vesijakeista. Yleisesti kaivannaisjätteiden ja maa-ainesten varastoalueiden valumavesien keräilyaltaiden osalta altaaseen tulevan sadannan lisäksi tulee huomioida valuma-alueelle tuleva sadanta ja siitä muodostuva valunta sekä erityisesti lumen sulaminen. Yksittäistä pumppaamoa ja siihen liittyvää putkilinjaa tarkasteltaessa mitoitusvirtaaman hallitseminen voi tarkoittaa sitä, että pumppauskapasiteetin lisäksi järjestelmässä on lyhytaikaista varastotilavuutta esimerkiksi pumppaamon imualtaassa tai yläpuolisessa ojaverkostossa. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Rankkasateesta aiheutuvan mitoitussadannan sekä sateisten jaksojen aikaisen maksimisadannan määrittämisessä käytettiin Ilmatieteenlaitoksen Sodankylän Tähtelän havaintoaseman vuorokausitason lämpötila- ja vuorokausisadanta-aineistoa aikaväliltä 1.1.1960–31.12.2020. Kevään ylivalumakauden osalta tarkastelussa käytettiin kahta lähestymistapaa. Valunta mallinnettiin hydrologisella mallilla (Hydrus 1D) ajanjaksolle 1.1.1991–31.12.2020. Mallin lähtötietoina hyödynnettiin Ilmatieteenlaitoksen Sodankylän Tähtelän sääaseman vuorokausisadanta- ja lämpötilatietoja. Lumen sulaminen mallinnettiin astepäivätekijämallilla. Mallista ei poistettu imeytymistä. Lisäksi

vertailuaineistoksi poimittiin Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmästä mallinnettua valunta-aineistoa valuma-alueilta 65.891 ja 65.851. Mallinnettu aineisto oli saatavilla vuodesta 1962 alkaen. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Sakatin kaivoshankkeen vesienhallintajärjestelmien mitoitusperusteiksi esitetään tehtyjen analyysien perusteella seuraavaa:

- Vuorokautinen mitoitussadanta (rankkasade) 54 mm/vrk (tilastoitu kerran 1/100 vuodessa toistuva vuorokauden sadesumma)
- Sateiset jaksot (kerran 1/100 vuodessa toistuva sadesumma):
    - kolmen vuorokauden sadesumma 76 mm
    - viiden vuorokauden sadesumma 91 mm
    - seitsemän vuorokauden sadesumma 103 mm
    - 14 vuorokauden sadesumma 110 mm
    - 30 vuorokauden sadesumma 150 mm
- Kevään ylivalumakausi (kerran 1/100 vuodessa toistuva ylivalumakauden valunta):
    - yhden vuorokauden valunta 64 mm
    - kolmen vuorokauden valunta 116 mm
    - viiden vuorokauden valunta 166 mm
    - seitsemän vuorokauden valunta 203 mm
    - 14 vuorokauden valunta 270 mm
    - 30 vuorokauden valunta 332 mm. (AFRY Finland Oy 2023a.)

4.5 Vesien laatu

Sakatin kaivostoiminnassa muodostuvien vesijakeiden laatua on käsitelty seuraavissa alaluvuissa. Kuormitusarvioiden kannalta merkittävimmät vesijakeet ovat kaivannaisjätealueiden suoto- ja valumavedet sekä maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesi. Prosessiveden laatu tulee huomioiduksi rikastushiekka-alueen vesilaatuarvioiden kautta. Kokonaiskuormituksessa on lisäksi huomioitu aluevesien ja tarvekivilouhoksen kuivanapitoveden kuormitukset.

Vedenlaatuarviot perustuvat AFRY Finland Oy:n (2023a, 2023b) laatimiin raportteihin (Liite 10 ja Liite 11) Seuraaviin alalukuihin on koottu keskeisiä raportissa esitettyjä tuloksia. Yleisiä pohdintoja vedenlaatumallinnuksen herkkyyksistä ja epävarmuuksista on esitetty liitteessä 10.

4.5.1 Rikastushiekka-alueen vedet

Rikastushiekka-alueen kierrätysvesien laatu juontuu pääosin malmin ominaisuuksista, mutta siihen vaikuttavat myös rikastusprosessissa käytettävät kemikaalit. Rikastushiekka-alueen kierrätysvedet sisältävät mm. sulfaatteja ja metalleja. Myös räjähdysaineperäinen liukoinen typpi päätyy osaltaan rikastushiekka-alueelle, mikä voi näkyä rikastushiekka-alueella muodostuvien vesien kohonneina typpipitoisuuksina. AFRY Finland Oy (2023b) on raportoinut vedenlaatuarviot matalarikkisen rikastushiekka-alueen suotoveden laaduille, joita on käytetty varovaisuusperiaatetta noudattaen

rikastushiekka-alueelta kaivoksen vesikiertoon johdettavan veden laatuina eri tarkastelutilanteissa. Prosessivaihtoehdolle 1 vesilaatuarviot on laadittu erikseen rikastushiekan kuivaläjitysvaihtoehdolle ja märkäläjitysvaihtoehdolle. Prosessivaihtoehdolle 2 on laadittu vesilaatuarvio ainoastaan kuivaläjitysvaihtoehdolle. Kuivaläjitysratkaisun suotovesilaatua on sovellettu ainetasemallissa prosessivaihtoehdon 2 märkäläjitysvaihtoehdon dekanttiveden eli rikastushiekka-altaan pinnalta pumpattavan veden laatuna. Vesilaatumalleissa on huomioitu prosessiveden laadun lisäksi rikastushiekan rapautumis- ja hapettumisreaktiot sekä vesi-kiintoainekontakti. (AFRY Finland Oy 2023a.) Rikastushiekka-alueiden veden laatu kaivoksen sulkemisvaiheessa on esitetty luvussa 4.10.5.

Matalarikkisen rikastushiekka-alueen vesien laatu

Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitysalueelle on tehty kaksi suotoveden laatumallinnusta. Toisessa rikastushiekan laatu oli prosessivaihtoehdon 1 mukainen ja rikastushiekka-alueen rakenteet (luku 4.7.7) olivat vuoden 2018 suunnitelman mukaiset. Toisessa rikastushiekan laatu on prosessivaihtoehdon 2 mukainen ja rikastushiekka-alueen rakenteet (luku 4.7.7) ovat vuoden 2021 suunnitelman mukaiset. Molemmista malleista on johdettu rikastushiekan märkäläjitystä edustavat versiot yksinkertaistetuilla lähestymistavalla, jotka kuvataan tarkemmin alakappaleissa. Vesilaatuarviot on tuotettu päävaihtoehdon VE1 mittasuhteilla, mutta myös VE2 ja VE3 läjitysalueiden mittasuhteet oletetaan vaihtoehdon VE1 kaltaisiksi. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Suotovesien laatu, prosessivaihtoehto 1

Suotoveden määrä- ja laatuarviot (*source term*-arviot) matalarikkiselle rikastushiekka-alueelle, prosessivaihtoehdon 1 mukaisen rikastushiekan kuivaläjitykselle (toiminnan aikana ja sulkemisen jälkeen) on laatinut SRK Consulting Ltd. (2019). Vesilaadut on lisäksi tasapainomallinnettu PHREEQC-mallinnusohjelman avulla. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Poiketen kuivaläjitysvaihtoehdosta, märkäläjitysvaihtoehdon veden laatua (toiminnan aikana ja sulkemisen jälkeen) ei ole muodostettu koetuloksista skaalaamalla ja mallintamalla. Märkäläjitysvaihtoehdoille veden laatu on johdettu kuivaläjityksen valmiista (SRK Consulting Ltd. 2019a) vesilaatuarviosta ja rikastuskokeessa mitatusta prosessiveden laadusta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Matalarikkisen rikastushiekka-alueen suotovesien laadut kuiva- ja märkäläjityksessä (prosessivaihtoehto 1) esitetään alla (Taulukko 4-7). Taulukossa kuvataan kuivaläjitykselle kolme eri vaihetta. Märkäläjitysvaiheelle on esitetty tuotantovaihe ja sulkemisen jälkeinen vaihe. Koska rikastuskokeet on tehty kairasydännäytteistä, joissa ei ole räjähdysainejäämiä kuten louhitussa malmissa, typen määrä on tuotettu laskennallisesti. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-7 Prosessivaihtoehdon 1 matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueen suotoveden laadut eri läjitystapavaihtoehdoissa kaivoksen tuotannon aikana ja sulkemisen jälkeen. Kuivaläjitysvaihtoehto SRK Consulting Ltd.:n arviosta (2019a). Märkäläjityksen arviot on johdettu kuivaläjitysarviosta prosessivesisuhteella.

		Kuivaläjitys			Märkäläjitys	
Parametri	Yksikkö	Lohko 1 käytössä	Lohko 1 suljettu, lohko 2 käytössä	Lohkot 1 ja 2 suljettu	Toiminta-vaihe	Suljettu, pitkä aikaväli
Alumiini	mg/l	0,003	0,003	0,003	0,004	0,005
Antimoni	mg/l	0,009	0,004	0,0005	0,003	0,001
Arseeni	mg/l	<0,001	0,0004	0,0004	<0,001	0,0404
Elohopea	mg/l	<0,001	0,00001	0,00001	<0,001	0,00001
Fosfori	mg/l	1,300	0,7	0,1	0,662	0,1
Kadmium	mg/l	0,002	0,0009	0,0001	<0,001	0,0001
Kalium	mg/l	560	290	30	149	40
Kalsium	mg/l	550	300	55	150	80
Kloori	mg/l	680	350	40	205	100
Koboltti	mg/l	0,015	0,008	0,008	0,004	0,050
Kromi	mg/l	0,031	0,016	0,002	0,008	0,002
Kupari	mg/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,043
Lyijy	mg/l	<0,001	0,0002	0,0001	<0,001	0,0002
Magnesium	mg/l	1 100	570	60	285	80
Mangaani	mg/l	0,90	0,46	0,05	0,23	0,11
Natrium	mg/l	830	430	40	306	110
Nikkeli	mg/l	0,420	0,22	0,02	0,112	0,07
Rauta	mg/l	0,002	0,002	0,002	0,007	0,240
Sinkki	mg/l	0,025	0,013	0,001	0,007	0,003
Sulfaatti	mg/l	2 500	1 030	130	705	490
Typpi	mg/l	26	13,2	1,4	7	1,6

Suotovesien laatu, prosessivaihtoehto 2

Suotoveden määrä- ja laatuarviot (*source term*-arviot) matalarikkiselle rikastushiekka-alueelle prosessivaihtoehdon 2 mukaisen rikastushiekan kuivaläjitykselle (toiminnan aikana ja sulkemisen jälkeen) on laatinut Geochemic Ltd. (2021a). Eräs keskeinen ero veden laadun mallintamiseen prosessivaihtoehtojen 1 ja 2 osalta liittyy vedellä kyllästyneen ja vedellä kyllästymättömän massan määrittelyyn. Prosessivaihtoehdon 2 mallissa määrittely tehtiin AFRY Finland Oy:n laatiman Hydrus-mallin avulla. Tämä fysikaalinen malli käytti ilmastollisia lähtötietoja ja rikastushiekan ja rikastushiekka-alueen ominaisuuksia läjitykseen muodostuvan kosteuden määrittelyyn eri osa-alueilla ja syvyyksillä. Lisäksi prosessivaihtoehdon 2 mukaisessa mallissa mallinnus suoritettiin erikseen eri vyöhykkeille: alkupato, luiska, erityisesti tiivistetty vyöhyke ja muu läjitys. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Matalarikkisen rikastushiekka-alueen suotovesilaadut prosessivaihtoehdossa 2 on mallinnettu erikseen rikastushiekka-alueen lohkoille 1 ja 2 kuivaläjityksenä (Taulukko 4-8). Merkittävin ero lohkojen välillä on penkereen rakennusmateriaali. Arvioissa on mukana räjähdysaineperäinen typpi laskennallisesti tuotettuna. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Malleissa on tarkasteltu erikseen penkereestä suotautuvaa vettä ja rikastushiekasta suotautuvaa vettä. Lisäksi penkereelle on tarkasteltu erillisinä tilanteina lumen sulamisvaihetta ja kesäkautta.

Talvikaudelle penkereen suotovettä ei huomioitu, sillä suotoveden muodostuminen on vähäistä; penger ei varastoi vettä ja sadanta tulee lumena. Rikastushiekassa veden viipymä tasoittaa vuodenaikaisvaihtelut, joten vuodenaikaisvaihtelua ei huomioitu. Myös pintavaluntaa oletettiin tapahtuvan vain sulamiskaudella ja kesäkaudella. Talven lumena tuleva sadanta poistuu pintavaluntana lumensulamiskaudella. Arvioissa on mukana räjähdysaineperäinen typpi laskennallisesti tuotettuna. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Prosessivaihtoehdolle 2 on laadittu vesilaatuarvio ainoastaan kuivaläjitysvaihtoehdolle. Kuivaläjitysratkaisun suotovesilaatua sovelletaan YVA-vaiheen tarkasteluissa myös prosessivaihtoehdon 2 märkäläjitysvaihtoehdon dekanttiveden ja suotoveden laatuna (lohko 2, joka näyttäytyy vesilaadultaan heikompana). Märkäläjityksen ja kuivaläjityksen keskeisimpiin eroihin kuuluu, että märkäläjityksessä on vesijae, jota kuivaläjityksessä ei ole: läjityksen pinnalta pumpattava ylitevesi. Tässä vedessä on suotoveteen verrattuna enemmän prosessiveden laadun vaikutusta eli prosessista rikastushiekka-altaalle lietteen mukana tulevan veden laadun vaikutusta. Rikastushiekan märkäläjityksen suotovedessä rikastushiekan pitkäaikaiskäyttäytymisen rooli on suurempi kuten myös rikastushiekan kuivaläjityksen suotovedessä. Märkäläjityksessä altaan pinnalta pumpattavan veden voidaan siis olettaa olevan pitoisuuksiltaan laimeampaa kuin suotoveden. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-8 Matalarikkisen rikastushiekka-alueen vesilaadut tuotannon aikana. Prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekka. Lohkot 1 ja 2. Kuivaläjitys. (Lähde: Geochemic Ltd. 2021a.) Taulukossa eritellään penkereessä muodostuva suotovesi, rikastushiekassa muodostuva suotovesi sekä pintavalunta.

Parametri	Lohko yks.	Alkupenger				Suotovesi		Pintavalunta		Pintavalunta	
		Sulamisvaihe		Kesä		Tuotantovaihe		Sulamisvaihe		Kesä	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
pH		7,4	6,6	8,3	7,5	8,3	8,1	7,6	7,6	8,2	8,2
Alkaliteetti	mg/l	14	3,2	110	19	120	93	20	23	93	91
Kloori	mg/l	1,1	27	10	240	68	220	3,2	3,4	30	31
Fluori	mg/l	0,5	0,19	4,4	1,7	7,2	4,4	0,08	0,09	0,73	0,81
Nitraatti	mg/l	-	-	-	-	32	31	0,4	0,5	4,0	5,0
Sulfaatti	mg/l	12	130	110	1 200	1 900	2 500	44	49	400	450
Kalsium	mg/l	0,05	7,6	0,43	69	70	130	6,2	7,0	42	45
Rauta	mg/l	0,0038	0,017	0,026	0,027	<0,0001	<0,0001	0,0075	0,0082	0,026	0,026
Magnesium	mg/l	0,08	15	0,75	140	340	430	8,0	9,0	76	84
Kalium	mg/l	11	25	99	230	540	600	10	11	89	100
Pii	mg/l	0,03	0,04	0,3	0,33	2,9	2,8	0,45	0,49	2,7	2,7
Natrium	mg/l	7,3	41	68	370	230	410	8,0	8,0	73	76
TDS*	mg/l	46	250	400	2 300	3 300	4 400	100	110	810	880
Alumiini	µg/l	0,04	0,01	0,37	0,09	24	19	0,83	0,94	0,78	0,75
Antimoni	µg/l	0,33	0,76	3,0	7,0	6,2	8,1	0,16	0,17	1,5	1,6
Arseeni	µg/l	1,2	8,4	11	77	<0,01	0,0011	2,2	2,3	21	21
Barium	µg/l	<0,01	0,12	0,02	1,1	5,8	5,2	13	15	1,8	1,9
Beryllium	µg/l	0,21	0,27	2,0	2,4	<0,01	0	0,04	0,04	0,36	0,39
Boori	µg/l	11	18	98	160	230	250	3,9	4,3	36	39
Kadmium	µg/l	0,04	0,22	0,36	2,0	<0,01	0,04	0,02	0,02	0,19	0,19
Kromi	µg/l	0,4	0,56	4,1	5,1	0,01	0	0,16	0,17	1,5	1,6
Koboltti	µg/l	0,32	0,89	3,0	8,1	0,60	1,6	0,14	0,15	1,3	1,4
Kupari	µg/l	1,1	3,8	9,9	34	<0,01	<0,01	0,42	0,44	3,9	4
Lyijy	µg/l	0,43	0,54	3,9	4,9	<0,01	<0,01	0,06	0,06	0,54	0,57

Parametri	Lohko yks.	Alkupenger				Suotovesi		Pintavalunta		Pintavalunta	
		Sulamisvaihe		Kesä		Tuotantovaihe		Sulamisvaihe		Kesä	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Litium	µg/l	2,7	7,6	25	70	160	180	3,0	3,4	28	31
Mangaani	µg/l	1,8	19	16	170	12	37	4,5	4,9	42	45
Elohopea	µg/l	<0,01	0	<0,01	0	0,07	0,06	<0,01	0	0,03	0,03
Molybdeeni	µg/l	1,1	2,0	10	19	19	22	0,48	0,52	4,4	4,8
Nikkeli	µg/l	0,9	14	7,9	130	130	200	3,2	3,5	29	32
Fosfori	µg/l	12	0,77	110	7,0	730	620	13	15	33	32
Seleeni	µg/l	1,3	9,0	12	82	2,0	5,0	2,6	2,9	24	27
Hopea	µg/l	1,1	2,3	9,9	21	5,2	14	0,2	0,21	1,9	1,9
Strontium	µg/l	0,67	75	6,1	690	1 400	1 800	31	35	290	320
Tallium	µg/l	4,3	5,3	39	49	18	20	0,49	0,51	4,5	4,6
Torium	µg/l	-	-	-	-	1,4	1,3	0,02	0,03	0,22	0,25
Uraani	µg/l	3,4	2,3	31	21	0,6	1,1	0,12	0,13	1,1	1,2
Vanadiini	µg/l	3,4	9,7	32	88	<0,01	<0,01	1,	1,0	9,2	9,5
Sinkki	µg/l	3,9	6,1	36	56	0,18	0,36	0,71	0,76	6,5	6,9

** TDS = liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (lask.)*

Korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaan ylitevesien laatu

Korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaan veden laaduille ei ole tehty veden laatumallinnusta. Korkearikkisen rikastushiekan varastoallas on osa rikastusprosessin sisäistä vesikiertoa ja pääsääntöisesti vesi palautetaan suoraan rikastamolle, jolloin korkearikkisen rikastushiekan varastoinnista ei muodostu kaivosalueella erillistä vesijaetta. Korkearikkinen rikastushiekka-allas sisältyy siis rikastusprosessin sisäisen vesikierron suunnitteluun sekä mallintamiseen. Korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaan yliteveden laadun mallintaminen tavanomaisilla geokemiallisilla malleilla olisi myös haastavaa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.5.2 Prosessivesi

Malmin rikastuksen eri vaiheet sekä käytettävät vesijakeet vaikuttavat prosessiveden laatuun. Prosessiveden analyysien avulla selvitettävä prosessiveden laatu on keskeinen tieto määritettäessä kaivoksen vesijakeiden laatua ja suunniteltaessa vedenkäsittelyprosesseja. Prosessiveden näytteenottotapoja on useita. Varsinaisella prosessivesinäytteellä tarkoitetaan rikastuskokeen yhteydessä otettua vesinäytettä rikastushiekasta irtoavasta vedestä. Dekanttivesinäyte taas otetaan dekantoimalla rikastushiekan päältä lietteenä laboratorioon toimitetusta rikastushiekkanäytteestä. Prosessivaihtoehdon 1 osalta prosessivesinäyte on dekantoitu koerikastuksen yhteydessä otetun rikastushiekkanäytteen pinnalle kertyneestä vedestä. Prosessivaihtoehdon 2 osalta prosessivesinäytteet on otettu suoraan suljetun kierron rikastuskokeesta (locked cycle test). Prosessivedessä on myös prosessikemikaalien jäämiä. Lisäksi prosessivedestä voidaan erityismenetelmillä tutkia esimerkiksi kokoojakemikaalien jäämiä. Erityismenetelmiä ovat mm. NMR-spektroskopia ja UV-Vis spektrometria eli ydinmagneettinen resonanssispektroskopia ja sähkömagneettisen spektrin ultravioletin ja näkyvän valon aallonpituuksiin perustuva spektroskopia. Näiden käyttö on kuitenkin jokseenkin haasteellista. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Prosessivesi prosessivaihtoehdossa 1

Prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekkanäytteen päältä dekantoitiin laboratoriossa vesinäytteet eli otettiin dekanttivesinäytteet. Tulokset ovat suuntaa antavia, sillä rikastuskokeen vesikierto ei täysin vastannut todellisen prosessin vesikiertoa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Matalarikkisen rikastushiekan dekanttiveden pH oli lievästi emäksinen, 8,1. Sulfaattia dekanttivedessä oli 1 971 mg/l, kobolttia 0,005 mg/l, kuparia 0,002 mg/l, nikkeliä 0,18 mg/l ja sinkkiä 0,017 mg/l. Muun muassa kromin, uraanin ja vanadiinin pitoisuudet alittivat määritysrajan. Fosforia dekanttivedessä oli 0,44 mg/l. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että tulokset eivät sellaisenaan edusta minkään kaivannaisjätealueen veden laatua, sillä prosessivesi on vain yksi jätealueiden vesien laatuun vaikuttavista tekijöistä. Rikastuskokeen vesikierto ei ollut täydellinen. Näytettä oli säilytetty useita kuukausia ennen dekanttiveden analyysiä. Korkearikkisen rikastushiekan dekanttivettä ei ole tutkittu. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Prosessivesi ja kemikaalijäämät prosessivaihtoehdossa 2

Matalarikkisen rikastushiekan prosessiveden pH oli emäksinen, 9,6. Sulfaattia prosessivedessä oli 250 mg/l ja nikkeliä 8 µg/l. Koboltin, kuparin ja sinkin pitoisuudet alittivat määritysrajan. Fosforipitoisuus oli 1,2 mg/l. Tiosulfaattia prosessivedessä oli 24 mg/l. Natriumetyyliksantaatin jäämäpitoisuus oli 1,7 mg/l. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Korkearikkistä rikastushiekkaa muodostavien prosessijätevirtojen vesissä pH-arvot olivat 9,6 ja 9,2, sulfaattipitoisuudet 260 mg/l ja 180 mg/l, ja nikkelipitoisuudet 8 µg/l ja 10 µg/l. Koboltin pitoisuudet olivat <0,1 µg/l ja 0,2 µg/l. Kuparin ja sinkin pitoisuudet alittivat määritysrajan. Fosforipitoisuudet olivat 1,4 mg/l ja 0,5 mg/l. Tiosulfaattipitoisuus oli toisessa virrassa 25 mg/l ja toisessa määritysrajan alapuolella. Natriumetyyliksantaatin jäännöspitoisuus oli 2,5 mg/l. Se analysoitiin vain toisesta korkearikkiseen rikastushiekkaan päätyvästä prosessijätevirrasta. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että tulokset eivät sellaisenaan edusta minkään kaivannaisjätealueen veden laatua, sillä prosessivesi on vain yksi jätealueiden vesien laatuun vaikuttavista tekijöistä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.5.3 Kaivoksen kuivanapitovedet

Maanalaisen kaivoksen veden laatu käsitellään kahtena eri tarkasteluna:

- Tarkastelussa 1 louhostäytöissä käytetään pastatäyttöä, joka on valmistettu prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekasta ja sideaineista (SRK Consulting Ltd. 2019a). Lisäksi louhostäyttöinä käytetään sivukiveä. Tässä mallissa pohjavesivirtauksia edustaa kannattavuuden esiselvitysvaiheen A pohjavesimalli (SRK Consulting Ltd. 2019a).
- Tarkastelussa 2 (Stantec Consulting Ltd. 2023) louhostäytöissä käytetään pastakivimursketäyttöä. Pastan raaka-aineena on prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekkaa ja sideaineita. Tässä mallissa pohjavesivirtauksia edustaa vuoden 2022 pohjavesimalli (Itasca Denver Inc. 2022), josta saatiin lähtötiedot kahteen tarkastelutapaukseen. Lisäksi tehtiin herkkyystarkastelu.

Tarkastelussa 2 geokemiallisessa mallissa on tarkasteltu kaivokseen tulevaa pohjaveden virtausta vastaaville skenaarioille kuin pohjavedenvirtausmallinnuksessa:

1. Injektointitehokkuudeksi on määritelty 80 %, ja louhostäytön vedenjohtavuudeksi 5 x 10^{-8} m/s. Virtausmäärät ovat pohjavedenvirtausmallista käyttäen näitä oletuksia.
2. Injektointitehokkuudeksi on määritelty 65 %, ja louhostäytön vedenjohtavuudeksi 1 x 10^{-7} m/s eli kaksinkertainen verrattuna perusskenaarioon. Virtausmäärät ovat pohjavedenvirtausmallista käyttäen näitä oletuksia.

Kaivoksen kuivanapitovesissä on jonkin verran metalleja, kuten sinkkiä ja nikkeliä. Lisäksi kuivanapitovesissä esiintyy räjähdysaineista peräisin olevaa typpeä. Myös suolaisuus kasvaa syvemmälle mentäessä. Suolaisuuden muutoksesta johtuen maanalaisen kaivoksen tuotannon aikaiset vesilaadut on mallinnettu erikseen tason -420 metriä yläpuolisille vesille sekä tason -420 metriä alapuolisille vesille.

Maanalaisen kaivoksen veden laadun arviointimenetelmä, tarkastelu 1

Maanalaisen kaivoksen kuivatusveden laadun ja sulkemisen jälkeisen vedenlaadun on mallintanut SRK Consulting Ltd. (2019a). Arviot on laskettu päävaihtoehdon VE1a olosuhdetekijöillä, mutta tuloksia voidaan pitää riittävän relevantteina myös muille päävaihtoehdoille. Kaivokseen tulevan pohjaveden määrä eri syvyysvyöhykkeittäin perustuu SRK Consulting Ltd. (2019a) laatimaan pohjavesimalliin. Vesilaadut on lisäksi tasapainomallinnettu PHREEQC mallinnusohjelman avulla. Maanalaisen kaivoksen veden tuotantovaiheen laatumallin konseptualisointi eli käsitteellistäminen, sulkemisen jälkeinen konseptualisointi, sekä laskennalliset oletukset on kuvattu liitteessä 10.

Alla esitetään maanalaisen kaivoksen tuotannon aikaisten kuivanapitovesien pitoisuudet (Taulukko 4-9). Typen määrän arvio on irrallinen muista aineista, asiaa käsitellään paremmin maanalaisen kaivoksen vedenlaadun tarkastelussa 2.

Taulukko 4-9 Kaivoksen kuivanapitovesien laatuarviot erikseen tason -420 metriä yläpuolisille ja alapuolisille vesille tuotannon aikana (Lähde: SRK Consulting Ltd. 2019a).

		Tason -420 m yläpuoliset vedet		Tason -420 m alapuoliset vedet	
Parametri	Yksikkö	Minimi	Maksimi	Minimi	Maksimi
Alumiini	mg/l	0,0002	0,002	0,0002	0,003
Antimoni	mg/l	0,00003	0,008	0,00007	0,008
Arseeni	mg/l	0,000005	0,0009	0,000004	0,0008
Elohopea	mg/l	0,0000003	0,0003	0,0000003	0,0003
Fosfori	mg/l	0,001	0,29	0,002	0,29
Kadmium	mg/l	0,000005	0,002	0,00001	0,002
Kalium	mg/l	0,8	180	41	220
Kalsium	mg/l	5,7	48	240	290
Kloori	mg/l	11	100	1 100	1 200
Koboltti	mg/l	0,0001	0,027	0,0001	0,03
Kromi	mg/l	0,0002	0,028	0,0001	0,027
Kupari	mg/l	0,0003	0,007	0,014	0,021
Lyijy	mg/l	0,000001	0,0001	0,00003	0,0001
Magnesium	mg/l	2,3	8,7	260	270

Parametri	Yksikkö	Tason -420 m yläpuoliset vedet Minimi	Tason -420 m yläpuoliset vedet Maksimi	Tason -420 m alapuoliset vedet Minimi	Tason -420 m alapuoliset vedet Maksimi
Mangaani	mg/l	0,024	0,130	0,20	0,31
Natrium	mg/l	6,9	190	530	700
Nikkeli	mg/l	0,001	1,5	0,004	1,6
Rauta	mg/l	0,0001	0,007	0,0004	0,008
Sinkki	mg/l	0,027	0,051	0,07	0,10
Sulfaatti	mg/l	7,1	380	180	550
Typpi	mg/l	4,1–25*			

** erillisenä tuotettu laskennallinen typpipitoisuus*

Maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesissä merkittävimpinä kuormitustekijöinä näyttäytyvät nikkeli, natrium ja kloridi. Pienemmissä määrin esiintyy mm. kuparia ja sinkkiä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Maanalaisen kaivoksen veden laadun arviointimenetelmä, tarkastelu 2

Veden laatuarviot maanalaiselle kaivokselle on laatinut Stantec Consulting Ltd. (2023). Suurimpana erona tarkastelun 1 vedenlaatumalliin on uuden pohjaveden virtausmallin tulosten käyttö lähtötietona, sekä sen eri tiivistyskenaarioiden huomioiminen. Pitoisuussyötteenä mallinnuksessa on käytetty kosteuskammiokokeiden tuloksia seinämäkivistä sekä prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekasta valmistetun pastan monoliitin pitkäaikaisuuttokokeen tuloksia. Mallinnus perustuu hankevaihtoehtoon VE1a, mutta tuloksia voidaan pitää relevantteina myös muille päävaihtoehdoille. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Geokemiallisessa mallissa (Stantec Consulting Ltd. 2023) kaivos jaetaan kuuteen (~200 metriä syvään) osaan, joille kullekin saadaan virtauksen määrä ajan funktiona Itasca Denver Inc.:n (2022) pohjavedenvirtausmallista. Geokemiallisessa mallissa on tarkasteltu kaivokseen tulevaa pohjaveden virtausta vastaaville skenaariolle kuin pohjavedenvirtausmallinnuksessa (80 ja 65 % tiivistysskenaariot). 65 % tiivistysskenaarion mukaan virtaamat ovat ~5–8 % korkeammat kuin 80 % tiivistysskenaariossa. Geokemiallisessa mallissa on hyödynnetty pohjavesiputkien sekä malminetsintäkairanrei´istä otettujen vesinäytteiden (2015–2020) tarkkailutuloksia kaivokseen tulevien pohjavesien laadun lähtötietona eli koostumuksena ennen kontaktia kaivokseen louhittujen tilojen kanssa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Vesilaadut on lisäksi tasapainomallinnettu PHREEQC mallinnusohjelman avulla. Maanalaisen kaivoksen veden tuotantovaiheen laatumallin konseptualisointi eli käsitteellistäminen, sulkemisen jälkeinen konseptualisointi, sekä laskennalliset oletukset on kuvattu liitteessä 11.

Alla esitetään maanalaisen kaivoksen tuotannon aikaisten kuivanapitovesien pitoisuudet maanalaisen kaivoksen tilat täyttävässä vedessä (Taulukko 4-10). Kuivanapitovedelle pitoisuudet ovat mallinnusvuosien keskiarvoja. Maksimi edustaa tämän ajanjakson korkeinta yksittäisen vuoden pitoisuutta. Taulukosta nähdään, että syvällä kaivoksessa pitoisuudet ovat selkeästi korkeampia kuin kaivoksen ylemmässä osassa johtuen lähinnä pienemmistä virtaamista. Syväosan vesi muodostaa <20 % kokonaisvesimäärästä toiminnan aikana. Pumppauksen loputtua matalammilta tasoilta vesi pääsee valumaan syviin osiin ja pienen tilavuuden omaava syvimmälle sijoittuva osa kaivoksesta täyttyy hyvin nopeasti. Kaivoksen syvimmän osan vedet siis laimenevat kaivoksen yläosasta tulevan veden

seurauksena. Laimenemisen johdosta pitoisuudet ovat jo sulkemisen alkuvaiheessa matalia tuotantovaiheeseen verrattuna. Painovoimaisen kerrostumisen johdosta raskaat vedet pysyvät kaivoksen tiiviissä alaosissa ja kallioperän vähäisen vedenjohtavuuden takia niiden vuorovaikutus ympäröivän pohjaveden kanssa on vähäistä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-10 Maanalaisen kaivoksen veden laatu tuotantovaiheessa 80 % ja 65 % tiivistysskenaariossa (vuosikeskiarvot ja vuosimaksimit). Tuotantovaiheelle mallinnettiin kaivoksen matala- ja syväosa (tason -420 metriä ylä- ja alapuolella) erikseen. (Lähde: Stantec Consulting Ltd. 2023.)

		Tuotantovaihe, 80 % tiivistysskenaario				Tuotantovaihe, 65 % tiivistysskenaario			
		Tason -420 m yläpuoliset vedet		Tason -420 m alapuoliset vedet		Tason -420 m yläpuoliset vedet		Tason -420 m alapuoliset vedet	
Parametri	Yksikkö	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	maksimi	Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
pH		8,0	8,1	7,7	7,8	7,9	8,2	7,7	7,8
Alkaliteetti	mg/l	52	74	32	38	56	130	34	79
Hopea	mg/l	0,000035	0,000055	0,00012	0,00022	0,000034	0,000053	0,00011	0,00021
Alumiini	mg/l	0,0024	0,0029	0,0020	0,0022	0,0040	0,044	0,0033	0,032
Arseeni	mg/l	0,000007	0,000028	0,000003	0,000006	0,000019	0,00026	0,00002	0,00039
Boori	mg/l	0,043	0,088	0,19	0,41	0,039	0,083	0,17	0,39
Barium	mg/l	0,011	0,024	0,011	0,033	0,013	0,040	0,013	0,063
Beryllium	mg/l	0,000005	0,000014	0,000001	0,000001	0,000006	0,00003	0,000001	0,000004
Kalsium	mg/l	230	340	660	790	220	330	650	790
Kadmium	mg/l	0,000017	0,000019	0,000052	0,000073	0,000016	0,000019	0,000049	0,000070
Kloori	mg/l	430	500	1 500	1 700	420	510	1 500	1700
Koboltti	mg/l	0,00097	0,0012	0,0055	0,010	0,00091	0,0012	0,0051	0,0098
Kromi	mg/l	0,00042	0,00046	0,00052	0,00071	0,00042	0,00046	0,00051	0,00069
Kupari	mg/l	0,0065	0,0080	0,010	0,011	0,0061	0,0077	0,0099	0,011
Rauta	mg/l	0,00020	0,00023	0,00033	0,00035	0,0038	0,083	0,0023	0,045
Elohopea	mg/l	0,000001	0,000002	0,000002	0,000004	0,000001	0,000002	0,000002	0,000004
Kalium	mg/l	35	62	150	290	33	59	140	280
Litium	mg/l	0,035	0,068	0,14	0,30	0,033	0,065	0,13	0,29
Magnesium	mg/l	45	53	140	150	44	53	140	150
Mangaani	mg/l	0,14	0,15	0,23	0,26	0,14	0,16	0,23	0,26
Molybdeeni	mg/l	0,087	0,19	0,46	0,99	0,079	0,18	0,41	0,93
Typpi	mg/l	15	41	62	190	13	41	58	230
Natrium	mg/l	200	260	520	650	190	260	500	700
Nikkeli	mg/l	0,040	0,060	0,34	0,65	0,036	0,057	0,31	0,62
Fosfori	mg/l	0,070	0,12	0,21	0,45	0,068	0,12	0,19	0,43
Lyijy	mg/l	0,000016	0,000021	0,000073	0,00015	0,000016	0,000036	0,000078	0,00021
Antimoni	mg/l	0,00092	0,0019	0,0044	0,0093	0,00084	0,0018	0,004	0,0088
Seleeni	mg/l	0,068	0,16	0,35	0,79	0,061	0,15	0,32	0,74
Pii	mg/l	0,78	1,5	0,66	1,0	0,86	1,7	0,67	1,0
Tina	mg/l	0,000044	0,000050	0,00023	0,00029	0,000044	0,000050	0,00022	0,00030
Sulfaatti	mg/l	540	850	1 200	1 600	510	820	1 100	1 500
Strontium	mg/l	2,4	4,4	9,6	20	2,3	4,2	8,8	19
Titaani	mg/l	0,00022	0,00024	0,00059	0,00072	0,00023	0,00025	0,00058	0,00070
Tallium	mg/l	0,000062	0,00013	0,00030	0,00067	0,000056	0,00013	0,00027	0,00063
Uraani	mg/l	0,00014	0,00016	0,00013	0,00023	0,00013	0,00015	0,00012	0,00022
Vanadiini	mg/l	0,035	0,083	0,19	0,43	0,032	0,079	0,17	0,41
Volframi	mg/l	0,048	0,11	0,25	0,56	0,044	0,11	0,23	0,53
Sinkki	mg/l	0,18	0,22	0,26	0,30	0,18	0,23	0,26	0,31
TDS*	mg/l	1 570	1 980	4 230	5 090	1 500	1 920	4 130	5 030

** liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (lask.)*

Tarkastelussa 2 tuotannon aikaisen kuivanapitoveden merkittävimmäksi laatutekijäksi arvioidaan typen yhdisteet. Räjähdysaineista aiheutuvan typen lisäyksen määrän arvio on erillinen muusta tarkastelusta ja perustuu esimerkkitapauksista saatuihin oletuksiin räjähteiden käytöstä ja käyttäytymisestä. Typen määrät ovat korkeita erityisesti kaivoksen syvän osan vesissä, mutta nämä muodostavat vain pienen osan maanalaisen kaivoksen vesistä, sillä syvällä kallio on tiivistä ja louhostiloihin tulee vain vähän vettä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden nikkelipitoisuus on tarkastelussa 2 pienempi kuin tarkastelussa 1. Sulkemisen jälkeiselle tilalle mallinnettujen pitoisuuksien erot ovat vähäisempiä. Sulfaattipitoisuus on tarkastelussa 2 selvästi tarkastelua 1 suurempi. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Mallinnuksessa suoritettiin eri tiivistysskenaarioiden lisäksi herkkyystarkasteluja (Stantec Consulting Ltd. 2023); toinen käyttämällä kuusinkertaista seinämäpinta-alaa, ja toinen käyttämällä nelinkertaista louhostäyttöjen pinta-alaa. Suuremman seinämäpinta-alan käyttäminen tarkastelussa lisäsi nikkeli- ja kobolttipitoisuuksia 5–25-kertaisiksi. Suuremman louhostäytön aiheuttama pitoisuusmuutos veden laadussa oli pienempi, mutta koski useita aineita. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.5.4 Vesivarastoaltaan vesi

Vesijakeiden suhteet vaihtelevat vesitaseen tarkastelutilanteiden välillä. Vesijakeiden suhteiden vaihteluvälistä johtuen myös vesivarastoaltaan veden laatuarviot vaihtelevat. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-11) on esitetty vesivarastoaltaan osalta eri vaihtoehtojen alustavat veden laatuarviot todennäköisenä vaihteluvälinä. Vesivarastoaltaalta vesi palautetaan osittain prosessiin ja osittain vesi johdetaan vedenkäsittelyyn ja sen jälkeen edelleen Kitiseen. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Purettavan ylijäämäveden aiheuttama muutos Kitisen vedenlaatuun on mallinnettu ja raportoitu arvioiduilla maksimivesimäärillä ja -pitoisuuksilla erillisessä vesistömallinnusraportissa (AFRY Finland Oy 2023d) ja esitetty yhteenvetona luvussa 17. Kitiseen johtavan puhdistetun ylijäämäveden laatutiedot on puolestaan esitetty luvussa 4.6.1.

Taulukko 4-11 Vesivarastoaltaan veden laadun todennäköinen vaihteluväli eri vesitaseen tarkastelutilanteissa (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Tarkastelutilanne		1		2		3		4	
Parametri	Yksikkö	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alumiini	mg/l	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04
Antimoni	mg/l	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,004	0,001	0,004
Arseeni	mg/l	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,00005	0,0004	0,0000	0,0004
Elohopea	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002
Fosfori	mg/l	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3
Kadmium	mg/l	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,00005	0,0001	0,0001	0,0001
Kalium	mg/l	59	110	54	99	59	244	55	226
Kalsium	mg/l	91	283	87	264	102	222	98	212
Kloridi	mg/l	304	445	286	410	275	356	264	336
Koboltti	mg/l	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,004	0,002	0,003
Kromi	mg/l	0,001	0,003	0,001	0,003	0,000	0,003	0,0004	0,003
Kupari	mg/l	0,002	0,005	0,002	0,005	0,001	0,004	0,001	0,004
Lyijy	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00004	0,0001	0,00005	0,0001
Magnesium	mg/l	69	135	64	122	120	174	112	162

Tarkastelu-tilanne		1		2		3		4	
Parametri	Yksikkö	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Mangaani	mg/l	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Natrium	mg/l	179	240	163	223	207	263	194	249
Nikkeli	mg/l	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
Rauta	mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Sinkki	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sulfaatti	mg/l	303	766	274	702	305	1 252	283	1 168
Typpi	mg/l	9	22	9	21	9	17	9	16

4.5.5 Kemikaalijäämät

Prosessivesi sisältää kemikaalijäämiä käytetyistä rikastuskemikaaleista. Mahdollisia kemikaalijäämiä ovat ksantaattijäämät natriumetyyliksantaatti SEX, natriumisobutyyliksantaatti SIBX, sekä tionokarbamaatti- ja merkaptobentosidiatsolijäämät. Rikastamon normaaliin toimintaan kuuluu, että prosessiveden jäännöskemikaalipitoisuuksia mitataan tuotannon aikana niiltä osin, kuin soveltuvia mittausmenetelmiä on olemassa. Useille vaahdotuskemikaaleille ei kuitenkaan ole pienten pitoisuuksien mittaamiseen käyttökelpoisia menetelmiä. Sovellettavuuden rajoitukset johtuvat analyysitarkkuudesta, sillä useimmat menetelmät soveltuvat milligrammoissa esiintyville pitoisuuksille. Muutamien mikrogrammojen tasolle on tiettävästi päästy vain yksittäisissä tutkimuslaitoskokeissa. Tästä syystä myös referenssitietoa muilta kaivoksilta on olemassa vain vähän, ja kemikaalipäästöjen hallinta perustuukin tyypillisesti prosessin valvontaan ja hallintaan. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Sakatin rikastuskokeiden prosessivesien kemikaalijäämiä on mitattu Itä-Suomen yliopiston suorittamalla NMR-analytiikalla (Moilanen & Vepsäläinen 2020). Mitatut kemikaalit ovat natriumetyyliksantaatti, kaliumamyyliksantaatti ja tionokarbamaatti. NMR-analyysissä ei löydetty kaliumamyyliksantaattia, mutta sen hajoamistuotteena esiintyvää amyylialkoholia esiintyi rikastushiekasta irtoavassa vedessä. Analysoiduista rikastushiekasta erottuvan prosessiveden jäännöskemikaalianalyyseistä on johdettu arviot vesivarastoaltaalta joko prosessiin tai lähtevän veden käsittelyyn johdettavalle vedelle. On kuitenkin huomioitava, että pienten pitoisuuksien hajoamisesta on tietoa saatavilla hyvin vä-hän ja siksi laskenta päättyy kemikaalipitoisuuden puoliintumiseen. Viipymät yksistään vesivarastoaltaalla ovat kuitenkin monikertaisia kemikaalien puoliintumisaikoihin nähden ja mahdollistavat siis kemikaalien hajoamisen puoliintumista paljon pidemmälle. Tästä syystä arvioidut pitoisuudet ovat yliarvioita. Lämpötilan vaikutus kemikaalien hajoamiseen huomioitiin saatavilla olevan tiedon rajoissa. Alustavassa tarkastelussa käytettiin natriumetyyliksantaatille kylmäpuoliintumisaikaa talvikuukausille. Vesivarastoaltaalla arvioidut viipymäajat ylittävät puoliintumisajat talvikuukausina eri tarkastelutilanteissa 2–6-kertaisesti kun taas kesäkuukausina ne ylittyivät 8–15-kertaisesti. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Edellä mainitusta syistä, referenssitiedon puutteellisuudesta ja laboratoriokokeista tehtyjen analyysien ja niiden tulkinnan epävarmuudesta johtuen, Sakatin purkuvesien jäännöskemikaalipitoisuuksien arviointi on hankalaa. Natriumetyyliksantaatin puoliintuneet pitoisuudet olisivat vesivarastoaltaalla kaivoksen sisäisen kierron vedelle eri tarkastelutilanteissa ja eri kuukausina 0,01–0,4 mg/l. Vastaavat laskennalliset pitoisuudet tionokarbamaatille ovat 0,04–1,0 mg/l. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Lopullisia purettavien ylijäämävesien tai vastaanottavan vesistön jäännöskemikaalipitoisuuksia ei ole mahdollista laskea tarkasti. Alustava arvio maksimisuuruusluokasta on kuitenkin määritetty keskiarvoisilla vesivarastoaltaan puoliintuneilla pitoisuuksilla, vesitaseen mukaisilla purettavan ylijäämäveden määrillä ja Kitisen keskiarvovirtaamilla Vajukosken mittauspisteeltä. Arvioidaan, että Kitisessä natriumetyyliksantaatin, tionokarbamaatin ja amyylialkoholin pitoisuudet tulevat olemaan suuruusluokaltaan alle mikrogramman (µg/l). (AFRY Finland Oy 2023a.)

Koska kemikaalijäämien osalta erityinen huoli liittyy ksantaatteihin ja niiden jäännöspitoisuuksiin vesistöön päätyvässä vedessä, hankkeessa on päätetty sitoutua jäännösksantaattien hajottamiseen prosessinomaisesti ennen veden purkamista vesistöön. Jäännösksantaattien hajottamisen menetelmän kehittäminen tuotannolliseen mittakaavaan tulee edellyttämään tutkimusta tiedeyhteisöjen kanssa. Hyvät edellytykset jäännösksantaattien hajottamiselle ovat olemassa erityisesti rikastushiekan kuivaläjitysvaihtoehdossa, jossa prosessin sisäinen vedenkierrätysaste on jo muutenkin märkäläjitysvaihtoehtoa korkeampi ja rikastushiekka-alueen tiiviskalvon yläpuolelta kerättävä suotovesi voidaan palauttaa takaisin rikastamolle vesivarastoaltaan sijaan. (AFRY Finland Oy 2023a.)

4.5.6 Pintamaan sijoitusalueiden suotovesien laatu

Alueen maaperän ominaisuuksien perusteella on arvioitu, että pintamaan sijoitusalueelta suotovesiin liukenevien haitta-aineiden pitoisuudet ovat pieniä eikä happamien suotovesien syntyminen ole todennäköistä. Haitallisten alkuaineiden liukenemista tapahtuu jossain määrin kuten luonnonmaaperässäkin. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Läjitettävä maa-aines on pääosin kohtalaisesti vettä johtavaa hiekkaa, soraa ja moreenia. Osa sijoitusalueelle tulevasta sadannasta suotautuu läjitykseen ja osa muodostaa pintavaluntaa. Haihdunnan osuus pintamaan sijoitusalueella on toiminnan aikana vähäinen kasvillisuuden puuttuessa. Maaperään ja pohjaveteen suotautuvan veden määrä on arviolta 10–30 % sadannasta. Irtonaisesta maa-aineksesta voi voimakkaiden sateiden vaikutuksesta ja sulamiskaudella huuhtoutua kiintoainesta reunaojiin. Pintamaan sijoitusalueen vedet kerätään ympärysojien avulla. Pintamaan sijoitusalueen pohjaveden muodostumisessa tai virtauksessa ei kaivoksen toiminta-aikana arvioida tapahtuvan merkittäviä muutoksia nykytilaan verrattuna. Sulkemisen jälkeen pintamaan sijoitusalueita ei enää ole. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.5.7 Sivukivialueiden suotovesien laatu

Veden määrä- ja laatuarviot (*source term*-arviot) sivukivien sijoitusalueille on laatinut SRK Consulting Ltd. (2019a). Vesilaatuarviot on tuotettu päävaihtoehdon VE1 mittasuhteilla, mutta myös hankevaihtoehdoissa VE2 ja VE3 oletetaan läjitysten dimensiot ja olosuhteet vaihtoehdon VE1 kaltaisiksi. Alavaihtoehtojen a ja b välillä ei ole merkittäviä eroja sivukiven suotovesien laatuun vaikuttavissa tekijöissä, minkä vuoksi niitä ei ole erikseen arvioitu. Eri vinotunnelivaihtoehdoissa kivilajien määräsuhteet vaihtelevat jonkin verran, mutta eivät riittävästi vaikuttaakseen eri aineiden pitoisuuksien suuruusluokkaan suotovesien laatumalleissa. Päävaihtoehdossa VE1 sivukiven määrä on myös suurimmillaan. Vesilaadut on lisäksi tasapainomallinnettu PHREEQC mallinnusohjelman avulla. (AFRY Finland Oy 2023b.) Sivukivialueiden suotovesien laadut esitetään alla (Taulukko 4-12). Sivukivialueita ei ole kaivoksen sulkemisen jälkeen, joten sulkemisen jälkeisiä suotovesilaatuja ei ole arvioitu.

Sivukivialueiden suoto- ja valumavesissä, erityisesti korkearikkisen sivukiven läjitysalueen kohdalla, on korkeita pitoisuuksia metalleja, kuten nikkeliä. Lisäksi vesissä esiintyy räjähdysaineista peräisin olevaa typpeä. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Taulukko 4-12 Väliaikaisten sivukivialueiden vesilaadut tuotannon aikana (Lähde: SRK Consulting Ltd. 2019a).

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen sivukivialue	Korkearikkinen sivukivialue
Alumiini	mg/l	0,003	0,003
Antimoni	mg/l	0,004	0,002
Arseeni	mg/l	0,0004	<0,001
Elohopea	mg/l	0,00007	0,00005
Fosfori	mg/l	0,071	0,052
Kadmium	mg/l	0,0005	0,0004
Kalium	mg/l	79	14
Kalsium	mg/l	61	80
Kloori	mg/l	110	24
Koboltti	mg/l	0,003	0,085
Kromi	mg/l	0,007	0,005
Kupari	mg/l	0,001	0,010
Lyijy	mg/l	<0,001	0,001
Magnesium	mg/l	110	17
Mangaani	mg/l	0,12	0,28
Natrium	mg/l	160	200
Nikkeli	mg/l	0,052	5,3
Rauta	mg/l	0,001	0,001
Sinkki	mg/l	0,015	0,011
Sulfaatti	mg/l	190	120
Typpi	mg/l	20	14

4.5.8 Tarvekivilouhoksen vedet

Tarvekivilouhoksen vedessä pääasiallisena vesikiertoon vaikuttavana kuormittajana on räjähdysaineista peräisin oleva typpi. (AFRY Finland Oy 2023a.) Tässä luvussa käsitellään tarvekivilouhoksen kuivanapitoveden sekä louhokseen sulkemisen jälkeen muodostuvan louhosjärven veden laatua. Tarvekivilouhoksen veden laadun arviointimenetelmä on kuvattu liitteessä 11 (AFRY Finland Oy 2023b). Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-13) esitetään tarvekivilouhoksen veden laatuarviot sekä tasapainotilassa olevan louhosjärven veden laadut mallinnusraportin (AFRY Finland Oy 2022b) mukaan.

Toiminnan aikaisen louhoksen kuivanapitoveden laatuarvio on tehty skenaariolle, jossa louhos on suurimmillaan ja louhinta maksimaalinen vuosilouhinta. Vedenlaatumallissa vuosilouhinta vaikuttaa lähinnä vain typen määrään vedessä (räjähteiden käytön seurauksena), minkä takia on haluttu tarkastella tilannetta, jossa kaikki tekijät ovat suurimmillaan. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Tarvekivilouhoksen täytyttyä alkaa laimenemiskehitys ja veden koostumus tasaantuu pitkän aikavälin tasolle, jolloin veden laatuun vaikuttavat enenevästi sadeveden ja pohjaveden ominaisuudet louhosseinämävaikutuksen vastaavasti vähentyessä. Kasvavan sadeveden vaikutuksen myötä esimerkiksi alkaliniteetti ja suolaisuus laskevat. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-13 Tarvekivilouhoksen kuivanapitoveden laatu tuotantovaiheessa, sekä sulkemisen jälkeen muodostuvan louhosjärven veden laatu. Louhosjärvi on tarkasteltu kokonaan sekoittuneena (mahdollista painovoimaista suolaisuuskerrostumista ei huomioitu). Kursiivilla merkittyjen alkuaineiden osalta pitoisuudet alittivat määritysrajan louhosseinissä, syötteeseen pitoisuudeksi arvioitiin 50 % määritysrajasta. (Lähde: AFRY Finland Oy 2022b.)

Parametri	Yksikkö	Toimintavaiheen kuivanapitovesi (+0,6°C)	Stabiili louhosjärvi (+0,6°C)
pH		8,0	8,3
Alkaliteetti ($CaCO_3$)	mg/l	145	68
Hopea	mg/l	*0,003*	*0,001*
Alumiini	mg/l	*0,18*	*0,07*
*Arseeni***	mg/l	*<0,0001*	*<0,0001*
Boori	mg/l	0,013	0,006
Barium	mg/l	0,15	0,06
Beryllium	mg/l	*<0,0001*	*<0,0001*
Kalsium	mg/l	58	23
*Kadmium***	mg/l	*<0,0001*	*<0,0001*
Kloori	mg/l	18	8,1
Koboltti	mg/l	0,0002	0,0001
Kromi**	mg/l	<0,0001	<0,0001
Kupari**	mg/l	<0,0001	<0,0001
Rauta*	mg/l	0	0
Elohopea**	mg/l	0	0
Kalium	mg/l	9,3	3,6
Magnesium	mg/l	7,9	3,3
Mangaani	mg/l	0,05	0,013
Molybdeeni	mg/l	0,008	0,003
Kokonaistyppi	mg/l	12,5	0,2
Natrium	mg/l	13	5,9
Nikkeli	mg/l	0,0003	<0,0001
Fosfori	mg/l	*0,0057*	*0,0017*
*Lyijy***	mg/l	*<0,0001*	*<0,0001*
Antimoni	mg/l	*0,0005*	*0,0002*
Seleeni	mg/l	0,0015	0,0006
Tina	mg/l	*0,0001*	*<0,0001*
Sulfaatti	mg/l	32	13
Strontium	mg/l	0,11	0,05
Titaani	mg/l	0,019	0,007
Torium	mg/l	*0,002*	*0,0006*
Uraani	mg/l	*0,0003*	*0,0001*
Vanadiini	mg/l	0,01	0,005
Volframi	mg/l	0,0015	0,0005
Sinkki	mg/l	0,0007	0,0002
Ammonium	mg/l	5,8	0,07
Nitraattityppi	mg/l	6,7	0,11
Bikarbonaatti	mg/l	176	83
TDS, liukoisen kiintoaineen kokonaismäärä	mg/l	364	136

** Rauta saostuu ferrihydriittinä geokemiallisessa tasapainomallissa olosuhteiden ollessa sille otolliset (kuten tässä tapauksessa) ja poistaa vedestä hyvin tehokkaasti useita raskasmetalleja (**).*

Tarvekivilouhoksen seinämistä hapettumisen myötä vapautuvista aineista merkittävin on kupari, mutta myös nikkeliä vapautuu jossain määrin. Saostuminen ja kerasaostuminen vaikuttavat merkittävästi veden laatuun. Ilman louhosvedessä tapahtuvien reaktioiden huomioimista teoreettinen kuparipitoisuus olisi louhoksesta pumpattavassa kuivanapitovedessä 0,05 mg/l louhoksen ollessa laajimmillaan. Louhoksen kuivanapitoveden pH on kuitenkin suhteellisen korkea (~8) ja kuparia poistuu vedestä luontaisesti mm. adsorption ja kerasaostumisen (ferrihydriitti) myötä. Kuparin määrä on tasapainomallinnetussa veden laadussa alle yksi mikrogramma. Ilman tasapainoreaktioita nikkeliä olisi kuivanapitovedessä enimmillään 0,01 mg/l, mutta mm. adsorption ja kerasaostumisen vaikutuksesta <0,001 mg/l. Tarvekivilouhoksen geokemiallisessa mallissa reaktiivisen massan määrä on arvioitu varovaisuusperiaatetta noudattaen varsin suureksi ja mallia voidaan siksi pitää konservatiivisena. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.5.9 Ainetaseen herkkyystarkastelu

Ainetasemalli on luonnollisesti herkkä malliin syötettävien vesien laatuarvioille. Erityisesti maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesi, joka muodostaa suurimman yksittäisen vesimäärän mallissa, vaikuttaa suoraan vesivarastoaltaan veden laatuun ja sitä kautta vesistöön kohdistuvaan kuormitukseen. Maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden laadun vaihtelua on arvioitu seuraavin herkkyystarkasteluin: kaivosseinämän reaktiivisen pinta-alan herkkyystarkastelu ja louhostäytön reaktiivisen pinta-alan herkkyystarkastelu (Stantec Consulting Ltd. 2023). Herkkyystarkastelut on laadittu 80 % tiivistysskenaarion mukaisille kaivokseen tulevan pohjaveden määrille (tarkastelutilanteet 1 ja 3) (Itasca Denver Inc. 2023). 65 % tiivistysskenaarion mukaiset kaivokseen tulevat pohjaveden määrät eroavat vain hieman 80 % tiivistysskenaarion mukaisista pohjavesimääristä, joten tulosten on arvioitu kuvaavan riittävästi molempia pohjaveden virtausmallinnuksen skenaarioita (Stantec Consulting Ltd 2023). Maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden laatumallin herkkyystarkastelujen tulokset poikkeavat tässä mallinnuksessa käytetystä vesilaatuarviosta erityisesti sulfaatin, nikkelin ja fosforin osalta. (AFRY Finland Oy 2023a.) Herkkyystarkastelun tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 10. Herkkyystarkastelulla mallinnetut vesilaadun mahdolliset pitoisuudet ja muutossuunnat on huomioitu hankkeen vesienkäsittelysuunnitelmissa nikkelin ja fosforin osalta. (AFRY Finland Oy 2023a.)

4.6 Soveltuvat vesienkäsittelymenetelmät

Vesivarastoaltaalta Kitiseen purettava vesi käsitellään aktiivisessa vesienkäsittelyprosessissa ennen johtamista pois kaivosalueelta. Vesivarastoaltaan veden pitoisuus- ja kuormitusarvioiden mukaan typen poistoon tulee varautua riippumatta vesitase- ja kuormitusskenaariosta. Lisäksi metallien saostukseen varaudutaan. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Typpeä esiintyy miltei kaikissa kaivostoimintojen vaikuttamissa vesissä. Typpi on peräisin räjähdysainejäämistä. Räjähdysaineiden valinnalla ja huolellisella käsittelyllä pyritään mahdollisimman pieneen typpikuormaan. Vesivarastoaltaan arvioidut typpipitoisuudet vaihtelevat kuitenkin suuresti ja nousevat korkeiksi kaikissa vesi- ja ainetaseen tarkastelutilanteissa. Hankkeessa on varauduttu typenpoistolaitoksen rakentamiseen. Tavoitteena on, että lähtevässä vedessä typen kokonaispitoisuus saadaan pidettyä tasolla <14 mg/l. Koska typpi on valtaosin peräisin kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitovesistä, erillinen typenpoisto voidaan järjestää tarvittaessa vain näille

vesijakeille. Erityisen paljon typpikuormitusta saadaan leikattua kohdistamalla käsittely kaivoksen tason -420 metrin alapuolisten kuivanapitovesien käsittelyyn. Typenpoistossa lähtökohtainen käsittelymenetelmä on biologinen kantoaineprosessi. Käytännössä kylmillä vesillä kokonaistypen poistotehokkuuden tavoitearvo on noin 70–75 %. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Metallien pitoisuudet ovat maltillisia, mutta esimerkiksi nikkelipitoisuudet voivat nousta kaivoksen kuivanapitovesissä. Hankkeessa varaudutaan tästä syystä myös kaivokselta purettavan ylijäämäveden käsittelyyn metallien hydroksidisaostusprosessilla. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Fosforin merkittävin lähde on prosessissa käytettävissä kokoojakemikaaleissa. Fosforia on prosessivedessä ja sitä päätyy myös rikastushiekkaan. Fosforia vapautuu rikastushiekasta sekä kuiva- että märkäläjitysvaihtoehdoissa. Fosforipitoisuudet ja -kuormitukset ovat märkäläjitysvaihtoehdoissa hieman kuivaläjitysvaihtoehtoja korkeampia. Lisäksi fosforia voi vapautua kaivostäytöstä ja päätyä kaivoksen kuivanapitovesiin. Hankkeen jatkosuunnitteluvaiheissa pyritään löytämään sellaiset rikastuskemikaalit, jotka eivät aiheuttaisi fosforipitoisuuden nousua. Lisäksi kalkkisaostuksen yhteydessä kiintoaineen erotukseen käytettävä koagulantti saostaa fosforia. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Edellä mainittujen lisäksi prosessivesi vaatii erillistä käsittelyä. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi rikastushiekan suodatuksen suodosveden erilliskäsittelyä tai prosessin sisäisen kierron vedenkäsittelyä. Prosessivedet sisältävät sellaisenaan prosessikemikaalien jäämiä, ja valittava käsittelyprosessi vaihtelee käsiteltävän veden laadun mukaan. Lisäksi esimerkiksi sulfaatinpoisto voi tulla kyseeseen prosessivaihtoehdossa 1. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Sulfaattipitoisuudet ovat merkittävimpiä rikastushiekan suotovesissä ja kaivoksen kuivanapitovesissä. Prosessivaihtoehdossa 1 rikastamo on yksi sulfaattilähde pH:n säätökemikaalin seurauksena. Sulfaattipitoisuudet ja -kuormat ennustetaan kuitenkin sikseen maltillisiksi, ettei erilliseen sulfaatinpoistoprosessiin tässä vaiheessa varauduta. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Metallien saostuksessa muodostuvan sakan mahdollisia käsittelyvaihtoehtoja ovat sakan läjitys kaivosalueella, hyödyntäminen kaivostäytössä pastan raaka-aineena, yhdistäminen rikasteeseen tai sakan käsittelyn hankinta ostopalveluna vaarallisen jätteen loppusijoituslaitokselta. Typenpoistoprosessissa muodostuu orgaanista lietettä, joka käsitellään ja hallitaan kaivosalueella. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Seuraavassa on kuvattu yleispiirteisesti saostusprosessi, jonka perusteella on laskettu myös käytettävien vedenkäsittelykemikaalien määrät. Muut kyseeseen tulevat eri vedenkäsittelyprosessit (kalvoerotusmenetelmät, adsorptio, ioninvaihto, typenpoisto sekä ksantaattien hajottaminen) on kuvattu liitteen 10 vesitaseraportissa.

Saostus

Yleisin kaivoksilla käytettävä aktiivinen vesienpuhdistusmenetelmä on hydroksidi- ja/tai karbonaattisaostus kalsiumoksidilla, kalsiumhydroksidilla, kalsiumkarbonaatilla tai vaihtoehtoisesti natriumhydroksidilla. Saostuksessa nostetaan veden pH-arvoa, jolloin metallien ja sulfaatin liukoisuus veteen pienenee ja haitta-aineet muodostavat hydroksidi- tai karbonaattisakkaa. Hydroksidisaostuksella voidaan poistaa myös sulfaattia tasolle 1,5–2 g/l, jos vedessä ei ole suuria määriä

sulfaattipitoisuutta koholla pitäviä kationeja ja jos prosessin viipymäaika on riittävä. Saostustehokkuutta voidaan parantaa High Density Sludge (HDS) -prosessilla, jossa kierrätetään sakkaa takaisin käsiteltävään vesijakeeseen. Kierrätettävä sakka toimii kiteytymisytimenä, jonka ympärille uusi saostuma voi helposti muodostua. Hydroksidi- ja karbonaattisaostusta ei voida kuitenkaan käyttää kloridien ja typpiyhdisteiden poistossa. (Brown ym. 2002, Kauppila ym. 2011, Tolonen ym. 2016 ja INAP 2019; toissijainen viittaus AFRY Finland Oy 2023a)

Saostuksessa muodostunut liete erotetaan vedestä ennen veden johtamista ympäristöön tai muualle prosessiin. Perinteisin menetelmä on laskeuttaa kiintoaine altaassa, mikä vaatii kohtuullisen suuria laskeutuspinta-aloja. Prosessia voidaan kuitenkin tehostaa koagulanttien ja/tai flokkulanttien käytöllä, jolloin laskeutettavien partikkeleiden koko kasvaa ja laskeutuminen nopeutuu. Selkeytyksen vaatimaa pinta-alaa voidaan pienentää myös käyttämällä lamelliselkeyttimiä. (Metcalf & Eddy Inc. 2003, Kauppila ym. 2011; toissijainen viittaus AFRY Finland Oy 2023a)

Veolian patentoimassa Actiflo®-menetelmässä kiintoaineen laskeutusta lamelliselkeyttimessä on tehostettu mikrohiekalla. Mikrohiekka-avusteisessa selkeytyksessä mikrohiekka toimii flokinmuodostuksessa siemenkiteenä, jonka ympärille flokki muodostuu. Mikrohiekka voidaan regeneroida lietteestä ja käyttää uudelleen prosessissa. Lisäksi Actiflo®-prosessi on modulaarinen, jolloin vedenkäsittelyn kapasiteettia voidaan nostaa vaiheittain lisäämällä yksiköiden määrää. (Veolia Water Technologies 2022; toissijainen viittaus AFRY Finland Oy 2023a)

Ettringiittisaostus

Ettringiittisaostus on monivaiheinen saostusprosessi, jolla voidaan saavuttaa hydroksidisaostusta matalampi, jopa alle 250 mg/l jäännössulfaattipitoisuus. Ettringiittisaostuksesta on olemassa erilaisia patentoituja versioita. Yhdessä vaihtoehdossa sulfaattia ja metalleja saostetaan aluksi kalkilla noin pH:ssa 9, mikä vähentää toisessa vaiheessa käytettävän alumiinikemikaalin kulutusta. Prosessin toisessa vaiheessa sulfaatti saostuu pH:ssa 12 ettringiittinä ($Ca_6Al_2(SO_4)^3(OH)12•26H_2O$) kun kalkkia ja alumiinisuolaa on vedessä stoikiometrisessä suhteessa Ca:Al:SO_4 6:2:3. Viimeisessä vaiheessa veteen lisätään hiilidioksidia veden pH:n säätämiseksi. (Tolonen ym. 2016; toissijainen viittaus AFRY Finland Oy 2023a)

Ettringiittisaostus on kalliimpi menetelmä verrattuna hydroksidisaostukseen johtuen menetelmän monivaiheisuudesta ja alumiinin käytöstä. Lisäksi lietteenmuodostus on runsasta, kun prosessissa muodostuu kipsi- ja hydroksidisakkaa sekä ettringiittiä. (Tolonen ym. 2016.) Alumiini voidaan regeneroida ja kierrättää ettringiittiprosessissa rikkihapon tai muiden soveltuvien kemikaalien avulla. (AFRY Finland Oy 2023a.)

4.6.1 Käsitellyn veden pitoisuudet ja vesistöön kohdistuvat kuormitukset

Käsitellyn ylijäämäveden mukana Kitiseen kohdistuva vuosikuormitus eri vesitaseen tarkastelutilanteissa on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-14). Koska ainetasemallin vesilaatusyötteet kuvaavat ilmastollisesti keskimääräisen vuoden tilannetta, myös taulukossa esitetyt kuormitukset kuvaavat ilmastollisesti keskimääräistä vuotta. Kuormatasemallin syötteet on muodostettu geokemiallisten mallien tuloksena (AFRY Finland Oy 2023a.)

Taulukko 4-14 Vesistöön kohdistuvan vuosikuormituksen arvioitu vaihteluväli ylä- ja alarajoina (puhdistettu vesi) (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Tarkastelutilanne		1		2		3		4	
Parametri	Yksikkö	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alumiini	kg/v	45	48	68	71	39	50	59	70
Antimoni	kg/v	1,5	3,4	1,7	3,6	2,1	6,3	2,2	6,6
Arseeni	kg/v	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,7	0,1	0,7
Elohopea	kg/v	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3
Fosfori	kg/v	109	269	112	278	369	484	383	504
Kadmium	kg/v	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1
Kalium	t/v	82	137	86	142	94	370	99	385
Kalsium	t/v	159	363	178	387	188	330	208	354
Kloridi	t/v	474	602	498	627	481	555	510	583
Koboltti	kg/v	2,5	4,7	2,7	4,9	2,3	4,6	2,5	4,8
Kromi	kg/v	0,8	4,4	0,9	4,6	0,7	4,9	0,8	5,2
Kupari	kg/v	3,1	5,9	3,3	6,2	2,6	5,3	2,8	5,7
Lyijy	kg/v	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Magnesium	t/v	98	183	102	188	191	271	200	282
Mangaani	kg/v	154	258	171	277	144	251	161	271
Natrium	t/v	224	300	242	311	308	389	330	406
Nikkeli	kg/v	136	198	140	203	153	231	159	240
Rauta	kg/v	289	290	297	297	241	245	250	254
Sinkki	kg/v	143	180	151	189	120	151	127	161
Sulfaatti	t/v	465	960	490	1 005	521	1 884	552	1 973
Typpi	t/v	5,0	19	6,6	22	7,2	22	8,7	24

Kuormatase on mallinnettu vesitaseen päälle nk. laimenemismallina. Vesialtaissa tapahtuvaa mahdollista kemiallista saostumista ei ole huomioitu. Vesienkäsittelyprosesseja ei ole kuormataseessa mallinnettu varsinaisina prosesseina, vaan käsitellyille komponenteille on asetettu ainoastaan pitoisuusleikkurit. Kuormitusmalli ei siten sisällä vesienkäsittelykemikaalien aiheuttamia kuormituslisiä. (AFRY Finland Oy 2023a.)

4.7 Toiminnassa muodostuvat kaivannaisjätteet

Sakatin kaivoksen toiminnassa syntyy matala- ja korkearikkistä rikastushiekkaa, matala- ja korkearikkistä sivukiveä, pintamaata, selkeytysaltaiden pohjalietettä sekä vesienkäsittelyn sakkaa. Kaivoksen elinkaaren aikana muodostuvien kaivannaisjätteiden sekä poistettavien pintamaiden ja maa-ainesten kokonaismäärät ja vuosittain muodostuvat määrät sekä sijoituspaikka ja mahdollinen hyötykäyttö on esitetty alla (Taulukko 4-15). Sivukiven osalta massamääräarvio perustuu vaihtoehtoon VE1a, jossa laskelmaan sisältyy maanalaiseen kaivokseen johtavien neljän vinotunnelin louhinnasta syntyvät sivukivimassat. Myös vaihtoehdossa VE1b on neljä vinotunnelia, mutta ne ovat pituudeltaan hieman lyhyempiä kuin vaihtoehdon VE1a tunnelit. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b vinotunneleita on vain yksi. Jonkin verran sivukiveä muodostuu myös pystykuiluista.

Muodostuvat kaivannaisjätteet, sekä niiden karakterisointimenetelmät ja -tiedot on kuvattu tarkemmin liitteessä 11 (AFRY Finland Oy 2023b). Tässä luvussa on esitetty yhteenveto keskeisistä liitteessä kuvatuista asioista.

Taulukko 4-15 Sakatin kaivoksen elinkaaren aikana muodostuvat kaivannaisjätemäärät, niiden sijoittaminen ja hyötykäyttö. Tiedot perustuvat tähän asti tehtyihin tutkimuksiin ja suunnitelmiin. Sivukivimäärät perustuvat vaihtoehdon VE1a määriin.

	Muodostuvat määrät		Sijoitus ja hyötykäyttö		
Jätejae	Yhteensä (Mt)	Vuosittain (Mt/v)	Sijoitus	Hyötykäyttökohde	Hyötykäyttöosuus (tavoite) (%)
Sivukivi (matalarikkinen)	5,1	max. 0,3	Erillinen sijoitusalue maan päällä	Rakentaminen	100
Sivukivi (korkearikkinen)	3,7	0,02–0,5	Erillinen sijoitusalue maan päällä, maanalainen kaivos	Kaivostäyttö	100
Rikastushiekka (matalarikkinen)	27,5–31	0,6–1,7	Erillinen sijoitusalue maan päällä, maanalainen kaivos	Pastatäyttö	40
Rikastushiekka (korkearikkinen)	3,6–5,4	0,07–0,5	Erillinen sijoitusalue maan päällä, maanalainen kaivos	Pastatäyttö	90–100
Pintamaat ja muut maa-ainekset	2,2 Mm^3		Erillinen sijoitusalue maan päällä	Maisemointi, rakentaminen, sulkeminen	100

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien kuvaamisen keskeinen tavoite on selvittää, mitkä jätteen ominaisuudet on huomioitava jätteen sijoitusta, läjitystekniikkaa, vesienhallintaa ja jälkihoitoa suunniteltaessa. Karakterisoinnissa selvitetään mineralogisia, kemiallisia, fysikaalisia ja geoteknisiä ominaisuuksia, joilla on merkitystä kaivannaisjätealueiden ympäristövaikutusten hallinnassa, hallinnan suunnittelussa ja vaikutusten ennaltaehkäisyssä. Taulukko 4-16 kokoaa yhteen tutkimukset, jotka on tehty kullekin Sakatin materiaalille.

Taulukko 4-16 Geokemialliset karakterisointimenetelmät matriiseittain. Sulkeissa olevat prosessi- ja dekanttivesianalyysit eivät edusta täysin suljetun kierron rikastuskoetta. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

	Matriisi			
			Rikastushiekat, prosessivaihtoehto	
Menetelmä	Pintamaat	Sivukivet	1	2
Mineraloginen tutkimus		x	x	x
Kuningasvesiuutto	x	x		
Nelihappouutto			x	x
ABA-testi		x	x	x
NAG-testi		x	x	x
NAG-testin loppuliuoksen testaus		x	x	x
1-vaiheinen ravistelutesti			x	
2-vaiheinen ravistelutesti	x	x		x
Kosteuskammiokoe		x	x	x
Monoliitin uuttokoe			x	x
Prosessiveden analyysi			(x)	x
Prosessiveden rikastuskemikaalijäämien analyysi			(x)	x

Menetelmä	Matriisi: Pintamaat	Sivukivet	Rikastushiekat, prosessivaihtoehto 1	Rikastushiekat, prosessivaihtoehto 2
Dekanttiveden analyysi			(x)	x

Sakatin sivukivien ja rikastushiekan karakterisointiin on käytetty useita eri testimenetelmiä (AFRY Finland Oy 2023b):

- **ABA-testin** tarkoituksena on selvittää, voiko kaivannaisjätteestä aiheutua hapanta valumaa. Testillä määritellään sivukiven ja rikastushiekan hapontuotto- (AP) ja neutralointipotentiaali (NP). Menetelmällä mitataan ns. netto-neutralointipotentiaali (NNP) näytteen sisältämien sulfidien hapettumisesta vapautuvan hapon ja sen neutraloitumisen yhteissummana. Neutralointi- ja hapontuottopotentiaalin suhde (NPR) kuvaa neutralointikapasiteetin riittävyyttä hapontuottokykyyn nähden.
- **NAG-testi** tarkoittaa nettohapontuoton testausta ja se tehdään yleensä ABA-testin rinnakkaismenetelmänä osana kaivannaisjätteen vedenlaaturiskien arviointia. NAG-testin tuloksena saatavat NAG-pH ja nettohapontuottopotentiaali eli NAG-arvo toimivat riskien tunnistamisen työkaluna ja antavat viitteellistä tietoa kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttäytymisestä. NAG-testin yhteydessä voidaan määrittää NAG-uutteen alkuainepitoisuudet, jonka avulla saadaan teoreettinen tieto siitä, kuinka suuri osuus yksittäisen alkuaineen kokonaispitoisuudesta voi pitkällä aikavälillä liueta sulfidien hapettumisen seurauksena.
- **Kaksivaiheinen ravistelutesti** koostuu kahdesta peräkkäisestä uutosta, joista ensimmäinen tehdään L/S-suhteella (nesteen ja kiinteän aineksen suhde) 2:1 ja toinen L/S-suhteella 8:1. Joillekin materiaaleille on tehty **yksivaiheinen ravistelutesti** suoraan uuttosuhteessa L/S 10. Ravistelutestillä saadaan selville, mitä aineita näytteestä voi vapautua ilman hapettumisreaktioiden vaikutusta. Testi voi siis antaa kuvan siitä, mitä aineita suotovesissä voi esiintyä jo lyhyellä aikavälillä. Tulosten tulkinnassa on huomioitava, ettei ravistelutestillä ole virallista asemaa kaivannaisjätteiden luokittelussa ja että esitetyt raja-arvovertailut ovat vain viitteellisiä. Ravistelutestin avulla ei voi myöskään kuvata kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttäytymistä, sillä tulokset kuvaavat vain tuoretta kaivannaisjätettä eikä ravistelutestin kiintoaine-vesikontaktisuhde (L/S 10) vastaa luonnonolosuhteita. Tulokset eivät siis kuvaa esimerkiksi suotoveden laatua lyhyellä tai pitkällä aikavälillä.
- Kuningasvedellä pyritään uuttamaan muut kuin vaikeasti silikaattimineraaleihin sitoutuneet metallit. **Kuningasvesiuutto** on kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukainen vaatimus.
- Kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa on käytetty myös **nelihappouuttoa**, joka on hajotusmenetelmänä kuningasvesiuuttoa tehokkaampi ja voi tuottaa kuningasvesiuuttoa suurempia pitoisuuksia.
- **Kosteuskammiokoe** on ensisijainen testimenetelmä silloin, kun tarvitaan tietoa sulfidimineraalien hapettumisesta ja hapettumistuotteista pitkällä aikavälillä. Kosteuskammiokoe on kuitenkin hyödyllinen myös ei-happoatuottavien kaivannaisjätteiden tarkastelussa, kun tuotetaan lähtötietoa suotovesien laadun arviointiin. Erityisen tärkeä kosteuskammiokokeesta saatava tulos on neutralointikapasiteetin ja hapontuottokapasiteetin ajallinen suhde. Suoraan tulokset eivät kuitenkaan kuvaa suotovedenlaatua, sillä lämpötila tai veden ja kiintoaineen kontaktisuhde eivät vastaa toisiaan todellisella rikastushiekan läjitysalueella ja laboratoriossa.

- **Monoliitin uuttokokeessa** rikastushiekasta ja sideaineista (sementti + kuona) valmistettua louhostilojen pastatäyttöä edustavaa kappaletta uutetaan vedellä L/S-suhteella 5:1. Huuhtelunäytteet otetaan tietyin aikavälein. Kokeen avulla saadaan tietoa siitä, miten tutkittavasta materiaalista vapautuu aineita materiaalin joutuessa kosketuksiin veden kanssa. Tulosten pohjalta voidaan arvioida, miten kaivostäytöistä voi liueta metalleja ja muita aineita ja miten ne vaikuttavat maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden laatuun.
- Kaivannaisjätteiden ja malmin **mineraloginen analyysi** voidaan suorittaa sekä laadullisin että määrällisin menetelmin. Laadullisilla menetelmillä, kuten XRD:llä (röntgendiffraktometria), saadaan tietoa tutkittavan aineksen rakenteesta ja mineraalikoostumuksesta. Määrällisillä menetelmillä, kuten SEM:llä (pyyhkäisyelektronimikroskopia), voidaan tutkia mineraalien määräsuhteita. Mineraalien kemiallisia koostumuksia on määritetty energiadispersiivistä spektrometriaa (EDS/EDX) ja aallonpituusdispersiivistä spektrometriaa (WDS/electron microprobe) käyttämällä.
- **Kuitumineraalien määritys** kaivostoiminnassa käsiteltävän kiviaineksen osalta tulee tehdä, jotta voidaan arvioida, onko työntekijällä vaara altistua asbestipölylle. Kaivannaisjätteisiin päätyvillä kuitumineraaleilla voi myös olla merkitystä ympäristölle. Mentelminä on käytetty röntgendiffraktiota ja mikroskopiaa.
- Kaivannaisjätteen **fysikaalisista tutkimusmenetelmistä** keskeisimpiä ovat raekokoanalyysit. Raekokoanalyysejä on suoritettu rikastushiekalle ja maaperänäytteille kuivaseulontana, pesuseulontana ja hydrometrianalyysinä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.7.1 Sivukivet

Kaivoksen louhinnassa muodostuva sivukivi on jaoteltu kahteen ryhmään; korkearikkiseen ja matalarikkiseen sivukiveen. Muodostuvan sivukiven määrä on korkeimmillaan rakentamisvaiheessa, jolloin louhitaan vinotunneli sekä tiloja maanalaiseen kaivokseen. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu muodostuvien sivukivien mineralogisia ja geokemiallisia ominaisuuksia. Sivukivien hyötykäyttöä ja läjittämistä on käsitelty luvussa 4.7.7.

Kivilajikoostumus ja mineralogia

Sakatin pääsivukivilajit ovat emäksiset syväkivet, joita kutsutaan yhteisnimellä peridotiitti, ja emäksiset vulkaniitit, joista käytetään yhteisnimeä afaniitti. Nämä kivilajit ovat myös malmin pääisäntäkiviä, joten Sakatin malmin ja sivukiven mineralogia on harmemineraalien osalta keskenään hyvin samanlainen, malmissa sulfidimineraalien ja arvometallien pitoisuudet ovat kuitenkin suurempia kuin sivukivissä. (AFRY Finland Oy 2023b.) Pääsivukivilajien ohella sivukivilajeina esiintyy breksiaa, duniittia, jalkapuolen mafisia kivilajeja, gabroa, kattopuolen vulkanoklastisia kivilajeja, mafisen sarjan kivilajeja, serpentiniittiä ja vähäisessä määrin massiivisulfidia (SRK Consulting Ltd. 2017; toissijainen viittaus AFRY Finland Oy 2023b)

Sakatin esiintymän ja vinotunnelilinjojen kivilajit on jaettu mafisten mineraalien määrän mukaan seuraavasti (AA Sakatti Mining Oy 2021; toissijainen viittaus AFRY Finland Oy 2023b):

- Ultramafiset kivet, joissa tummien mineraalien määrä on yli 90 % ja MgO pitoisuus on korkea, yli 20 % (duniitti, peridotiitti, jalkapuolen mafiset vulkaniitit)

- Mafiset kivet, joissa tummien mineraalien määrä on korkea (40–90 %). Kivissä ei ole kvartsia eikä kalimaasälpää. MgO pitoisuus on melko korkea, 10–20 % (afaniitti, gabro, mafinen sarja)
- Leukokraattiset (vaaleat) kvartsipitoiset kivet ja sedimenttikivet, joissa tummien mineraalien osuus <40 % (metasedimentit, breksia, kattopuolen vulkanoklastiset, kvartsiitit)

Tyypillisiä mineraaleja ultramafisissa kivilajeissa ovat mm. serpentiini, oliviini ja kloriitti. Mafisissa kivissä näiden lisäksi esiintyy plagioklaasia, klinopyrokseenia, dolomiittia, kvartsia ja turmaliinia. Vaaleammissa kivissä ei ole mafisten ja ultramafisten kivien pääamineraaleja. Vaaleampien kivien pääamineraaleina on mm. plagioklaasia, albiittia, kvartsia, biotiittia, muskoviittia, talkkia sekä karbonaatteja. (AFRY Finland Oy 2023b.) Keskeiset mineralogiset ominaisuudet kivilajeittain on esitetty liitteessä 11.

Sakatin kivinäytteissä kupari esiintyy pääsääntöisesti kuparikiisussa, mutta harvinaisempina kuparimineraaleina tavataan hivenmäärinä myös borniittia, cubaniittia ja valleriittia. Tärkein nikkelimineraali on pentlandiitti ja sen yleisenä muuttumistuloksena esiintyy pieniä määriä violariittia. Hivennikkelimineraalina esiintyy milleriittiä ja harvinaisempana nikkelimineraalina polydymiittiä. Pienissä määrin nikkeliä esiintyy myös tavallisissa rautasulfideissa, kuten magneettikiisussa ja rikkikiisussa ja hivenpitoisuuksina myös joissakin Sakatin silikaattimineraaleissa kuten serpentiinissä ja oliviinissa sekä talkissa ja kloriittissa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Geokemialliset ominaisuudet

Sivukivien geokemiallisia ominaisuuksia on tutkittu hankesuunnittelun yhteydessä. Kannattavuuden esiselvitysvaiheen A yhteydessä toteutettuja sivukiven karakterisointeja on kuvattu SRK Consulting Ltd.:n (2017, 2018a) raporteissa. Sivukivinäytteenotto sisälsi myös maanalaisen kaivoksen seinämäkiviksi jääviä kivilajeja. Täydentäviä tarkasteluja on tehty myös vuosina 2021–2022. Tällöin tarkastelu keskittyi vinotunnelivaihtoehtoihin. Sivukivinäytteet sisälsivät kivinäytteitä hankevaihtoehtojen VE1a, VE2a ja VE3a mukaisilta vinotunnelilinjauksilta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Sivukivinäytteitä valittiin vuosina 2017–2019 suoritettuihin staattisiin testeihin yhteensä 60, joista 38 edustaa pääesiintymää, viisi satelliittiesiintymää NE ja kolme vinotunnelia. Lisäksi kolme oli rinnakkaisnäytteitä. Loput näytteet edustavat sivukivimassaa satelliittiesiintymän SW alueelta, joka ei kuulu nykyiseen kaivossuunnitelmaan. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kineettiseen testaukseen eli kosteuskammiokokeeseen valittiin näytteitä staattisen testauksen perusteella siten, että määrällisesti merkittävimmät ja potentiaalisesti tuloksille merkitykselliset kivilajit olivat hyvin edustettuina. Kosteuskammiokokeeseen valittiin näytteitä seuraavasti:

- Kolme peridotiittinäytettä, joista kahdessa ei staattisen testauksen mukaan ollut haponmuodostuspotentiaalia. Yhdessä näytteessä haponmuodostuspotentiaali oli epävarma.
- Kaksi afaniittinäytettä, joista toinen arvioitiin happoa muodostamattomaksi ja toinen haponmuodostuspotentiaaliltaan epävarmaksi.
- Yksi breksianäyte ja yksi näyte kattopuolen vulkanoklastisista kivistä. Näytteet arvioitiin happoa muodostamattomiksi.

- Kahdesta massiivisulfidiosanäytteestä muodostuva komposiittinäyte, jonka kumpikin osanäyte luokiteltiin happoa tuottavaksi. (SRK Consulting Ltd. 2018b.)

Kaivossuunnitelma ja vinotunnelilinjaus ovat kehittyneet kineettisen testauksen jälkeen. Sivukivien ja louhosseinämien kivilajit ovat kuitenkin pysyneet samoina, ja näytteitä voidaan edelleen pitää edustavina. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Vuosien 2021–2022 täydentäviin tarkasteluihin valittiin staattisiin testeihin yhteensä sata kappaletta sivukivinäytteitä eri vinotunnelivaihtoehdoista, joista 40 edustaa vaihtoehtoa VE1a, kymmenen vaihtoehtoa VE2a ja 20 vaihtoehtoa VE3a. Näytteitä, jotka sisälsivät sivukiviä useista vinotunnelivaihtoehdoista, oli 30. Lisäksi kolme oli rinnakkaisnäytteitä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Seuraavissa alaluvuissa esitetään tulokset sivukivien neutralointipotentiaalista (ABA-testi), hapontuotto-ominaisuuksista (NAG-testi), NAG-testin suodoksen analyyseistä, alkuainepitoisuuksista (kuningasvesiuutto), sekä liukoisuudesta (ravistelutesti).

ABA-testit

Kannattavuuden esiselvitysvaihe A:n ABA-testien tulosten perusteella (Taulukko 4-17) voitiin todeta, että suurin osa (85 %) peridotiittinäytteistä oli ei-happoatuottavia, mutta kolme näytettä luokiteltiin hapontuottokyvyltään epävarmoiksi ja yksi näytteistä happoatuottavaksi. Molemmat massiivisulfidinäytteet olivat odotetusti mahdollisesti happoatuottavia. Kaikki breksia-, duniitti-, jalkapuolen (esiintymän alapuolen) mafiset ja mafisen sarjan näytteet sekä serpentiniittinäyte luokiteltiin ei-happoatuottaviksi ABA-testin perusteella. Afaniitti-, gabro- ja kattopuolen (esiintymän yläpuolen) vulkanoklastiset näytteet olivat joko ei-happoatuottavia tai hapontuottokyvyltään epävarmoja.

Taulukko 4-17 Sivukiven keskimääräiset ABA-testin tulokset kivilajeittain. n=näytemäärä, AP=hapontuottopotentiaali, NP=neutralointipotentiaali, NNP=netto-neutralointipotentiaali, NPR= neutralointipotentiaalisuhde (NP/AP).

		$S_{sulf.}$	AP	NP	NNP	NPR
Kivilaji	**n**	**m-%**	**kg $CaCO_3$ ekv. / tonni**			
Afaniitti	8	0,29	9,06	50,2	41,2	72,9
Breksia	7	0,07	2,28	377	375	1 060
Duniitti	2	0,42	13,1	154	140	15,2
Jalkapuolen mafiset	2	0,11	3,44	127	124	61
Gabro	2	0,49	15,2	19,8	4,64	5,61
Kattopuolen vulkanoklastiset	3	0,09	2,71	39	36.3	103
Mafinen sarja	4	0,08	2,42	50,4	48	43,6
Massiivisulfidi	2	31,1	970	43	-927	0,04
Peridotiitti	26	0,47	14,8	114	99,7	169
Serpentiniitti	1	0,01	0,31	232	232	742
Kaikkien näytteiden keskiarvo	57	1,4	43,8	127	83,5	242

Vinotunnelivaihtoehtojen sivukivien täydentävien tarkastelujen perusteella kivilajien mukaan jaoteltuna kaikki breksia-, duniitti-, jalkapuolen mafiset ja mafisen sarjan näytteet sekä serpentiniittinäyte luokiteltiin ABA-testin perusteella ei-happoatuottaviksi (NAF; NPR>3), samoin afaniitti-, gabro- ja kattopuolen vulkanoklastiset näytteet. Keskimäärin em. kivilajit luokittuisivat hapontuotto-ominaisuuksien osalta pysyviksi (NPR>3), mutta tämä luokitteluperuste ei yksinään riitä luokitteluun pysyväksi kaivannaisjätteeksi (190/2013). (AFRY Finland Oy 2023b.)

Keskimääräiset ABA-testin tulokset kivilajeittain ja eri vinotunnelivaihtoehtojen suhteen on esitetty seuraavassa (Taulukko 4-18). Hapontuottopotentiaalin (AP) ja neutralointikapasiteetin (NP) suhteen mukaan voidaan tämän staattisen testin perusteella todeta, ettei sivukivien osalta happaman valuman riskiä todennäköisesti ole. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-18 Sivukiven keskimääräiset ABA-testin tulokset kivilajeittain eri vinotunnelivaihtoehtojen suhteen (Lähde: Eurofins Labtium Oy 2022). n=näytemäärä, AP=hapontuottopotentiaali, NP=neutralointipotentiaali, NNP=netto-neutralointipotentiaali, NPR= neutralointipotentiaalisuhde (NP/AP).

Kivilaji	n	Rikki	Sulfidinen rikki	AP	NP	NNP	NPR	Sijainti*
		Massa-%		kg $CaCO_3$ ekv./t				
Duniitti	5	0,14	0,01	4,4	79	75	18	VE1a
Gabro	5	0,07	0,03	2,2	25	23	11	VE3a, yksi näyte 2a
Mafinen sarja	5	0,02	<0,01	0,63	3,6	3	5,8	VE2a
Jalkapuolen mafiset	6	0,04	<0,01	1,3	30	29	24	VE3a, yksi näyte VE1a
Kattopuolen vulkanoklastiset	5	0,04	0,02	1,3	18	17	14	VE3a
Mafinen sarja	5	0,1	0,07	3,1	17	14	5,4	VE3a
Mafinen sarja	6	<0,01	<0,01	<0,32	190	190	-	VE1a
Kvartsiitti	6	<0,01	0,02	<0,32	100	100	-	VE1a
Metasedimentti	5	<0,01	<0,01	<0,32	170	170	-	VE1a
Breksia	5	<0,01	<0,01	<0,32	290	290	-	VE3a
Breksia	5	<0,01	<0,01	<0,32	240	240	-	VE1a
Peridotiitti	5	0,27	0,01	8,4	190	180	23	VE2a
Peridotiitti	5	0,15	<0,01	4,7	67	62	14	VE1a, VE2a ja VE3a
Peridotiitti	5	0,18	<0,01	5,6	45	39	8	VE3a
Peridotiitti	4	0,22	0,01	6,9	88	81	13	VE1a
Peridotiitti	4	0,16	<0,01	5	120	120	24	VE3a, yksi näyte VE1a
Afaniitti	5	0,17	0,02	5,3	21	16	4	VE1a, VE2a ja VE3a
Afaniitti	5	0,07	<0,01	2,2	21	19	9,6	VE1a, VE2a ja VE3a
Mafinen sarja	4	0,1	<0,01	3,1	49	46	16	VE1a
Mafinen sarja	5	0,11	0,07	3,4	14	11	4,1	VE1a
Kaikkien näytteiden keskiarvo	100	0,09	0,02	2,9	89	86,3	12,9	

** Näytteiden sijainti eri vinotunnelivaihtoehtojen suhteen (VE1a, VE2a ja VE3a)*

- = ei tulosta

NAG-testit

Kannattavuuden esiselvitysvaihe A:n NAG-testien tulokset noudattelivat ABA-testien tuloksia, sillä valtaosa näytteistä voitiin luokitella ei-happoatuottaviksi (Taulukko 4-19). Vain massiivisulfidin NAG-pH (eli NAG-testin minimi-pH) oli selvästi hapan indikoiden alhaista neutralointikapasiteettia. Gabron NAG-pH oli keskimäärin lievästi hapan, 6,1; toisaalta gabronäytteet käyttäytyivät toisistaan poikkeavasti. Muiden kivilajien NAG-pH:t olivat selvästi emäksisiä.

Taulukko 4-19 Sivukivien NAG-testin tulokset ja näytemäärät kivilajeittain (Lähde: SRK Consulting Ltd. 2017).

Kivilaji	n	NAG-pH	Nettohapontuottopotentiaali / kg H_2SO_4 ekv. / tonni		
			Keskiarvo	Min	Max
Afaniitti	8	8,14	1,85	0	14,7
Breksia	7	10,4	0	0	0
Duniitti	2	8,69	0	0	0
Jalkapuolen mafiset	2	9,68	0	0	0
Gabro	2	6,09	4,9	0	9,79
Kattopuolen vulkanoklastiset	3	9,64	0	0	0
Mafinen sarja	4	10,6	0	0	0
Massiivisulfidi	2	2,53	144	89,7	199
Peridotiitti	26	9	2,08	0	46,3
Serpentiniitti	1	9,84	0	0	0

Metalli- ja metalloidipitoisuudet NAG-testin loppuliuoksessa on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-20). Ainoastaan gabron ja massiivisulfidin kupari- ja nikkelipitoisuuksia voidaan pitää huomattavan korkeina, muuten pitoisuudet olivat kauttaaltaan alhaisia.

Taulukko 4-20 Keskimääräiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sivukivilajien NAG-testin loppuliuoksessa sekä kunkin kivilajin näytemäärä.

Parametri	Yk-sikkö	n	Arseeni	Kadmium	Kobolti	Kromi	Kupari	Nikkeli	Lyijy	Antimoni	Vanadiini	Sinkki
Afaniitti	mg/kg	4	0,82	0,08	8,33	5,23	3,67	87,4	<0,1	0,10	0,36	<1
Breksia	mg/kg	2	0,03	<0,01	<0,02	1,66	0,05	<0,06	<0,1	0,36	1,55	<1
Duniitti	mg/kg	1	<0,01	<0,01	0,03	1,37	0,04	1,41	<0,1	<0,01	0,02	<1
Jalkapuolen mafiset	mg/kg	2	0,02	<0,01	<0,02	14,8	0,27	<0,06	<0,1	0,02	1,42	3,75
Gabro	mg/kg	1	0,02	0,01	23,9	1,92	2 880	596	<0,1	<0,01	0,05	<1
Kattopuolen vulkanoklastiset	mg/kg	2	<0,01	<0,01	<0,02	1,54	0,05	<0,06	<0,1	0,01	0,95	2,55
Mafinen sarja	mg/kg	1	0,06	<0,01	<0,02	11,0	0,12	<0,06	<0,1	0,01	2,40	<1
Massiivisulfidi	mg/kg	1	0,15	0,20	233	0,37	13 000	10 200	<0,1	<0,01	0,21	36,7
Peridotiitti	mg/kg	8	0,03	<0,01	<0,02	10,4	0,12	0,23	<0,1	0,12	0,86	<1

Sivukiven NAG-uutossa liukenevia metalli- ja metalloidimääriä on verrattu kuningasvesiuuttoon, joka tässä yhteydessä edustaa kokonaispitoisuuksia (Taulukko 4-21). NAG-uutossa liukenevien

metallien tai puolimetallien osuudet niiden kokonaismääristä on suurimmillaan yksittäisissä kivilajeissa, kuten arseeni afaniitissa, kupari ja nikkeli gabrossa sekä nikkeli, kupari ja sinkki massiivisulfidissa. Lisäksi NAG-uutossa afaniitista ja peridotiitista liukenee suurempia antimonimääriä kuin kuningasvesiuutossa. Tämä saattaa olla korkean minimi-pH:n vaikutusta, sillä arseenin ja antimonin liukoisuudet kasvavat emäksissä olosuhteissa.

Taulukko 4-21 NAG-testissä mobilisoituvien metallien prosenttiosuus kuningasvesiliukoisista metallipitoisuuksista.

Kivilaji	Arseeni	Kadmium	Koboltti	Kromi	Kupari	Nikkeli	Lyijy	Antimoni	Vanadiini	Sinkki
	% -kuningasvesiliukoisesta pitoisuudesta									
Afaniitti	62	23	19	1,5	-	13	-	250	0,7	-
Breksia	4,1	-	-	1,2	0,09	-	-	-	3,1	-
Duniitti	-	-	0,03	0,37	0,00	0,05	-	-	0,40	-
Jalkapuolen mafiset	7,1	-	-	1,1	-	-	-	-	1,9	12
Gabro	2,8	7,7	63	0,47	-	108	-	-	0,07	-
Kattopuolen vulkanoklastiset	-	-	-	3,1	0,10	-	-	-	3,8	8,0
Mafinen sarja	14	-	-	1,5	0,02	-	-	-	2,6	-
Massiivisulfidi	5,6	29	13	1,4	40	34	-	-	0,22	118
Peridotiitti	4,9	-	-	1,2	0,00	0,01	-	590	1,7	-

Vinotunnelivaihtoehtojen sivukivien täydentävien tarkastelujen perusteella (Taulukko 4-22) ainoastaan VE2a vinotunnelilinjan mafisen sarjan kivien sekä VE1a, VE2a ja VE3a-vinotunnelilinjan afaniitin NAG-pH (eli NAG-testin minimi-pH) oli lievästi hapan. Muiden kivilajien NAG-pH:t olivat selvästi emäksisiä. Tarkasteltaessa rikkipitoisuuksia ja NAG-pH:ta havaitaan, että näytteet, joiden rikkipitoisuus oli alle määritysrajan, tuottivat emäksisimmät NAG-pH:t. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-22 Sivukivien NAG-testin tulokset kivilajeittain eri vinotunnelivaihtoehtojen suhteen (Lähde: koottu Eurofins Ahma Oy:n (2022d) aineistosta).

Kivilaji	n	Minimi-pH eli NAG-pH	Nettohapontuotto-potentiaali kg H_2SO_4 ekv./t Keskiarvo	Sijainti*
Duniitti	5	8,7	0	VE1a
Gabro	5	8	0	VE3a, yksi näyte VE2a
Mafinen sarja	5	6,4	0,4	VE2a
Jalkapuolen mafiset	6	7,7	0	VE3a, yksi näyte VE1a
Kattopuolen vulkanoklastiset	5	8,1	0	VE3a
Mafinen sarja	5	8,5	0	VE3a
Mafinen sarja	6	8,9	0	VE1a
Kvartsiitti	6	7,8	0	VE1a
Metasedimentti	5	9	0	VE1a

Kivilaji	n	Minimi-pH eli NAG-pH	Nettohapontuotto-potentiaali kg H_2SO_4 ekv./t Keskiarvo	Sijainti*
Breksia	5	9,4	0	VE3a
Breksia	5	8,5	0	VE1a
Peridotiitti	5	8,7	0	VE2a
Peridotiitti	5	8,6	0	VE1a, VE2a ja VE3a
Peridotiitti	5	8,4	0	VE3a
Peridotiitti	4	8	0	VE1a
Peridotiitti	4	8,4	0	VE3a, yksi näyte VE1a
Afaniitti	5	7,2	0	VE1a, VE2a ja VE3a
Afaniitti	5	6,8	1,9	VE1a, VE2a ja VE3a
Mafinen sarja	4	7,6	0	VE1a
Mafinen sarja	5	7	0	VE1a

** Näytteiden sijainti eri vinotunnelivaihtoehtojen suhteen (VE1a, VE2a ja VE3a)*

Vinotunnelivaihtoehtojen sivukivien täydentävissä tarkasteluissa havaittiin myös kauttaaltaan alhaiset metalli- ja metalloidipitoisuudet NAG-testin loppuliuoksessa. Sivukiven NAG-uutossa liukenevia metalli- ja metalloidimääriä on verrattu kuningasvesiuuttoon, joka tässä yhteydessä edustaa kokonaispitoisuuksia. Tarkastelussa on siis metallin NAG-uutossa liukenevan pitoisuuden osuus kokonaispitoisuudesta, toisin sanoen hapettumisen seurauksena vapautuvan pitoisuuden osuus kokonaispitoisuudesta. Hapettumisen seurauksena vapautuvan metallin osuus metallin kokonaismäärästä on vain suuntaa antava luku, mikä tulee muistaa tuloksia käytettäessä. NAG-uutossa liukenevien metallien tai puolimetallien osuudet niiden kokonaismääristä on suurimmillaan yksittäisissä kivilajeissa, kuten arseeni duniitissa (vaihtoehdossa VE1a), gabrossa (VE2a, VE3a) ja jalkapuolen mafisen sarjan kivissä (VE1a, VE3a). (AFRY Finland Oy 2023b.) Metalli- ja metalloidipitoisuudet NAG-testin loppuliuoksessa sekä NAG-testissä mobilisoituvien metallien prosenttiosuus kuningasvesiliukoisista metallipitoisuuksista on esitetty liitteessä 11.

Alkuainepitoisuudet

Sivukivien alkuainepitoisuudet tutkittiin kuningasvesiuuttoliuoksesta. Osana kaivannaisjäteasetuksen (Vna asetus 190/2013) mukaista luokittelua pysyväksi jätteeksi pitoisuuksia verrataan PIMA-asetuksen (214/2007) kynnysarvoihin tai alueellisiin taustapitoisuuksiin. PIMA-asetuksen ylempiä ja alempia ohjearvoja käytetään taulukossa vain viitteellisinä suuruusluokan kuvaajina, eikä niillä ei ole merkitystä kaivannaisjätteen luokittelussa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kannattavuuden esiselvitysvaiheessa A tutkittujen sivukivilajien osalta kaikkien sivukivilajien nikkelipitoisuus ylitti kynnysarvon 50 mg/kg ja suurimman osan kivilajeista myös ylemmän ohjearvon 150 mg/kg (Taulukko 4-23). Myös koboltin, kromin ja kuparin pitoisuudet ylittivät yleisesti kynnysarvot. Kattopuolen vulkanoklastisissa kivissä ainoastaan nikkelipitoisuus ylitti kynnysarvon, muiden tarkasteltavien metallien ja metalloidien pitoisuudet alittivat kynnysarvon. Vanadiinipitoisuuksista kynnysarvo 100 mg/kg ylittyi ainoastaan serpentiniitissä, mutta mafisen sarjan ja massiivisulfidin keskimääräiset pitoisuudet ovat lähellä kynnysarvoa (mafinen sarja 87,3 mg/kg ja massiivisulfidi 94,4 mg/kg).

Taulukko 4-23 Kannattavuuden esiselvitysvaiheessa A tutkittujen sivukivien kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sekä vertailu PIMA-asetuksen (214/2007) kynnys- ja ohjearvoihin (Lähde: SRK Consulting Ltd. 2017). PIMA-asetuksen arvoista vain kynnysarvoja sovelletaan kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaisessa kaivannaisjätteen luokittelussa pysyväksi jätteeksi.

Kivilaji	Yk-sikkö	n	Arseeni	Kadmium	Koboltti	Kromi	Kupari	Elohopea	Nikkeli	Lyijy	Antimoni	Vanadiini	Sinkki
Afaniitti	mg/kg	7	1,4	0,36	46	350	3 000	<0,005	710	11	0,04	44	28
Breksia	mg/kg	7	0,78	0,030	23	140	64	<0,005	130	0,6	<0,01	52	6,6
Duniitti	mg/kg	2	0,30	0,030	120	370	2 500	<0,005	2 700	0,56	<0,01	5,0	15
Jalkapuolen mafiset	mg/kg	2	0,21	0,14	46	1 300	2 300	<0,005	510	6,3	<0,01	75	32
Gabro	mg/kg	2	0,71	0,13	38	410	1 900	<0,005	550	7,9	0,03	75	8,7
Kattopuolen vulkanoklastiset	mg/kg	3	0,48	<0,01	18	49	46	<0,005	67	1,4	<0,01	25	32
Mafinen sarja	mg/kg	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Massiivisulfidi	mg/kg	3	0,49	0,07	47	970	660	<0,005	480	8,1	<0,01	87	8,3
Peridotiitti	mg/kg	24	2,7	0,69	1 800	26	32 000	0,025	30 000	2,4	0,015	94	31
Serpentiniitti	mg/kg	1	0,67	0,33	80	850	3 200	0,006	1 600	8,9	0,017	52	26
Kynnysarvo	mg/kg		5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	mg/kg		50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	mg/kg		100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400

Vinotunnelivaihtoehtojen sivukivien täydentävien tarkastelujen perusteella duniitin, peridotiittien, afaniittien ja jalkapuolen mafisen sarjan kivien nikkelipitoisuudet ylittivät kynnysarvon 50 mg/kg sekä ylemmän ohjearvon 150 mg/kg (Taulukko 4-24). Kivilajien pitoisuudet olivat vinotunnelilinjasta riippuvaisia. Lisäksi edellä mainittujen kivilajien koboltin, kromin ja kuparin pitoisuudet ylittivät yleisesti kynnysarvot. Kattopuolen vulkanoklastisissa kivissä (vaihtoehdossa VE3a) ainoastaan nikkelipitoisuus ylitti kynnysarvon. Vastaava havaittiin saman vinotunnelilinjan VE3a mafiselle sarjalle ja breksialle. Vanadiinipitoisuuksista kynnysarvo 100 mg/kg ylittyi ainoastaan vinotunnelilinjan VE2a, VE3a gabrossa ja vinotunnelilinjan VE1a mafisen sarjan kivissä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-24 Vinotunnelilinjan sivukivien kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sekä vertailu PIMA-asetuksen (214/2007) kynnys- ja ohjearvoihin (Lähde: koottu Eurofins Labtium Oy:n (2021) aineistosta). PIMA-asetuksen arvoista vain kynnysarvoja sovelletaan kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaisessa kaivannaisjätteen luokittelussa pysyväksi jätteeksi.

Kivilaji	Yksikkö	n	Arseeni	Kadmium	Koboltti	Kromi	Kupari	Elohopea	Nikkeli	Lyijy	Antimoni	Vanadiini	Sinkki	Sijainti**
Duniitti	mg/kg	5	0,40	0,06	96	460	190	<2	2 400	3,3	0,028	8,4	25	VE1a
Gabro	mg/kg	5	0,31	<0,01	16	160	140	<2	47	0,4	0,016	110	21	VE2a, VE3a
Mafinen sarja	mg/kg	5	0,09	0,008	21	98	10	<2	160	1,1	0,014	67	19	VE2a
Jalkapuolen mafiset	mg/kg	6	0,15	<0,01	31	910	24	<2	360	0,3	<0,02	82	11	VE1a, VE3a
Kattopuolen vulkanoklastiset	mg/kg	5	0,57	<0,01	16	55	47	<2	53	1,7	0,018	26	26	VE3a
Mafinen sarja	mg/kg	5	0,29	<0,01	15	94	15	<2	57	0,9	0,024	64	6	VE3a
Mafinen sarja	mg/kg	6	0,27	0,065	16	100	23	<2	33	0,7	<0,02	160	32	VE1a
Kvartsiitti	mg/kg	6*	0,31	<0,01	3	35	4,3	<2	11	0,7	0,028	21	2,6	VE1a
Metasedimentti	mg/kg	5*	1,4	0,039	12	88	2,3	<2	29	1,3	0,02	100	15	VE1a
Breksia	mg/kg	5	0,95	<0,01	11	62	3,6	<2	95	0,6	0,032	21	5,6	VE3a
Breksia	mg/kg	5	0,44	0,022	9	56	2,4	<2	24	1,1	0,026	39	7	VE1a
Peridotiitti	mg/kg	5	0,52	<0,01	84	790	35	<2	2 300	1,8	<0,02	19	16	VE2a
Peridotiitti	mg/kg	5	0,69	0,05	72	730	35	<2	1 400	2,2	0,026	37	29	VE1a, VE2a, VE3a
Peridotiitti	mg/kg	5	0,44	0,064	82	910	70	<2	1 900	3,3	0,02	38	33	VE3a
Peridotiitti	mg/kg	4	0,61	0,059	83	950	46	<2	1 900	2,7	<0,02	31	25	VE1a
Peridotiitti	mg/kg	4	0,54	0,054	88	1 100	34	<2	2 100	2,3	0,015	32	25	VE1a, VE3a
Afaniitti	mg/kg	5	0,54	0,044	32	390	22	<2	370	2	0,018	71	13	VE1a, VE2a, VE3a
Afaniitti	mg/kg	5	0,44	0,034	40	520	33	<2	460	1,1	0,016	78	13	VE1a, VE2a, VE3a
Mafinen sarja	mg/kg	4	0,96	0,01	19	200	59	<2	130	0,9	<0,02	33	9,8	VE1a
Mafinen sarja	mg/kg	5	0,16	0,025	20	52	110	<2	36	0,5	0,028	160	30	VE1a
Kynnysarvo	mg/kg		5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200	
Alempi ohjearvo	mg/kg		50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250	
Ylempi ohjearvo	mg/kg		100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400	

** Laboratoriotuloksissa kaksi samaa näytetunnusta. Nämä näytteet jätetty laskennan ulkopuolelle.*
*** Näytteiden sijainti eri vinotunnelivaihtoehtojen suhteen (VE1a, VE2a ja VE3a)*
< pitoisuus alle määritysrajan. Keskiarvolaskennoissa alle määritysrajan olevia tuloksia on otettu huomioon arvolla määritysraja/2.

Ravistelutesti

Kannattavuuden esiselvitysvaiheessa A tutkittujen sivukivilajien osalta ravistelutestin metalli- ja metalloidipitoisuudet kumulatiivisessa eli laskennallisessa L/S 10-suhteessa on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-25). Arseenipitoisuus ylitti pysyvän jätteen kaatopaikalle asetetun raja-arvon (0,5 mg/kg) afaniitissa ja nikkelin raja-arvo (0,4 mg/kg) puolestaan ylittyi massiivisulfidissa. Afaniitti-, breksia-, duniitti- ja gabrouutteiden keskimääräinen sulfaattipitoisuus ylitti pysyvän jätteen kaatopaikalle asetetun sulfaattipitoisuuden raja-arvon 1 000 mg/kg. Uutteiden pH:t mitattiin L/S 2- ja L/S 8-uutteista. Molemmissa L/S-suhteissa kaikkien tutkittujen sivukivinäytteiden uutteen pH oli selvästi emäksinen, kaikkien uutteiden pH:n vaihteluväli oli 8,19–10,1.

Taulukko 4-25 Kaksivaiheisen ravistelutestin laskennalliset metalli- ja metalloidipitoisuudet L/S- suhteessa 10 eri sivukivilajeissa (SRK Consulting Ltd. 2017). Tulokset on ilmoitettu kuiva-ainetta kohti. Raja-arvovertailut (Vna 331/2013) esitetään vain suuruusluokan havainnollistamiseksi. Kaivannaisjätettä ei luokitella kaatopaikka-asetuksen mukaisesti.

Kaato-paikka-luokka	Yksikkö	VNa 331/2013 mukainen kaatopaikan tyyppi Pitoisuuskriteeri uut-tosuhteessa L/S 10			Afaniitti	Breksia	Duniitti	Jalkapuolen mafiset	Gabro	Kattopuolen vulkanoklastiset	Mafinen sarja	Massiivisulfidi	Peridotiitti
		Pysyvä	Vaaraton	Vaarallinen									
Arseeni	mg/kg	0,5	2	25	0,7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Barium	mg/kg	20	100	300	0,3	0,1	0,6	0,35	0,3	<0,06	<0,06	1	0,7
Kadmium	mg/kg	0,04	1	5	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Kromi	mg/kg	0,5	10	70	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Kupari	mg/kg	2	50	100	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05
Elohopea	mg/kg	0,01	0,2	2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Molyb-deeni	mg/kg	0,5	10	30	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Nikkeli	mg/kg	0,4	10	40	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	4,6	<0,06
Lyijy	mg/kg	0,5	10	50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Antimoni	mg/kg	0,06	0,7	5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Seleeni	mg/kg	0,1	0,5	7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05
Sinkki	mg/kg	4	50	200	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
Vanadiini	mg/kg	-	-	-	0,1	0,1	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	0,3	<0,05	0,2
Kloridi	mg/kg	800	15 000	25 000	117	40,2	3 294	<4	71,7	<8	9,6	63,8	103
Fluoridi	mg/kg	10	150	500	<1	<1	<1	<1	<1	3,2	<1	<1	<1
Sulfaatti	mg/kg	1 000	20 000	50 000	1 201	9 328	1 940	71	1 962	14	59	607	213
DOC*	mg/kg	500	800	1 000									
TDS**	mg/kg	4 000	60 000	100 000									

** liuennut orgaaninen hiili*

*** liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus*

Vinotunnelivaihtoehtojen sivukivien täydentävien tarkastelujen perusteella duniitti- (VE1a) ja peridotiitti- (VE1a) -uutteiden kloridipitoisuudet ylittivät pysyvän jätteen kaatopaikalle asetetun raja-arvon 800 mg/kg. Lisäksi afaniitti-uutteen (VE1a, VE2a, VE3a) sulfaattipitoisuus ylitti pysyvän jätteen kaatopaikalle asetetun raja-arvon 1 000 mg/kg. Muut tutkitut liukoisuudet alittivat kaatopaikka-asetuksen (331/2013) mukaiset pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuusraja-arvot. (AFRY Finland Oy 2023b) Tarkemmat tulokset kaksivaiheisen ravistelutestin laskennallisista metalli- ja metalloidipitoisuuksista L/S-suhteessa 10 eri sivukivilajeissa on esitetty liitteessä 11. Uutteiden pH:t tutkittiin L/S 2- ja L/S 8-uutteista. Molemmissa L/S-suhteissa kaikkien tutkittujen sivukivinäytteiden uutteiden pH:t olivat selvästi emäksiset. L/S 8-uutteiden pH:n vaihteluväli oli 8,3–9,7 ja L/S 2-utteen vaihteluväli 7,5–9,9. Tästä ainoana poikkeuksena breksianäyte (tunnelisijainti VE3a), jonka L/S 8 pH oli 6,8. (AFRY Finland Oy 2023b.)

On kuitenkin huomattava, että ravistelutestin perusteella ei voi luokitella kaivannaisjätettä ja tässä esitetyt raja-arvovertailut ovat vain viitteellisiä. Ravistelutestin avulla ei voi myöskään kuvata kaivannaisjätteen pitkäaikaiskäyttäytymistä eikä analysoitavan näytteen laskennallinen vesi-kiintoainesuhde (L/S 10) vastaa luonnonolosuhteita. Tulos ei siis kuvaa suotoveden laatua. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kosteuskammiokoe

Kosteuskammiokokeet raportoitiin 40 viikon testauksen jälkeen toukokuussa 2018. Testattavia sivukivinäytteitä oli alun perin 8 kpl, ja niistä kahden (ei-happoamuodostava peridotiitti ja ei-happoamuodostava afaniitti) koe lopetettiin 20 viikon jälkeen, koska merkittävää muutosta tai muutostrendiä sei ollut suodoksessa havaittavissa, eikä rikkipitoisuuden valossa ollut syytä epäillä, että myöhäisempiä hapettumishuippuja olisi tulossa.

Yleisesti näytteiden pH pysytteli lievästi emäksisenä koko kokeen ajan lukuun ottamatta massiivisulfidia, joka happamoitui heti kokeen alussa, ja jonka pH vaihteli kosteiden ja kuivien jaksojen mukaan. Myös sähkönjohtavuus oli yleisesti alle 50 µS/m. Tässäkin poikkeuksen muodosti massiivisulfidi.

Tarkasteltaessa hapontuottokyvyn ja neutralointikapasiteetin suhteellista kulumista kosteuskammiokokeen aikana voidaan todeta, että neutralointikapasiteetti kului lähes kaikissa näytteissä joko hapontuottokapasiteettia hitaammin tai jokseenkin samaa tahtia. 40 viikon kuluessa neutralointikapasiteetista oli kulunut alle 10 % kaikissa kivissä, paitsi massiivisulfidissa. Samalla aikajaksolla hapontuottokapasiteetista oli kulunut 5–35 %. Poikkeuksen muodostaa kuitenkin massiivisulfidi, jossa neutralointikapasiteetin suhteellinen kulutus oli hapontuottokapasiteetin kulumista huomattavasti nopeampaa. 40 viikossa neutralointikapasiteetista oli kulunut noin 35 % ja hapontuottokyvystä vain 1–2 %.

Sulfaatin muodostus oli massiivisulfidissa suurinta. Sulfaatin muodostus oli toiseksi suurinta koko kosteuskammiokokeen ajan staattisten testien perusteella ei-happoamuodostavaksi arvioidussa peridotiittinäytteessä. Nikkelin ja kuparin vapautumisnopeudet noudattelivat sulfaatinmuodostusta. Massiivisulfidissa metallien vapautuminen oli suurinta, mikä aiheutuu alhaisesta pH:sta. Toisessa peridotiittinäytteessä oli nouseva trendi nikkelin ja kuparin vapautumiselle koko kokeen ajan, vaikka näytteen pH ei muuttunut merkittävästi. Näin ollen ei voida poissulkea neutraalin metallipitoisen valuman mahdollisuutta. Metallipitoisen valuman muodostumiseen vaikuttaa kuitenkin lopullisen kaivossuunnitelman mukainen sivukivien määrä ja laatu. Kosteuskammiokokeen vesi-kiintoainesuhde ja kokeen olosuhteet eivät myöskään vastaa todellisen läjityksen olosuhteita ja arvio sivukivialueiden suotoveden laadusta muodostetaankin laboratoriotuloksista laskennan ja mallinnuksen keinoin. (SRK Consulting Ltd. 2017.) Sivukivien kosteuskammiokokeen tulokset keskiarvoina viikkojaksoittain on esitetty liitteessä 11.

Sivukiven asbestipitoisuus

Sivukivien ja malmin mineralogista tutkimusta on tehty osana malmin ja sivukiven perustutkimuksia. Näissä tutkimuksissa on käytetty XRD-menetelmän antamaa kiderakennetietoa asbestimineraalien tunnistamisessa. Kuitutunnistuksessa on käytetty mikroskopiaa, sekä optista että

pyyhkäisyelektronimikroskopiaa. Kuitumineraalihavainnot malmin ja sivukiven perustutkimuksissa ovat olleet kohtuullisen hyvin linjassa Työterveyslaitoksen (2018) työhygieenisen esiselvityksen tulosten kanssa. Työhygieenisessä esiselvityksessä tarkasteltiin koemurskauksia, joissa oli mukana malmin päätyyppejä sekä pääsivukiviä edustavia kivieriä. Näitä olivat kuusi sivukivierää ja kaksi malmikivierää sekä edellä mainituista eristä otetut kolme asbestiepäilynäytettä. Kiviainesnäytteiden asbestikuitupitoisuudet jäivät näytteissä useimmiten alle analyysimenetelmän määritysrajan. Neljästä näyte-erästä saadut määritysrajan ylittäneet tulokset vaihtelivat välillä 0,01–0,13 paino-% (kuitupitoisuuksina 25,24–33,72 kuitua/µg). (AFRY Finland Oy 2023b.)

Asbestin tunnistaminen sivukiven ja malmin yleisissä mineralogisissa tutkimuksissa ei välttämättä tarkoita, että murskatun ja jauhetun kiven kuidut ovat kauttaaltaan kokoluokassa, joka huomioidaan asbestille altistumista arvioitaessa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Vinotunnelivaihtoehtojen vaikutus sivukivilaatuun

Kaikissa kuudessa vinotunnelivaihtoehdoissa suurimpina kivilajiryhminä ovat afaniitti, peridotiiti ja mafiset vulkaniitit. Vaihtoehdon VE1a osalta kivilajimalli ja näytteet perustuvat vuoden 2020 täydentäviin kairauksiin, ja muiden vaihtoehtojen osalta kivilajien esiintyminen tunnelilinjalla perustuu geologiseen tulkintaan kivilajien jatkuvuudesta.

Pääkivilajit eri vinotunnelilinjauksilla ovat:

- VE1a: Afaniitti ja mafinen vulkaniitti. Peridotiitin osuus on varsinaisella vinotunnelilinjan osuudella pieni ja suuri taas malmin läheisyydessä.
- VE1b: Pääkivilajit ovat afaniitti ja mafinen vulkaniitti. Kivilajien massaosuudet hyvin samanlaiset kuin vaihtoehdossa VE1a.
- VE2a: Mafiset kivet
- VE2b: Pääkivilajit ovat jakautuneet suhteellisen tasaisesti afaniitin, jalkapuolen mafisten kivien ja periodiitin suhteen
- VE3a: Afaniitti ja peridotiitti
- VE3b: Kivilajit ovat jakautuneet suhteellisen tasaisesti afaniitin ja peridodiitin välillä.

Kun vertaillaan vinotunnelilinjojen kivilajijakaumaa, vinotunnelilinjat VE1a ja VE1b ovat varsin samankaltaiset. Keskenään samankaltaisia ovat myös linjaukset VE3a ja VE3b. Vinotunnelilinjojen VE2a ja VE2b välillä on jonkin verran eroja: esimerkiksi peridotiittia on linjauksessa VE2a linjausta VE2b vähemmän. Vertailtaessa keskimääräisiä kairasydänloggauksessa arvioituja rikkipitoisuuksia vinotunnelilinjauksissa VE1a, VE2a ja VE3a, ensin mainitut näyttäytyvät keskimäärin matalampi rikkisinä kuin VE3a. Kaikkien tunnelilinjausten alueelle sijoittuu kohonneita metallipitoisuuksia omaavia kiviä (Taulukko 4-24), jotka käsittävät peridotiitteja ja duniitteja. Kaikille tunnelilinjauksille sijoittuu myös matalien metallipitoisuuksien kiviä. Vinotunnelilinjalle VE1a sijoittuu erityisen paljon minimaalisen rikkipitoisuuden ja erityisen korkean neutralointikapasiteetin kiviä (mm. mafinen sarja, kvartsiitit, metasedimentit ja breksia).

4.7.2 Rikastushiekat

Malmin rikastusprosessissa muodostuu kahdenlaista rikastushiekkaa; matalarikkistä rikastushiekkaa 0,6–1,7 Mt/v ja riperikastuksessa märkämagneettierotuksella ja vaahdotuksella erotettua rikkipitoista rikastushiekkaa 0,07–0,5 Mt/v. Koko toiminta-aikana muodostuvan rikastushiekan määräksi on arvioitu 31,1–36,4 Mt, josta 85–88 % on matalarikkistä ja 12–15 % rikkipitoista eli korkearikkistä rikastushiekkaa.

Muodostuvan rikastushiekan geokemiallinen, geotekninen ja reologinen laatu riippuu louhittavan malmin mineralogiasta sekä rikastusprosessin toteutuksesta. Rikastusprosessin valintaan liittyvissä laboratoriomittakaavan kokeissa muodostuneille edustaville rikastushiekkanäytteille on tehty kokeita em. ominaisuuksien määrittämiseksi (SRK Consulting Ltd. 2017). Kokeita varten valittiin kaksi erilaista rikastushiekkatyyppiä: korkearikkinen (HS) ja matalarikkinen (LS). Ominaisuustestit prosessivaihtoehdolle 1 vuosina 2017–2018 ja prosessivaihtoehdolle 2 vuosina 2020–2021. Täydentävien rikastuskokeiden rikastushiekkojen karakterisointi aloitettiin vuonna 2022. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu rikastushiekkojen geoteknisiä ja geokemiallisia ominaisuuksia sekä mineraalikoostumusta niiltä osin, kuin uusia tuloksia on saatu YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) julkaisun jälkeen. Rikastushiekkojen läjittämistä ja hyötykäyttöä on kuvattu luvussa 4.7.7.

Rikastushiekkojen karakterisointi, prosessivaihtoehto 1

Fysikaaliset ominaisuudet

Matalarikkisen rikastushiekan keskiraekoko (P50) oli molemmissa tutkituissa näytteissä 40 mikrometriä ja korkearikkisen rikastushiekan näytteissä noin 20 ja 50 mikrometriä.

Rikastushiekan mineralogia

Matalarikkisen ja korkearikkisen rikastushiekan XRD-analyysin tulokset (Taulukko 4-26) osoittavat, että matalarikkisessä näytteessä on 35 % serpentiiniä. Toiseksi eniten, 28 %, matalarikkisestä rikastushiekasta on magnetiittia. Matalarikkisestä rikastushiekasta 11 % on oliviinia, 10 % kloriittia, 9 % biotiittiä (flogopiittia) ja 7 % amfibolia (magnesium-riebeckiittiä). Korkearikkinen rikastushiekka koostuu pääasiassa magneettikiisusta (63 %), joka on rautasulfidimineraali. Korkearikkinen rikastushiekka sisältää myös 8 % serpentiiniä ja 29 % magnetiittia (rautaoksidi).

Taulukko 4-26 Rikastushiekan mineralogia prosessivaihtoehdossa 1 (Lähde: SRK Consulting Ltd. 2018a).

Mineraali	Osuus (%)	
	Matalarikkinen rikastushiekka	Korkearikkinen rikastushiekka
Magneettikiisu	0	63
Serpentiini	35	8
Magnetiitti	28	29
Oliviini	11	0
Kloriitti	10	0
Biottiiti/flogopiitti	9	0
Magnesium-riebeckiitti (amfiboli)	7	0

Geokemialliset ominaisuudet

Rikastushiekan geokemiallisten ominaisuuksien määrittämiseksi molemmat rikastushiekkanäytteet (matala- ja korkearikkinen rikastushiekka) tutkittiin seuraavilla testeillä ja menetelmillä (ks. kuvaukset luvun 4.7 alussa): ABA- ja NAG-testit, NAG-testin suodoksen analysointi, alkuaineanalyysi (neli-happouutto) sekä kaksivaiheinen ravistelutesti ja kosteuskammiokoe. Lisäksi suoritettiin monoliitin uuttokoe. Näiden analyysien tulokset on esitetty seuraavissa kappaleissa.

ABA-testit

ABA-testien tulokset on esitetty kootusti alla (Taulukko 4-27). Testien perusteella matalarikkinen rikastushiekka on luokiteltavissa hapontuottopotentiaaliltaan ei-happoatuottavaksi. Korkearikkinen rikastushiekka on puolestaan mahdollisesti happoatuottavaa. Tässä yhteydessä on huomattava, että osa neutralisointikyvystä muodostuu silikaattimineraaleista, joiden osalta geokemialliset reaktiot ovat hitaampia kuin karbonaattien osalta ja siten neutralointipotentiaali ei ole kokonaisuudessaan välittömästi käytettävissä neutralointiin.

Taulukko 4-27 Rikastushiekan hapontuotto- ja neutralointikyky ABA-testien tulosten perusteella. TOC=kokonaispitoisuus orgaaninen hiili, TIC=kokonaispitoisuus epäorgaaninen hiili, NP=neutralointipotentiaali, NPR=neutralointipotentiaalisuhde (NP/AP).

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka	Korkearikkinen rikastushiekka
Rikki, kok.	%	0,32	32,1
Rikki, sulfidi	%	0,22	30,4
Hiili, kok.	%	0,40	<0,01
TOC	%	0,11	0,02
TIC	%	0,29	<0,01
AP	kg $CaCO_3$/t	6,90	950
NP (titrattu)	kg $CaCO_3$/t	46	12
NP (laskettu TIC:stä)	kg $CaCO_3$/t	24,2	0,83
NPR	-	6,65	0,01
Hapontuottopotentiaali	-	ei-happoatuottava	mahdollisesti happoatuottava
Luokittelu VNa 190/2013 mukaan	-	pysyvä	ei-pysyvä

	Kuvastaa pysyvän jätteen ominaisuuksia (VNa 190/2013) ja ei-happoatuottavia ominaisuuksia
	Kuvastaa ei-pysyvän jätteen ominaisuuksia (VNa 190/2013) ja mahdollisesti happoatuottavia ominaisuuksia
<0,01	Pitoisuus alle määritysrajan

NAG-testit

NAG-testien tulokset on esitetty alla (Taulukko 4-28). NAG-testien tulokset tukevat ABA-testien tuloksia. Korkearikkinen rikastushiekka on mahdollisesti happoatuottavaa ja matalarikkinen rikastushiekka puolestaan on tulosten perusteella luokiteltavissa ei-happoatuottavaksi.

Taulukko 4-28 NAG-testin tulokset. Rikastushiekat, prosessivaihtoehto 1.

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka	Korkearikkinen rikastushiekka
NAG pH		10,1	2,20

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka	Korkearikkinen rikastushiekka
NAG-arvo (pH 4,5)	kg H_2SO_4 eq/t	<0,01	119
NAG-arvo (pH 7,0)	kg H_2SO_4 eq/t	<0,01	222
NAG kok.	kg H_2SO_4 eq/t	<0,02	341
Luokittelu		ei-happoatuottava	mahdollisesti happoatuottava

NAG-uutteesta analysoitiin liuenneet metallit. Lopputuos edustaa vain laboratoriokokeessa esiintyvää tilannetta, jossa kaikki hapettuvissa olevat sulfidit on hapetettu nopeasti. Todellisella rikastushiekka-alueella vastaava hapettuminen tapahtuu kymmenien tai satojen vuosien kuluessa. NAG-testin lopputuoksen avulla määritellään se prosenttiosuus aineesta, joka on hapettumisreaktioiden kautta vapautuvissa suoraan tai välillisesti. Tulosten yhteenveto on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-29).

Taulukko 4-29 NAG-testissä vapautunut ainemäärä näytekiloa kohden. Rikastushiekat, prosessivaihtoehto 1.

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka	Korkearikkinen rikastushiekka
pH		8,77	1,91
Hopea	mg/kg	0,002	<0,01
Alumiini	mg/kg	10	73
Arseeni	mg/kg	0,1	<0,1
Barium	mg/kg	4	4
Beryllium	mg/kg	<0,01	<0,01
Vismutti	mg/kg	<0,01	<0,01
Kalsium	mg/kg	521	657
Kadmium	mg/kg	<0,001	0,2
Koboltti	mg/kg	<0,01	77,6
Kromi	mg/kg	12,3	2,4
Kupari	mg/kg	0,4	553
Rauta	mg/kg	5,6	104 000
Elohopea	mg/kg	<0,001	<0,001
Kalium	mg/kg	670	34
Litium	mg/kg	0,3	<0,5
Magnesium	mg/kg	38	5 890
Mangaani	mg/kg	0,1	55
Molybdeeni	mg/kg	0,2	<0,03
Natrium	mg/kg	3 710	3 060
Nikkeli	mg/kg	0,2	3 480
Lyijy	mg/kg	0,02	7,2

Alkuainepitoisuudet

Korkea- ja matalarikkisten rikastushiekkojen metallien ja metalloidien kokonaispitoisuudet selvitettiin nelihappouuttomenetelmällä (Taulukko 4-30). Kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaan luokittelussa pysyväksi kaivannaisjätteeksi pitoisuuksia verrataan PIMA-asetuksen (214/2007) kynnysarvoihin tai alueellisiin taustapitoisuuksiin. Nelihappouutolla määritettyjä pitoisuuksia on tässä verrattu PIMA-asetuksen pitoisuuksiin, vaikka PIMA-asetuksen viitearvot perustuvatkin kuningasvesiuuttoon. Nelihappouutto on kuningasvesiuuttoa tehokkaampi mineraaliaineksen

hajotusmenetelmä, jonka takia nelihappouuttoon perustuva arvio rikastushiekan laadusta on kuningasvesiuuttoa konservatiivisempi.

Matalarikkisessä rikastushiekassa koboltin, kromin, kuparin, nikkelin ja vanadiinin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen (214/2007) liitteen mukaiset kynnysarvot. Korkearikkisessä rikastushiekassa puolestaan koboltin, kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät ko. kynnysarvot. Kynnysarvojen ylityksiin perustuen Sakatin kaivoksella muodostuvia rikastushiekkoja ei voida luokitella kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) mukaisesti pysyviksi jätteiksi.

Taulukossa rikastushiekkojen pitoisuuksia verrataan suuruusluokan havainnollistamiseksi myös PIMA-asetuksen (214/2007) liitteen mukaisiin ylempiin ohjearvoihin. PIMA-asetuksen alempaa ja ylempää ohjearvoa ei kuitenkaan sovelleta kaivannaisjätteen luokittelussa. Sekä matalarikkisessä että korkearikkisessä rikastushiekassa kuparin, nikkelin ja kromin pitoisuudet olivat koholla ylempiin ohjearvoihin verrattuna. Suurin kuparipitoisuus (986 mg/kg) ja nikkelipitoisuus (5 500 mg/kg) oli korkearikkisessä rikastushiekassa, jossa pitoisuudet ylittivät kuparille ja nikkelille asetetun ylemmän ohjearvon. Suurin kromipitoisuus (3 780 mg/kg) oli matalarikkisessä rikastushiekassa ja myös tämä ylitti kromin ylemmän ohjearvon. Edellä mainittujen alkuaineiden pitoisuudet ovat koholla myös Geologian tutkimuskeskuksen määrittämiin alueellisiin taustapitoisuusarvioihin (TAPIR) verrattuna.

Koboltin pitoisuus oli koholla matalarikkisessä (57,7 mg/kg) ja korkearikkisessä rikastushiekassa (126 mg/kg). Kobolttipitoisuus matalarikkisessä rikastushiekassa ylitti kynnysarvon ja korkearikkisessä rikastushiekassa pitoisuus ylitti alemman ohjearvon. Vanadiinin pitoisuus matalarikkisessä rikastushiekassa (108 mg/kg) oli hieman kynnysarvoa korkeampi.

Taulukko 4-30 Alkuaineiden kokonaispitoisuudet nelihappouutosta määritettynä sekä vertailuarvoina käytetyt PIMA-asetuksen (214/2007) ja Geologian tutkimuskeskuksen taustapitoisuusrekisterin (TAPIR) arvot. Rikastushiekat, prosessivaihtoehto 1. Sinisellä värillä on esitetty kynnysarvon ja alemman ohjearvon väliin sijoittuvat pitoisuudet, keltaisella on esitetty alemman ja ylemmän ohjearvon väliin sijoittuvat pitoisuudet ja punaisella ylemmän ohjearvon ylittävät pitoisuudet.

Parametri	Yk-sikkö	Kynnys-arvo	Alempi oh-jearvo	Ylempi oh-jearvo	Taustapitoisuus			Matala-rikkinen rikas-tus-hiekka	Korkea-rikkinen rikas-tus-hiekka
					Moreenin hie-noaineksessa (kansallinen)	Moree-nissa (keskim.)*	Moree-nissa (max.)*		
Arseeni	mg/kg	5	50	100	1 (0,1–2,5)		-	1,3	3,1
Kadmium	mg/kg	1	10	20	0,03 (0,01–0,15)	-	-	0,2	0,19
Koboltti	mg/kg	20	100	250	8 (1–30)	15,85	34,92	57,7	126
Kromi	mg/kg	100	200	300	31 (6–170)	135,17	522	3 780	1 840
Kupari	mg/kg	100	150	200	22 (5–110)	38,11	100,15	559	986
Elohopea	mg/kg	0,5	2	5	0,005 (<0 005–0,05)	-	-	0,01	0,01
Nikkeli	mg/kg	50	100	150	17 (3–100)	66	227	1 500	5 500
Lyijy	mg/kg	60	200	750	5 (0,5–5,0)	-	-	18,3	13,8
Antimoni	mg/kg	2	10	50	0,02 (0,01–0,2)	-	-	0,37	0,21
Vanadiini	mg/kg	100	150	250	38 (10–115)	62,86	124,17	108	67
Sinkki	mg/kg	200	250	400	31 (8–110)	29,49	99,46	64	20

** 15 kilometrin säteellä koordinaateista 490437, 7492133 (EUREF FIN TM35FIN)*

Ravistelutesti

Yksivaiheisen ravistelutestin metallipitoisuudet L/S 10-suhteessa on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 4-31).

Taulukko 4-31 Yksivaiheisen ravistelutestin tulokset uuttosuhteessa L/S 10.

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka	Korkearikkinen rikastushiekka
pH		7,81	4,81
Hopea	mg/l	<0,001	<0,001
Alumiini	mg/l	0,014	0,015
Arseeni	mg/l	<0,001	<0,001
Boori	mg/l	0,013	0,012
Barium	mg/l	0,071	0,076
Beryllium	mg/l	<0,0002	<0,0002
Vismutti	mg/l	<0,001	<0,001
Kalsium	mg/l	21,8	22
Kadmium	mg/l	<0,0005	<0,0005
Koboltti	mg/l	<0,0005	<0,0005
Kromi	mg/l	0,007	0,007
Kupari	mg/l	<0,001	<0,001
Rauta	mg/l	0,01	0,011
Elohopea	mg/l	<0,00001	<0,00001
Kalium	mg/l	7,21	7,18
Litium	mg/l	0,002	0,002
Magnesium	mg/l	13	12,4
Mangaani	mg/l	0,008	0,008
Molybdeeni	mg/l	0,001	0,001
Natrium	mg/l	13,7	13,9
Nikkeli	mg/l	0,004	0,004
Fosfori	mg/l	<0,05	<0,05
Lyijy	mg/l	<0,001	<0,001
Antimoni	mg/l	<0,001	<0,001
Seleeni	mg/l	0,001	0,001
Tina	mg/l	<0,001	<0,001
Strontium	mg/l	0,095	0,093
Titaani	mg/l	<0,005	<0,005
Tallium	mg/l	<0,005	<0,005
Vanadiini	mg/l	<0,005	<0,005
Sinkki	mg/l	0,006	0,006

Kosteuskammiokoe

Prosessivaihtoehdon 1 matalarikkisen rikastushiekan pitkäaikaiskäyttäytymistä arvioitiin 24 viikkoa kestäneellä kosteuskammiokokeella. Kosteuskammiokokeen tuloksia voidaan hyödyntää suotovesilaadun mallintamisessa.

Kosteuskammiokokeen alussa näytteestä huuhtoutuu prosessivesijäämiä ja valmiiksi liukoisessa muodossa olevia aineita tai hiekan pinnalle löyhästi sitoutuneita aineita. Kokeen edetessä voidaan

näytteestä huuhtoutuvassa vedessä todeta myös rikastushiekan hapettumisessa vapautuvia ja edelleen reaktiotuotteina muodostuvia aineita.

Kosteuskammiokokeessa pH pysyi neutraalilla ja lievästi emäksisellä alueella koko kokeen ajan (pH 7,2–8,4). Vastaavasti sulfaatin muodostus oli vähäistä ja melko tasaista, pois lukien kokeen ensimmäiset huuhtelukerrat. Hapontuottokyky kului kokeessa nopeampaa tahtia kuin neutralointikapasiteetti.

Ensimmäisen viikon huuhtouman sähkönjohtavuus oli 260 mS/m ja sen jälkeen sähkönjohtavuus oli kaikilla mittauskerroilla alle 50 mS/m. Nikkeliä vapautui rikastushiekasta ensimmäisten viikkojen aikana enemmän, mutta vapautumisnopeus tasaantui myöhemmin. Myös koboltin, kuparin ja arseenin liukeneminen oli testausjaksolla suhteellisen tasaista. Kosteuskammiokokeiden tuloksia on kuvattu tarkemmin liitteessä 11 (AFRY Finland Oy 2023b).

Prosessivaihtoehdon 1 korkearikkisen rikastushiekan pitkäaikaiskäyttäytymistä ei ole erikseen tutkittu, sillä Sakatin kaivoshankkeessa korkearikkinen rikastushiekka tullaan hyödyntämään kokonaisuudessaan louhostäyttöön valmistettavan pastan raaka-aineena.

Monoliitin uuttokoe

Monoliitin uuttokokeella tutkittiin louhostäyttöön valmistettavan pastan käyttäytymistä vesikontaktissa ajan funktiona. Geokemiallista testausta varten valmistettiin rikastushiekasta ja sideaineesta yksi pastatäyttöä edustava sylinterimäinen näytekappale eli monoliitti. Monoliitti käsitti sekä matalarikkistä (90,4 %) että korkearikkistä rikastushiekkaa (9,3 %) ja sideaineena käytettiin sementin ja kuonan seosta suhteessa 50:50. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Uuttokokeen tulokset on esitetty alla (Taulukko 4-32). Uutteen pH oli kaikissa vaiheissa emäksinen. Rikkipitoisuutena esitetty sulfaattipitoisuus kasvoi kokeen loppua kohden, samoin kuin todennäköisesti sulfidisina esiintyvien nikkelin ja kuparin pitoisuudet. Arseenin mobilisoituminen oli vaihtelevaa, ja maksimipitoisuudet havaittiin tutkimusvaiheissa 3 (ajankohta 54 h) ja 7 (ajankohta 36 päivää). Metallien pitoisuudet olivat kaikissa vaiheissa alhaisia. Monoliitin uuttokokeen tulokset kuvaavat tutkittujen metallien liukenemispotentiaalia. Myös monoliitin uuttokokeen tulosten käyttäminen edellyttää vesi/pinta-ala –kontaktin skaalausta ja olosuhteiden huomiointia kokonaisuutena. Tulokset voidaan skaalata todellisiin olosuhteisiin, jolloin kuvataan metallien liukenemista louhostäytössä käytettävästä pastasta. (AFRY Finland Oy 2023b)

Taulukko 4-32 Monoliitin uuttokokeen uutteen pitoisuudet eri uuttovaiheissa (Lähde: SRK Consulting Ltd. 2018a). Monoliitin uuttokokeen tulos ei ole sama asia kuin maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden laatu.

Parametri		Uutteen konsentraatio								Määritysraja
	Vaihe	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Päiviä	0,25	1	2,25	4	9	16	36	64	
	Yksikkö	6 h	24 h	54 h	96 h	216 h	384 h	864 h	1536 h	
Sähkönjoht.	µS/cm	114	154	330	292	501	477	619	629	0,005
pH		10,5	10,8	11,3	11,3	11,4	11,5	11,8	11,6	1
Alkaliteetti	mg/m² $CaCO_3$	3 080	4 800	7 200	6 400	10 400	10 400	15 600	14 800	2
Alumiini	mg/m²	33	34	53	46	78	72	110	100	0,002

Parametri		Uutteen konsentraatio								Määritysraja
	Vaihe	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Päiviä	0,25	1	2,25	4	9	16	36	64	
	Yksikkö	6 h	24 h	54 h	96 h	216 h	384 h	864 h	1536 h	
Antimoni	mg/m²	0,027	0,015	0,019	0,016	0,029	0,024	0,014	0,024	0,0001
Arseeni	mg/m²	0,09	0,063	0,19	0,058	0,072	0,067	0,25	0,02	0,0005
Barium	mg/m²	0,39	1,3	3,4	3,8	6,5	6,6	10	9,4	0,0002
Beryllium	mg/m²	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Vismutti	mg/m²	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
Boori	mg/m²	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,46	0,9	0,005
Kadmium	mg/m²	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	<0,00008	0,00008
Kalsium	mg/m²	390	950	2 000	2 100	3 600	3 700	5 800	6 000	0,012
Kloridi	mg/m²	57	57	92	94	160	150	290	260	0,08
Kromi	mg/m²	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Koboltti	mg/m²	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	<0,00015	0,00015
Kupari	mg/m²	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,0003
Fluoridi	mg/m²	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	12	15	0,1
Rauta	mg/m²	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	<0,019	1,5	<0,019	<0,019	0,019
Lyijy	mg/m²	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002
Litium	mg/m²	0,17	0,15	0,25	0,22	0,36	0,35	0,5	0,57	0,001
Magnesium	mg/m²	4,3	<0,036	<0,036	<0,036	<0,036	<0,036	<0,036	<0,036	0,036
Mangaani	mg/m²	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Elohopea	mg/m²	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001	0,00001
Molybdeeni	mg/m²	0,12	0,12	0,19	0,2	0,34	0,35	0,79	1,2	0,0005
Nikkeli	mg/m²	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,036	0,033	0,04	0,068	0,0004
Fosfori	mg/m²	1,2	0,87	1,2	1,4	0,86	1,3	1,4	0,86	0,01
Kalium	mg/m²	830	570	770	650	840	670	680	540	1
Seleeni	mg/m²	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,047	0,094	0,09	0,29	0,36	0,0005
Pii	mg/m²	72	77	140	120	190	160	170	160	0,05
Hopea	mg/m²	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005	0,0005
Natrium	mg/m²	550	360	510	410	550	460	540	370	0,076
Strontium	mg/m²	2,6	6,2	11	11	18	18	29	30	0,0004
Sulfaatti-rikki (S)	mg/m²	86	52	86	99	210	220	640	1 100	0,04
Tallium	mg/m²	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002
Kokonais-typpi (N)	mg/m²	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1
Volframi	mg/m²	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,13	0,13	0,28	0,37	0,001
Uraani	mg/m²	<0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0005
Vanadiini	mg/m²	0,4	0,24	0,29	0,26	0,48	0,45	0,72	0,75	0,001
Sinkki	mg/m²	<0,001	<0,001	0,11	<0,001	<0,001	<0,001	0,085	<0,001	0,001

Rikastushiekkojen karakterisointi, prosessivaihtoehto 2

Prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekkanäytteet perustuvat GTK Mintecillä vuonna 2019 tehtyihin laboratoriomittakaavan suljetun kierron rikastuskokeisiin. Rikastuskoe jatkui kaikkiaan 15 kierrosta. Matalarikkinen rikastushiekka edustaa prosessin lopullista rikastushiekkaa. Korkearikkisen rikastushiekan näyte on yhdistelmä kahdesta eri virrasta. Kaikkiaan koerikastuksen syöte koostui yhdeksän eri malmityypin seoksesta ja sisälsi myös pienen määrän raakkulaimennusta, mikä vastaa oletettua todellisen kaltaista määrää. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Geokemiallisessa näytteenotossa priorisoitiin suljetun kierron rikastuskokeen vaihe, joka oli mahdollisimman hyvin tasapainotilassa mm. kiertoveden ja raakaveden käytön suhteen. Rikastushiekkojen karakterisointiin toimitettiin yksi näyte matalarikkisestä rikastushiekasta ja yksi näyte korkearikkisestä rikastushiekasta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Fysikaaliset ominaisuudet

Rikastushiekan jauhatuksessa ei ole eroja prosessivaihtoehtojen välillä ja fysikaaliset ominaisuudet ovat siten samat kuin prosessivaihtoehdolla 1 (AFRY Finland Oy 2023b).

Rikastushiekan mineralogia

Mineralogisen analyysin välineinä olivat sekä XRD (jauheröntgendiffraktio) että BMA (bulk mineral analysis, käyttäen pyyhkäisyelektronimikroskooppia ja energiadispersiivistä röntgenmikroanalysaattoria, SEM-EDX) (AFRY Finland Oy 2023b). Näytteiden mineraalikoostumus on esitetty liitteessä 11.

Tulosten tulkinnassa on huomattava, että erilaisista menetelmistä ja esikäsittelystä johtuen tuloksissa voi olla joitakin epäjohdonmukaisuuksia. XRD (jauheröntgendiffraktio) ja BMA (*bulk mineral analysis*, käyttäen pyyhkäisyelektronimikroskooppia ja energiadispersiivistä röntgenmikroanalysaattoria, SEM-EDX) -tekniikoilla saatuja tuloksia voidaan pitää luonteeltaan toisiaan täydentävinä. Seuraavissa kappaleissa käsitellyt tulokset perustuvat suurimmalta osin BMA:an. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Korkearikkisestä rikastushiekkanäytteestä valtaosa on rautasulfideja, joista magneettikiisua on 43 %, rikkikiisua 2,1 %, pentlandiittia 0,7 % ja kuparikiisua 0,1 %. Matalarikkisen rikastushiekan näytteessä sulfidien osuus on selvästi matalampi (yhteensä 0,1 %). Karbonaatteja (dolomiittia ja kalsiittia) on molemmissa näytteissä 1,4–1,9 %. Kuten tyypillisesti ultramafisissa malmiesiintymissä, rikastushiekkanäytteissä esiintyy useita eri silikaattimineraaleja; oliviinia, ortopyrokseenia ja klinopyrokseenia, amfiboleja, maasälpää ja kiilleryhmän mineraaleja. Lisäksi esiintyy serpentiiniä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

On huomattava, että talkki- ja kloriittimineraaleja tunnistetaan runsaina esiintyvinä (talkki) tai huomattavan korkeina pitoisuuksina (kloriitti) vain XRD:llä. Tämä epäjohdonmukaisuus johtuu todennäköisesti SEM-tekniikan rajoittuneesta kyvystä analysoida savifraktiota ja XRD-tekniikan herkkyydestä levymäisiin suuntautuneisiin mineraaleihin. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Mineralogisella analyysilla (BMA) selvitettiin myös kuparin, nikkelin ja rikin määriä rikastushiekkojen mineraaleissa. Molemmissa rikastushiekoissa valtaosa nikkelistä on pentlandiitissa. Nikkeliä on pieninä pitoisuuksina myös magneettikiisussa, rikkikiisussa ja serpentiinissä molemmissa rikastushiekoissa. Näytteen kemiallisen koostumuksen suhteen on kuitenkin syytä nojata ensisijaisesti kemialliseen analyysiin. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Geokemialliset ominaisuudet

ABA- ja NAG-testit

NNP- ja NPR-arvot on määritetty kokonaisrikkipitoisuuden perusteella lasketun maksimi-hapontuottopotentiaalin (MAP) perusteella, oletuksella, että sulfidirikki on pääosin magneettikiisua. Korkearikkisen rikastushiekan kokonaisrikkipitoisuus on 13,85 %, josta 12,25 % (~88 %) on sulfidirikkiä. Matalarikkisen rikastushiekan kokonaisrikkipitoisuus on 0,24 %, josta 0,14 % (~58 %) on sulfidirikkiä. Korkearikkisen rikastushiekan sulfidirikistä 92 % on magneettikiisussa ja 7 % rikkikiisussa. Matalarikkisessä rikastushiekassa sulfidirikki jakaantuu melko tasaisesti mageettikiisun, rikkikiisun, pentlandiittin ja kuparikiisun kesken. (AFRY Finland Oy 2023b.)

ABA-testin perusteella (Taulukko 4-33) matalarikkinen rikastushiekka on luokiteltavissa hapontuottopotentiaaliltaan ei-happoatuottavaksi. Korkearikkinen rikastushiekka on puolestaan mahdollisesti happoatuottavaa ja sen voidaan olettaa tuottavan hapanta suotaumaa. NAG-testien tulokset tukevat ABA-testien tuloksia. On kuitenkin huomattava, että merkittävästä neutralointikapasiteetista johtuen korkearikkisen rikastushiekan haponmuodostus tapahtuu viiveellä vasta sen jälkeen, kun kaikki neutralointipotentiaali on kulutettu loppuun. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Haponpuskurointikapasiteetti (ABCC) pH 4:ään on lähellä C-NP-arvoa. Puskurikapasiteetti pH 2,5:een on lähellä T-NP-arvoa. Puskurikapasiteettikuvaajan mukaan puskurikapasiteetti pH 7:ään on hyvä (yli 10 kg $CaCO_3$ eq/t molemmilla rikastushiekoilla). (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-33 Rikastushiekan hapontuotto- ja neutralointikyky ABA-testien tulosten perusteella. MAP = maksimihapontuottopotentiaali, NP = neutralointipotentiaali, NPR = neutralointipotentiaalisuhde (NP/AP), ABCC = haponpuskurointikuvaaja. Laskennalliselle neutralointipotentiaaliarvolle (NP) ja niiden perusteella lasketuille nettoneutralointipotentiaalille (NNP) ja neutralointipotentiaalisuhteelle (NPR) on annettu etuliite C tai T riippuen siitä, onko kyseessä laskennallisesti (C) vai titraamalla (T) määritetty neutralointipotentiaali. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

Parametri	Yksikkö	Matalarikkinen rikastushiekka	Korkearikkinen rikastushiekka
ABA			
MAP	kg $CaCO_3$ eq/t	7,50	432,81
C-NP	kg $CaCO_3$ eq/t	47,50	30,83
T-NP	kg $CaCO_3$ eq/t	87,83	56,23
C-NPR		6,33	0,07
T-NPR		11,71	0,13
C-NNP	kg $CaCO_3$ eq/t	40,00	-401,98
T-NNP	kg $CaCO_3$ eq/t	80,30	-376,58
NAG			
NAG-pH	S.U	9,65	2,91
NAG-pH 4,5	kg H_2SO_4 eq/t	0,00	19,45
NAG-pH 7	kg H_2SO_4 eq/t	0,00	96,21
Kokonais-NAG-arvo	kgH_2SO4 eq/t	0,00	115,66
ABCC-NP			
pH 4:ään	kg $CaCO_3$ eq/t	48,00	33,00
pH 2,5:een	kg$CaCO_3$ eq/t	73,23	60,60
Aineksen luokittelu hapontuottokyvyn perusteella		ei-happoatuottava	mahdollisesti happoatuottava

Alkuainepitoisuudet

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-34) on esitetty rikastushiekkanäytteiden nelihappouutosta määritetyt alkuaine- ja hivenainepitoisuudet. Tuloksia on verrattu PIMA-asetuksen (214/2007) liitteen kynnysarvoihin. Kokonaispitoisuuksia arvioitiin myös GAI-indeksin avulla, jossa verrataan tutkittavan alkuaineen pitoisuutta sen keskimääräiseen pitoisuuteen maankuoressa. GAI-arvo >3 indikoi alkuaineen merkittävää rikastumista. Rikastushiekoissa esiintyvien päämineraalien kokonaispitoisuudet on esitetty liitteessä 11.

Koboltin, kromin, kuparin, ja nikkelin pitoisuudet molemmissa rikastushiekoissa ylittävät PIMA-asetuksen (214/2007) mukaisen kynnysarvon. Lisäksi korkearikkisen rikastushiekan vanadiinipitoisuus ylitti kynnysarvon. Maankuoren keskimääräisiin pitoisuuksiin perustuvat GAI-arvot osoittavat, että molemmissa rikastushiekoissa vismutin, nikkelin, seleenin ja telluurin pitoisuudet ovat merkittävän korkeita. Lisäksi korkearikkisessä rikastushiekassa on merkittävän korkeat hopea-, kupari-, ja reniumpitoisuudet sekä hieman kohonneet koboltin pitoisuudet. Matalarikkisessä rikastushiekassa on myös hieman kohonneet hopea-, ja kuparipitoisuudet. Rikastushiekkojen germaniumin kohonneeksi merkitty pitoisuus johtuu siitä, että sen määritysraja on korkeampi kuin maankuoren keskimääräinen pitoisuus ja tulos voidaan tästä syystä jättää huomioimatta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Verrattaessa edellä mainittuja alkuaineiden pitoisuuksia PIMA-asetuksen (214/2007) viitearvoihin ja maankuoren keskimääräisiin pitoisuuksiin voidaan havaita joitakin eroavuuksia. Korkean pitoisuuden alkuaineille (hopea, vismutti, germanium, seleeni ja telluuri) ei PIMA-asetuksessa ole määritetty viitearvoja, mutta pitoisuuksien vertailu maankuoren keskimääräisiin pitoisuuksiin osoittaa kyseisten alkuainepitoisuuksien olevan koholla erityisesti korkearikkisessä rikastushiekassa. Verrattaessa PIMA-asetuksen kynnysarvoon, koboltin pitoisuus on koholla molemmissa rikastushiekoissa ja vanadiinin pitoisuus on koholla korkearikkisessä rikastushiekassa. Vertailu maankuoren keskimääräisiin pitoisuuksiin puolestaan viittaa vain vähän kohonneeseen pitoisuuteen näiden alkuaineiden osalta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Reniumia ei luokitella haitalliseksi aineeksi, eikä korkearikkisessä rikastushiekassa havaittu pitoisuus näin ollen aiheuta huolta ympäristöhaitasta. Myöskään rikastushiekoissa havaittujen vismuttipitoisuuksien ei katsota aiheuttavan merkittävää haittaa. Hopean liukenemista aineksesta tulee tarkkailla tulevissa selvityksissä. Seleeniä esiintyy korkeina pitoisuuksina erityisesti korkearikkisessä rikastushiekassa, ja sitä voidaan suositella huomioitavaksi Sakatin suotovesien tarkkailussa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-34 Prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekkojen alkuainepitoisuudet nelihappouutosta määritettynä (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b).

Alkuaine	Yksikkö	Vertailuarvot		Pitoisuudet	
		Maankuoren keskimääräinen pitoisuus	VNa 214/2007 kynnysarvo	Korkearikkinen rikastushiekka	Matalarikkinen rikastushiekka
Hopea	mg/kg	0,075		1,64	0,42
Arseeni	mg/kg	1,8	5	1,7	1
Barium	mg/kg	425		15,5	45,8
Vismutti	mg/kg	0,0085		0,43	0,21

Alkuaine	Yksikkö	Vertailuarvot		Pitoisuudet	
		Maankuoren keskimääräinen pitoisuus	VNa 214/2007 kynnysarvo	Korkearikkinen rikastushiekka	Matalarikkinen rikastushiekka
Kadmium	mg/kg	0,15	1	0,14	0,12
Koboltti	mg/kg	25	20	**128**	**59,2**
Kromi	mg/kg	102	100	**7 030**	**1 450**
Kupari	mg/kg	60	100	**786**	**468**
Germanium	mg/kg	1,5		*<5*	*<5*
Elohopea	mg/kg	0,085	0,5	0,012	0,006
Litium	mg/kg	20		3,2	7,9
Molybdeeni	mg/kg	1,2		3,4	0,36
Nikkeli	mg/kg	84	50	**3 860**	**1 310**
Lyijy	mg/kg	14	60	5,3	4,8
Renium	mg/kg	0,0007		0,033	0,002
Antimoni	mg/kg	0,2	2	0,08	*<0,05*
Seleeni	mg/kg	0,05		62,6	1,5
Tina	mg/kg	2,3		1	2
Strontium	mg/kg	370		10,7	30
Telluuri	mg/kg	0,001		0,85	0,33
Torium	mg/kg	9,6		0,32	0,43
Tallium	mg/kg	0,85		0,05	0,06
Uraani	mg/kg	2,7		0,13	0,15
Vanadiini	mg/kg	120	100	**171**	37
Volframi	mg/kg	1,25		1	1
Sinkki	mg/kg	70	200	79	33
Arvo	Pitoisuus yli PIMA-asetuksen (214/2007) kynnysarvon				
	GAI-arvo 1 tai 2: 3–12-kertainen pitoisuus vrt. maankuoren keskimääräinen pitoisuus				
	GAI-arvo ≥3: hivenaineiden yli 12-kertainen pitoisuus keskimääräiseen pitoisuuteen nähden				
<Arvo	Alle määritysrajan				

Dekanttivesien, NAG-testin loppuliuosten ja kaksivaiheisen ravistelutestin vertailu

Prosessivaihtoehdon 2 matala- ja korkearikkisille rikastushiekoille tehtiin tarkastelu, jossa vertailtiin liukoisuuksia eri menetelmillä mitattuna. Tällainen vertailu auttaa hahmottamaan, kuinka helposti tai vaikeasti liukenevissa muodoissa eri aineet ovat rikastushiekoissa. Tarkastelu sisälsi seuraavat menetelmät:

- Kaksivaiheinen ravistelutesti, jonka tulos edustaa välitöntä kontaktiliukoisuutta
- Varastoidun rikastushiekkanäytteen pinnalle kertyvän dekanttiveden analyysi, jonka tulos edustaa alkavaa näytteen hapettumista, *sekä;*
- NAG-uutteen analyysi, jonka tulos edustaa kokonaishapetusta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

pH-arvojen vertailu osoitti korkearikkisen rikastushiekkanäytteen dekanttiveden ja ravistelutestin osalta lievää emäksisyyttä, joka viittaa siihen, että näytteen varastoinnin ja lyhytkestoisen testauksen aikana muodostuva happo neutraloituu käytettävissä olevan neutralointipotentiaalin avulla. Korkearikkisen rikastushiekan NAG-pH on hapan (2,9). Matalarikkisen rikastushiekan osalta kaikilla testimenetelmällä saatiin emäksinen pH-arvo. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-35) on esitetty dekanttivedessä sekä ravistelutestin liuoksessa ja NAG-uutteessa esiintyvät alkuainepitoisuudet. Tulosten perusteella rikastushiekoissa on kohonneina pitoisuuksina hopeaa, kobolttia, kromia, kuparia, nikkeliä, seleeniä ja vanadiinia. Näistä hopea, koboltti, kupari, nikkeli ja seleeni ovat kalkofiilisiä (sulfideihin rikastuneita) alkuaineita, jotka todennäköisesti liukenevat sulfidien hapettumisen seurauksena. Kromi on rikastunut oksideihin (kromiittiin ja kromimagnetiittiin). Vanadiini on yleisesti spinellityyppisten oksidien ainesosana ja muodostaa seossarjoja magnetiitin ja kromiitin välillä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-35 Yhteenveto dekanttiveden, kaksivaiheisen ravistelutestin ja NAG-testin loppuliuoksen määritystuloksista (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

		Matalarikkinen rikastushiekka				Korkearikkinen rikastushiekka		
Analyytti	Yksikkö	Dekantti-vesi	Kaksivaiheinen ravistelutesti, summa	NAG, ennen reaktiota	NAG, reaktion jälkeen	Dekantti-vesi	Kaksivaiheinen ravistelutesti, summa	NAG
Nettohappamuus*	mg/l $CaCO_3$	-144				433		
Kloridi	mg/kg	74,256	81,08			47,85	44,944	
Sulfaattirikki	mg/kg	76,752	173			93,72	210,44	
Kokonaisrikki	mg/kg	112,632	257,8	1 070	1 370	262,35	923,2	62 100
Ei-sulfaattinen rikki	mg/kg	35,88	84,8			168,63	712,76	
Natrium	mg/kg	101,4	276,2	665	797	112,53	160,4	229
Magnesium	mg/kg	21,996	73,72	4 000	79,5	66	224,6	29 300
Kalium	mg/kg	19,5936	129	1 250	1 570	22,077	106,72	340
Kalsium	mg/kg	3,1512	81,34	3 930	1 330	16,5	247	7 400
Rauta	mg/kg	*<0,005928*	*<0,19*	*<1,9*	6,93	*<0,00627*	*<0,19*	39 600
Alumiini	µg/kg	*<3,12*	*<100*	*<1 000*	*<1 000*	*<3,3*	*<100*	52 900
Arseeni	µg/kg	*<0,156*	*<5*	*<50*	*<50*	*<0,165*	*<5*	51,9
Vismutti	µg/kg	*<0,0312*	*<1*	*<10*	*<10*	*<0,033*	*<1*	*<10*
Kadmium	µg/kg	*<0,02496*	*<0,8*	*<8*	*<8*	*<0,0264*	*<0,8*	107
Kromi	µg/kg	*<0,312*	*<10*	10 800	13 300	*<0,33*	*<10*	443
Koboltti	µg/kg	0,168168	*<5*	*<50*	*<50*	1,9239	5,926	81 800
Kupari	µg/kg	*<0,0936*	*<3*	531	*<30*	*<0,099*	*<3*	66 000
Lyijy	µg/kg	<0,0624	*<2*	30,7	*<20*	*<0,066*	*<2*	2 080
Mangaani	µg/kg	*2,46792*	*<30*	6 010	*<300*	24,09	199	290 000
Elohopea	µg/kg	*<0,00312*	*<0,1*	*<1*	*<1*	*<0,0033*	0,1	1
Nikkeli	µg/kg	15,0072	54,84	567	144	167,97	558,2	2 600 000
Fosfori	µg/kg	248,352	340,8	*<1 000*	*<1 000*	346,5	732,4	1 000
Seleeni	µg/kg	2,07792	13,22	436	653	5,148	*<21,84*	12 100
Hopea	µg/kg	*<0,156*	*<5*		<50	*<0,165*	*<5*	*<50*
Titaani	µg/kg	1,326	*<11,08*	206	204	0,4158	*<10*	596
Vanadiini	µg/kg	*<0,312*	*<10*	*<1090*	*<100*	*<0,33*	*<10*	*<100*
Sinkki	µg/kg	*<0,312*	*<10*	*<100*	*<100*	*<0,33*	*<10*	12 800

< Arvo alle määritysrajan

** Happamuus määritettiin titraamalla pH -arvoon 4, jonka jälkeen vetyperoksidia lisättiin näytteeseen. Nettohappamuus on laskettu seuraavasti: Nettohappamuus = kokonaishappamuus – kokonaisemäksisyys. Negatiivinen arvo osoittaa, että näyte on nettoemäksinen, kun taas positiivinen arvo osoittaa, että näyte on nettohapan. Neutraaleissa pH-olosuhteissa tämä osoittaa huomattavaa määrää tiosuoloja.*

Kupari on suhteellisen runsaana esiintyvä metalli Sakatin rikastushiekoissa ja tyypillisesti sulfideihin sitoutunut raskasmetalli, mutta sen pitoisuus dekanttivedessä ja ravistelutestien tuloksissa alitti määritysrajan. Dekanttivedessä ja ravistelutesteissä hapettumisen vaikutus ei vielä ole edustettuna ja lisäksi liuosten lievä emäksisyys vaikuttaa siten, että Cu^{2+}-ionit ovat heikkoliukoisia ja tyypillisesti adsorboituvat rautaoksidien pinnoille. Hapettavassa NAG-testissä vapautui, 8,4 % korkearikkisen rikastushiekan kokonaiskuparimäärästä. Matalarikkisestä rikastushiekasta kuparia vapautui hapetettaessa vain vähän (530 µg/kg) todennäköisesti tiukan mineraaleihin sitoutumisen takia, mukaan lukien silikaattimineraalit. Myös koboltin lyhyen aikavälin liukoisuus oli vähäistä, mutta korkearikkisen rikastushiekan NAG-testin mukaan 64 % näytteen kokonaiskobolttimäärästä olisi pitkällä aikavälillä hapettuvissa. Nikkeliä vapautui korkearikkisen rikastushiekan dekanttiveteen 168 µg/kg, mikä viittaa siihen, että nikkeliä olisi korkearikkisessä rikastushiekassa jossain määrin jo valmiiksi helppoliukoisessa muodossa. Myös korkearikkisen rikastushiekan ravistelutestissä tavattiin nikkeliä, mutta dekanttivettä pienempänä määränä. Korkearikkisen rikastushiekan NAG-testissä nikkeliä vapautui 67,4 % rikastushiekassa olevasta nikkelistä eli merkittävä osa korkearikkisen rikastushiekan nikkelistä on hapettumisreaktioiden myötä pitkällä aikavälillä vapautuvassa muodossa. Matalarikkisen rikastushiekan NAG-testissä nikkeliä vapautui vain 1 % rikastushiekassa olevasta nikkelistä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Liuenneen kokonaisrikin pitoisuus on sekä korkearikkisen että matalarikkisen rikastushiekan dekanttivedessä korkeampi kuin sulfaattirikin pitoisuus. Ei-sulfaattisen rikin esiintyminen voi johtua tiosuolojen esiintymisestä rikastushiekkanäytteissä. Ei-sulfaattista rikkiä havaittiin myös ravistelutestin molemmissa vaiheissa. Tiosuoloja muodostuu malmin prosessoinnin aikana, sekä malmin hienonnuksessa että kemiallisten kokooja-aineiden vaikutuksesta sulfidimineraalien pinnoilla. Lisäksi tiosuoloja voi läjitysolosuhteissa muodostua sulfidien epätäydellisen hapettumisen kautta rikastushiekan hapellisessa osassa. Tiosulfaatti on huomionarvoinen aine, koska se hapettuu edelleen sulfaatiksi, muodostaen happamuutta viiveellä. Kloridin ja natriumin vapautuminen sekä korkearikkisestä että matalarikkisestä rikastushiekasta dekanttiveteen on huomionarvoista erityisesti ajatellen veden kierrätystä prosessissa. Fosforin vapautuminen kaksivaiheisessa ravistelutestissä oli korkearikkisellä rikastushiekalla 732 µg/kg ja matalarikkisellä rikastushiekalla 341 µg/kg. Prosessikemikaalit ovat keskeinen fosforin lähde. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kosteuskammiokoe

Kosteuskammiokokeella selvitettiin molempien rikastushiekkojen suotovesien laatua. Testauksen kesto oli 54 viikkoa. Keskeisimmät tulokset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-36) keskiarvoina viikkojaksoittain (viikot 0–3, 4–20 ja 21–54). Kaikki tulokset on esitetty liitteessä 11.

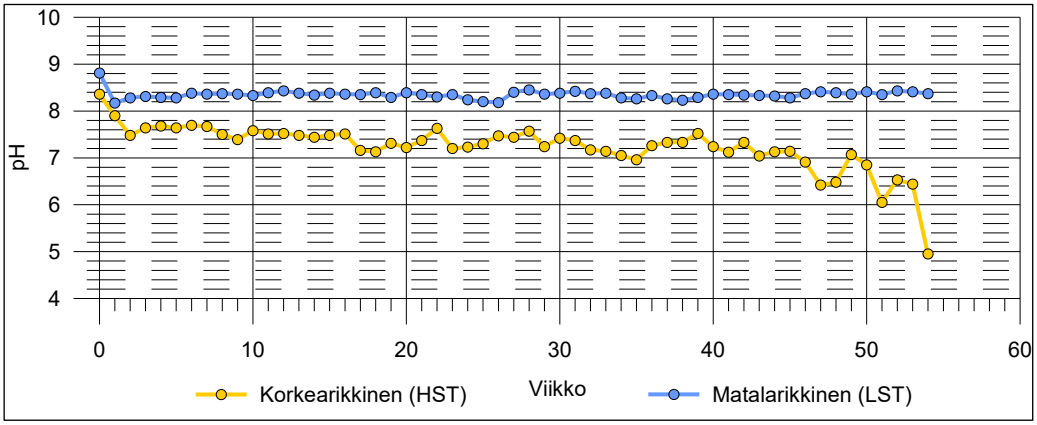
Matalarikkisessä rikastushiekassa neutralointikapasiteetin suhteellinen kulutus on ollut hidasta ja alun perinkin vähäinen hapontuottokapasiteetti on hiipunut jokseenkin samaa tahtia. Korkearikkisessä rikastushiekassa neutralointikapasiteetti on kulunut huomattavasti hapontuottokapasiteettia nopeammin. Matalarikkisestä rikastushiekasta vapautuvan sulfaatin määrä on pysynyt matalana ja trendi on hitaasti aleneva. Korkearikkisestä rikastushiekasta liukenevan sulfaatin määrä on ollut selvästi korkeampi ja siinä on tapahtunut enemmän vaihtelua. Nikkeliä on liuennut korkearikkisestä rikastushiekasta huomattavia määriä koko kokeen ajan ja erityisesti kahdessa eri vaiheessa. Nikkelin liukeneminen matalarikkisestä rikastushiekasta on ollut hyvin vähäistä. Fosforia liukeni

korkearikkisestä rikastushiekasta alkuhuuhtelussa merkittävä määrä. Myös matalarikkisestä rikastushiekasta liukeni fosforia alkuhuuhtelussa, mutta korkearikkistä rikastushiekkaa vähemmän. Fosforipitoisuus alkuhuuhtelussa liittyy fosforiin prosessikemikaaleissa. (AFRY Finland Oy 2023b.) Otteita rikastushiekkojen kosteuskammiokokeiden tuloksista on esitetty seuraavissa kaavioissa (Kaavio 4-1 – Kaavio 4-3).

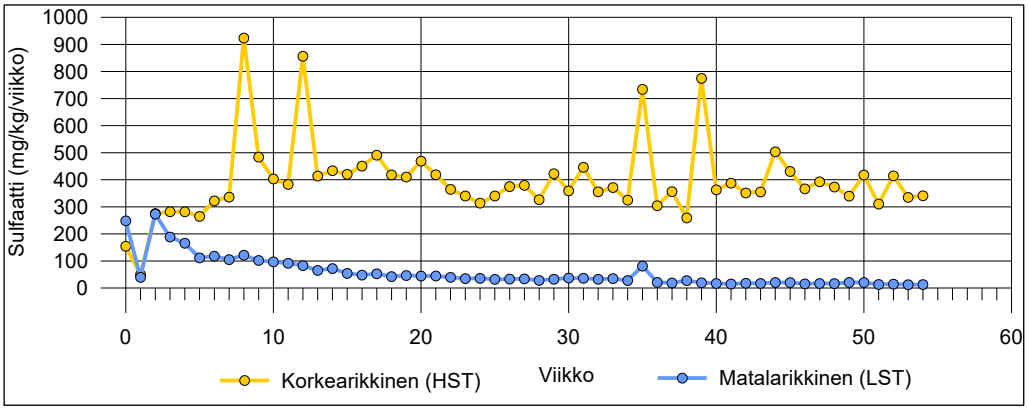
Taulukko 4-36 Rikastushiekkojen kosteuskammiotestin viikkojaksoittaiset tulokset keskiarvoina, viikot 0–3, 4–20 ja 21–54 (Lähde: Perustuu Geochemic Ltd.:n (2021b) tuottamaan aineistoon).

Näyte	Parametri Yksikkö	Ammoniumtyppi	Kloridi	Nitriitti NO_3:na mg/kg/viikko	Sulfaatti-rikki	Sulfaatti (lask.)	Kokonais-rikki
Korkearikkinen rikastushiekka	vk. 0–3	0,14	11,04	0,65	76,52	229,55	403,49
	vk. 4–20	0,04	3,50	0,28	137,46	412,37	411,69
	vk. 21–40	0,00	2,75	0,12	114,15	342,45	324,74
Matalarikkinen rikastushiekka	vk. 0–3	0,14	20,11	0,65	54,59	163,77	72,2
	vk. 4–20	0,04	2,01	0,16	28,28	84,84	28,31
	vk. 21–40	0,00	0,61	0,01	8,41	25,24	8,83
Näyte	**Parametri Yksikkö**	**Arseeni**	**Kadmium**	**Koboltti**	**Kupari µg/kg/viikko**	**Nikkeli**	**Fosfori**
Korkearikkinen rikastushiekka	vk. 0–3	0,23	0,04	3,17	1,89	200,64	220,63
	vk. 4–20	0,2	0,02	5,36	5,11	635,75	74,54
	vk. 21–40	0,17	0,01	5,91	7,40	491,72	84,93
Matalarikkinen rikastushiekka	vk. 0–3	0,23	0,04	0,36	0,19	9,11	74,08
	vk. 4–20	0,09	0,01	0,18	0,16	5,23	15,58
	vk. 21–40	0,04	0,00	0,07	0,17	1,80	21,12
Näyte	**Parametri Yksikkö**	**Seleeni**	**Uraani**	**Sinkki**	**Magnesium µg/kg/viikko**	**Kalsium**	**Rauta**
Korkearikkinen rikastushiekka	vk. 0–3	7,05	0,23	0,50	87,88	57,56	0,01
	vk. 4–20	29,31	0,08	1,57	46,53	168,66	0,02
	vk. 21–40	34,05	0,02	1,70	64,98	105,46	0,02
Matalarikkinen rikastushiekka	vk. 0–3	1,52	0,23	0,52	24,79	8,30	0,01
	vk. 4–20	3,22	0,06	0,40	15,42	10,06	0,01
	vk. 21–40	3,37	0,00	0,43	6,14	6,61	0,00

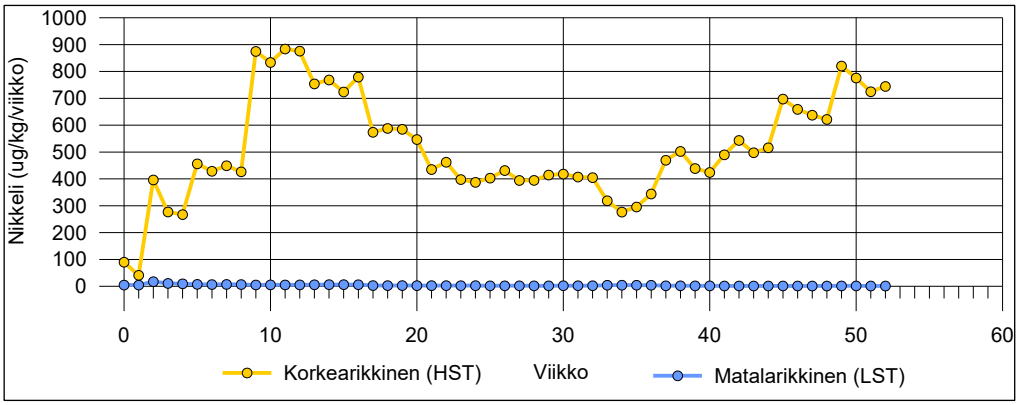
Kaavio 4-1 Kosteuskammiokokeiden viikko-pH, prosessivaihtoehto 2 (Lähde: Geochemic Ltd. 2021b).



Kaavio 4-2 Sulfaatin muodostuminen kosteuskammiokokeen aikana, prosessivaihtoehto 2 (Lähde: Geochemic Ltd. 2021b).



Kaavio 4-3 Nikkelin vapautumisnopeus kosteuskammiokokeessa, prosessivaihtoehto 2 (Lähde: Geochemic Ltd. 2021b).



Monoliitin uuttokoe

Monoliitin uuttokokeella tutkittiin louhostäyttöön valmistettavan pastatäytön käyttäytymistä vesikontaktissa ajan funktiona. Geokemiallisia tutkimuksia varten valmistettiin rikastushiekasta ja

sideaineesta kahta erilaista pastatäyttöä edustavat sylinterimäiset näytekappaleet eli monoliitit, jotka käsittivät sekä matalarikkistä että korkearikkistä rikastushiekkaa eri sekoitussuhteella. Sideaineena käytettiin sementin ja kuonan seosta suhteella 50:50. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Monoliitin uuttokokeen tulokset on esitetty liitteessä 11. Uutteen pH oli kaikissa vaiheissa emäksinen. Rikkipitoisuutena esitetty sulfaattipitoisuus kasvoi kokeen edetessä kuten myös prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekkoihin perustuvassa monoliitin uuttokokeessa, mutta sulfaatin vapautuminen käynnistyi nopeammin verrattuna prosessivaihtoehdon 1 monoliittikokeeseen. Kuparin ja arseenin vapautuminen oli prosessivaihtoehdon 1 monoliittia vähäisempää. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Monoliitin uuttokokeen tulokset kuvaavat tutkittujen metallien ja anionien liukenemispotentiaalia. Tulokset voidaan skaalata kenttäolosuhteisiin, kuvaamaan louhostäyttöjen vaikutusta maanalaisen kaivoksen veden laatuun. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Rikastushiekan asbestipitoisuus

Mineralogisen karakterisoinnin yhteydessä (SRK Consulting Ltd. 2018a) rikastushiekoissa ei havaittu asbestikuituja, mutta malmin asbestitutkimuksessa (Kratsov 2017) malmissa havaittiin hyvin pieniä määriä asbestikuituja. Kuitumineraaleja havaittiin myös koemurskauksia koskevassa työhygieenisessä esiselvityksessä (Työterveyslaitos 2018). Näin ollen asbestikuituja oletetaan päätyvän pieniä määriä myös rikastushiekkaan.

Viimeisimmät rikastuskokeet ja meneillään oleva karakterisointityö

Viimeisimmät rikastuskokeet on tehty vuoden 2021 lopulla ja rikastushiekkojen karakterisointi on käynnistetty. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-37) esitetään matalarikkisen rikastushiekkanäytteen nelihappouutolla määritettyjen rikki-, kobolti-, kupari- ja nikkelipitoisuuksien jakauma. Pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa edellä esitettyjen matalarikkisen rikastushiekan pitoisuuksien kanssa prosessivaihtoehdoissa 1 ja 2. Viimeisimmän rikastuskokeen eri ajojen välillä on teknisiä eroja, eikä kaikkia ajoja voida pitää tässä yhteydessä edustavina tai oleellisina. Nämä alustavat tulokset esitetäänkin ainoastaan matalarikkisten rikastushiekkojen laadun vaihtelua kuvaavina tietoina. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-37 Alkuaineiden kokonaispitoisuudet matalarikkisten rikastushiekkojen nelihappouutosta määritettynä sekä vertailuarvoina käytetyt PIMA-asetuksen (214/2007) kynnysarvot. Näytteiden lukumäärä n=16.

Parametri	Yksikkö	Rikki	Kobolti	Kupari	Nikkeli
Kynnysarvo (VNa 214/2007)	**mg/kg**		**20**	**100**	**50**
Keskiarvo	mg/kg	0,21	62	310	1 407
Mediaani	mg/kg	0,22	60	285	1 400
Minimi	mg/kg	0,11	60	240	1 200
Maksimi	mg/kg	0,34	70	640	1 580

Eri prosessivaihtoehtojen rikastushiekkojen geokemiallisten tulosten vertailu

Yleisesti metallipitoisuudet olivat molempien prosessivaihtoehtojen matalarikkisessä rikastushiekassa pienemmät kuin korkearikkisessä rikastushiekassa. Korkea- ja matalarikkisten

rikastushiekkojen nelihappouuton metallipitoisuudet olivat metallista riippuen keskimäärin hieman pienemmät prosessivaihtoehdossa 2. Prosessivaihtoehdossa 2 sekä kokonaisrikkipitoisuus että sulfidirikkipitoisuus olivat selvästi pienempiä, kuin prosessivaihtoehdossa 1. Neutralointipotentiaalisuhteen osalta tulokset olivat prosessivaihtoehtojen välillä samansuuntaiset, ja sekä prosessivaihtoehdon 1 että prosessivaihtoehdon 2 korkearikkinen rikastushiekka voitiin määritellä mahdollisesti happoatuottavaksi (PAF). Molempien prosessivaihtoehtojen matalarikkiset rikastushiekat määriteltiin ei-happoatuottaviksi (NAF). (AFRY Finland Oy 2023b.)

Prosessivaihtoehdossa 1 tehtiin kosteuskammiokoe ainoastaan matalarikkiselle rikastushiekalle, lisäksi prosessivaihtoehdosta 1 on kosteuskammiotuloksia vain viikkoon 24 asti, kun taas prosessivaihtoehdosta 2 on tuloksia raportoitu viikolle 54 asti. Kun vertaillaan prosessivaihtoehdon 1 ja prosessivaihtoehdon 2 matalarikkisten rikastushiekkojen tuloksia, voidaan todeta, että prosessivaihtoehdossa 1 pH pysyi neutraalilla ja lievästi emäksisellä alueella koko kokeen ajan, mutta prosessivaihtoehdossa 2 oli pH läpi koko kokeen emäksinen. Sulfaattia muodostui prosessivaihtoehdon 1 matalarikkisestä rikastushiekasta enemmän kuin prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekasta ja molemmissa vaihtelu oli alkuvaiheen jälkeen melko vähäistä. Arseenin vapautuminen oli suurempaa prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekassa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Monoliitin uuttokokeessa molempien prosessivaihtoehtojen monoliittien uuttoliuoksen emäksisyydet kasvoivat selvästi kokeen alkuvaiheessa. Sulfaatin vapautuminen käynnistyi prosessivaihtoehdon 2 monoliitissa nopeammin verrattuna prosessivaihtoehdon 1 monoliittikokeeseen. Kuparin ja arseenin vapautuminen prosessivaihtoehdon 2 monoliitista oli prosessivaihtoehdon 1 monoliittia vähäisempää. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Rikastamon syötteen vaihtelun vaikutus rikastushiekkoihin

Eri malmityyppien määräsuhteet vaihtelevat kaivoksen elinkaaren aikana jossain määrin. Kaivoksen elinkaaren alkupuoliskolla rikastamon syötteessä painottuu massiivisen malmin osuus. Tätä kuvastaa rikkipitoisuus, joka alustavan tuotantosuunnitelman vuosikeskiarvoissa vaihtelee 8–16 % välillä. Toiminnan loppuaikoina syötteessä korostuvat juonimalmin ja pirotemalmin osuudet, jolloin vuosikeskiarvot rikkipitoisuudessa ovat 3–10 %. Malmin koostumuksen vaihtelulla on suuri vaikutus tuotteiden ja rikastushiekkojen määräsuhteisiin. Korkeilla rikki- ja metallipitoisuuksilla toiminnan alkupuoliskolla korkearikkisen rikastushiekan osuus rikastushiekoista on vuosikeskiarvona noin 20 %, kun taas toiminnan loppupuoliskolla korkearikkisen rikastushiekan osuus on alle 10 % rikastushiekoista. Matalarikkisen rikastushiekan rikkipitoisuudet pyritään pitämään mahdollisimman alhaisena ja haasteellisinta se tulee olemaan ajanjaksoina, joina syötettävän malmin rikkipitoisuus ja magneettikiisun osuus sulfideista ovat korkeita. Korkearikkisen rikastushiekan rikkipitoisuudelle ei ole tuotannollisia tavoitearvoja, vaan se tulee määräytymään lähinnä sen perusteella, kuinka helposti sulfidimineraalit saadaan poistettua matalarikkisestä rikasteesta. Rikastusvaihtoehdoilla on eroa ja myös malmin kokonaisrikkipitoisuudella on merkityksensä. Korkearikkisen rikastushiekan rikkipitoisuus nousee luonnostaan korkeaksi, >30 % jopa 40 %, kun syötteen rikkipitoisuus on korkeimmillaan ja vastaavasti se pyrkii laskemaan alle 20 %, kun syötteen rikkipitoisuus on matala. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.7.3 Pintamaat ja rakentamisen vuoksi poistettavat muut maa-ainekset

Pintamaita koskevat tutkimukset ovat keskittyneet Kuusivaaran tehdasalueelle, jonne suurin osa pintamaiden poistosta tulee sijoittumaan kaivoksen rakennusvaiheessa. Maaperän ominaisuuksia sekä alueella esiintyviä maalajeja on selvitetty koekuoppien ja maaperäkairausten avulla. Lisäksi on hyödynnetty muuta Sakatin kaivoshankkeeseen liittyvää tutkimusaineistoa. Tutkimusten avulla Kuusivaaran alueen maaperän ominaisuuksista on saatu kattavasti tietoa, jonka avulla on voitu arvioida poistettavien pintamaiden fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia sekä niiden pitkäaikaiskäyttäytymistä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Fysikaalinen tarkastelu

Kuusivaaran alueen vallitseva maalaji on moreeni. Kuusivaaran maaperän eri sedimenttiyksiköitä on arvioitu luomalla 3D-malli maaperästä (Puumalainen 2021). Pintakerroksena esiintyy laajalla alueella turvetta. Hiekkakerroksia esiintyy sekä ylimmän moreenipatjan päällä että moreenipatjojen välissä. Moreenin hienoainespitoisuus alueella vaihtelee, ollen pääsääntöisesti hienojakoisempaa syvemmällä. Soraa esiintyy välikerroksena pienialaisesti. Moreenien alapuolella on rapautunut pintakallio ja alimpana ehyt kallio. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Geokemialliset ominaisuudet

Maa-ainesten ominaisuustiedot on kerätty Geologian tutkimuskeskuksen (2020a) ylläpitämästä TAPIR-taustapitoisuuksien tietokannasta (Taulukko 4-38). Sakatin lähialueiden moreenissa on luontaisesti kynnysarvot ylittäviä arseeni, koboltti-, kromi-, nikkeli- ja vanadiinipitoisuuksia. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-38 Moreenin kuningasvesiliukoiset taustapitoisuudet Sakatin alueella, 15 kilometrin säteellä Sakatin esiintymästä Geologian tutkimuskeskuksen (2020a) mukaan. Sinisellä merkityt pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen (214/2007) mukaisen kynnysarvon. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

Alkuaine	Yksikkö	Havaintojen lkm	Keskiarvo	Mediaani	Maksimi	Suurin suositeltu taustapitoisuus	Kynnysarvo
Antimoni	mg/kg	55	0,07	0,07	0,21	0,14	2
Arseeni	mg/kg	55	1,93	1,56	5,65	3,4	5
Elohopea	mg/kg	55	0,01	0,01	0,03	0,027	0,5
Kadmium	mg/kg	55	0,03	0,02	0,08	0,043	1
Koboltti	mg/kg	217	15,44	15,24	35,9	28	20
Kromi	mg/kg	199	150,42	129,08	645	260	100
Kupari	mg/kg	216	36,82	35,67	100,15	80	100
Lyijy	mg/kg	55	2,16	2,13	4,14	3,8	60
Nikkeli	mg/kg	203	71,28	59,83	383	150	50
Sinkki	mg/kg	217	27,63	26	82,23	55	200
Vanadiini	mg/kg	217	63,16	61,53	124,17	99	100
Tallium	mg/kg	52	0,05	0,03	0,3	0,1	-
Boori	mg/kg	55	1,58	1,5	3,03	3,4	-
Barium	mg/kg	217	39,63	39,29	127,59	80	-
Molybdeeni	mg/kg	55	0,27	0,22	0,71	0,62	-

Alkuaine	Yk-sikkö	Havain-tojen lkm	Keskiarvo	Mediaani	Maksimi	Suurin suosi-teltu taustapi-toisuus	Kynnys-arvo
Seleeni	mg/kg	55	0,27	0,23	0,64	0,62	-
Tina	mg/kg	51	0,34	0,33	0,52	0,44	-
Beryllium	mg/kg	55	0,21	0,2	0,58	0,39	-
Kulta	mg/kg	51	0	0	0,04	0,0036	-
Palladium	mg/kg	51	0	0	0	0,0003	-
Platina	mg/kg	51	0	0	0,01	0,0025	-

Puumalainen (2021) on laatinut koosteen Kuusivaaran alueen maaperän kemiallisista ominaisuuksista. Aineisto kattaa koekuoppien sekä maa- ja kallioperäkairausnäytteiden analyysien keskiarvo-, mediaani- ja maksimipitoisuudet. (AFRY Finland Oy 2023b.) Keskiarvopitoisuudet on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-39), ja mediaani- sekä maksimipitoisuudet liitteessä 11.

Taulukko 4-39 Koekuoppa- ja maakairausnäytteiden keskiarvopitoisuudet (mg/kg) (Puumalainen 2021). Sinisellä merkityt arvot ylittävät PIMA-asetuksen (214/2007) kynnysarvon ja suurimman suositellun taustapitoisuuden. Kynnysarvorivillä suluissa olevat kromi- ja nikkelipitoisuudet ovat Kuusivaaran alueen suurimmat suositellut taustapitoisuudet (Geologian tutkimuskeskus 2020a). (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

	Yk-sikkö	Näyte lkm.	Antimoni	Arseeni	Elohopea	Kadmium	Koboltti	Kromi	Kupari	Lyijy	Nikkeli	Sinkki	Vanadiini
Kynnysarvo (SSTP)	mg/kg		2	5	0,5	1	20	100 (162)	100	60	50 (61)	200	100
Ylempi hiekka	mg/kg	1	0,04	1,69	0,01	0,04	7,7	43	15,7	1,7	23,2	18,9	33,5
Ylempi hiekka-moreeni	mg/kg	35	0,11	2,72	0,01	0,05	11,4	88,5	36,5	2,7	40,3	23,7	56,4
Sora	mg/kg	2	0,09	2,29	0,01	0,05	9,8	83,2	16,4	1,9	37,6	22	45,5
Välihiekkakerros	mg/kg	1	0,08	2,33	0,02	0,04	7,9	51,3	16,9	2,2	21,9	15,3	39
Alempi hiekka-moreeni	mg/kg	2	0,13	3,77	0,02	0,06	12	112,8	27,4	3,2	45,2	25,8	54,9
Silttimoreeni	mg/kg	4	0,08	3,24	0,01	0,22	26,2	188,3	80,9	9,4	130,2	72,2	70,5
Rapautunut pintakallio	mg/kg	8	0,04	1,4	0,01	0,07	40	198,4	195,8	2,2	117,7	64,9	168,2

Pintamaan pitkäaikaiskäyttäytyminen

Pintamaan pitkäaikaiskäyttäytymistä ei ole toistaiseksi tutkittu. Pääsääntöisesti pintamaan kokonaispitoisuudet ovat aineistossa siinä määrin alhaisia, että merkittävää haitta-aineiden liukenemista pidemmälläkään aikavälillä ei voida pitää todennäköisenä. Sulfidimineraaleihin sitoutuneiden haitta-aineiden liukenemista ei voida sulkea kokonaan pois esimerkiksi nikkelin osalta, vaikka suurin osa alueen pintamaa-ainesten keskiarvo- ja mediaanipitoisuuksista on kuitenkin suhteellisen alhaisia. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.7.4 Selkeytysaltaiden pohjalietteet

Maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesistä kertyy lietettä selkeytysaltaiden pohjalle. Kaivosveden selkeytysaltaan pohjalietteet poikkeavat siis varsinaisista vesienkäsittelyn sakoista siten, että ne muodostuvat pelkästään sedimentaation tuloksena. Liete on hienoa kiviainesta, joka erottuu kuivanapitovesistä laskeutumalla. Kunnossapidollisista syistä altaiden pohjalle kertynyt liete tullaan ajoittain poistamaan. Lietteen laadusta ei ole tutkimustietoa, mutta sen voidaan arvioida vastaavan sivukiven laatua. Lietteelle tehdään tarkemmat tutkimukset, kun sitä alkaa muodostua. Kaivosveden selkeytysaltaan pohjalietteet luokittuvat kaivannaisjätteiksi.

4.7.5 Kaivannaisjätteiden ja jätealueiden luokittelu

Kaivannaisjätteiden ja jätealueiden luokituksia perusteineen on kuvattu tarkemmin liitteessä 11 (AFRY Finland Oy 2023b). Tässä kappaleessa esitetään tiivistelmä luokittelun tuloksista.

Kaivannaisjätteet ja muut kaivosalueen jätteet luokitellaan ympäristölupavaiheessa jätehuoltosuunnitelman laadinnan yhteydessä. Alustavasti arvioidaan seuraavaa:

Sakatin korkea- ja matalarikkiset sivukivet edustavat ei-pysyvää ja ei-vaarallista kaivannaisjätettä. Jätenimikkeeksi molemmille tulee *01 01 01 – metallimineraalien louhinnassa syntyvät jätteet*. Kaivoksen toiminnan aikaiset sivukivialueet luokittuvat muiksi kaivannaisjätteen jätealueiksi. Vinotunnelin sijaintivaihtoehdot eivät vaikuta luokitukseen. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kaivoksen kahden prosessivaihtoehdon korkea- ja matalarikkisen rikastushiekan ominaisuuksia on tarkasteltu ympäristövaarallisen jätteen vaaraominaisuuden HP 14 kriteerien mukaan siten, kuin Ympäristöministeriön jäteluokitusoppaassa (2019) on esitetty. Tarkastelu on esitetty liitteessä 11. Tarkastelun perusteella jäteluokituksen määräävät komponentit ovat nikkelin ja kromin yhdisteet (nikkelisulfaatti ja Cr(VI)-yhdisteet), joiden pitoisuudet ylittävät vaaralliselle jätteelle asetetut pitoisuusrajat Aquatic Chronic, H410-vaaraominaisuuden suhteen (*erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia*). Molempien prosessivaihtoehtojen (1 ja 2) rikastushiekoille voidaan em. pitoisuuksien ja varovaisuusperiaatteen nojalla antaa vaaraominaisuus HP 14, ympäristölle vaarallinen jäte. Matalarikkisen rikastushiekan jätenimikkeeksi tulee *01 03 05* - muut rikastushiekat, jotka sisältävät vaarallisia aineita*. Korkearikkinen rikastushiekka tulee luokittumaan jätenimikkeelle *01 01 04* - sulfidimalmin käsittelyssä syntyvät happoa muodostavat rikastushiekat*. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Rikastushiekoille voidaan antaa CLP-asetuksen mukainen vaaralausekekoodi H410 (*Aquatic Chronic 1*, erittäin myrkyllistä vesieliöille, pitkäaikaisia haittavaikutuksia). Rikastushiekkojen luokittelussa vaaralliseksi jätteeksi on sovellettu saatuja analyysituloksia ja varovaisuusperiaatetta. Erityisesti matalarikkisen rikastushiekan osalta luokittelu tullaan kuitenkin vielä tarkistamaan jätehuoltosuunnitelman laadinnan yhteydessä. Luokituksen tarkistustarve liittyy nikkelin ja kromin kokonaispitoisuuksiin ja esiintymismuotoihin, joissa liukoisuus sinänsä on vähäistä. Luokittelussa alkuaineen kokonaismäärä huomioidaan sen haitallisimmassa mahdollisessa esiintymismuodossa, vaikka vain hyvin pieni osuus aineesta esiintyisi kyseisessä muodossa. Tässä tapauksessa nikkelin ja kromin haitallisimmat mahdolliset esiintymismuodot ovat oletettuja ja teoreettisia. Todellisuudessa nikkelin ja

kromin esiintymismuodot ovat todennäköisesti ainakin suurimmaksi osaksi vähemmän haitallisessa, alkuperäisessä mineraalimuodossa. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Korkearikkisen rikastushiekan varastoallas luokittuu vaarallisen jätteen osuuden perusteella suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Todennäköisesti myös matalarikkinen rikastushiekka-alue luokittuu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi. Jätealuesuunnitelmien tarkkuustason kasvaessa voidaan laatia vahingonvaara-arvio ja varmistaa jätealueen lopullinen luokitus matalarikkisen rikastushiekan jätealueen osalta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kaivoksen pintamaat voidaan mahdollisesti luokitella pysyväksi kaivannaisjätteeksi niiltä osin kuin minkään yksittäisen metallin tai puolimetallin pitoisuus ei ylitä suurinta suositeltua taustapitoisuutta (SSTP), muilta osin ei-pysyväksi ja ei-vaaralliseksi kaivannaisjätteeksi. Käytännössä Sakatin hankkeessa nikkelipitoisuus saattaisi soveltua moreenien luokitteluperusteeksi. Jätenimikkeeksi pintamaille tulee joka tapauksessa *01 01 01 – metallimineraalien louhinnassa syntyvät jätteet*. Kaivoksen toiminnan aikainen pintamaiden sijoitusalue luokittuu muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kaivostoiminnan prosessijätevesien puhdistuksessa muodostuvat sakat eivät ole varsinaisesti kaivannaisjätettä, vaan teollisuuden vesienkäsittelyn sakkoja. Ne käsitellään kuitenkin tässä yhteydessä, koska sakat sijoitetaan mahdollisesti kaivosalueelle esimerkiksi rikastushiekan kanssa, tai hyödynnetään louhostäyttöön käytettävän pastan valmistuksessa. Sakan laadusta ei ole toistaiseksi käytettävissä karakterisointitietoja, mutta sen odotetaan luokittuvan vaaralliseksi jätteeksi. Mikäli sakka sijoitetaan rikastushiekka-alueelle, se huomioidaan osana alueelle sijoitettavan vaarallisen jätteen määrää jätealueen luokittelussa. Sakkojen nimike tulee niiden laadusta riippuen olemaan joko vaaratonta jätettä esim. *19 08 14 – muut kuin nimikkeessä 19 08 13 mainitut teollisuuden jätevesien muussa käsittelyssä syntyvät lietteet* tai mahdollisesti vaarallista jätettä esim. *19 08 13* – teollisuuden jätevesien muussa käsittelyssä syntyvät lietteet, jotka sisältävät vaarallisia aineita.* (AFRY Finland Oy 2023b.)

Maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesiä koskevien selkeytysaltaiden pohjalietteiden ennakoidaan luokittuvan ei-pysyväksi ei-vaaralliseksi jätteeksi. Käytettävissä ei vielä ole tietoa, jonka avulla luokittuminen vaaralliseksi jätteeksi voitaisiin kokonaan sulkea pois, sillä sakkaa ei ole vielä muodostunut. (AFRY Finland Oy 2023b.)

4.7.6 Toiminnassa muodostuvat muut jätteet

Kaivoksen rakentamisessa ja toiminnassa muodostuvia muita jätteitä ovat rakennus- ja yhdyskuntajätteet, vaaralliset jätteet sekä vesienkäsittelyn sakka, jota muodostuu jätevesien puhdistuksessa. Muodostuvat jätejakeet lajitellaan, kerätään ja käsitellään tai toimitetaan käsiteltäväksi kunkin jätejakeen edellyttämällä tavalla.

Rakennusjäte

Rakennusjäte on normaalia rakentamisen yhteydessä muodostuvaa jätettä, joka koostuu pääasiassa puutavarasta, metallista, betonista ja muista ympäristölle haitattomista jätejakeista. Rakennusjätteen määrä pyritään minimoimaan huolellisella suunnittelulla ja toiminnalla. Eri jätejakeet kerätään

ja lajitellaan omille lavoilleen tai muihin keräysastioihin. Rakennusjätteet toimitetaan kierrätykseen soveltuvin osin. Hyödyntämiskelvoton jäte toimitetaan loppusijoitukseen lähimpänä sijaitseviin jätekeskuksiin.

Yhdyskuntajäte

Yhdyskuntajätettä kertyy lähinnä toimisto- ja ruokailutoiminnoista sekä puhtaanapidosta. Jätteet lajitellaan jäteastioihin Sodankylän kunnan jätehuoltomääräysten mukaisesti ja toimitetaan lähimpänä sijaitseviin vastaanottopisteisiin.

Vaarallinen jäte

Kaivoksen rakentamisen ja toiminnan aikana muodostuvia vaarallisia jätteitä ovat lähinnä jäteöljy, öljyiset rätit, akut ja energiansäästölamput. Rakennus-, ylläpito- ja huoltotöissä voi syntyä myös muun tyyppisiä vaarallisia jätteitä, esimerkiksi liuottimia. Kaikki vaaralliset jätteet kerätään erillisiin jäteastioihin, jotka sijoitetaan omaan tilaansa. Jätteet toimitetaan jatkokäsittelyyn niiden vastaanottoon vaadittavan luvan omaaviin vastaanottopaikkoihin.

Jätevesien puhdistuksessa syntyvät sakat

Suunnittelun nykyisessä vaiheessa ei ole vielä päätetty käytettäviä vedenpuhdistustekniikoita eivätkä syntyvät lietemäärät ole tiedossa. Kannattavuuden esiselvitysvaiheessa (PFS-A) on alustavasti arvioitu, että vesienkäsittelystä muodostuvan lietteen määrä on noin 91 000 m^3/v. Arvio koskee prosessivaihtoehtoa 1.

Jätevesilietteen jäteluokituksen määrittämisessä sovelletaan jätteistä annetun asetuksen (978/2021) määräyksiä. Tällöin lietteen kemiallinen koostumus, pysyvyys ja vaaraominaisuudet tulee selvittää. Sakka tulee edustamaan kaivosalueen toiminnan aikana muodostuvissa vesilaaduissa edustettuina olevia metallipitoisuuksia väkevöityneinä ja sakan odotetaan siksi luokittuvan vaaralliseksi jätteeksi. Lietteen jäteluokka varmistetaan kaivoksen suunnittelun edetessä. Jäteluokalla on merkitystä käsittelyvaihtoehdoissa, joissa liete läjitetään matalarikkisen rikastushiekan kanssa rikastushiekka-alueelle, sekä kaatopaikkasijoituksessa.

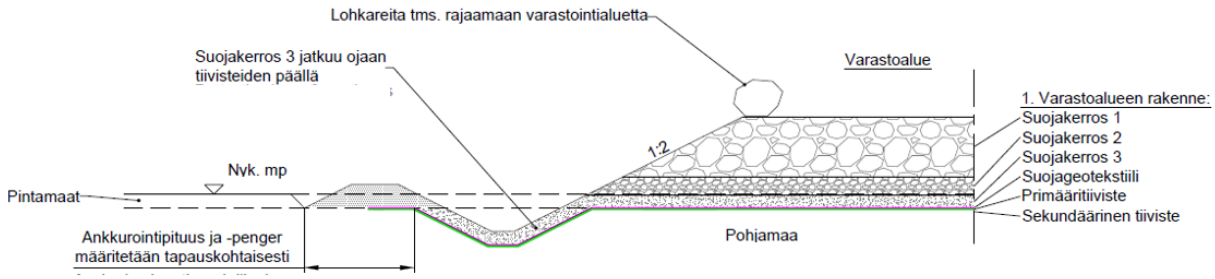
4.7.7 Kaivoksen ympäristönsuojelurakenteet ja kaivannaisjätteiden hyötykäyttö

Luvussa esitellään Sakatin kaivosalueelle suunnitellut kaivannaisjätteen jätealueet ja niiden rakenteet sekä kuvataan kaivannaisjätteiden hyötykäyttökohteet. Matalarikkinen rikastushiekka-alue kuvataan muita kaivannaisjätealueita tarkemmin, sillä ainoastaan se on jäljellä kaivoksen sulkemisen jälkeen. Luku on tiivistelmä liitteessä 11 esitetyistä asioista.

Sivukivialueet

Kaikki toiminnassa muodostuva sivukivi pyritään hyödyntämään maanalaisen kaivoksen tyhjien louhostilojen täytössä osana pasta-kivimursketäyttöä sekä soveltuvin osin mm. pengerrakenteissa. Sivukivi pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti, jolloin tarvittavat sijoitusalueet ovat väliaikaisia, eikä niitä ole jäljellä kaivoksen sulkemisen jälkeen. Korkearikkiselle ja matalarikkiselle

sivukivelle rakennetaan kaivosalueelle omat väliaikaiset sijoitusalueensa, jotka sijoittuvat Kuusivaaran tehdasalueelle (Kuva 4-1). (AFRY Finland Oy 2023b.) Sivukivialueen pohjarakenne on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-18).



Kuva 4-18 Sivukiven sijoitusalueiden rakenne (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b).

Rikastushiekka-alueet

Korkearikkinen rikastushiekka pumpataan lietteenä erilliseen Kuusivaaran tehdasalueelle rakennettavaan varastoaltaaseen ja matalarikkinen rikastushiekka puolestaan läjitetään sitä varten rakennettavalle rikastushiekka-alueelle (Kuva 4-1). Matalarikkisen rikastushiekan läjitysvaihtoehtoina ovat kuivaläjitys (hankevaihtoehdot VE1a, VE2a, Ve3a) ja märkäläjitys (hankevaihtoehdot VE1b, VE2b ja VE3b). Kuivaläjitystä käytettäessä rikastushiekka-alue jaetaan kahteen lohkoon, joista jälkimmäisen läjitys aloitetaan vasta ensimmäisen lohkon täytyttyä. Toimintatapa mahdollistaa ensimmäisen lohkon sulkemisen aloituksen jo kaivoksen toimintavaiheen aikana. Matalarikkisen rikastushiekka-alueen sekä korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaan sijainnit poikkeavat toisistaan päävaihtoehtojen VE1-VE3 välillä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Matalarikkisen rikastushiekan läjitys ja hyötykäyttö

Sakatin kaivoshankkeen esiselvitysvaiheessa on päädytty sekä ympäristö- että teknisistä syistä keskittymään kahteen rikastushiekan läjitysvaihtoehtoon; kuivaläjitykseen ja märkäläjitykseen.

Kuivaläjitysvaihtoehdossa suodatettu rikastushiekka läjitetään noin 80 m-% kiintoainepitoisuudessa eli se poikkeaa perinteisesti kaivosteollisuudessa käytetystä lieteläjityksestä. Kuivaläjityksessä rikastushiekka painesuodatetaan ”rikastushiekkakakuksi”, joka kuljetetaan hihnakuljettimilla kahdelle kartiolle eli lämpimälle välivarastolle, joihin mahtuvat jopa kahdeksan vuorokauden aikana syntyneet rikastushiekat. Kartioilta rikastushiekka kuljetetaan edelleen kaivoskuorma-autoilla rikastushiekka-alueelle. Suodatus tapahtuu tehdasalueella sijaitsevassa suodatuslaitoksessa, jolloin rikastushiekasta poistettu vesi voidaan turvallisesti kerätä ja ohjata takaisin prosessiin. Suodatettu rikastushiekka ei sisällä merkittävästi vettä ja se voidaan näin ollen läjittää ja tiivistää mekaanisesti.

Kuivaläjitysalue suunnitellaan suljetun vesikierron systeemiksi, jossa kaikki rikastushiekan kanssa kosketuksissa olevat vesijakeet kerätään ja kierrätetään takaisin prosessiin. Prosessivesien ja luonnonvesien pitäminen erillään on selkeämpää kuin perinteisellä rikastushiekka-altaalla. Rikastushiekan kuivaläjitystä on kuvattu tarkemmin luvussa 4.7.8.

Märkäläjityksessä sakeutettu rikastushiekkaliete pumpataan yksiosaiseen rikastushiekka-altaaseen, jonne se levitetään tasaisesti usean purkuputken yhdistelmää käyttäen (spigotointi). Rikastushiekka laskeutuu altaan pohjalle ja selkeytynyt vesi pumpataan selkeytysaltaan kautta vesivarastoaltaalle. Läjitysalueen pinta pysyy märkänä mahdollisimman laajalta alueelta, mikä vähentää rikastushiekka-altaan pölyämistä. Märkäläjitysvaihtoehdossa lietemäisessä muodossa olevan rikastushiekan sisältämä vesi kasvattaa rikastushiekka-alueelta kerättävien ja kaivoksen vesikiertoon johdettavien vesien määrää.

Osa matalarikkisestä rikastushiekasta pyritään hyödyntämään kaivoksen louhostäytössä. Tämänhetkisen arvion mukaan noin puolet kaikesta rikastushiekasta hyödynnetään pastan raaka-aineena ja toinen puoli varastoidaan rikastushiekka-alueelle. Mitä laajemmin rikastushiekka on hyödynnettävissä, sitä vähemmän sille tarvitaan loppusijoituskapasiteettia.

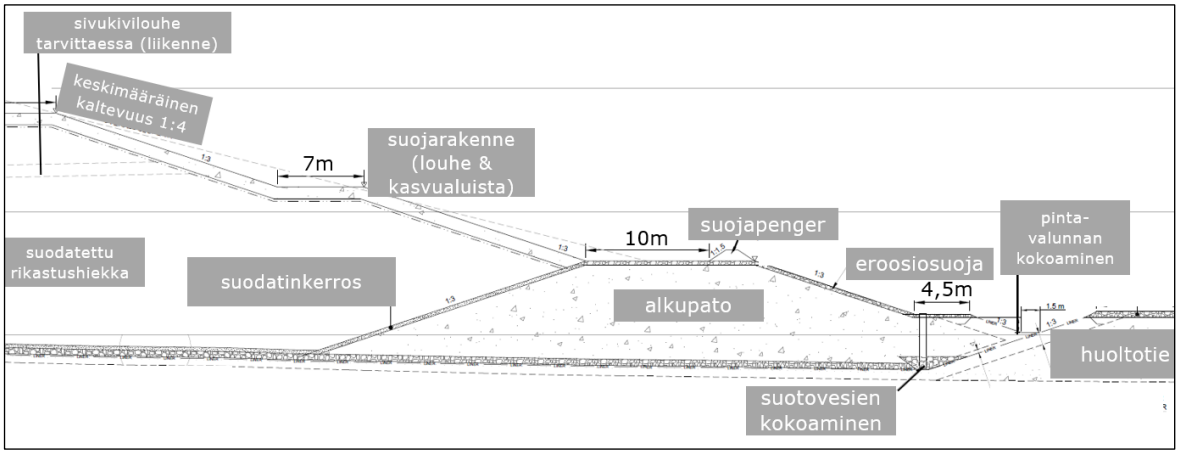
Matalarikkisen rikastushiekka-alueen rakennevaihtoehdot

Sakatin hankesuunnittelussa on tarkasteltu kahta erilaista rakennevaihtoehtoa kuivaläjitettävän matalarikkisen rikastushiekan rikastushiekka-alueelle. Rikastushiekka-alueen suotovesien laadun ja määrän arvioinnissa on käytetty prosessivaihtoehdolle 1 kannattavuuden esiselvitysvaiheen A mukaista rakennetta ja prosessivaihtoehdolle 2 vuonna 2021 valmistuneen suunnitelman mukaista rakennetta. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Vuoden 2021 suunnitelman mukainen rakennevaihtoehto

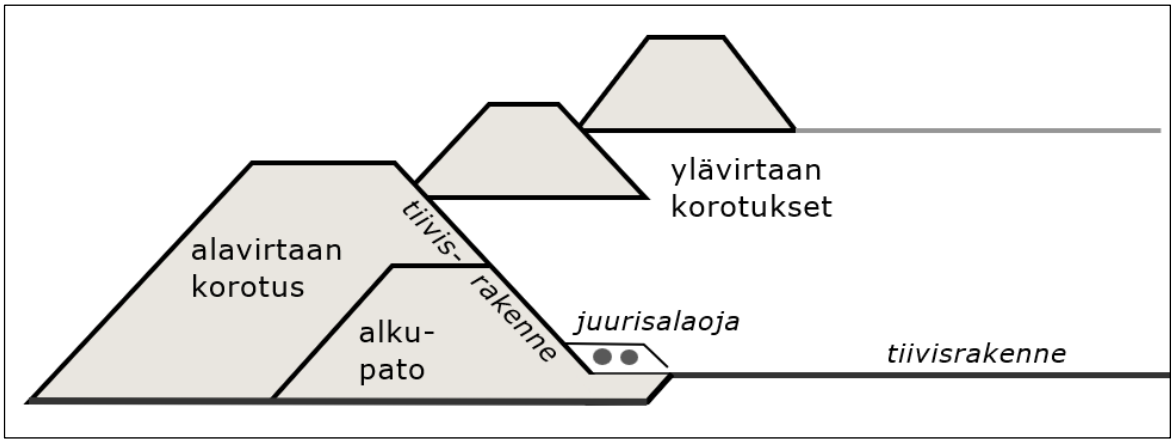
Matalarikkisen rikastushiekka-alueen kuivaläjitysvaihtoehdon tiivis pohjarakenne sisältää vuonna 2021 valmistuneen suunnitelman mukaisesti (ylhäältä alas) suodatinkerroksen, kuivatuskerroksen, suojageotekstiilin, tiivisteen (BGM/HDPE/LLDPE), sekä kalvovalmistajan edellytysten mukaisen suojamoreenin. Alkupadon rakenne muodostuu (ulkoa sisään päin) vinotunnelin porauksesta syntyvästä matalarikkisestä sivukivirouheesta rakennetusta eroosiosuojatusta varsinaisesta penkereestä sekä suodatinrakenteesta. Tiivis pohjarakenne ulottuu padon alle. Tuotannon aikana suotovedet kootaan alkupadon ulkoreunalta. (Kuva 4-19) Ratkaisu tarkentuu suunnittelun edetessä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Kuivaläjitysalueella noin 110 metrin etäisyydelle alkupadosta ja luiskasta läjitettävä rikastushiekka tiivistetään 95 %:iin maksimi-proctor-sullontatiheydestä. Kuivaläjitysalueen muissa osissa läjityksen tiivistysaste on matalampi, 85 %. Alkupadon lisäksi myös kuivaläjitysalueen sisäpuolisissa rakenteissa hyödynnetään matalarikkistä sivukiveä. Sivukivikerroksia käytetään lähinnä liikennöitävien alueiden tukemiseen sekä pölyämisen ehkäisyssä. Luiskan uloimpana kerroksena on louhetta sekä kasvualustamateriaalia. (AFRY Finland Oy 2023b.)



Kuva 4-19 Matalarikkisen rikastushiekka-alueen perustaminen – rakenneratkaisu kuivaläjitykselle (Golder Associates Oy 2021), YVA-vaihtoehdot VE1a, VE2a ja VE3a. Tätä rakenneratkaisua on käytetty myös mallinnettaessa rikastushiekka-alueen suotovesien määrää ja laatua, rikastushiekan ollessa prosessivaihtoehdon 2 mukaista. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

Märkäläjitysvaihtoehdolle tarvitaan todennäköisesti kuivaläjitystä eristysominaisuuksiltaan vastaava pohjarakenne. Läjitysratkaisujen tekniset erot huomioiden ei täysin samanlainen rakenne välttämättä kuitenkaan tule kyseeseen. Matalarikkisen rikastushiekka-altaan padot rakennetaan louheesta ja moreenitiivisteestä. Myös korotuksissa käytetään sivukivilouhetta tukipenkereenä. Korotustapaa ei ole vielä suunniteltu, mutta ylävirtaan (sisäänpäin) korotusta voidaan pitää todennäköisenä viimeistään toisen korotuksen kohdalla (Kuva 4-20). Reunapadon sisäluiskan juureen rakennettavalla juurisalaojalla pyritään kuivattamaan rikastushiekkaa ja lisäämään kantavuutta sisäänpäin tehtäviä korotuksia varten. (AFRY Finland Oy 2023b.)

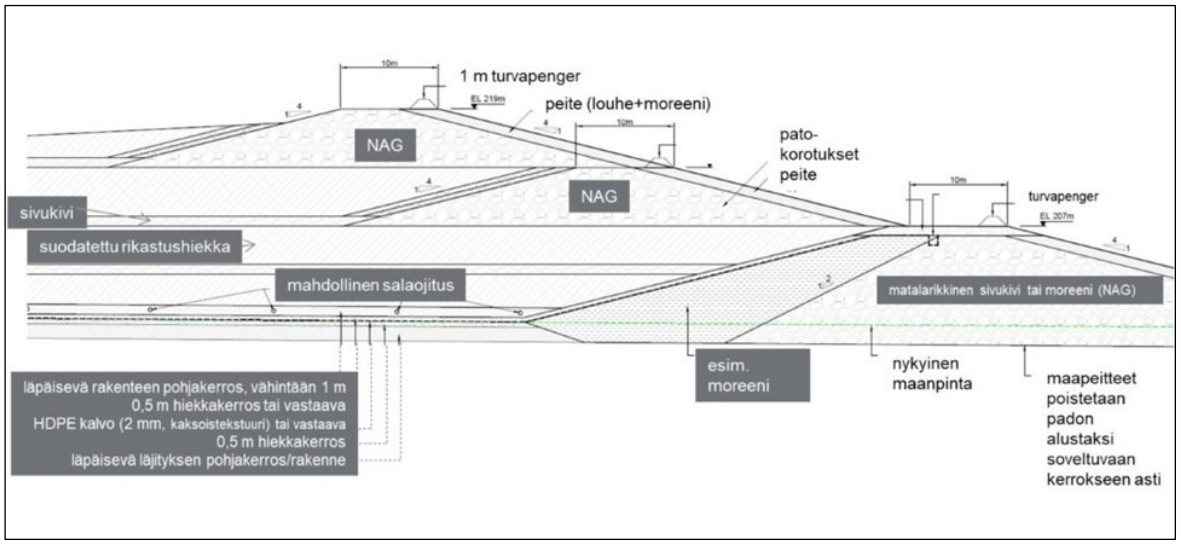


Kuva 4-20 Märkäläjitysvaihtoehtojen alustava patokorotustapa (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b).

Vuoden 2018 suunnitelman mukainen rakennevaihtoehto

Vuonna 2018 laadittu suunnitelma kuivaläjitettävän matalarikkisen rikastushiekka-alueen rakenteesta on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-21). Suunnitelma poikkeaa edellä esitetystä uudemmasta suunnitelmasta ensisijaisesti siten, että vuoden 2018 suunnitelmassa tiivisrakenne on

alkupatoa vasten eikä sen alapuolella. Lisäksi sivukivellä tehtäviä välikerroksia on vuoden 2021 suunnitelmaa enemmän. Vuoden 2018 suunnitelmassa käytetään myös erillisiä korotuspenkereitä, ja mahdollisena täydentävänä rakenteena salaojitusta läjityksen alaosassa. (AFRY Finland Oy 2023b.)



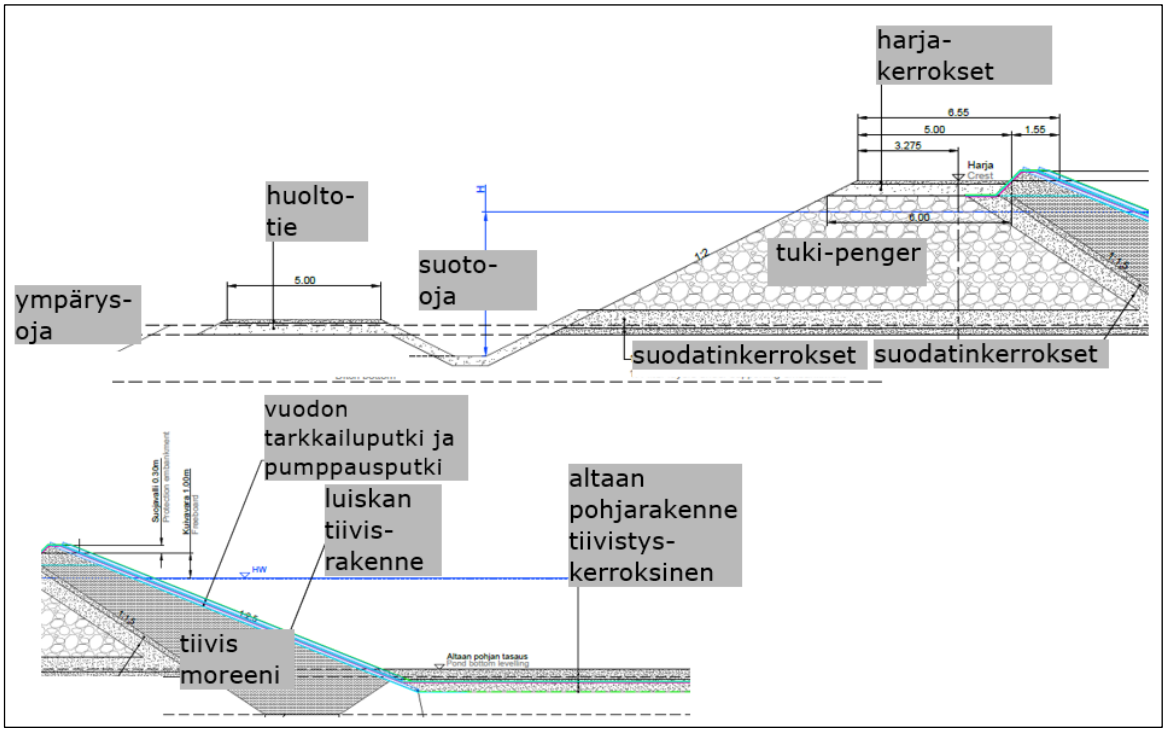
Kuva 4-21 Sakatin kannattavuuden esiselvitysvaiheen A suunniteltu alustava rakenne matalarikkisen rikastushiekan sijoittamiselle kuivaläjityksenä, YVA:n hankevaihtoehdot VE1a, VE2a ja VE3a (Alkuperäinen kuva: SRK Consulting Ltd 2019b). Tätä rakenneratkaisua on käytetty myös mallinnettaessa rikastushiekka-alueen suotovesien määrää ja laatua, rikastushiekan ollessa prosessivaihtoehdon 1 mukaista. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

Myös vuoden 2018 suunnitelman yhteydessä rikastushiekan märkäläjitysvaihtoehdolle oletettiin tarvittavan eristysominaisuuksiltaan kuivaläjitystä vastaava pohjarakenne, vaikkei tässäkään tapauksessa täysin samankaltaisesta rakenteesta välttämättä kuitenkaan ole kyse. Lisäksi patojen ja korotusten rakenteissa käytetään vuoden 2021 suunnitelmaa vastaavia rakennemateriaaleja ja todennäköistä korotustapaa. Myös juurisalaoja rakennetaan vastaavasti reunapadon sisäluiskan juureen. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Korkearikkisen rikastushiekan sijoittaminen ja hyötykäyttö

Kaivoksen tuotannon alkuvaiheessa korkearikkinen rikastushiekka märkäläjitetään varastoaltaaseen, jossa se on kauttaaltaan vedellä kyllästyneessä tilassa. Korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaan pohjarakenteen, patorakenteen ja luiskan tiivisrakenteen koostumus on kuvattu liitteessä 11. Tiivisrakenteen alla on tiivis moreeni, ja padon ulkoreunaa kohti mentäessä suodatinkerrokset sekä tukipenger. (AFRY Finland Oy 2023b.) Korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaan rakenne on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 4-22).

Korkearikkistä rikastushiekkaa käytetään louhostäytössä käytettävän pastan valmistamiseen ja pastalaitoksen toiminnan käynnistyttyä rikastushiekka tullaan varastoaltaan sijaan johtamaan lietteisenä suoraan pastalaitokselle. Varastoallas tyhjennetään rikastushiekasta, ja se jää vara-altaaksi poikkeustilanteita varten. (AFRY Finland Oy 2023b.)



Kuva 4-22 Korkearikkisen rikastushiekka-altaan rakenne. Yläkuvassa padon ulkopuoli ja alakuvassa padon sisäpuoli. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b.)

Pintamaan läjitysalueet

Kaivoksen rakentamisesta ja muista maarakennustöistä syntyneitä ylijäämämaita hyödynnetään rakentamisen myöhemmissä vaiheissa ja sulkemisvaiheessa etenkin kaivosalueen maisemointitöissä, jätealueiden peittorakenteissa ja mahdollisuuksien mukaan myös patorakenteissa (hienoainespitoinen moreeni). Kaivosalueelta poistetut pintamaat varastoidaan omina jakeinaan (pintamaa, turve, moreeni, hiekka) ja hyödynnetään kaivoksen rakenteissa sekä sulkemisessa. Pintamaiden sijoitusalueille ei rakenneta erikseen pohjarakennetta.

Selkeytysaltaiden pohjalietteet

Selkeytysaltaiden pohjalietteen jatkokäsittelyä ei ole vielä päätetty, mutta mahdollisesti se voidaan sijoittaa kaivostäyttöihin tai rikastushiekka-alueelle. Lietteelle tehdään tarkemmat tutkimukset, kun sitä alkaa muodostua. Tulosten perusteella laaditaan tarkemmat suunnitelmat lietteen jatkokäsittelystä. Allas rakennetaan tiiviiksi käyttämällä pohjarakenteena yhdistelmärakennetta. Padot rakennetaan moreenista ja patojen ulkoreunoille rakennetaan eroosiosuojaus murskatusta louheesta. Patorakenteet on suunniteltu patoturvallisuusmääräysten mukaisesti. Allas rakennetaan samantyyppisesti kuin vesivarastoallas, jonka rakenne on esitetty luvussa 4.1.3.

Vesienkäsittelyssä muodostuvat sakat

Hankesuunnittelussa on varauduttu sakkojen muodostumiseen, ja näitä varten tehdasalueelle on tehty varaus vesienkäsittelysakkojen sijoitusalueelle. Sakatin kaivoksen vesienkäsittelyn sakka on

ainoa mahdollisesti alueelle jäävä ei-kaivannaisjäte. Sakalle on kaavailtu eri sijoitusvaihtoehtoja, kuten läjittäminen yhdessä korkearikkisen rikastushiekan kanssa yhdistettynä käyttöön pastan valmistuksessa tai hyötykäyttö osana rikastetta. Ratkaisu tehdään jatkoselvitysten pohjalta. Sakkojen hyötykäyttö ei kuulu YVA:ssa tarkasteltaviin vaihtoehtoihin. Mikäli sakoille tulee oma sijoitusalue kysymykseen, sen rakenne on samanlainen tai vastaava kuin korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaalla.

4.7.8 Rikastushiekan kuivaläjitys ja pölynhallintakeinot

Tämä luku on tiivistelmä liitteessä 13 (AFRY Finland Oy 2022c) esitetyistä rikastushiekan kuivaläjityksestä ja sen pölynhallintakeinoista.

Rikastushiekan läjitys toteutetaan yleensä märkäläjityksenä. Märkäläjityksessä rikastushiekkaan kuitenkin sitoutuu paljon vettä ja altaat vaativat patorakenteita, joiden sortumistapauksissa seuraukset voivat olla vakavia. Märkäläjitykseen liittyvän veden muodostaman riskin vuoksi yleisenä suuntauksena on poistaa vettä rikastushiekasta mahdollisimman paljon ennen läjitystä. Maailmalla uutena yleistyvänä tapana on suodattaa rikastushiekka ja läjittää se suodinkuivana. Suodatus on tehokkain vedenpoistomenetelmä, kun tavoitellaan rikastushiekan luonteen muuttamista nestemäisestä juoksuhiekkamaisesta aineksesta kiinteäksi. Menetelmää kutsutaan myös **kuivaläjitykseksi**, vaikka materiaali ei läjitettäessä olekaan kuivaa vaan kosteaa. Menetelmä ei ole vielä sellaisenaan käytössä millään suomalaisella kaivoksella, mutta maailmanlaajuisesti se oli vuonna 2017 käytössä ainakin 18 kaivoksella, joista seitsemän sijaitsi pohjoisella pallonpuoliskolla kylmissä ilmasto-olosuhteissa. (Wickland and Longo 2017.)

Kuivaläjityksessä suodinkuiva rikastushiekka viedään vedenpoiston jälkeen läjitysalueelle, jossa työkoneet levittävät ja pakkaavat sen tasaiseksi ja tiiviiksi hiekkapatjaksi. Suodatetun rikastushiekan läjityksessä etuna on, ettei patoja tarvita, joten veteen liittyvät riskit poistuvat. Menetelmä myös pienentää läjitysalueen kokoa ja säästää vettä. Kuivaläjityksen etuihin kuuluvat myös sen erinomainen soveltuvuus kylmille ja kuiville alueille, rakennusteknisesti helppo toteutettavuus sekä sulkemisen helppous. Lisäksi kuivaläjitys mahdollistaa sen, että rikastushiekka-alue voidaan jakaa toiminnan aikana vaiheittain avattaviin ja suljettaviin sektoreihin. Myös läjitystavan vaikutukset pohjavesiin ovat pienemmät kuin märkäläjityksessä, johtuen pienestä rikastushiekka-alueeseen sitoutuneen veden määrästä.

Kuten kaikkiin läjitystapoihin, liittyy suodatetun rikastushiekan läjitykseen myös joitakin epäedullisia puolia, joista ilmeisin on menetelmän kalleus. Menetelmä myös vaatii lisäprosessivaiheen tai vaiheita vedenpoistoon (suodatus, mahdollisesti myös sakeutus). Lisäksi läjitystapa vaatii erillisen vesialtaan pintavaluntavesien varastointiin ja hallintaan. Myös pölyäminen on rikastushiekan kuivaläjityksen haaste, vaikkakin myös muissa läjitysvaihtoehdoissa rikastushiekka voi tietyissä sääolosuhteissa kuivuessaan aiheuttaa pölyämistä. Kuivaläjityksen haittoja ja hyötyjä on kuvattu tarkemmin liitteessä 13.

Pölyäminen

Rikastushiekka-alueiden pölyhaitat liittyvät rikastushiekan hienojakoiseen partikkelikokokoon. Läjitystavasta riippumatta pölypäästöihin vaikuttavat yleisesti mm. rikastushiekan kosteus, kuivillaan olevan rikastushiekan määrä ja raekokojakauma, käytettävät pölynhallintakeinot, rikastushiekan koostumus, rikastushiekka-altaan rakenne ja korkeus, patojen tai reunapenkereiden korkeus ja materiaali, ilmasto, rikastuskemikaalien jäämät ja koostumus rikastushiekassa sekä työkoneiden liikenne rikastushiekka-alueella.

Vaikka kuivaläjityksessä ei voida märkäläjityksen tavoin käyttää vesipeittoa pölyämisen ehkäisemiseksi, kuivaläjitykselläkin on olemassa useita pölypäästöjä ehkäiseviä toimenpiteitä, jotka voidaan huomioida suunnittelussa ja itse läjitystoiminnassa. Näitä ovat:

- Läjitetyn rikastushiekan pinnan tiivistäminen koneellisesti, jolloin irrallaan oleva hienoaines kiinnittyy muuhun rikastushiekka-ainekseen. Toimenpide vähentää tuulieroosion vaikutusta merkittävästi, ja edistää myös pintavaluntaa, vähentäen siten sadeveden suotautumista rikastushiekkaan.
- Tiivistetty rikastushiekan pinta voi rikkoutua esimerkiksi työkoneiden renkaiden alla, mikä vapauttaa tiivistyksessä kiinnittyneen hienoaineksen ja altistaa sen tuulelle. Rikkoutumista voidaan vähentää rakentamalla läjitetyn rikastushiekan pinnalle työkoneita varten erillisiä kuljetusreittejä esimerkiksi sivukivestä.
- Operoinnilla ja operoinnin suunnittelulla voidaan vaikuttaa merkittävästi rikastushiekan pölyämiseen. Operoinnilla tarkoitetaan läjitysjärjestystä, läjitystekniikoita ja läjitykseen liittyvien toimenpiteiden ajoittumista suhteessa toisiinsa. Tiivistäminen ja ajoreittien hallinta ovat osa tätä. Lisäksi rikastushiekkakasojen välitön levittäminen estää pölyn muodostumista.
- Alueille, joita ei aktiivisesti läjitetä, jätetään talvikuukausina lumipeite, joka toimii suojana ja eristää rikastushiekan tuulieroosion vaikutukselta pakkaskauden aikana. Lumipeite tulee poistaa huolellisesti ennen läjityksen jatkamista ko. alueelle, jotta sen sisältämän veden jääminen rikastushiekan sekaan estetään.
- Rikastushiekan läjitysalueen vaiheittaisen maisemoinnin avulla voidaan vähentää merkittävästi tuulieroosion vaikutusta. Luiskien peitto ja sulkeminen voidaan aloittaa heti, kun täysi läjityskorkeus on saavutettu.
- Lämpimänä vuodenaikana rikastushiekan pintaa voidaan tarpeen vaatiessa kastella vedellä.
- Rikastushiekka-alueen liikennöintialueiden pintaa voidaan käsitellä pölynsidonta-aineilla, *sekä;*
- Pölyn leviämistä paikallisesti voidaan estää pölynestoaidoilla.

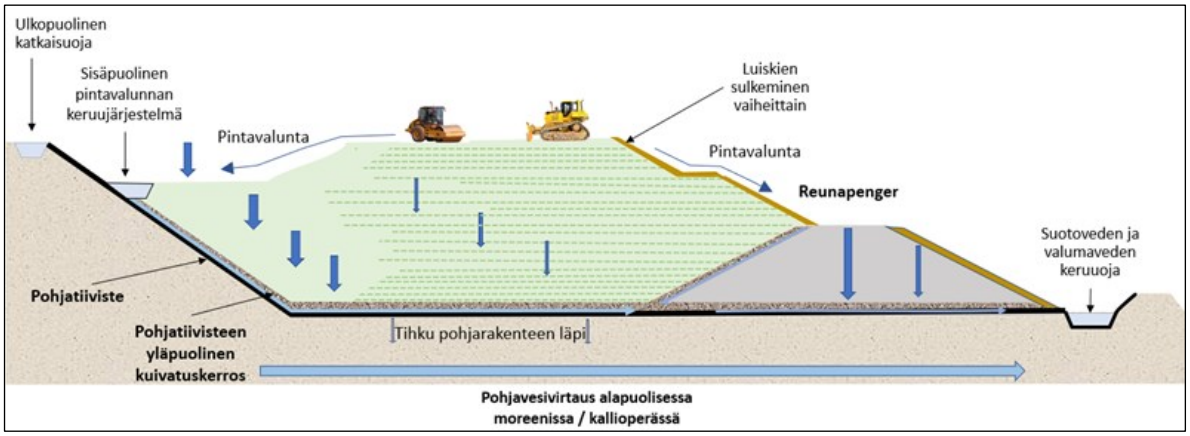
Kuivaläjitys Sakatin kaivoshankkeessa

Rikastushiekka-alueen ympärille rakennetaan varmuussyistä reunapenger eli alkupato, joka suojaa aluetta tuulieroosiolta ja helpottaa alueen sulkemisen aikaista maisemointia. Reunarakenteet ja penkereet rakennetaan tarkoitukseen soveltuvasta sivukivestä (Kuva 4-23). Rikastushiekka-alueen pölyämisen vähentämiseksi hyödynnettävät menetelmät ovat:

- Kuivaläjitysalueen liikennealueiden peitto murskatulla sivukivellä ja liikenteen rajoittaminen rikastushiekka-alueen sisällä

- Rikastushiekan kuivumisen estäminen mm. varastoimalla se jäätymisen estämiseksi talvella lämpimään tilaan ja tarvittaessa kastelemalla lämpimänä vuodenaikana
- Pinnan tiivistys ja tasoitus, *sekä;*
- Operoinnin erityinen suunnittelu, mm. rikastushiekan läjityksen hallintaan tullaan kiinnittämään erityistä huomiota. Esimerkiksi läjitettävät rikastushiekkakasat levitetään ja tiivistetään välittömästi.

Sakatissa tutkitaan myös pölynsidonta-aineen käyttöä läjitysalueen teissä. Lisäksi avoinna olevan alueen pienentäminen vaiheittaisella sulkemisella kuuluu suunnitelmiin. Näin alue sulautuu lopulta hyvin ympäristöön.



Kuva 4-23 Periaatekuva kuivaläjityksen toteuttamisesta Sakatin kaivoshankkeessa (Lähde: AFRY Finland Oy 2022c).

Tuotantovaiheen pölypäästöjen seuranta tulee koostumaan käyttötarkkailusta (tarkastuskierrokset ja niiden yhteydessä tehdyt havainnot, pölynhallintalaitteiden kunnon tarkkailu), päästötarkkailusta (päästölähteiden mittaukset) ja vaikutustarkkailusta (leijumatutkimukset, laskeumatarkkailu ja bioindikaattoritarkkailu). Lisäksi esimerkiksi drone-avusteisella mittauksella on mahdollista saada reaaliaikaista emissiotilannekuvaa ilmateitse leviävien päästöjen osalta. Tällaisen menetelmän avulla saadaan todellista tietoa päästölähteistä ja pystytään mm. visualisoimaan konsentraatiomuutokset reaaliaikaisena kartan päälle. Menetelmän avulla voidaan myös mitata useita päästöparametreja (kaasumaisia yhdisteitä, pienhiukkasia ja melua) yhtäaikaisesti.

Kuivaläjityskohteita maailmalla

Luvussa esitetyt referenssikohteet sijoittuvat kaikki ilmastoalueelle, jossa ainakin osa vuotuisesta sateesta tulee lumena. Talven aikana esiintyy kylmiä ja kuivia olosuhteita, mikä on haaste kunkin kaivoksen hajapölypäästöjen hallinnalle.

Green's Creekin monimetallikaivoksella (Ag, Au, Zn, Pb) Yhdysvaltain Alaskassa rikastushiekan kuivaläjitys on aloitettu vuonna 2000. Pölypäästöjen minimoimiseksi liikenne rikastushiekka-alueen sisällä on rajoitettu kuljetusreittien alueelle. Tiivistämisen lisäksi pölynhallintakeinoina käytetään sumuttimia ja väliaikaisia peittoja. Kuivaläjitysalueelta muodostuvat hajapölypäästöt on tunnistettu potentiaaliseksi pintavesien laatuun vaikuttavaksi riskitekijäksi. Suoritettavan tarkkailun tulosten

perusteella on todettu, että hajapölypäästöjä syntyy ensisijaisesti talvella kylmissä ja kuivissa olosuhteissa. Pölyn leviäminen vaatii lisäksi kohtalaisen tuulen nopeuden ja tietyn tuulen suunnan. Kohteessa on sovellettu lukuisia pölypäästöjen vähentämistoimenpiteitä, kuten paikallista kastelua, aktiivisen läjitysalueen minimoimista talviaikana ja tuulensuojien käyttöä. Lisäksi suunnitelmissa on tuulieroosiolle erityisen herkkien rikastushiekan läjitysalueiden peittäminen ennen talvikautta. (HDR Engineering Inc. 2018.)

Niin ikään Alaskassa sijaitsevalla Pogon kultakaivoksella rikastushiekan kuivaläjitys on aloitettu vuonna 2006. Rikastushiekan on todettu pölyävän erityisesti, mikäli se on jäätynyt tai kuivunut auringossa. Kuivaläjityksen pölynhallinnassa käytetyiksi keinoiksi mainitaan rikastushiekan tiivistäminen, liikenteen rajoittaminen tiivistetyn rikastushiekan päällä ja työkoneiden käytön rajoittaminen vain aktiivisen läjityksen alueilla. Kesällä sateet estävät rikastushiekan pinnan pölyämistä. Pitkittyneiden kuivien jaksojen aikana pölynhallinta voi edellyttää pölynestoaitojen rakentamista ei-aktiivisten läjitysalueiden ympärille. (Northern Star (Pogo) LLC 2020.)

Kanadan Quebecissa sijaitsevalla Raglanin nikkeli-kuparikaivoksella rikastushiekan kuivaläjitystä on harjoitettu vuodesta 1997 alkaen. Kaivoksen pölypäästöjen hallintaan on suositeltu vaiheittaista sulkemista, tuulensuojarakenteiden käyttöä ja tuulen suuntien huomioimista käytännön läjityksessä (AMEC 2017). Myös muita pölynhallintakeinoja on käytössä. Läjityksen operoinnilla voidaan vaikuttaa merkittävästi rikastushiekan pölyämiseen. Rikastushiekan tiivistäminen on erityisen tärkeää. Lisäksi kuorma-autoilla kuljetettu suodinkakku tulee levittää välittömästi puskutraktorilla, jotta rikastushiekka ei jää läjitysalueelle tuulelle alttiiksi kasaksi. Myös ei-aktiivisilla läjitysalueilla rikastushiekan pinta on pidettävä tasaisena. Tuulen kuljettaman lumen kertymisen aiheuttaman haitan vähentämiseksi rikastushiekka-aluetta läjitetään vallitsevan tuulensuunnan mukaisesti, jolloin lumi kertyy rikastushiekan myötätuulen puolelle eikä vaikuta alueen läjitystoimintoihin. Lumen kertymisen estäminen rikastushiekan sekaan on tärkeää, sillä vesi ei ainoastaan lisää suotoveden määrää vaan voi myös aiheuttaa rikastushiekkaan onkaloita, jotka puolestaan aiheuttaisivat turvallisuusriskin. (Geochemical Engineering Solutions Ltd. 2021.)

Rikastushiekkaa on kuivaläjitetty Meliadinen kultakaivoksella Kanadan Nunavutissa vuodesta 2019. Rikastushiekka kuljetetaan läjitysalueelle kuorma-autoilla ja levitetään puskutraktorilla ennen tiivistämistä. Liikenne rikastushiekka-alueen sisällä on rajoitettua tiivistetyn rikastushiekan pinnan rikkoutumisen estämiseksi ja pölypäästöjen minimoimiseksi. Talvella rikastushiekka-alueen ei-aktiivisille läjitysalueille jätetään lumipeite. (Agnico Eagle 2020.)

4.8 Kemikaalien ja räjähdysaineiden käyttö sekä varastointi

4.8.1 Kemikaalit

Valtaosa kaivoksella käytettävistä kemikaaleista liittyy malmin rikastukseen. Toinen tärkeä käyttöalue on vedenpuhdistus. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-40) on esitetty rikastuksessa käytettävät kemikaaliryhmät ja niiden käyttötarkoitus.

Taulukko 4-40 Rikastuksessa käytettävät kemikaaliryhmät ja niiden käyttötarkoitus.

Kemikaaliryhmä	Käyttötarkoitus
Kokoojat	Kiinnittyvät rikastettavien mineraalien pintoihin
Vaahdotteet	Alentavat rikastuslietteen pintajännitystä ja edesauttavat ilman avulla luotavan vaahdotuskuplaston muodostumista
Säännöstelijät, aktivoijat ja painajat	Käytetään toisaalta arvomineraalien aktivointiin ja toisaalta epätoivottujen mineraalien passivointiin ulos arvomineraalien rikastusvaahdosta
pH:n säätäjät	Vaahdotuslietteen alkalisuuteen ja happamuuteen vaikuttavat kemikaalit
Sakeuttajat eli flokkulantit	Käytetään lietteiden vedenpoistovaiheessa edesauttamaan sakeutusta

Prosessivaihtoehtojen arvioitu kemikaalinkulutus on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-41). Prosessivaihtoehdot eroavat toisistaan käytettävien kemikaalimäärien suhteen. Yleisesti prosessivaihtoehdon 1 kemikaalikulutus on suurempaa ja lisäksi prosessissa käytetään pH:n säädössä rikkihappoa, mikä näkyy myös prosessiveden laadussa korkeampana sulfaattipitoisuutena. Kemikaalien käytön erot näkyvät myös arvioiduissa prosessiveden laaduissa (AFRY Finland Oy 2023b). Kemikaalitiedot voivat tarkentua myöhemmässä vaiheessa sillä mahdollisten vaihtoehtoisten kemikaalien tarkastelu jatkuu edelleen.

Taulukko 4-41 Malmin rikastuksessa käytettävät kemikaalit ja niiden kulutusmäärät (annostus grammoina syötettyä malmitonnia kohden) sekä kulutuksen vaihteluväli (Lähde: AFRY Finland Oy 2023b, muokattu).

Kemikaali	Kaava/lyhenne/nimi	Min (g/t)	Max (g/t)	Käyttötarkoitus
Natriumkarbonaatti	Na_2CO_3	0	4 550	pH:n säätö, hajotuskemikaali
Rikkihappo	H_2SO_4	0	5 400	pH:n säätö
Natriumhydroksidi	NaOH	0	1 920	pH:n säätö
Magnesiumhydroksidi	$Mg(OH)_2$	0	1 200	pH:n säätö
Kalsiumhydroksidi	$Ca(OH)_2$	0	1 400	pH:n säätö
Kuparisulfaatti	$CuSO_4$	0	250	sulfidimineraalien aktivointi
Natrium-isobutyyli-ksantaatti	SIBX	0	150	sulfidimineraalien kokooja
Natriumetyyli-ksantaatti	SEX	0	33	sulfidimineraalien kokooja
Metyyli-isobutyyli-karbinoli	$C_6H_{14}O$, MIBC	80	150	vaahdotus
Karboksimetyyli-selluloosa	CMC	0	350	silikaattimineraalien erotus
Vesilasi		0	600	silikaattimineraalien erotus ja pH:n säätö
Polysakkaroidi	Dextrine	0	475	Ni-mineraalien erotus
Merkaptobentsotiatsoli + ditiofosfaatti	AERO 407, Danafloat 271/371	150	300	Ni-mineraalien kokooja
Tiokarbanaatti	AERO 3894A, Danafloat 262	70	170	Cu-mineraalien kokooja
Polyglykolieetteri	Dowfroth 250	19	198	vaahdotus
Polypropyleeni-glykoli	Flotanol C7	0	50	vaahdotus

Vesienpuhdistukseen todennäköisimmin käytettävä menetelmä on saostus sekä biologinen typenpoistoprosessi. Muodostuvien sakkojen erotusta voidaan tehostaa koagulantin ja polymeerin syötöllä. Saostuksessa käytettävät kemikaalit ja niiden käyttö- ja varastointimäärät on esitetty alla (Taulukko 4-42).

Taulukko 4-42 Saostuksessa käytettävät kemikaalit, niiden vuotuiset käyttömäärät ja varastointimäärät (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Kemikaali	Käyttötarkoitus	Kulutus (t/v)	Varastointimäärä (t)
$Ca(OH)_2$	Saostuskemikaali	30–80	25–50
$Fe_2(SO_4)_3$	Koagulantti	50–120	25–65
Polymeeri	Saostuksen apuaine	1–3	2–3

Biologisessa typenpoistossa käytettäviä kemikaaleja ja niiden kulutusta on alustavasti arvioitu seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-43).

Taulukko 4-43 Vedenkäsittelykemikaalien kulutus- ja varastointimäärät biologiselle typenpoistolle (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a).

Kemikaali	Käyttötarkoitus	Kulutus (t/v)	Varastointimäärä (t)
$Ca(OH)_2$	Alkaliteetin säätö	6–15	3–10
H_3PO_4	Fosforihappo	1–3	2–3
CH_3OH	Metanoli	50–120	25–65
$Fe_2(SO_4)_3$	Koagulantti	30–80	25–50
Polymeeri	Saostuksen apuaine	1–5	2–5

Muissa mahdollisissa vesienkäsittelymenetelmissä käytettävät kemikaalit on esitetty seuraavassa:

Ettringiittisaostuksessa käytettävät kemikaalit ovat kalsiumhydroksidin lisäksi alumiinikemikaali (esimerkiksi $NaAlO_2$) sekä rikkihappo H_2SO_4.

Kalvoerotusmenetelmissä kemikaaleina käytetään saostuksenestoaineita, jotka ovat yleensä kalvotoimittajien omia tuotemerkkejä. Lisäksi kalvojen pesussa käytetään happoliuosta, kuten rikkihappoa tai sitruunahappoa. Joissakin käyttökohteissa, yleensä pintavesien käsittelyssä, myös biosidien käyttö on tarpeen limoittumisen estämiseksi. Retentaatin eli kalvon pidättämän osan mahdollinen jatkokäsittely edellyttäisi myös saostuskemikaalien käyttöä.

Adsorptioprosesseissa kemikaaleja käytetään adsorbenttimateriaalin regeneroimiseen eli puhdistamiseen. Yleisesti käytetään happoliuosta.

Ioninvaihdossa ioninvaihtohartsi regeneroidaan hapolla tai emäksellä, jolloin haitta-aineet siirtyvät regenerointiliuokseen. Lisäksi haitta-ainepitoisen regenerointiliuoksen jatkokäsittely kuluttaa kemikaaleja. Ioninvaihto voi edellyttää myös esikäsittelyä, joka käytännössä tarkoittaisi esimerkiksi saostusprosessia.

Biologisessa typenpoistossa käytettävät kemikaalit ovat metanoli (CH_3OH), fosforihappo(H_3PO_4), kalkki ($Ca(OH)_2$) sekä lietteen sakeutuksessa käytettävä polymeeri.

Prosessi- ja vedenkäsittelykemikaalit varastoidaan erillisessä varastorakennuksessa. Sen lisäksi kemikaaleja varastoidaan rikastamon yhteydessä sijaitsevassa varastossa. Varastot ja turvajärjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan noudattaen vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista annetun asetuksen (856/2012) sekä Tukesin ohjeistuksien mukaisia vaatimuksia.

4.8.2 Räjähdysaineet

Lukuun ei ole tullut muutosta.

4.9 Energia ja polttoaineiden käyttö

Lukuun ei ole tullut muutosta.

4.10 Sulkeminen

4.10.1 Sulkemissuunnittelun eteneminen

Lukuun ei ole tullut muutosta.

4.10.2 Tavoiteasettelu

Lukuun ei ole tullut muutosta.

4.10.3 Sulkemistarkastelun painopisteet

Hankealueella sijaitsee lukuisia toimintoja, jotka sulkemisvaiheessa joko poistetaan kokonaan tai suljetaan paikalleen. Toimintoja ovat maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti- ja rikastamoalueet, sivukiven, malmin ja pintamaiden väliaikaiset sijoitusalueet, sijoitusalueet rikastushiekoille, putkistot, sähkölinjat, vesienhallintarakenteet, lämpölaitos, kemikaalien ja räjähdysaineiden varastot sekä varikot. Osa rakenteista, esimerkiksi tiestö, voi palvella myös alueen käyttöä kaivostoiminnan jälkeen.

Sulkemistyön näkökulmasta vaihtoehtotarkastelu keskittyy niihin kaivostoiminnan osiin, jotka suljetaan paikoilleen. Keskeisimpiä osia ovat siis matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue sekä maanalaisen kaivoksen vinotunneli. Rikastushiekka-alueen suotovesien hallinta on tärkeässä roolissa sulkemisen jälkeisten pohja- ja pintavesivaikutusten hallinnassa. Vinotunnelin sulkemissuunnittelussa keskeistä on minimoida maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin ja vinotunnelin yläosan vaikutus lähiympäristöön ja pohjavesivuorovaikutukseen sekä niihin liittyvien riskien ja vaikutusten hallinta. Sivukiveä ja maanpoistomaita sijoitetaan alueelle ainoastaan väliaikaisesti. Korkearikkinen rikastushiekka käytetään kokonaan kaivostoiminnan edetessä maan alla louhostäytöissä.

Päävaihtoehtojen VE1-VE3 tarkastelussa keskiössä ovat toiminnan eri osien sijoituspaikat. Tärkeimpinä alavaihtoehtoina tarkastellaan matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitystä ja märkäläjitystä. Myös rikastamon prosessivaihtoehtoja (luku 4.2.3) ja vinotunnelin kuivatusvesien vähentämiseen käytettäviä tiivistystoimenpiteitä (luku 4.2.4) käsitellään sulkemisen jälkeen ympäristöön mahdollisesti vaikuttavina tekijöinä. Tärkeimpinä sulkemisen jälkeen häiriintyvinä kohteina tarkastellaan Viiankiaapaa sekä Kitisen jokivarren pohjavesiesiintymiä ja asutusta. Porotalouden osalta vaikutusten oletetaan lieventyvän kaivoksen sulkemisen myötä kaikissa vaihtoehdoissa.

4.10.4 Osakohteiden sulkeminen

Sulkemistoimenpiteet esitetään viimeisimmän kannattavuusarvioinnin (PFS-A) yhteydessä laadittujen suunnitelmien mukaisina. Ratkaisut voivat muuttua jonkin verran suunnittelun edetessä, säilyen kuitenkin vaatimustasoltaan vastaavina. Osakohteiden sulkemisratkaisujen kuvaukset perustuvat AFRY Finland Oy:n (2023c) raporttiin (Liite 15).

Maanalainen kaivos

Sulkemisen aikana maanalaisen kaivoksen annetaan täyttyä vedellä. Sitä ennen maanalaisesta kaivoksesta poistetaan laitteistoa ja kalustoa, esimerkiksi esimurskaamo ja nostolaitteet. Putkistoja ja kaapelointeja puretaan käytännön ja turvallisuuden sallimissa rajoissa. Kaivokseen pääsy estetään esimerkiksi betonisuluilla ja louhetäytöillä kuilun/vinotunnelin sisäänkäynnin sijainnista ja geometriasta riippuen. Tarvittaessa maanalaisiin tiloihin asennetaan välisulkuja rajoittamaan veden liikettä kaivoksen eri osien välillä sulkemisen jälkeen. Todennäköisesti kuitenkin myös painovoimainen kerrostuminen (suolaisuuskerrostuminen) rajoittaa veden liikettä. Pystykuilujen (VE2a ja VE3a) ja vinotunnelin yläosat tiivistetään jo toimintavaiheessa injektoinnin avulla tunnelin eristämiseksi pohjavesiympäristöstä. Mikäli päädytään käyttämään suurempaa injektointitehokkuutta, voidaan olettaa, että alennetaan myös riskiä haitta-ainepitoisten vesien kulkeutumiseen maanalaisesta kaivoksesta ympäristöön.

Tarvekivilouhos

Toiminnan päätyttyä tarvekivilouhoksesta ja sen tukialueilta poistetaan kaikki tarpeettomat rakenteet, kemikaalit, räjähdysaineet, sähkölaitteet, työkoneet ja jätteet. Louhoksen reunat luiskataan ja muotoillaan turvallisuuden edellyttämään kaltevuuteen (noin 1:4). Luiskaus jatkuu tulevan vedenpinnan alapuolelle taaten poispääsyn veden varaan joutuneelle eläimelle tai ihmiselle. Tarvekivilouhokseen johtavat ajoluiskat suljetaan lohkareilla. Tarvekivilouhos aidataan, jotta siitä ei aiheudu turvallisuusriskiä myöskään louhoksen täyttymisvaiheessa. Vähitellen tarvekivilouhokseen kertyvät sade- ja pohjavedet muodostavat aikaa myöten keinotekoisen järven.

Matalarikkinen rikastushiekka

Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitysalueella tiivis pohjarakenne vähentää rikastushiekan suotovesien ja ympäristön vuorovaikutusta myös sulkemisen jälkeen. Märkäläjitysvaihtoehdolle oletetaan tarvittavan eristysominaisuuksiltaan vastaava pohjarakenne kuin kuivaläjitykselle.

Kuivaläjitysvaihtoehdossa matalarikkinen rikastushiekka-alue rakennetaan ja suljetaan kahdessa vaiheessa, kahtena lohkona. Ensimmäinen lohko suljetaan sen täytyttyä ja läjitystä jatketaan toisessa lohkossa. Vaiheittaisella sulkemisella pyritään sekä pölypäästöjen että suotovesien määrän minimointiin. Jossain määrin pystytään rajoittamaan myös sulfidimineraalien hapettumista. Vaiheittainen sulkeminen käsittää sekä patoalueiden että läjityksen lakialueen vaiheittaisen sulkemisen. Läjityksen lakialueen sulkeminen tapahtuu kahdessa osassa; ensimmäinen lohko suljetaan täytön valmistuttua kokonaan ja sen siirryttyä toiseen lohkoon. Lisäksi rinnealueita eli patoalueita suljetaan rakentamisen edetessä ylöspäin.

Rikastushiekan läjittämisen loppuvaiheessa molemmilla lohkoilla huomioidaan sulkemistyön edellyttämät pinnanmuodot. Kuivaläjitysmenetelmä mahdollistaa rikastushiekan läjittämisen siten, että läjitysalue saa lopulliseen pinnanmuotonsa jo läjityksen aikana. Kuivaläjitetty rikastushiekka-alue on valmis peittorakentamiseen heti läjityksen päättyessä lohkolla, eikä kuivatusvaihetta tarvita.

Matalarikkisen rikastushiekka-alueen sulkemistoimenpiteinä on tarkasteltu alustavasti kahta peittorakennevaihtoehtoa (SRK Consulting Ltd. 2019b):

- Tiivisrakenteena toimii savikerros (vähintään 0,3 m), jota peittää suojakerroksena pintamaan ja sivukivilouheen seos (0,5 m). Suojakerros toimii myös kasvualustana.
- Peittona on komposiittirakenne, alhaalta päin kuvattuna kuivatusrakenne, suojakerros, hienojakoinen moreeni (0,6 m) ja pintamaakerros (0,2 m). Ylin kerros toimii myös kasvualustana.

Myös muita ratkaisuvaihtoehtoja tarkastellaan tulevissa sulkemissuunnitteluvaiheissa.

Peiterakenteen toiminnasta on esitetty oletukset, joita on käytetty myös suotoveden laadun mallinnuksen tarkastelussa 1 (SRK Consulting Ltd. 2019b). Peiterakenteen läpi imeytyy 12,5 % vuotuisesta keskisadannasta (524 mm), mikä tarkoittaa imeytymisen vähentymistä noin puoleen peittämättömästä kuivaläjityksestä (30 % imeytyminen). Kuivaläjityksessä rikastushiekka on toki huomattavan tiiviisti pakkautunutta jo ennen sulkemistoimenpiteitäkin, mikä rajoittaa jossain määrin veden imeytymistä ja hapen kulkeutumista rikastushiekkaan jo ennen peittorakenteita.

Rikastushiekan märkäläjityksessä alue voidaan sulkea vasta koko toiminnan päättyessä. Toisena merkittävänä erona kuivaläjitykseen märkäläjitysvaihtoehdossa rikastushiekka-alueella olevaa rikastushiekkaa joudutaan aluksi kuivaamaan kantavuuden saavuttamiseksi. Lakialue voidaan muotoilla joko kuperaksi tai toiselle sivulle viettäväksi (johtamaan vesiä alueelta) tai vaihtoehtoiseksi koveraksi vedenjohtamisrakenteella. Täytön loppuvaiheessa, ennen alueen sulkemista, voidaan rikastushiekan läjityksen kohdentamisella täyttää haluttuja altaan osia muotoilun tueksi. Muita muotoilussa käytettäviä keinoja ovat massansiirrot sekä sivukivitäyttö. Rikastushiekan sisäinen vesipinta asettuu pitkällä aikavälillä tasapainotilaan, joka riippuu rikastushiekan ominaisuuksista, pintarakenteen läpi imeytyvän veden määrästä ja pohjan sekä patojen läpi suotautuvasta vesimäärästä. Rikastushiekka on suhteellisen hienojakoista ja jää suurilta osin vedellä kyllästyneeseen tilaan, mikä vähentää rikastushiekan sulfidimineraalien hapettumista. Lakialueelle suunnitellaan veden imeytymistä ja kaasunvaihtoa pienentävä peiterakenne soveltuvilta osin vastaavalla periaatteella kuin kuivaläjitysvaihtoehdossa. Peitteen rakentaminen märkäläjitysalueella poikkeaa kuitenkin teknisesti kuivaläjitysalueen peittämisestä, sillä kuivaläjityksessä muodostuu valmiimpi alusta peiterakenteen tiivistämistä varten. Toisaalta hapen kulkeutumisen rajoittaminen rikastushiekka-alueen pinnalta ei ole äärimmäisen kriittistä märkäläjityksessä vedellä kyllästyneiden olosuhteiden takia.

Rikastushiekka-alueen peiterakenteeseen tarvitaan nykysuunnitelman mukaan moreenia kohtuullisella kuljetusetäisyydeltä. Moreeniesiintymistä on esitietoja, mutta moreenin saatavuutta ei ole toistaiseksi varmennettu.

Rikastushiekka-aluetta ei oteta talousmetsäkäyttöön, vaan alueelle annetaan ajan myötä muodostua vaihteleva, luonnonmukainen kasvillisuus. Lakialueelle ja rinteille tehdään soveltuvilta osin myös

paikoittaisia louhepintaisia alueita, jotka muistuttavat seudun vaarojen rinteille tyypillistä rakkakivikkoa.

Korkearikkinen rikastushiekka

Korkearikkisen rikastushiekan varastoallas on väliaikainen varasto, sillä kaikki korkearikkinen rikastushiekka tullaan käyttämään maanalaisen kaivoksen louhostäytöissä käytettävän pastan raaka-aineena. Rikastushiekka johdetaan suoraan pastalaitokselle sen toiminnan käynnistyttyä, jolloin korkearikkisen rikastushiekan varastoallas jää vara-altaaksi mahdollisia poikkeustilanteita varten. Kaivostoiminnan loputtua korkearikkisen rikastushiekan varastoallas tyhjennetään. Altaan kalvorakenteet, putket sekä pumppaamot puretaan ja toimitetaan asianmukaiseen jatkokäsittelyyn. Tarpeettomaksi käyneet padot tasataan ja alue peitetään pintamaakerroksella kasvittumisen edistämiseksi.

Sivukiven ja pintamaan sijoitusalueet

Sulkemisen jälkeen väliaikaisia sivukivien sijoitusalueita ei enää ole, sillä korkearikkinen sivukivi hyödynnetään kaivoksessa pasta-kivimursketäytön raaka-aineena ja matalarikkinen sivukivi kaivosalueen rakenteissa. Sulkemisen yhteydessä väliaikaisten sijoitusalueiden rakenteet puretaan ja rakenteiden alapuolisen maaperän tila tarkastetaan. Mikäli kohonneita haitta-ainepitoisuuksia tavataan, laaditaan ympäristö- ja terveysriskien arviointi ja sen tulosten perusteella suunnitellaan jatkotoimenpiteet (ml. mahdollinen kunnostus ja loppusijoitus).

Pintamaat varastoidaan omina jakeinaan (pintamaa, turve, moreeni, hiekka) ja hyödynnetään kaivoksen rakenteissa, jälkihoidossa ja maisemoinnissa. Tässä vaiheessa oletuksena on, ettei pintamaan läjitysalueille tarvita erityisiä pohjarakenteita. Mikäli osa maa-aineksesta kuitenkin edellyttää pohjarakenteiden rakentamista, ne puretaan sulkemisvaiheessa asianmukaisesti ja niiden alapuolisen maaperän kunto tarkistetaan.

Tehdas- ja tukialueet, pastalaitos, tiestö, voimalinjat, putkilinjat ja vesienkäsittely

Jokaisessa vaihtoehdossa rikastamo oheistoimintoineen sijaitsee Kuusivaaran tehdasalueella. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a, VE3b pastalaitos sijoittuu maan päälle maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin läheisyyteen paitsi vaihtoehdossa VE3a se sijoittuu kuilunostimen nostotornin läheisyyteen. Vaihtoehdossa VE1a ja VE1b pastalaitos sijaitsee maanalaisessa kaivoksessa. Yhdystien linjausvaihtoehtoja on kaksi (a ja b). Kaivokselle rakennetaan 110 kV voimajohtolinja Vajukosken sähköasemalta Kuusivaaran tehdasalueelle. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakennetaan 20 kV voimajohto Kuusivaaran tehdasalueelta Pahanlaaksonmaalle, jossa maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee. Tämä 20 kV voimajohdon reitti noudattelee samaa reittiä kuin huoltotie tehdasalueelta Pahanlaaksonmaalle.

Tehdasalueen ja infrastruktuurin sulkemiskonseptit esitetään alustavalla tasolla alla (Taulukko 4-44).

Taulukko 4-44 Tehdas- ja tukialueiden ja teknisten perusrakenteiden alustavat sulkemiskonseptit (Lähde: AFRY Finland Oy 2023c).

Rakenne	Sulkemissuunnitelma
Rakennukset	
Tehdasalueen sekä maanalaisen kaivoksen tukialueen rakennukset Tehdasalueen ja maanalaisen kaivoksen tukialueen ulkopuoliset rakennukset (raakavesipumppaamo Kitisellä, räjähdysainevarasto)	Varusteet ja putket puretaan ja joko myydään uusiokäyttöön tai kierrätetään. Rakennukset puretaan ja joko kierrätetään tai käsitellään rakennusjätteenä.
Varsinaisen kaivosalueen ulkopuoliset tekniset perusrakenteet	
Yhdystie ja Kelujoen ylittävä silta	Kyseessä on yleinen tie, ja silta jää paikoilleen.
110 kV voimajohtolinja Vajukoskelta	Sulkemistoimenpiteet riippuvat Fingrid Oyj:n ja AASM Oy:n välisestä sopimuksesta. Voimajohtolinjan omistus sovitaan Fingrid Oyj:n kanssa ennen voimajohtolinjan rakentamispäätöstä. Jos hankkeesta vastaava yhtiö omistaa voimajohdon, se on kunnostettava tukemaan tulevaa maankäyttöä. Tämä voi tarkoittaa joko rakenteiden jättämistä paikalleen tai niiden purkamista. Mahdollisesta rakenteiden jättämisestä alueelle on sovittava erikseen viranomaisten ja maanomistajien kanssa.
Vedenotto- ja purkuputket	Tehdään riskiperusteinen vaikutusten arviointi, joka sisältää ympäristö-, sosiaalisen ja taloudellisen näkökulman. Arvioidaan rakenteiden purkamiseen sekä paikalleen jättämiseen liittyvät riskit. Päätettäessä putkilinjojen purkamisesta tai purkamatta jättämisestä otetaan huomioon maanomistajien ja keskeisen maankäytön tarpeet.
Talousvesi- ja jätevesiyhteydet	Talous- ja jätevesiyhteyksien osalta ratkaisut tehdään myöhemmässä vaiheessa, kun tieto teollisuusalueen mahdollisesta jatkokäytöstä kaivostoiminnan jälkeen on käytettävissä.
Tehdasalueen sisäpuoliset tekniset perusrakenteet	
Päällystetyt piha-alueet	Alueet kunnostetaan tulevaa maankäyttöä varten. Tämä voi toteutua joko jättämällä alueet sellaisiksi kuin ne ovat tai poistamalla päällysteet, jotka toimitetaan hyödynnettäviksi tai hävitettäviksi.
Alueen maanalaiset putkilinjat (teknisiin perusrakenteisiin liittyvät), kuten hulevesiviemäröinti, palovesijohdot, jätevesiviemärit	Tehdään riskiperusteinen vaikutusten arviointi, joka sisältää ympäristö-, sosiaalisen ja taloudellisen näkökulman. Arvioidaan rakenteiden purkamiseen sekä paikalleen jättämiseen liittyvät riskit. Päätettäessä putkilinjojen purkamisesta tai purkamatta jättämisestä otetaan huomioon maanomistajien ja keskeisen maankäytön tarpeet.
Alueen sisäiset huoltotiet	Kunnostetaan tukemaan tulevaa maankäyttöä. Tämä voi tarkoittaa joko rakenteiden jättämistä paikoilleen tai rakenteiden poistamista ja alueen tasaamista. Mahdollisesta teknisten perusrakenteiden jättämisestä alueelle on sovittava erikseen viranomaisten ja muiden keskeisten sidosryhmien kanssa. Kolmas vaihtoehto on rakenteiden osittainen purkaminen tehokkaampien hydrologisten kanavien ja ekologisten käytävien luomiseksi.
Kalvotetut varastoalueet	Kalvon päällä oleva materiaali käsitellään pilaantuneena maana. Kalvot poistetaan ja pyritään hyödyntämään energiajätteenä. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, kalvomateriaalit sijoitetaan kaatopaikalle rakennusjätteenä.

Rakenne	Sulkemissuunnitelma
Putkisillat ja maanpäälliset putket	Kaikki laitteet ja putket puretaan ja kierrätetään.
Sähkölaitteet, -varusteet ja kaapelit	Sähkölaitteet puretaan ja kierrätetään. Kaapeleiden metallit kierrätetään.
Vesialtaat (vesivarastoallas ja kaivoksen kuivanapitovesien selkeytysallas)	Vedet pumpataan kaivoksen sisäiseen vesikiertoon ja puhdistuksen jälkeen johdetaan Kitiseen tai mahdollisesti maanalaiseen kaivokseen, jos ne ovat laadultaan siihen soveltuvia. Kalvopohjat poistetaan ja hyödynnetään energiajätteenä tai loppusijoitetaan rakennusjätteenä, jos hyödyntäminen ei ole mahdollista. Vesivarastoaltaan pato poistetaan patoluokasta riippuen. Pienempien altaiden penkereiden materiaali käytetään altaiden täyttämiseen.
Pumppuasemat	Kaikki varusteet ja putkilinjat poistetaan ja kierrätetään. Rakenteet poistetaan ja raudoitukset sekä betoni hyödynnetään/kierrätetään soveltuvin osin. Hyödyntämiseen soveltumaton betoni loppusijoitetaan rakennusjätteenä.
Toiminta-ajan jälkeinen maaperän pilaantuneisuuden selvittäminen	Maaperänäytteenottoa tehdään ns. "suuren riskin alueilla" mahdollisen pilaantumisen selvittämiseksi ennen kuin sulkemissuunnitelma tehdään valmiiksi. Jos pilaantuneita maa-aineksia todetaan, ne käsitellään asiaan kuuluvasti paikan päällä (on-site) ja sijoitetaan alueelle tai kuljetetaan käsiteltäviksi niitä vastaanottavaan sijoituspaikkaan.

4.10.5 Sulkemisen jälkeiset veden laadut keskeisissä osakohteissa

Rikastushiekka-alueen suotovesi sulkemisen jälkeen

Suljetulla rikastushiekka-alueella muodostuu kahdenlaisia vesiä, pintavesiä ja rikastushiekan suotovesiä. Pintavedet eivät ole kosketuksissa rikastushiekan kanssa. Rikastushiekan suotovedet muodostuvat peittorakenteen läpi suotautuvan veden ja rikastushiekan kontaktissa. Rikastushiekka-alueen sulkemisen jälkeiset suotovedet on mallinnettu kuivaläjitysalueelle seuraavasti:

- Rikastushiekka-alueen tarkastelussa 1 oli rikastushiekkana prosessivaihtoehdon 1 mukainen rikastushiekka ja rikastushiekka-alueen pohja- ja patorakenteena kannattavuuden esiselvitysvaiheessa A suunniteltu alustava rakenne. Peittorakenteelle on asetettu toiminnalliset kriteerit rajoittamaan sekä veden läpäisyä että kaasunvaihtoa. (SRK Consulting Ltd. 2019b.)
- Rikastushiekka-alueen tarkastelussa 2 oli rikastushiekkana prosessivaihtoehdon 2 mukainen rikastushiekka ja pohja- ja patorakenteena vuoden 2021 suunnitelman mukainen ratkaisu (Golder Associates Oy 2021). Peittorakenteelle ei ole asetettu toiminnallisia kriteerejä rajoittamaan veden läpäisyä tai kaasunvaihtoa (Geochemic Ltd. 2022).

Kuivaläjityksen ja märkäläjityksen sulkemisen jälkeisen suotoveden laadun eroja on pyritty havainnollistamaan johtamalla prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekan kuivaläjityksen mallista märkäläjityksen versio.

Rikastushiekka-alueen suotoveden laatu, tarkastelu 1

Rikastushiekka-alueen suotoveden tarkastelun 1 on laatinut SRK Consulting Ltd. (2019b). Suotovesiarvion syötteenä on käytetty prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekalle tehtyjä

kosteuskammiokokeita, mutta arvioiden laadinnassa on laskennallisesti huomioitu myös laboratoriokokeen ja todellisten olosuhteiden erot. Veden laatu on myös tasapainomallinnettu suhteessa mineraali- ja kaasufaaseihin. Vesilaatuarvioissa on käytetty lähtötietoina vaihtoehdon VE1a olosuhdetekijöitä, mutta näiden oletetaan vastaavan tarkastelutasoon riittävällä tarkkuudella myös vaihtoehtojen VE2a ja VE3a olosuhteita. Märkäläjitysvaihtoehdoille (VE1b, VE2b ja VE3b) on käytetty karkeampaa laskentatapaa, johtamalla veden laadut kuivaläjityksen suotoveden laadusta. Laskentaperiaatteita kuvataan tarkemmin sulkemissuunnitelmassa liitteessä 15 (AFRY Finland Oy 2023c). Vesilaadut on esitetty alla (Taulukko 4-45).

Taulukko 4-45 Suljettujen rikastushiekka-alueiden suotoveden laadut tarkastelussa 1 eri ajanjaksoilla (Lähde: SRK Consulting Ltd. 2019b).

		Prosessivaihtoehto 1		
		Kuivaläjitys		Märkäläjitys
	Yksikkö	Lohko 1 suljettu, lohko 2 käytössä	Lohko 1 ja 2 suljettu	Suljettu, pitkä aikaväli
Alumiini	mg/l	0,003	0,003	0,005
Antimoni	mg/l	0,004	0,0005	0,001
Arseeni	mg/l	0,0004	0,0004	0,04
Elohopea*	mg/l	0,00001	0,00001	0,00001
Fosfori	mg/l	0,7	0,1	0,1
Kadmium*	mg/l	0,0009	0,0001	0,0001
Kalium	mg/l	290	30	40
Kalsium	mg/l	300	55	80
Kloridi	mg/l	350	40	100
Koboltti	mg/l	0,008	0,008	0,050
Kromi	mg/l	0,016	0,002	0,002
Kupari	mg/l	0,001	0,001	0,04
Lyijy*	mg/l	0,0002	0,0001	0,0002
Magnesium	mg/l	570	60	80
Mangaani	mg/l	0,46	0,05	0,11
Natrium	mg/l	430	40	110
Nikkeli	mg/l	0,22	0,02	0,07
Rauta	mg/l	0,002	0,002	0,240
Sinkki	mg/l	0,013	0,001	0,003
Sulfaatti	mg/l	1 030	130	490
Typpi	mg/l	13,2	1,4	1,6

**) Kosteuskammioaineiston analyysituloksissa (SRK Consulting Ltd. 2018a) tyypillisesti alle määritysrajan. Laskennalliset pitoisuudet syötetiedoissa voivat vaikuttaa tulokseen.*

Molemmissa läjitystapavaihtoehdoissa suotovesissä esiintynee lievästi kohonneina pitoisuuksina kloridia, nikkeliä, sulfaattia ja sinkkiä. Fosforia ja typpeä on läsnä jossain määrin, pääasiassa liittyen prosessivesijäämiin. Märkäläjityksessä sulfaatti- ja sinkkipitoisuudet vähenevät prosessiveden poistuessa, olettaen että riittävät sulkemistoimenpiteet on suoritettu.

Pohjaveden ympäristönlaatunormien (Vna 1040/2006 ja muutos 341/2009) on laskettu ylittyvän rikastushiekka-alueen alapuolella kloorin, nikkelin ja sinkin osalta (SRK Consulting Ltd. 2019b), mallinnettuna kuivaläjitysalueen parametreilla. Kloridipitoisuus on 79 mg/l (ympäristönlaatunormi 25 mg/l), nikkelipitoisuus lohkon 1 ollessa suljettu on 0,012 mg/l (ympäristönlaatunormi 0,01 mg/l) ja sinkkipitoisuus 0,19 mg/l (ympäristönlaatunormi 0,06 mg/l). Vastaavien pitoisuuksien voidaan olettaa olevan koholla myös märkäläjitetyn rikastushiekka-alueen alapuolisessa pohjavedessä. Vaikutus voi olla jossain määrin kuivaläjitystä korkeampi huomioiden rikastushiekka-alueen vesipinnan ja ympäröivän alueen välillä vallitseva korkeampi gradientti.

Rikastushiekka-alueen suotoveden laatu, tarkastelu 2

Tarkastelun 2 geokemiallisen mallinnustyön on suorittanut Geochemic Ltd. (2022). Rikastushiekka-alueen tarkastelussa 2 rikastushiekka edustaa prosessivaihtoehtoa 2. Rikastushiekka-alueen pohja- ja patorakenteena tarkastelussa 2 on vuoden 2021 suunnitelma.

Prosessivaihtoehdon 2 rikastushiekalle on tehty kosteuskammiokoe, kuten prosessivaihtoehdolle 1. Prosessivaihtoehdon 2 mukaisessa rikastushiekka-alueen suotovesimallinnuksessa on rikastushiekan kosteuskammiokokeen lisäksi käytetty syötteinä patorakenteissa käytettävän sivukiven kosteuskammiokokeiden tuloksia.

Matalarikkisen rikastushiekka-alueen tarkastelussa 2 alustavat sulkemisen jälkeiset vesilaadut on mallinnettu erikseen lohkoille 1 ja 2 (Taulukko 4-46). Malli on alustava ja yliarvioi haitta-aineiden pitoisuuksia, koska mallissa peittorakenteelle ei ole asetettu lopullisia kriteereitä veden tai kaasujen liikkumisen rajoittamiseksi. Toisin sanoen, malli ei huomioi tiiviin peittorakenteen vaikutusta.

Merkittävin ero lohkojen 1 ja 2 välillä on penkereen rakennusmateriaali. Lohkolla 1 käytetään vinotunnelin rakentamisessa muodostuvaa kiveä, kun taas lohkolle 2 käytetään sivukiveä syvemmältä kaivoksesta. Lohko 2 näyttäytyy vesilaadultaan heikompana, lähinnä sulfaatin, nikkelin ja kloridin suhteen. Märkäläjitysvaihtoehtoa ei ole mallinnettu. Rikastushiekka-alueen suotoveden tarkastelua 1 korkeammat sulfaatin ja nikkelin pitoisuudet liittyvät suurelta osin siihen, ettei tarkastelua 2 koskevassa mallissa peittorakenteelle sovellettu vielä erityisiä kriteereitä. Sulfaatin suhteen tasapainoyhtälöt mahdollistavat prosessivaihtoehdon 2 mallissa niukemmin sulfaatteja sisältävien sekundäärimineraalien muodostumista, verrattuna prosessivaihtoehdon 1 malliin.

Taulukko 4-46 Matalarikkisen rikastushiekka-alueen suotovesilaadut tuotannon sulkemisen jälkeen. Kuivaläjitys, tarkastelu 2. Lohkot 1 ja 2. (Lähde: Geochemic Ltd. 2022.)

Parametri	Yksikkö	Lohko 1 suljettu		Lohko 2 suljettu	
		Lyhyt aikaväli	Pitkä aikaväli	Lyhyt aikaväli	Pitkä aikaväli
pH		8,39	8,39	8,22	8,22
Alkaliteetti	mg/l	149	149	106,6	106,6
Kloori	mg/l	15	15	178	178
Fluori	mg/l	2,10	2,10	1,49	1,49
Nitraatti	mg/l	31,5	<0,1	30,9	<0,1
Sulfaatti	mg/l	682	682	1 231	1 231

Parametri	Yksikkö	Lohko 1 suljettu		Lohko 2 suljettu	
		Lyhyt aikaväli	Pitkä aikaväli	Lyhyt aikaväli	Pitkä aikaväli
Kalsium	mg/l	25,9	25,9	67,5	67,5
Rauta	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Magnesium	mg/l	155	155	204	204
Kalium	mg/l	308	308	341	341
Pii	mg/l	2,90	2,90	2,86	2,86
Natrium	mg/l	109	109	325	325
TDS*	mg/l	1 480	1 449	2 490	2 459
Alumiini	µg/l	30,9	30,9	22,0	22,0
Antimoni	µg/l	10,73	10,73	6,7	6,7
Arseeni	µg/l	<0,01	<0,01	0,0004	0,0004
Barium	µg/l	9,78	9,78	7,22	7,22
Beryllium	µg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Boori	µg/l	270	270	214	214
Kadmium	µg/l	<0,01	<0,01	0,02	0,02
Kromi	µg/l	<0,1	<0,1	0,0	0,0
Koboltti	µg/l	0,32	0,32	0,6	0,6
Kupari	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Lyijy	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Litium	µg/l	112	112	110	110
Mangaani	µg/l	4	4	13	13
Elohopea**	µg/l	0,09	0,09	0,06	0,06
Molybdeeni	µg/l	23,2	23,2	14,0	14,0
Nikkeli	µg/l	69	69	127	127
Fosfori	µg/l	3,22	3,22	1,80	1,80
Seleeni	µg/l	3	3	4	4
Hopea	µg/l	7,1	7,1	12,6	12,6
Strontium	µg/l	1 032	1 032	1 145	1 145
Tallium	µg/l	11,1	11,1	13,4	13,4
Torium	µg/l	1,40	1,40	0,90	0,90
Uraani	µg/l	0,1	0,1	0,2	0,2
Vanadiini	µg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Sinkki	µg/l	0,06	0,06	0,16	0,16

* *liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (lask.)*

** *määritysrajan alapuolisia ja puuttuvia pitoisuuksia lähtöaineistossa*

Ilman peittorakenteen vaikutusta olisi suotovesien purkautumisalueella kohonnut riski pohjaveden ympäristönlaatunormien (VNa 1040/2006 ja muutos 341/2009) ylittymiseen kloridin, nikkelin ja antimonin osalta. On kuitenkin huomattava, että suotoveden pitoisuus ei ole suoraan rikastushiekka-alueen alapuolinen pitoisuus pohjavedessä.

Maanalaisen kaivoksen veden laadut sulkemisen jälkeen

Maanalaisessa kaivoksessa sulkemisen jälkeistä veden laatua säätelevät veden ja mineraalipintojen kontaktisuhde, kallioseinämien ja louhostäytön ominaisuudet, pohjaveden koostumus sekä kaivoksen rakentamisen ja tuotantovaiheen aikana tiivistettävien geologisten rakenteiden määrä. Yleisesti ottaen pohjavedellä on pitoisuuksia laimentava vaikutus. Veden alla, veden kyllästämissä kallioseinissä ja kaivoksen pasta-kivimursketäytteessä hapettuminen ja rapautuminen tapahtuvat paljon hitaammin kuin veden pinnan yläpuolella. Rapautumistuotteina muodostuviin sekundäärimineraaleihin taas pidättyy rapautumisessa vapautuvia haitta-aineita.

Maanalaiselle kaivokselle on laadittu kaksi erillistä sulkemisen jälkeisen ajan vesilaatumallia:

- Tarkastelussa 1 osa louhostäytöistä on pastaa ja osa sivukiveä. Pastassa käytettävä rikastushiekka tulee prosessivaihtoehdosta 1. Kaivokseen tulevan pohjaveden määrä perustuu SRK Consulting Ltd:n (2019a) pohjaveden virtausmalliin kannattavuuden esiselvitysvaiheesta A.
- Tarkastelussa 2 (Stantec Consulting Ltd. 2023) kaikki tyhjät louhostilat on täytetty pasta-kivimursketäytöllä. Pastan valmistamiseen käytetty rikastushiekka tulee prosessivaihtoehdosta 1. Pohjaveden määrä perustuu Itasca Denver Inc. (2023) laatimaan pohjavesen virtausmalliin, ja se sisältää eri tiivistysskenaarioiden arvioimisen. Tarkastelua 2 voidaan pitää tarkastelua 1 konservatiivisempana.

Mallinnukset perustuvat hankevaihtoehtoon VE1a, mutta tulokset ovat sovellettavissa kaikkiin YVA:n vaihtoehtoihin, sillä hankevaihtoehtojen keskeinen ero liittyy vinotunneliin, jonka vaikuttavuus geokemiallisessa mallissa on vähäinen.

Maanalaisen kaivoksen veden laadun arviointimenetelmä, tarkastelu 1

Maanalaisen kaivoksen veden laatu (SRK Consulting Ltd. 2019b) sulkemisen jälkeen kuvataan alla (Taulukko 4-47). Kaivosta ympäröivän ylemmän kalliopohjaveden laadusta poikkeavat merkittävimmin typpi ja nikkeli, kumpikin ensimmäisinä vuosina kaivoksen sulkemisen jälkeen. Kaivoksen täyttymisen edetessä metallipitoisuudet vedessä laskevat, sillä tunnelien ja louhosten seinämien reaktiivisen massan määrä vähenee vedellä kyllästyneen tilan kasvaessa. Jos vertailukohtana käytetään ympäristönlaatunormeja (VNa 1040/2006 ja muutos 341/2009), suljetun kaivoksen sisäisessä veden laadussa esiintyy kohonneina pitoisuuksina antimonia, elohopeaa, kadmiumia, kloridia, kobolttia, kromia, nikkeliä ja sulfaattia. Näistä kuitenkin kloridi, sinkki ja sulfaatti ovat luontaisestikin laatunormia korkeammalla tasolla alueen ylemmässä kalliopohjavedessä. Lisäksi tulee huomioida, että maanalaisen kaivoksen ylimpiä osia tullaan tiivistämään injektoimalla rakentamis- ja tuotantovaiheissa kaivokseen tulevan vesimäärän minimoimiseksi. Näin ollen myös sulkemisen jälkeen kaivosveden kulkeutuminen ympäröivän alueen pohjavesiin jää vähäiseksi. Kaivoksen yläosan ja syvemmän osan vesien merkittävä sekoittuminen ei ole todennäköistä, sillä syvään osaan muodostuva veden laatu on suolaisempi ja vesi siten painavampaa kuin kaivoksen yläosassa.

Taulukko 4-47 Maanalaisen kaivoksen veden laadun minimi- ja maksimiarvot alkuvuosina sulkemisen jälkeen (eli vuosina 25–64 toiminnan alkamisesta), sekä 180 vuotta toiminnan alkamisen jälkeen. Lihavoidulla tekstillä viitataan pitoisuuksiin, jotka ylittävät ylemmän kalliopohjaveden taustapitoisuuden.

Parametri	Yksikkö	Suljetun maanalaisen kaivoksen veden laatu		Alkuvuosien trendi sulkemisen jälkeen	Suljetun maanalaisen kaivoksen veden laatu	Nykytilanne		Ympäristönlaatunormi pohjavedelle (1040/2006) ja muutos (341/ 2009)
		Minimi (vuodet 0–40 toiminnan päättymisestä)	Maksimi (vuodet 0–40 toiminnan päättymisestä)	(vuodet 0–40 toiminnan päättymisestä)	(vuosi 155 toiminnan päättymisestä)	Nykyinen ylempi kalliopohjavesi	Nykyinen alempi kalliopohjavesi	
pH		7,4	7,5	lievästi nouseva		7,6	7,6	
Alumiini	mg/l	0,001	0,002	ei selkeää trendiä	0,004	0,07	0,07	
Antimoni	mg/l	**0,002**	**0,006**	laskeva	**0,003**	0,0002	0,0005	0,0025
Arseeni	mg/l	0,00001	0,00003	ei selkeää trendiä	0,00002	0,001	0,0007	0,005
Elohopea*	mg/l	**0,0002**	**0,00005**	laskeva	**0,00008**	0,000002	0,000002	0,00006
Fosfori	mg/l	**0,06**	**0,22**	laskeva	**0,09**	0,02	0,02	
Kadmium*	mg/l	**0,0004**	**0,02**	laskeva	**0,0007**	0,00003	0,00007	0,0004
Kalium	mg/l	**65**	**165**	laskeva	**80**	6	280	
Kalsium	mg/l	**220**	**330**	lievästi laskeva	**230**	40	1 670	
Kloori	mg/l	**750**	**800**	ei selkeää trendiä	**680**	80	7 470	25
Koboltti	mg/l	**0,002**	**0,012**	laskeva	**0,002**	0,0008	0,0004	0,002
Kromi	mg/l	**0,006**	**0,02**	laskeva	**0,009**	0,001	0,0009	0,01
Kupari	mg/l	**0,008**	**0,015**	laskeva	**0,008**	0,01	0,15	0,02
Lyijy*	mg/l	0,0001	**0,0003**	laskeva	0,0002	0,0002	0,0004	0,005
Magnesium	mg/l	**170**	**180**	ei selkeää trendiä	**160**	16	1820	
Mangaani	mg/l	**0,3**	**0,3**	ei selkeää trendiä	**0,3**	0,2	1,4	
Natrium	mg/l	**380**	**450**	ei selkeää trendiä	**360**	50	3 620	
Nikkeli	mg/l	**0,03**	**0,6**	laskeva	**0,09**	0,004	0,01	0,01
Rauta	mg/l	0,0005	0,0006	ei selkeää trendiä	0,0005	0,69	0,7	
Sinkki	mg/l	0,2	0,2	lievästi nouseva	0,2	0,2	0,5	0,06
Sulfaatti	mg/l	**210**	**410**	laskeva	**240**	49,5	1220	150
Typpi	mg/l	**5**	**20**	laskeva	**8**	0,1	0,2	

** Kosteuskammioaineiston analyysituloksissa (SRK Consulting Ltd. 2018b) tyypillisesti alle määritysrajan. Laskennalliset pitoisuudet lähtötiedoissa voivat vaikuttaa tulokseen.*

Maanalaisen kaivoksen veden laadun arviointimenetelmä, tarkastelu 2

Alla esitetään maanalaisen kaivoksen sulkemisen jälkeiset pitoisuudet 80 % tiivistysskenaariolle maanalaisen kaivoksen tilat täyttävässä vedessä (Taulukko 4-48). 65 % tiivistysskenaariota ei ole erikseen mallinnettu, sillä skenaarioiden välisten täyttymisaikojen oletetaan olevan lähellä toisiaan ja 80 % tiivistysskenaario mahdollistaa teoriassa heikomman vedenlaadun kuin 65 % tiivistysskenaario, johtuen pienemmästä vesi-kiintoaine-suhteesta. Kuivanapitovedelle pitoisuudet ovat

mallinnusvuosien keskiarvoja. Maksimi edustaa tämän ajanjakson korkeinta yksittäisen vuoden pitoisuutta. Eri syvyyksille muodostuvan veden laadun oletetaan säilyvän jokseenkin samankaltaisena myös pitkällä aikavälillä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Sulkemisen jälkeen keskeisten alkuaineiden pitoisuudet vähenevät huomattavasti kiintoaineen ja veden kontaktisuhteen muuttuessa tuotantovaiheen aikaiseen tilanteeseen verrattuna (Taulukko 4-10). Kuivanapitopumppauksen loputtua myös kaivoksen yläosaan tulevat vedet laimentavat kaivoksen syvimmän osan vesiä. Typpipitoisuus pienenee, sillä räjäytystyön loputtua uutta räjähdysaineperäistä typpikuormaa ei enää muodostu. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Taulukko 4-48 Maanalaisen kaivoksen veden laatu sulkemisen jälkeen 80 % tiivistysskenaariossa (vuosikeskiarvot ja vuosimaksimi). Lihavoidulla tekstillä viitataan pitoisuuksiin, jotka ylittävät ylemmän kalliopohjaveden taustapitoisuuden. (Lähde: Stantec Consulting Ltd. 2023.)

Parametri	Yksikkö	Suljetun maanalaisen kaivoksen veden laatu			Nykytilanne		Ympäristönlaatunormi pohjavedelle (1040/2006) ja muutos (341/ 2009)
		Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo kaivoksen yläosassa (-20…+152 mmpy)	Nykyinen ylempi pohjavesi	Nykyinen alempi pohjavesi	
pH		7,9	7,9	7,9	7,6	7,6	
Alkaliteetti ($CaCO_3$)	mg/l	45	47	46			
Hopea	mg/l	0,000034	0,000082	0,000031			
Alumiini	mg/l	0,0017	0,0024	0,0016	0,07	0,07	
Arseeni	mg/l	0,000007	0,000008	0,000008	0,001	0,0007	0,005
Boori	mg/l	0,028	0,14	0,022			
Barium	mg/l	0,014	0,015	0,015			
Beryllium	mg/l	0,000007	0,000008	0,000008			
Kalsium	mg/l	240	400	230	40	1 670	
Kadmium	mg/l	0,000022	0,000028	0,000022	0,00003	0,00007	0,0004
Kloori	mg/l	**660**	**690**	**680**	80	7 470	25
Kobolttti	mg/l	**0,0017**	**0,0027**	**0,0018**	0,0008	0,0004	0,002
Kromi	mg/l	0,00039	0,00050	0,00039	0,001	0,0009	0,01
Kupari	mg/l	0,0053	0,0084	0,0049	0,01	0,15	0,02
Rauta	mg/l	0,00022	0,00025	0,00022	0,69	0,7	
Elohopea	mg/l	0,000001	0,000002	0,000001	<0,00001	<0,00001	0,00006
Kalium	mg/l	**33**	**100**	**29**	6	280	
Litium	mg/l	0,024	0,11	0,020			
Magnesium	mg/l	**68**	**71**	**70**	16	1 820	
Mangaani	mg/l	0,16	0,16	0,16	0,2	1,4	
Molybdeeni	mg/l	0,062	0,32	0,047			
Typpi	mg/l	**0,22**	**0,33**	**0,22**	0,1	0,2	
Natrium	mg/l	**210**	**250**	**210**	50	3 620	
Nikkeli	mg/l	**0,080**	**0,16**	**0,084**	0,004	0,01	0,01
Fosfori	mg/l	**0,051**	**0,18**	**0,044**	0,02	0,02	
Lyijy	mg/l	0,000041	0,000045	0,000043	0,0002	0,0004	0,005
Antimoni	mg/l	**0,00066**	**0,0031**	**0,00053**	0,0002	0,0005	0,0025
Seleeni	mg/l	0,039	0,26	0,027			

Parametri	Yksikkö	Suljetun maanalaisen kaivoksen veden laatu			Nykytilanne		Ympäristön-laatunormi pohjave-delle (1040/2006) ja muutos (341/ 2009)
		Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo kaivoksen yläosassa (-20…+152 mmpy)	Nykyinen ylempi pohjavesi	Nykyinen alempi pohjavesi	
Pii	mg/l	0,92	0,99	0,97			
Tina	mg/l	0,00009	0,000095	0,000093			
Sulfaatti	mg/l	**400**	**960**	**360**	49,5	1 220	150
Strontium	mg/l	1,9	7,0	1,6			
Titaani	mg/l	0,00036	0,00037	0,00036			
Tallium	mg/l	0,000039	0,00022	0,000028			
Uraani	mg/l	0,00011	0,00017	0,00011			
Vanadium	mg/l	0,020	0,14	0,013			
Volframi	mg/l	0,027	0,19	0,018			
Sinkki	mg/l	0,19	0,19	0,19	0,2	0,5	0,06
Liuenneen kiintoaineen kokonais-määrä	mg/l	1 680	2 450	1 640			

Tarvekivilouhoksen veden laatu sulkemisen jälkeen

Tarvekivilouhoksen vedenlaatumallinnus (AFRY Finland Oy 2023b) tehtiin toiminnan aikaisen kuivanapitoveden lisäksi myös sulkemisen jälkeiselle ajalle (Taulukko 4-13). Mallinnus käsitti vaiheen, jossa louhos on täyttynyt vedellä (noin 20 vuotta sulkemisesta) ja siksi myös pohjaveden virtausnopeus louhokseen on pienentynyt. Louhosjärvi on siis hydraulisessa tasapainotilassa ja louhoksesta on alkanut kulkeutua vettä ympäristöön.

Louhoksen täyttymisen alkuvaiheessa veden laatu muistuttaa enemmän tuotantovaihetta, mutta vähitellen aineiden pitoisuudet laimenevat tuotannon aikaisiin pitoisuuksiin verrattuna. Usein louhosjärvet myös kerrostuvat suolaisuuden ollessa kyllin korkea. Louhosjärveä ei ole toistaiseksi tarkasteltu kerrostumismallin avulla, mutta laimeat pitoisuudet huomioiden veden pysyvä kerrostuneisuus olisi epätodennäköistä.

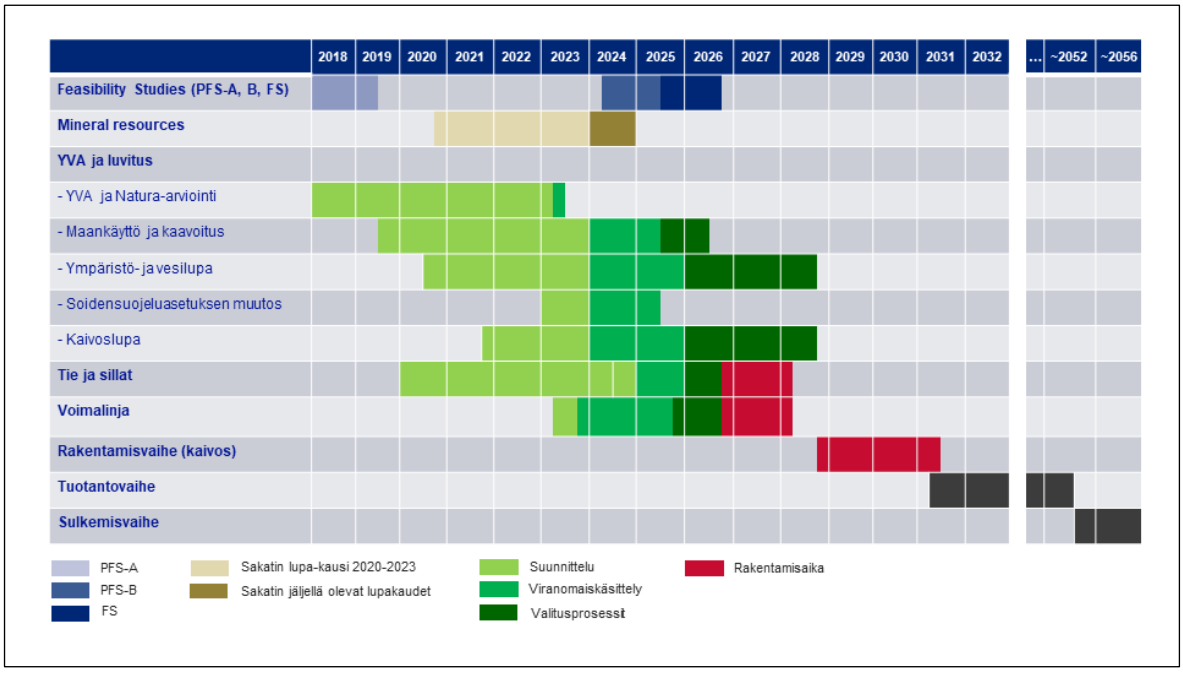
Tarvekivilouhoksen seinämistä hapettumisen myötä vapautuvista aineista merkittävin on kupari, mutta myös nikkeliä vapautuu jossain määrin. Louhosjärvessä aineiden pitoisuudet jäävät pitkällä aikavälillä kuitenkin mallinnuksen perusteella varsin pieniksi, alle mikrogramman suuruusluokkaan.

4.11 Hankkeen toteuttamisaikataulu

Kaivosteollisuudessa käytettävän teknologian jatkuvan kehittymisen ja toisaalta YVA-menettelyn, kaavoituksen ja lupa-asioiden käsittelyn pitkän keston vuoksi tarkasteltavissa vaihtoehdoissa on kannattavampaa pitää teknisen toteutuksen osalta mahdollisuudet jossain määrin avoimina. Kaivoksen rakentaminen alkaa aikaisintaan vuonna 2028 ja kaivostoiminta muutamia vuosia myöhemmin. Näin ollen kaivosteknologia saattaa kehittyä edelleen siinä määrin, että toiminnan alkaessa

saatavilla on ympäristövaikutuksiltaan vähäisempiä, turvallisempia ja kustannustehokkaampia ratkaisuja. Alla (Kaavio 4-4) on esitetty Sakatin kaivoshankkeen tavoiteaikataulu.

Kaavio 4-4 Sakatin kaivoshankkeen tavoiteaikataulu. Palkin kokonaispituus kuvaa vaiheen tavoiteaikaa ja palkin värin vaihtuminen antaa kuvan eri vaiheista, jotka yleensä ottaen ovat värisävyn vaihtuessa vaaleasta tummaan: suunnittelu, viranomaiskäsittely ja valitusprosessit.



4.12 Hankkeen liittyminen muihin hankkeisiin ja suunnitelmiin

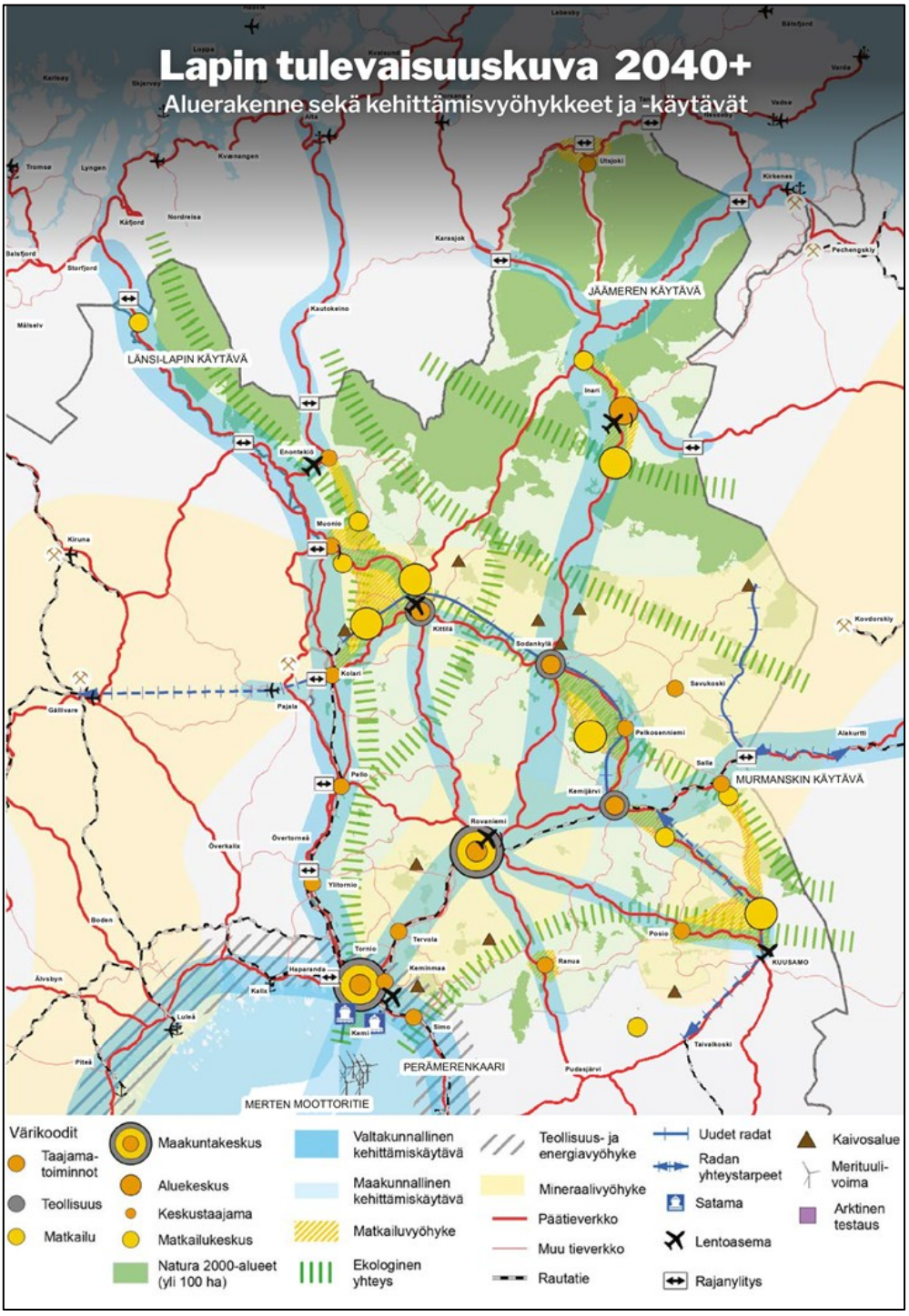
YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 6 on kuvattu hankkeet ja suunnitelmat, joihin Sakatin kaivoshanke liittyy. Seuraavissa alaluvuissa on esitetty YVA-selostuksen laatimisen jälkeen tapahtuneet muutokset Lapin maakuntasuunnitelmaan ja sen korvanneeseen Lappi-sopimukseen, alueellisiin maankäyttötavoitteisiin, sekä hankkeen lähialueen malminetsintään ja muuhun kaivostoimintaan liittyen. Suomen mineraalistrategiaan ja valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin ei ole tullut muutoksia, ja niiden kuvaukset on esitetty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvuissa 6.1 ja 6.3.

Lapin maakuntasuunnitelma – Lappi-sopimus

YVA selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 6.2 kuvattu Lapin maakuntasuunnitelma 2030 ei ole enää voimassa. Sen on korvannut Lapin liiton valtuuston marraskuussa 2021 hyväksymä Lappi-sopimus, joka yhdistää kaksi maakunnallista suunnitteluasiakirjaa; maakuntasuunnitelman 2040 ja -ohjelman 2022–2025. Lappi-sopimus on luonteeltaan kehittämisstrategia, jossa esitetään kokonaiskuva maakunnan strategisesta kehittämisestä ja rahoituksen suuntaamisesta, sekä pitkän tähtäimen tulevaisuuskuvat.

Lappi-sopimuksen toimeenpanosuunnitelmassa 2022–2023 tarkennetaan Lapin maakuntaohjelman tavoitteet konkreettisimmiksi kehittämiskohteiksi sekä edunvalvonnan painopisteiksi.

Lappi-sopimuksessa esitetty päivitetty Lapin aluerakennetta kuvaava tulevaisuudenkuva 2040+ on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-24).



Kuva 4-24 Lapin aluerakennevisio vuoteen 2040+ (Lähde: Lapin liitto 2022a).

Lappi-sopimuksen mukaan: *”Lappiin on suunnitteilla ja toteutuksessa useita eri vaiheissa olevia suurhankkeita kuten metsä- ja biojalostuslaitoksia, useita kaivoshankkeita ja kaivosten laajennusinvestointeja. Huolellisesti ja kestävästi toteutetut suurinvestoinnit ovat kansallisesti merkittäviä ja kunnille tärkeitä elinvoiman sekä tulo- ja työllisyysvaikutusten kannalta. Suorien työllisyysvaikutusten lisäksi suurinvestoinnit synnyttävät ympärilleen myös uutta liiketoimintaa ja tukevat olemassa olevaa palvelurakennetta. Työpaikkoja syntyy paljon myös pieniin ja keskisuuriin yrityksiin, joiden toimintaedellytysten, kasvun ja kansainvälistymisen tukeminen on tärkeä tavoite.”* (Lapin liitto 2022a.)

Pääväyläverkon valtatiet 4 ja 21 ovat keskeisiä kansainvälisiä liikennekäytäviä. TEN-T-verkkoon kuuluva valtatie 4 toimii Pohjois-Suomen lisäksi yhteytenä Ruotsiin, Norjaan ja Luoteis-Venäjälle. Lapin teollisuus- ja kaivoshankkeet, koko Barentsin alueen luonnonvarojen kestävä ja hiilineutraali hyödyntäminen sekä niihin liittyvät investoinnit ja kuljetukset tulevat lisäämään valtatien merkitystä entisestään tulevaisuudessa. Valtatie 5 tulisi liittää valtakunnalliseen pääväyläverkkoon. Suunnittelu yhteyden jatkamiseksi Sodankylä-Kittilään ja aina valtatielle 21 asti tulee käynnistää. (Lapin liitto 2022a.)

Toimeenpanosuunnitelman mukaan vuosille 2022–2023 kohdistettavia toimenpiteitä ovat mm. ratkaisujen hakeminen kaivannaissivuvirtojen hyödyntämiseen liittyviin pullonkauloihin yhdessä valtioneuvoston kanssa (klusterit, ELY/kansallinen raha (TEM, YM), rakennerahastot). Lisäksi kaivannaisalan tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan lisäämisellä voidaan ratkaista esimerkiksi kaivosten jalostusarvojen kasvattamista, kaivannaisjätteiden hyötykäyttöä tai metallien talteenottoa jätteestä. (klusterit, TKI-organisaatiot, tutkimuslaitokset/rakennerahastot). (Lapin liitto 2022b.)

Alueelliset maankäyttötavoitteet

Lapin alueella on käynnissä monia merkittäviä investointi- ja kaavahankkeita, jotka tulevat vaikuttamaan alueen kehitykseen lähivuosina. Pidemmän aikavälin linjauksina valmisteltavat valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Niiden tavoitteena on varmistaa valtakunnallisesti merkittävien asioiden huomioonottaminen alueidenkäytössä ja sen suunnittelussa.

Vuonna 2017 alkanut Pohjois-Lapin maakuntakaavan päivitys luo alueelliset suuntaviivat vuoteen 2040 saakka. Tavoitteet viedään ensisijaisesti käytäntöön maakuntakaavoituksessa, mutta vaihtoehtoisia toteuttamisväyliä on mm. maakuntasuunnitelma, maakuntaohjelma sekä yleis- ja asemakaavoitus.

Valmisteilla olevassa Pohjois-Lapin maakuntakaavassa 2040 on mukana useita merkittäviä suunnitteilla olevia hankkeita. Lapin liiton valtuusto palautti Pohjois-Lapin maakuntakaavan 2040 uudelleen valmisteluun toukokuussa 2021, koska se halusi poistaa Jäämerenradan maakuntakaavaehdotuksesta. Suunnitteilla ovat edelleen Jäämeren kehityskäytävään sijoittuvat Koillisväylän datakaapelin ohjeelliset linjaukset, parannettavat tiet sekä Norjan rajalle ulottuvan voimajohdon ohjeellinen linjaus. Myös matkailun ja autojen testaustoiminnan kasvuun sekä kaivostoiminnan lisääntymiseen on varauduttu kaavan valmistelussa. Lisäksi nousevina trendeinä alueen elinkeinotoiminnan kehityksessä voi nähdä panostuksen metsä- ja biotuoteteollisuuteen. Näistä esimerkkinä Pohjois-Suomen

aluehallintovirasto myönsi Boreal Biorefin Kemijärven biojalostamon toiminnalle ympäristöluvan kesäkuussa 2019. Nykyisin Kemijärven biojalostamohankkeesta vastaa Vataset Teollisuus Oy. Lisäksi myös Metsä Fibre Oy:n Kemin biotuotetehtaan rakentaminen on edistynyt. Vaasan hallinto-oikeus on vahvistanut hankeen ympäristöluvan ja tehdas käynnistetään vuonna 2023.

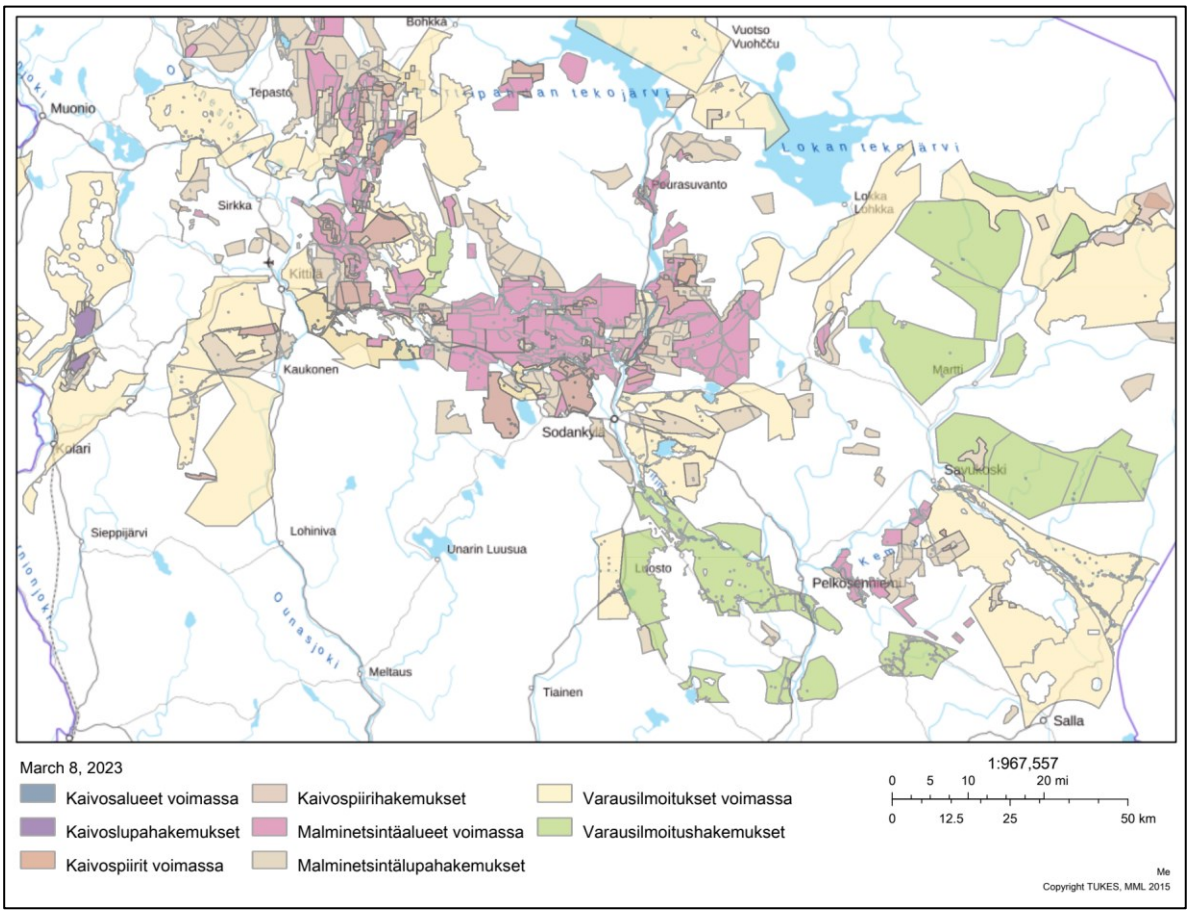
Kaivosteollisuuden osalta Sodankylän kunnan alueella on useita valtaus- ja malminetsintähakemusalueita. Sakatin hankealueen lähistöllä toimii vuonna 2012 toimintansa aloittanut Boliden Kevitsan kaivos, joka sijaitsee noin 35 kilometriä Sodankylän taajamasta koilliseen ja noin 16 kilometriä Kersilön kylästä koilliseen. 1990-luvun alusta lähtien ajoittaisesti toiminnassa ollut Rupert Finland Oy:n omistama Pahtavaaran kultakaivos sijaitsee puolestaan 13 kilometriä Kersilöstä luoteeseen. Tällä hetkellä varsinainen kaivostoiminta on ollut keskeytyksessä vuodesta 2014, mutta Pahtavaaran toiminnan uudelleen käynnistämistä on tutkittu malminetsinnöin vuodesta 2016 alkaen.

Sodankylän länsiosaan, noin 45 kilometriä Sodankylän keskustasta luoteeseen, on suunnitteilla Ikkarin kaivoshanke, jossa hankkeesta vastaavana toimii Rupert Finland Oy. Yhtiö on esittänyt Sodankylän kunnalle, että kunta esittää hankkeen vaihemaakuntakaavan käynnistämistä Lapin liitolle. Lisäksi yhtiö on esittänyt kunnalle hankkeen osayleis- ja asemakaavan käynnistämistä. Sodankylän kunnanhallitus päätti 7.12.2022 tehdä Lapin liitolle esityksen vaihemaakuntakaavasta ja osayleiskaavan käynnistämisestä.

Sakatin kaivoshankkeen suhdetta maankäytön nykyiseen ja suunniteltuun tilanteeseen sekä suhdetta valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin ja maakuntakaavaan on kuvattu YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvun 9 yhteydessä sekä ensiksi mainitun osalta myös jäljempänä luvussa 4.13.

Muu malminetsintä ja kaivostoiminta hankkeen lähialueella

Pahtavaaran ja Kevitsan kaivoksen lisäksi Sakatin läheisyyteen sijoittuu Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kultakaivos, joka sijaitsee Kittilän kunnan puolella noin 70 kilometriä Sakatin kaivoshankkeesta luoteeseen. Sodankylän kunnan alueella on runsaasti alueita, joille on olemassa malminetsintälupa (mm. Boliden Kevitsa Mining Oy, Firefox Gold Oy, Rupert Finland Oy, Magnus Minerals Oy) tai lupahakemus on parhaillaan käsiteltävänä (mm. Boliden Kevitsa Mining Oy, Gemdale Limited, Rupert Exploration Finland Oy, Magnus Minerals Oy, Firefox Gold Oy) (Tukes 2023). Keski-Lapin alueelle sijoittuvat kaivokset, vireillä olevat kaivoshankkeet ja malminetsintää koskevat alueet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-25).



Kuva 4-25 Keski-Lapin alueelle sijoittuvat kaivokset, vireillä olevat kaivoshankkeet, malminetsintää koskevat alueet ja varaukset (Lähde: Tukes 2023 (luettu 24.2.2023), Maanmittauslaitos 2015).

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4-49) on esitetty AA Sakatti Mining Oy:n voimassa olevat malminetsintäluvat Sodankylän alueella

Taulukko 4-49 AA Sakatti Mining Oy:n voimassa olevat malminetsintäluvat Sodankylän kunnan alueella (tilanne 23.2.2023).

Lupatunnus	Alueen nimi	Luvan raukeamispäivä
ML2018:0071-01	Kuusivaara	20.9.2023
ML2012:0036-02	Sakatti	29.9.2023
ML2015:0006-02	Hanhivuoma	9.11.2025
ML2018:0071-01	Sahakangas	9.11.2025
ML2018:0108-01	Kuivakuusikko	9.11.2025
ML2019:0034-01	Myllyaapa	9.11.2025
ML2019:0055-01	Venevaara	9.11.2025
ML2019:0057-01	Hiivana	28.11.2025
ML2018:0077-02	Pahanlaaksonmaa	21.2.2026
ML2019:0054-02	Porokota	21.2.2026

4.13 Vaikutukset maankäyttöön ja maankäytön suunnitteluun

Sakatin kaivoksen ympäristövaikutusten arviointia varten on selvitetty hankealuetta ja sen lähiympäristöä koskevat tiedot nykyisestä maankäytöstä, sekä voimassa ja vireillä olevat kaavat, jotka on esitetty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 9. Seuraavassa on esitetty maakuntakaavaan (YVA-selostuksen luku 9.2.4) ja osayleiskaavoitukseen (YVA-selostuksen luku 9.2.5) YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) valmistumisen jälkeen kohdistuneet muutokset.

Maakuntakaava

Pohjois-Lapin maakuntakaava 2040

Pohjois-Lapin maakuntakaava 2040 on vireillä. Lapin liiton valtuusto palautti 17.5.2021 maakuntakaavan 2040 uudelleen valmisteluun siten, että Jäämerenrata ja siihen liittyvät linjaukset, varaukset ja merkinnät poistetaan kaavasta sekä kaikesta kaava-aineistosta saamelaisten kotiseutualueella; ja selvitetään mahdollisuus hyödyntää muissa maakuntakaavoissa olemassa olevia infrastruktuureja Jäämeren yhteyden luomiseksi, jotka eivät aiheuta näin merkittävää haittaa porotaloudelle ja alkuperäiskansoille. Sakatin kaivostoimintaan liittyvät asiat tullaan ratkaisemaan vuonna 2020 käynnistyneessä erillisessä vaihemaakuntakaavassa.

Lappi-sopimuksen mukaisesti Lapin liitto tekee ratayhteysselvitystä, joka sisältää liikenteellisen tarveselvityksen laajemmalle ratayhteysvälille Kemijärvi–Sodankylä–Kittilä–Ylläs–Kolari. Tavoitteena on, että selvitystyö valmistuu alkuvuodesta 2023. Lisäksi liitto laatii tuulivoimaselvitystä tuulivoimatuotantoon soveltuvista alueista Lapin maakunnan alueella, pois lukien saamelaisten kotiseutualueet.

Lapin liiton hallitus on hyväksynyt kaavan osallistumis- ja arviointisuunnitelman päivityksen. Sen mukaan kaavaehdotus on nähtävillä loppuvuodesta 2023 ja ehdotus on liiton valtuuston käsittelyssä vuonna 2024.

Sakatin kaivoshankkeen vaihemaakuntakaava

Lapin liiton hallitus päätti 8.6.2020 (§ 59) Sakatin vaihemaakuntakaavan käynnistämisestä. Maakuntahallitus nimesi ohjausryhmän ohjaamaan työtä. Ohjausryhmä on kokoontunut tähän mennessä kolme kertaa. Maakuntakaava kuulutettiin vireille ja osallistumis- ja arviointisuunnitelma asetettiin nähtäville 1.10.2020 alkaen Lapin liitossa, Lapin kunnissa sekä Lapin liiton verkkosivuilla.

Maakuntakaava laaditaan vaihekaavana siten, että kaavassa käsitellään lähtökohtaisesti vain kaivoshanketta koskevat teemat. Vaihemaakuntakaavassa esitetään kaivostoimintaan liittyvät alueidenkäytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet.

Kaavan luonnoksen ja valmisteluaineiston laadinta käynnistyy, kun yhteysviranomainen on antanut perustellun päätelmän Sakatin kaivoshankkeen YVA-selostuksesta ja Natura-vaikutusten arvioinnista. Tätä ennen päivitetään kaavan osallistumis- ja arviointisuunnitelma.

Vaihemaakuntakaava kumoaa voimassa olevan Pohjois-Lapin maakuntakaavan niiltä osin kuin uudessa kaavassa osoitetaan muutoksia. Tavoiteaikatauluna on, että vaihemaakuntakaava olisi Lapin liiton valtuustossa hyväksyttävänä vuonna 2024.

Osayleiskaavat

Sakatin kaivoshankkeen osayleiskaava

Sodankylän kunnanhallitus päätti käynnistää kaivoksen yleiskaavoituksen 29.1.2019. Osayleiskaavan valmisteluvaiheen kuuleminen toteutettiin 8.3.– 30.4.2021. Valmisteluaineistossa oli nähtävillä mm. hankesuunnitelmien mukaiset kaavavaihtoehdot, joita oli kuusi kappaletta. Lausuntoja saatiin 14 kappaletta ja mielipiteitä 13 kappaletta.

Hankesuunnittelun ja vaikutusten arvioinnin edettyä osayleiskaavaehdotus laaditaan valitun vaihtoehdon alueelle. Osayleiskaavaehdotus tehdään, kun yhteysviranomainen on antanut perustellun päätelmän kaivoshankkeen YVA-selostuksesta, ja Sakatin vaihemaakuntakaavasta on laadittu ehdotus.

Sakatin kaivoshankkeen osayleiskaava voidaan hyväksyä Sodankylän kunnanvaltuustossa, kun Sakatin vaihemaakuntakaava on hyväksytty ja se on tullut voimaan.

Sodankylän kirkonkylän osayleiskaavan muutos

Sodankylän kunta päätti käynnistää Kirkonkylän osayleiskaavan muutoksen kunnanhallituksen 29.1.2019 tekemällä päätöksellä. Kaava kuulutettiin vireille 17.8.2020. Sen keskeinen tavoite on varata alue valtatie 5:n uudelle linjalle. Lapin ELY-keskus on käynnistänyt tähän liittyen valtatie 5:n uuden linjan ja kaivoksen yhdysteiden aluevaraussuunnitelmien laatimisen.

Osayleiskaavan valmisteluaineisto oli nähtävillä 8.3.–20.4.2021. Nähtävillä oli kaksi vaihtoehtoista valtatie 5:n tielinjaa.

11 Vaikutukset maa- ja kallioperään

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
11.1.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät	Lähtöaineisto päivitetty. YVA-selostuksen laatimisen jälkeen on valmistunut uusia tutkimuksia ja raportteja.	-
11.1.3 Arvioinnin epävarmuustekijät	Päivitetty. Tarvekiven louhintamäärät ovat täsmentyneet.	-
11.2.1 Nykytilan kuvaus	Päivitetty ja muokattu kallioperää koskeva osuus ja lisätty aineistoa mm. mineralogisen kuvauksen osalta. Vinotunnelivaihtoehtojen kivilajeja ja mineralogiaa on tarkasteltu yksityiskohtaisesti. Maaperän geokemian kuvausta päivitetty ja lisätty uutta aineistoa Kuusivaaran alueelta.	YVA-selostusta tulee täydentää sivukivien mineralogisen kuvauksen osalta.
11.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset	Päivitetty tekstiosuus ja lisätty tekstiä. Vaikutusten arvioinnissa on huomioitu vaihtoehtoisten vinotunnelilinjausten mineralogiset erot sekä eri louhintamenetelmistä aiheutuvat erot. Maaperän pilaantumisvaaraa rikastushiekka- ja sivukivialueiden alapuolella on tarkasteltu vaikutusten arvioinnissa.	Tarkastelussa tulee esittää myös, miten sivukivien mineralogiaan olennaisesti vaikuttavat vinotunnelien vaihtoehtoiset sijoittumiset on huomioitu vaikutusten arvioinnissa. Pohjaveden ympäristölaatunormien on laskettu ylittyvän sekä kuiva- että märkäläjityksen alapuolella, märkäläjityksen ylityksen ollessa korkeampia. **Läjityksen osalta on siten tunnistettavissa maaperän ja pohjaveden pilaantumisvaara, mitä voidaan pitää merkittävänä ympäristövaikutuksena, jota tulee tarkastella myös YVA-selostuksessa**. Epäselväksi jää, mitä vaikutuksia tällä voi olla ottaen huomioon läjityksen sijoittumisvaihtoehdot, ja toisaalta, onko realistisia mahdollisuuksia ehkäistä pilaantumista.
11.3.3 Sulkemisen vaikutukset	Päivitetty tekstiosuus ja lisätty tekstiä. Huomioitu erityisesti	YVA-selostusta tulee täydentää kaivoksen sulkemisen osalta ja tarkentaa miten eri tekijät vaikuttavat

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
	tarvekivilouhos ja kaivannaisjäte-alueet.	louhoksesta ja kaivannaisjätealueilta maaperään, pohja- ja pintavesiin kulkeutuvien vesien laatuun kaivoksen sulkemisen jälkeen.
11.3.4 Vaikutusten merkittävyys	Lisätty taulukko sulkemisvaiheen vaikutusten merkittävyydestä.	-
11.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen	Lisätty tekstiä lievennystoimenpiteiden vaikutuksesta.	-

11.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus

11.1.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue

Lukuun ei ole tullut muutosta.

11.1.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Maa- ja kallioperään kohdistuvat vaikutukset on arvioitu asiantuntijatyönä maa- ja kallioperägeologian koulutuksen hankkineen sekä rakennusgeologiaan erikoistuneen asiantuntijan toimesta. Vaikutusten arviointityö sisälsi myös kohteeseen tutustumisen maastokäynnin yhteydessä.

Arviointi nojautuu pääosin aikaisempiin aihetta koskeviin aineistoihin, joihin ennen muuta kuuluvat Helsingin yliopiston geologian yksikön suorittamat ympäristögeologiset tutkimukset ja opinnäytetyöt vuosina 2015–2020 sekä monipuoliset Geologian tutkimuskeskuksen toteuttamat kartoitukset ja kohdetutkimukset sekä muut tieteelliset tutkimukset. Kallioperän osalta tärkeimmät lähderaportit ovat suunniteltujen kaivostilojen louhintaan ja niistä tapahtuvaan vedenpoistoon liittyvät mallinnukset (SRK Consulting Ltd. 2019c, Itasca Denver Inc. 2023). Lisäksi tarvekivilouhoksen numeerinen pohjavesimallinnus (AFRY Finland Oy 2022a) ja louhoksen veden laadun mallintaminen (AFRY Finland Oy 2022b) ovat tuoneet lisää lähtöaineistoa kallioperäosuuteen. Kuusivaaran alueen maaperästä on saatu uutta tietoa Oulun yliopistossa tehdyn opinnäytetyön muodossa (Puumalainen 2021). Lähtöaineistoon sisältyvät myös AASM Oy:n toteuttamat kairaus- ja maaperänäyteaineistot sekä kaivoksen esisuunnitteluasiakirjat. Olennaisimmat tutkimustulokset on kiteytetty kahteen yhteenvetoraporttiin (Salonen 2019, 2020). Vertailuaineistona on käytetty valtakunnallisia geologisten muodostumien inventointiaineistoja.

Julkaisujen ja raporttien ohella on hyödynnetty muita, numeeristen karttapalvelimien jakamia julkisia paikkatietoaineistoja. Tärkeimmät rajapinnat ovat Maanmittauslaitoksen ylläpitämä Paikkatietoikkuna (https://www.paikkatietoikkuna.fi) sekä Geologian tutkimuskeskuksen Maankamara-palvelu (http://gtkdata.gtk.fi/Maankamara/index.html).

Kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden vaikutuksia arvioitiin myös niiden mahdollisesti aiheuttaman pilaantumisriskin kannalta. Lähtötietoina käytettiin Geologian tutkimuskeskuksen

taustapitoisuusaineistoja, läjitettävien materiaalien ja niiden suotovesien geokemiallisia ominaisuustietoja (mm. AFRY Finland Oy 2023b, 2023c) sekä alueelle suunniteltujen rakenteiden suunnitteluasiakirjoja. Arvioinnissa hyödynnettiin myös valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista esitettyjä kynnys- ja ohjearvoja, vaikka niiden varsinainen käyttötarkoitus on ihmistoiminnan aiheuttaman pilaantumisen arviointi. Kynnys- ja ohjearvot perustuvat haitta-aineiden aiheuttamiin ekologisiin ja terveysriskeihin, joten niiden soveltaminen yleisen kuvan saamiseksi eri alkuaineiden pitoisuustasojen merkittävyydestä on siten hyväksyttävissä. Varsinainen pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi perustuu yleisesti kohdekohtaiseen riskinarviointiin, jossa huomioidaan mm. alueelliset taustapitoisuudet.

11.1.3 Arvioinnin epävarmuustekijät

Hankealueella on tehty maaperätutkimuksia laajalti. Varsinaisia rakentamiseen liittyviä ja sen vaatimia suunnitelmia, selvityksiä tai tutkimuksia ei kuitenkaan ole vielä toteutettu. Niiden myötä maaperäolosuhteet tarkentuvat etenkin Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan alueilla. Poistettavien maamassojen määrä tarkentuu näiden tulosten perusteella. Kallioperän osalta vaikutusten arviointiin liittyvä epävarmuustekijä on louhittavan tarvekiven määrä. Louhintasuunnitelmassa on varauduttu enimmillään 6 miljoonan m^3 kalliotilavuuden louhimiseen (ei sisällä poistettavaa maaperää eikä rapakalliota). Todellinen määrä tarkentuu osin vasta rakentamisen aikana.

Edellä mainittujen epävarmuustekijöiden johdosta ei kuitenkaan ole odotettavissa olennaisia muutoksia tehtyihin vaikutusarvioinnin johtopäätöksiin.

Rikastushiekan ja sivukivien hapontuotto-ominaisuuksia on tutkittu erityyppisillä testeillä. Mahdollisesti syntyvät happamat suotovedet voivat aiheuttaa maaperän pilaantumista, mikäli käytettävät riskin-hallintakeinot eivät ole riittävät. Tutkittujen näytteiden määrä on etenkin rikastushiekan osalta pieni, mistä aiheutuu epävarmuutta todellisen tilanteen arviointiin. Lisäksi sivukivien testauksessa käytettyjen, eri sivukivilajeista otettujen näytteiden edustavuuden määrittäminen on vaikeaa ennen kaivoksen yksityiskohtaisen louhintasuunnitelman valmistumista.

11.1.4 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suurusluokan arviointi

Lukuun ei ole tullut muutosta.

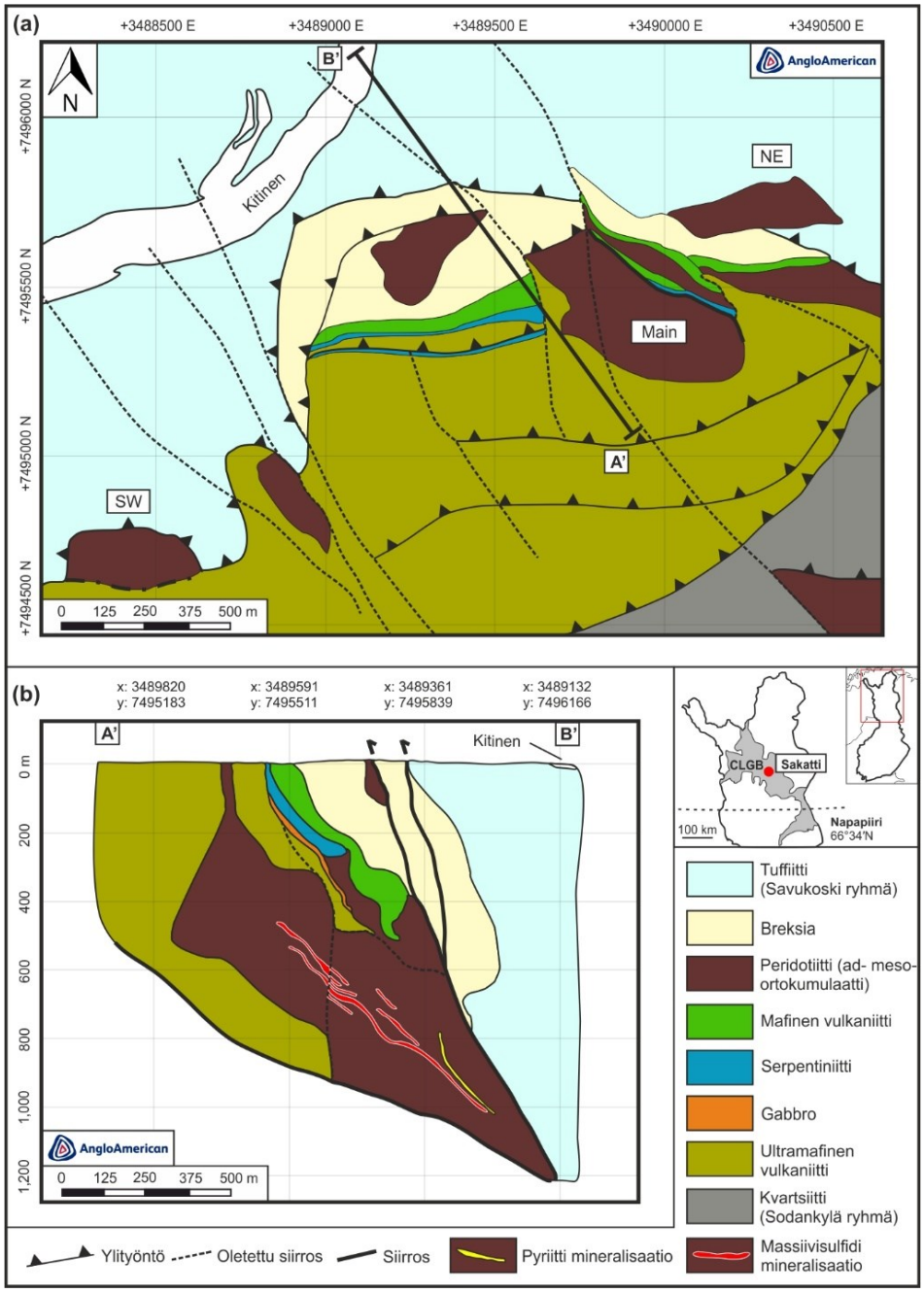
11.2 Nykytila

11.2.1 Nykytilan kuvaus

Kallioperän yleiskuvaus

Sakatin esiintymä koostuu kolmesta erillisestä mineralisoituneesta ultraemäksisestä muodostumasta (Sakatin pääesiintymä, koillinen (NE) satelliittiesiintymä ja lounainen (SW) satelliittiesiintymä) (Kuva 11-1 a). SW-satelliittiesiintymä ei sisälly Sakatin monimetallikaivoshankkeen YVA:aan. Geologinen informaatio pääesiintymän ja pienempien satelliittiesiintymien (NE ja SW) välillä on rajallista ja tämänhetkisen geologisen tulkinnan mukaan satelliittiesiintymät ovat erillisiä, pienempiä

mineralisoituneita osia. Sakatin pääesiintymän ja NE-satelliittiesiintymän suhteellinen sijainti on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 11-2).

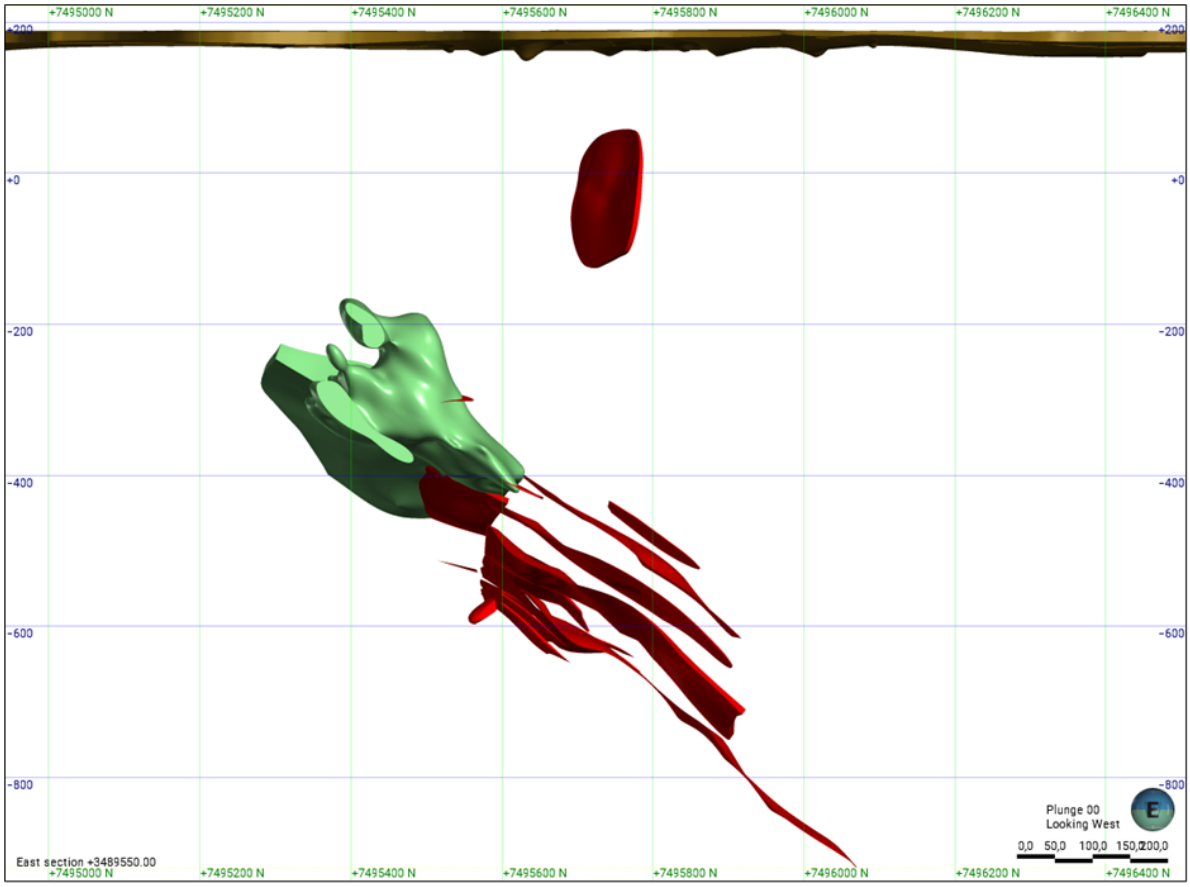


Kuva 11-1 (a) Sakatin alueen geologinen kartta perustuen rakennegeologiseen tulkintaan sekä 3D geologiseen mallinnukseen (main = pääesiintymä). (b) Leikkauskuva (A'-B') Sakatin pääesiintymästä. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy, julkaisematon raportti.)

Geologialtaan satelliittiesiintymät ovat pääesiintymän kaltaisia ja niiden geologia koostuu samoista kivilajeista kuin Sakatin pääesiintymä. Suurin osa Sakatin alueen mineralisaatioista sijaitsee Sakatin pääesiintymässä, jolla on tähänastisten tutkimusten perusteella pituutta noin 1 600 metriä ja

leveyttä 750 metriä. Pääesiintymän mineralisaatio on viimeisimmän, vuoden 2016, mineraalivarantoarvion (Mineral Resources) perusteella lähimpänä maanpintaa noin 350 metrin syvyydessä Sakatin alueen itäosissa, joskin alustavan louhintasuunnitelman mukaan maanalaiset rakenteet tulevat lähimmillään 250 metrin syvyydelle maanpinnasta. NE-satelliittiesiintymä sijaitsee pääesiintymän koillispuolella, lähempänä maanpintaa, ollen alustavan louhintasuunnitelman mukaan lähimmillään noin 80 metrin syvyydellä maanpinnasta.

Pääesiintymä kaatuu 30–40 asteen kaltevuudella kohti pohjoista ja koillista. Pääesiintymän ultraemäksisten kivilajien kokonaispaksuus vaihtelee ollen suurimmillaan noin 300 metriä. Timanttikairausten perusteella Sakatin pääesiintymän kivilajeja ja mineralisaatiota on tavattu vielä yli 1 200 metrin syvyydessä. Vuosien 2006 ja 2019 välisenä aikana tehtyjen malminetsintätöiden perusteella esiintymien rajoja ei ole pystytty määrittämään, vaan ne ovat auki syvyydessä useampaan suuntaan.

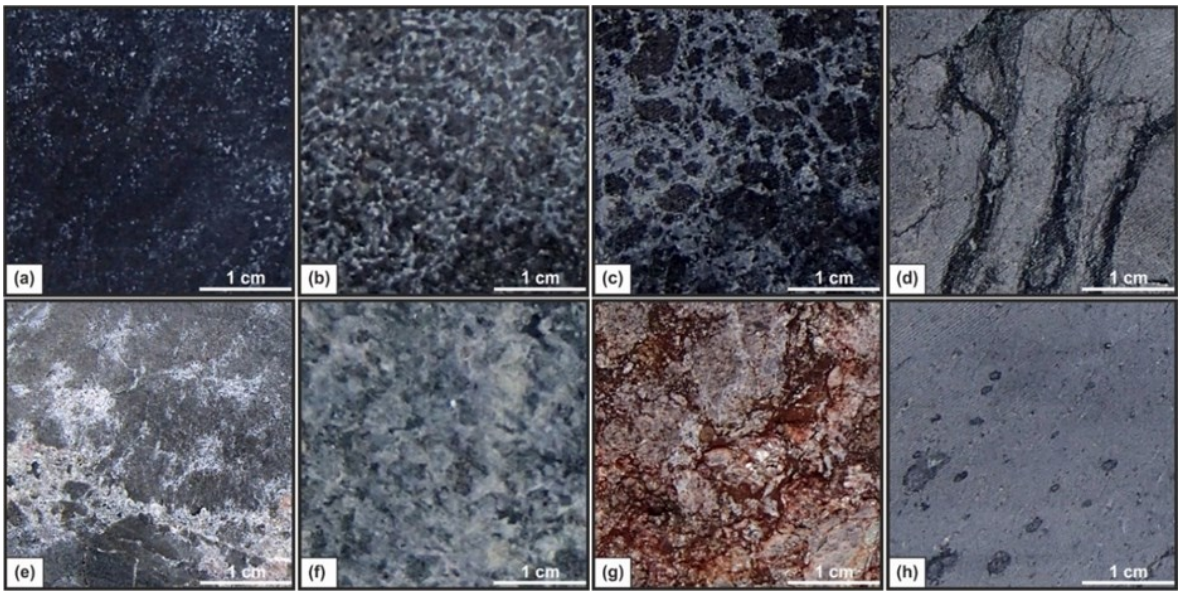


Kuva 11-2 Sakatin päämineralisaation ja NE satelliittiesiintymän syvyys sekä esiintymien suhteellinen sijoittuminen kuvattuna pohjois-eteläsuuntaisella poikkileikkauksella (katselusuunta länteen, etelä vasemmalla, pohjoinen oikealla). Poikkileikkauksessa kuvattuna vihreällä kuparikiisuvaltainen juoniverkosto ja punaisella massiivisulfidikerrokset. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy, julkaisematon raportti.)

Alueellisesti Sakatin esiintymät sijaitsevat Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä, joka voidaan jakaa viiteen stratigrafiseen eli iänmukaiseen ryhmään. Ryhmät poikkeavat toisistaan iän, mutta myös niissä esiintyvien kivilajien osalta. Sakatin esiintymän eteläpuolella tavattavat kivet ovat pääasiassa

kvartsiitteja, jotka kuuluvat alueen vanhimpaan stratigrafiaan eli ns. Sodankylän ryhmään (≥ 2,2 miljardia vuotta). Sakatin esiintymä ja sen pohjoispuoliset alueet ovat nuoremman Savukosken ryhmän (~2,06 miljardia vuotta) ultraemäksisiä vulkaniitteja ja metasedimenttejä. Sakatin esiintymän on tulkittu sijaitse-van Savukosken ryhmän alimmissa tektonisoituneissa (siirrostuneissa ja ruhjoutuneissa) osissa. Sakatin timanttikairauksissa on lävistetty molempien edellä mainittujen ryhmien kivilajeja sekä Sodankylän ja Savukosken ryhmien mahdollinen tektonisoitunut kontakti.

Sakatin esiintymä on magmaattista alkuperää ja esiintymän pääkivilajeina tavataan koostumukseltaan peridotiittisia oliviinikumulaatteja, joiden rakenne ja koostumus vaihtelevat ortokumulaateista meso- ja adkumulaatteihin (Kuva 11-3 a-c). Esiintymän pääkivilajin mineraalit koostuvat pääasiassa oliviinista ja pyrokseeneista sekä satunnaisena tavattavasta kromiitista. Päämineraalien muuttumisen seurauksena tavataan myös serpentiiniä, talkkia, tremoliittia (amfiboli) ja karbonaattia. Muuttuneisuudesta huolimatta kivilajien perusrakenne on yleisesti hyvin havaittavissa. Rakenteiden sisäinen koostumusvaihtelu sekä mahdolliset ultraemäksisten kivien eri kerrokset ovat tunnistettavissa geokemiallisen ja petrologisen aineiston avulla.



Kuva 11-3 Sakatin esiintymän pääkivilajit: (a) Peridotiittinen adkumulaatti, (b) mesokumulaatti, (c) ortokumulaatti, (d) Ultraemäksinen vulkaniitti, jossa on breksiarakennetta, (e) Emäksinen vulkaniitti, (f) Gabro, (g) Voimakkaasti muuttunut breksia, (h) Emäksinen tuffiitti. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy, julkaisematon raportti.)

Ultraemäksisiä/mafisia vulkaniitteja esiintyy pääasiassa Sakatin pääesiintymän eteläisissä osissa (Kuva 11-1 a-b). Tämän alueen ultraemäksiset vulkaaniset kivet ovat koostumukseltaan pääosin komatiittisia laavoja. Kyseiset kivilajit ovat enimmäkseen hienorakeisia ja niissä tavataan mm. breksiarakenteita (Kuva 11-3 d). Edellä mainittujen kivilajien lisäksi Sakatin esiintymässä tavataan vaihtelevasti emäksisiä vulkaanisia kiviä (afaniittejä) (Kuva 11-3 e), pyrokseniitteja sekä gabroja (Kuva 11-3 f). Gabrojen on tulkittu esiintyvän nuorempina, leikkaavina juonina ja pyrokseniittien ohuina kerroksina tai sulkeumina. Kumulaattien kattopuolen muodostavat pääasiassa heterogeeniset karbonaattirikkaat breksiat, joiden paksuus vaihtelee 100–300 metrin välillä ja joita luonnehtii voimakas hematiitti-dolomiitti-albiitti-talkki muuttuminen (Kuva 11-3 g). Kyseisen yksikön kattopuolen kivet

muodostavat paksun (jopa 600 metriä) vulkanoklastisten kivien yksikön. Tämän yksikön kivet ovat pääasiassa tuffiitteja ja fylliittejä sekä dolomiitteja (Kuva 11-3 h).

Sakatin pääesiintymän kumulaattien jalkapuolella esiintyy paksu ruhjevyöhyke (pohjaruhje) (Kuva 11-1 b), joka tavataan melkein kaikissa Sakatin pääesiintymän timattikairarei'issä. Ruhjevyöhykkeen paksuus vaihtelee muutamasta metristä jopa 90 metrin paksuuteen. Kyseinen ruhjevyöhyke erottaa Sakatin esiintymän ultraemäksiset kumulaatit ja vulkaniitit esiintymän alapuolella tavattavista metasedimenteistä. Kumulaattien ja ruhjevyöhykkeen alapuolisten metasedimenttien on tulkittu kuuluvan Sodankylän ryhmän kivilajeihin, ja ovat pääasiassa kvartsiitteja ja kiilleliuskeita. Kumulaattien alapuolisen ruhjevyöhykkeen on tulkittu edustavan Savukosken ja Sodankylän ryhmien välistä tektonista kontaktia.

Sakatin esiintymän rakennegeologinen kehitys voidaan sitoa alueellisiin rakennegeologisiin tapahtumiin. Ensimmäisessä vaiheessa pohjois–eteläsuuntainen puristus on aiheuttanut itä–länsisuuntaisia ylityöntöpintoja. Toisessa vaiheessa muodostuneet kaakko–luodesuuntaiset hauraat siirrokset leikkaavat vanhempia piirteitä.

Vinotunnelivaihtoehtojen kivilajien ja mineralogian kuvaus

Sakatin kaivoshankkeen vinotunnelivaihtoehtojen alueellinen sijoittuminen vaikuttaa vinotunnelivaihtoehtojen kivilajien suhteelliseen osuuteen. Vinotunnelivaihtoehdot sijoittuvat kolmelle alueelle; vaihtoehdot VE1a ja VE1b Kuusivaaran, Pahanlaaksonmaan ja Sakatin esiintymän alueelle, vaihtoehdot VE2a ja VE2b Pahanlaaksonmaan ja Sakatin esiintymän alueelle ja vaihtoehdot VE3a ja VE3b Sakatin esiintymän alueelle. Alueellisesti kivilajit vaihtelevat eri vinotunnelivaihtoehtojen kesken mutta suuria eroja kivilajien suhteen samalla alueella sijaitsevien vinotunnelivaihtoehtojen kesken ei ole.

Sakatin esiintymän ja vinotunnelilinjojen kivilajit on jaettu mafisten mineraalien määrän mukaan seuraavasti (AA Sakatti Mining Oy:n aineistot):

- Ultramafiset kivet, joissa tummien mineraalien määrä on yli 90 %. Magnesiumpitoisuus on korkea, yli 20 % (MgO)
    - Duniitti
    - Peridotiitti
    - Jalkapuolen mafiset (ultraemäksiset) vulkaniitit
- Mafiset kivet, joissa tummien mineraalien määrä on korkea (40–90 %). Kivissä ei ole kvartsia eikä kalimaasälpää. Magnesiumpitoisuus on melko korkea, 10–20 % (MgO)
    - Afaniitti (mafinen vulkaniitti)
    - Gabro
    - Mafinen sarja
- Leukoraattiset (vaaleat) kvartsipitoiset kivet ja sedimenttikivet, joissa tummien mineraalien osuus <40 %

- Metasedimentit
- Breksia
- Kattopuolen vulkanoklastiset kivet
- Kvartsiitit

Vinotunnelivaihtoehdot VE1a ja VE1b lähtevät Kuusivaaran alueelta kohti pohjoista ja Sakatin esiintymää. Kuusivaaran, Pahanlaaksonmaan ja Sakatin esiintymän välisellä alueella tavataan Savukosken ja Sodankylän ryhmiin kuuluvia kivilajeja. Ryhmien välisen kontaktin on mallinnettu tulevan maanpintaan Sakattiojan alueella. Sakattiojasta etelään tunnelivaihtoehtojen VE1a ja VE1b pääkivilajeihin kuuluvat vulkaniitit ja metasedimentit. Sakattiojan ruhjevyöhykkeestä (pohjaruhje) pohjoiseen kohti Sakatin esiintymää pääkivilajit vaihtuvat ultramafisiin ja mafisiin kiviin pääkivilajien ollessa afaniitti ja peridotiitti. Ultramafisten ja mafisten kivilajien osuus varsinaisella tunnelilinjan osuudella on vähäinen ja näiden kivilajien määrällinen osuus kasvaa Sakatin esiintymää kohti mentäessä. Kivilajien määrälliset suhteet näissä vinotunnelivaihtoehdoissa eivät poikkea toisistaan.

Vinotunnelivaihtoehdot VE2a ja VE2b sijoittuvat alueellisesti Pahanlaaksonmaan ja Sakatin esiintymän alueelle. Molemmat vinotunnelivaihtoehdot sijoittuvat Sakattiojan ruhjevyöhykkeen (pohjaruhje) pohjoispuolelle pääkivilajien ollessa pääasiassa mafisia ja ultramafisia kiviä (afaniitti, mafiset vulkaniitit ja peridotiitti). Vinotunnelivaihtoehdossa VE2a mafisten kivilajien suhteellinen osuus esimerkiksi peridotiittiin nähden on korkeampi.

Vinotunnelivaihtoehtojen VE3a ja VE3b pääkivilajeja alueen pohjoisosissa ovat vulkanoklastiitit ja breksia sekä lähempänä Sakatin esiintymää mafiset ja ultramafiset kivet kuten afaniitti ja peridotiitti.

Vinotunnelilinjakohtaiset kivilajijakaumat on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 11-1). Kivilajien määritys perustuu kairauksiin vaihtoehdon VE1a osalta. Muiden vaihtoehtojen osalta kivilajien esiintyminen vinotunnelilinjalla perustuu geologiseen tulkintaan kivilajien jatkuvuudesta. Taulukossa (Taulukko 11-2) on esitetty keskeiset mineralogiset ominaisuudet kivilajeittain.

Taulukko 11-1 tunnelilinjojen kivilajijakaumat (%) eri hankevaihtoehdoissa.

Kivilaji	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Afaniitti	24	24	23	39	40	52
Mafinen vulkaniitti	19	20				
Peridotiitti	16	15	7	22	48	48
Gabro	16	16				
Metasedimentti	11	11				
Mafinen tuffiitti	7					
Breksia	3	3			1	
Kvartsiitti	3	3				
Duniitti	1	1				
SW Mafiset kivilajit			70			
Jalkapuolen mafiset kivilajit				39	7	
Kattopuolen vulkanoklastiitit					3	
Mafinen sarja		7			1	

Vertailtaessa vinotunnelilinjojen kivilajijakaumaa, vinotunnelilinjat VE1a ja VE1b ovat varsin samankaltaiset. Keskenään samankaltaiset ovat myös linjaukset VE3a ja VE3b. Vinotunnelilinjojen VE2a ja

VE2b välillä on jonkin verran eroja: esimerkiksi peridotiittia on linjauksessa VE2a vähemmän kuin linjauksessa VE2b.

Taulukko 11-2 Sakatin esiintymän ja vinotunnelilinjojen pääkivilajit ja niiden mineralogia.

Kivilaji	Alaluokka/Synonyymi	Päämineraalit (>10 %)	Tyypillinen pitoisuus %	Aksessoriset mineraalit (1–10 %)	Kemiallisia lisätietoja
ULTRAMAFISET KIVET					
Duniitti	Duniitti/adkumulaatti	Serpentiini (±oliviini)	80–90	Kloriitti Kromiitti Flogopiitti Klinopyrokseeni	MgO > 46 %
Peridotiitti	Mesokumulaatti	Serpentiini (±oliviini)	70–80	Flogopiitti Ortopyrokseeni Klinopyrokseeni Kromittii	MgO > 36 %
	Ortokumulaatti	Serpentiini	20–70	Klinopyrokseeni Flogopiitti Talkki Magnetiitti	MgO > 28 %
		Sarvivälke	5–15		
		Aktinoliitti	5–15		
		Ortopyrokseeni	5–20		
		Kloriitti	10–15		
	Oliviinipyrokseniitti	Serpentiini	5–45	Klinopyrokseeni Biotiitti Talkki	
		Sarvivälke	10–25		
		Aktinoliitti	5–15		
		Ortopyrokseeni	15–30		
		Kloriitti	10–20		
Jalkapuolen mafiset	Komatiittiset vulkaaniset kivet	Sarvivälke	25–35	Plagioklaasi Ortopyrokseeni Talkki Kalsitti Dolomitti	
		Aktinoliitti	15–35		
		Biotitti	5–35		
		Kloriitti	5–25		
MAFISET KIVET					
Afaniitti	Afaniitti, ultramafinen vulkaaninen kivi	Plagioklaasi	10–20	Serpentiini Aktinoliitti Biotiitti Turmaliini Magnetiitti	S < 0,5 %
		Sarvivälke	15–30		
		Klinopyrokseeni	5–15		
		Ortopyrokseeni	15–35		
		Kloriitti	5–15		
Gabbro	Gabbro	Plagioklaasi	20–35	Biotitti Kloriitti Epidootti Magnetiitti Ilmeniitti Kalsiitti	
		Sarvivälke	10–45		
		Aktinoliitti	5–15		

Kivilaji	Alaluokka/Synonyymi	Päämineraalit (>10 %)	Tyypillinen pitoisuus %	Aksessoriset mineraalit (1–10 %)	Kemiallisia lisätietoja
Mafinen sarja	Mafinen vulkaniitti	Plagioklaasi	10–40	Aktinoliitti Biotiitti Kloriitti Kvartsi Kalsiitti	
		Sarvivälke	10–60		
	Mafinen tuffiitti	Plagioklaasi	20–45	Talkki Magnetiitti Kalsiitti	
		Kloriitti	5–20		
		Dolomiitti	0–20		
	Täpläkivi (*Spotty Rock*), komatiittinen basaltti	Kvartsi	10–30	Granaatti Kaoliniitti	
		Turmaliini	5–15		
		Biotiitti	25–35		
	Skapoliitti-kiillekivi	Kvartsi	5–25	Muskoviitti	
		Biotiitti	5–35		
LEUKORAATTISET KVARTSIPITOISET KIVET JA VAALEAT SEDIMENTTIKIVET					
Metasedimentit	Metasedimentit	Biotiitti	20–30	Muskoviitti Kloriitti Talkki Magnetiitti Kalsiitti Dolomiitti	
		Kvartsi	10–25		
		Plagioklaasi	10		
Kattopuolen vulkanoklastiset kivet	Mafinen tuffiitti	Kvartsi	25–30	Biotiitti Turmaliini Dolomiitti	
		Plagioklaasi	10–20		
		Muskoviitti	10–20		
		Kloriitti	15–20		
Breksia	Breksia, polymiktinen konglomeraatti	Karbonaatti	20–60	Biotiitti Kloriitti Amfiboli Magnetiitti	
		Kvartsi	5–25		
		Albiitti	10–30		
		Talkki	5–15		
Kvartsiitti	Kvartsiitti	Kvartsi	90–100	Muskoviitti Kaoliniitti	
	Albitiitti	Albiitti	50–80	Talkki Kalsiitti	
		Kvartsi	5–20		
		Dolomiitti	5–20		

Tyypillisiä mineraaleja ultramafisissa kivilajeissa ovat mm. serpentiini, oliviini ja kloriitti. Mafisissa kivissä näiden lisäksi esiintyy plagioklaasia, klinopyrokseenia, dolomiittia, kvartsia ja turmaliinia. Vaaleammissa kivissä ei ole mafisten ja ultramafisten kivien päämineraaleja. Vaaleampien kivien päämineraaleina on mm. plagioklaasia, albiittia, kvartsia, biotiittia, muskoviittia, talkkia sekä karbonaatteja.

Kaikkien tunnelilinjausten alueelle sijoittuu kohonneita metallipitoisuuksia omaavia kiviä, jotka käsittävät peridotiitteja ja duniitteja. Kaikille tunnelilinjauksille sijoittuu myös matalien metallipitoisuuksien kiviä. Duniitin, peridotiittien, afaniittien ja jalkapuolen mafisen sarjan kivien nikkelipitoisuudet ylittävät Valtioneuvoston asetuksen 214/2007 kynnysarvon 50 mg/kg ja myös ylemmän ohjearvon 150 mg/kg. Kivilajien pitoisuudet ovat vinotunnelilinjasta riippuvaisia. Lisäksi edellä mainittujen kivilajien koboltin, kromin ja kuparin pitoisuudet ylittävät yleisesti kynnysarvot (Taulukko 4-21,

Luku 4.7.1 Sivukivet). Kattopuolen vulkanoklastisissa kivissä (VE3a) ainoastaan nikkelipitoisuus ylittää kynnysarvon, muiden tarkasteltavien metallien ja metalloidien pitoisuudet alittavat kynnysarvon. Vastaava on havaittu saman vinotunnelilinjan VE3a mafiselle sarjalle ja breksialle. Vanadiinipitoisuuksista kynnysarvo 100 mg/kg ylittyy ainoastaan vinotunnelilinjauksien VE2a ja VE3a gabrossa ja vinotunnelilinjauksen VE1a mafisen sarjan kivissä. (AFRY Finland Oy 2023b.)

Vertailtaessa keskimääräisiä kairasydänloggauksessa arvioituja rikkipitoisuuksia vinotunnelilinjauksissa VE1a, VE2a ja VE3a, ensin mainitut näyttäytyvät keskimäärin matalampirikkisinä (0,4 ja 0,3 %) kuin VE3a (0,8 %). Vinotunnelilinjalle VE1a sijoittuu erityisen paljon minimaalisen rikkipitoisuuden ja erityisen korkean neutralointikapasiteetin kiviä (mm. mafinen sarja, kvartsiitit, metasedimentit ja breksia). (AFRY Finland Oy 2023b.) Sivukivien geokemiallisia ominaisuuksia on tarkasteltu lähemmin luvussa 4.7 Toiminnassa muodostuvat kaivannaisjätteet sekä julkaisussa AFRY Finland Oy 2023b. Eri vinotunnelivaihtoehtojen vaikutusta sivukiven sijoitusalueiden suotovesien laatuun on käsitelty luvussa 16.3.3 Pohja- ja suotovesien geokemiallinen mallinnus sekä julkaisussa AFRY Finland Oy 2023b.

Rapakallio

Keski-Lapin kallioperän erityispiirre on sen pintaosan rapautunut vyöhyke, ns. rapakallio. Kovan kallion rapautumisessa voidaan erottaa kaksi päätyyppiä, joista kumpaakin tavataan yleisesti Lapissa. Mekaaninen eli fysikaalinen rapautuminen tapahtuu painovoiman ja lämpötilaerojen yhteisvaikutuksesta. Tuloksena syntyy teräväsärmäistä rakkaa, joka on tyypillistä tunturien rinteillä ja lakialueilla. Nämä vaikeakulkuiset louhikot ovat geologisesti melko nuoria, sillä ne ovat pääosin jääkauden jälkeen syntyneitä.

Toinen pääasiallinen rapautumistapa on kemiallinen rapautuminen. Sen edetessä kovan kallioperän syvällä maankuoressa kiteytyneet mineraalit muuttuvat kemiallisesti liukenemisen, hapettumisen tai veteen yhtymisen vaikutuksesta. Tuloksena syntyy uusia mineraaleja, saostumia ja kalliosavia, jotka ovat mekaanisesti heikkoja mutta kemiallisesti kestäviä. Osa mineraaleista liukenee vesien mukana pois jättäen jälkeensä tyhjiä huokostiloja. Kemialliseen rapautumiseen kuuluu myös biologinen toiminta ja maannostuminen. Tämän tuloksena, kun aikaa on tarpeeksi, kehittyy kovaan kiveen rapautumiskuori eli saproliittikerros (Kuva 11-4), joka vuosimiljoonien aikana vahventuu kymmenien metrien paksuiseksi muuttumisvyöhykkeeksi. (Salonen 2019.)

Kuva 11-4 Saproliittia moreenikerroksen alla Kuusivaaran rinteellä (Lähde: Salonen 2019).

Suomessa tilanne on yleensä se, että jääkautinen kulutus on höylännyt esiin kovan kiteisen kallioperän ja poistanut siitä kokonaisuudessaan heikon ja pehmeän rapautuneen pintaosan. Lapissa, etenkin Keski-Lapissa, johon Sodankylä kuuluu, asia ei ole näin. Vaikka jääkausivaiheita on kvartäärikaudella, eli viimeisten 2,6 miljoonan vuoden aikana ollut kymmeniä, eivät jäätiköt sittenkään ole pystyneet kaikkialta poistamaan vanhaa rapautunutta pinta-ainesta. Keski-Lappia kutsutaankin heikon jäätikkökulutuksen alueeksi. Siellä on säilynyt yleisesti kvartäärikauden jääkausiaikaa edeltäneen ajan rapakalliota, jopa hyvin paksuina kerroksina. (Salonen 2019.)

Ennen nykyistä jääkausiaikaa eli kvartäärikauden alussa Lapin maankamaraa peitti todennäköisesti varsin yhtenäinen rapautumiskuori, joka oli ehkä keskimäärin 50 metrin paksuinen. Saproliittikerros eli rapakallio oli kehittynyt edellisen geologisen kauden, neogeenin aikana. Sodankylä sijaitsee keskellä tätä vanhan rapakallion esiintymisaluetta ja alueella tehdyt lukuisat maaperäkairaukset ja geokemialliset näytteenotto-ohjelmat ovat osoittaneet, että moreenikerrosten alta löytyvä rapakallio on pikemminkin sääntö kuin poikkeus. (Salonen 2019.)

Sodankylän alueella rapakallio on keskimäärin 10–20 metriä paksua, paikoin paksuus on yli 50 metriä. Rapakallio on paksuimmillaan ruhjeisessa metasedimentissä ja vihreäkivessä.

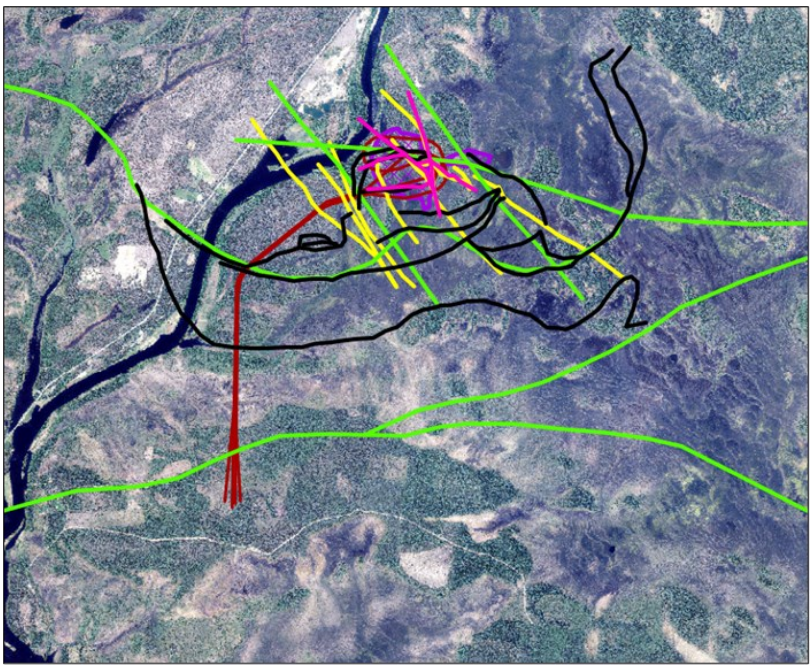
Sakatin hankealueella kallion pintaosan rapautuneen vyöhykkeen paksuus vaihtelee huomattavasti ja se on paksuimmillaan siirrosvyöhykkeiden kohdilla. Pääesiintymän kohdalla rapakallion paksuus vaihtelee välillä 0–25 metriä (sisältää paikoitellen esiintyvän savisen rapauman).

Kallioperän rakenteet

Sakatin alueen kallioperässä on useita geologisia rakenteita (käsitteellinen malli, ks. Kuva 16-9, luku 16.3.1 Pohjavesimallinnukset), jotka ovat muodostuneet malmin syntyhistorian jälkeen. Suurin osa tällaisista siirroksista on pystyasentoisia ja ne läpäisevät malmin luode-kaakko-suunnassa. Näiden siirrosten lisäksi alueella on pohjaruhjeeksi kutsuttu, malmiesiintymän alapuolella sijaitseva, pohjoiseen ja länteen kallistuva työntösiirros. Rakennegeologian kannalta pohjaruhje on alueen merkittävin rakenne. Sen paksuus on ohuimmillaan malmiesiintymän alapuolella ollen vain muutamia metrejä. Malmiesiintymän eteläpuolella pohjaruhjeen paksuus on 80–90 metriä.

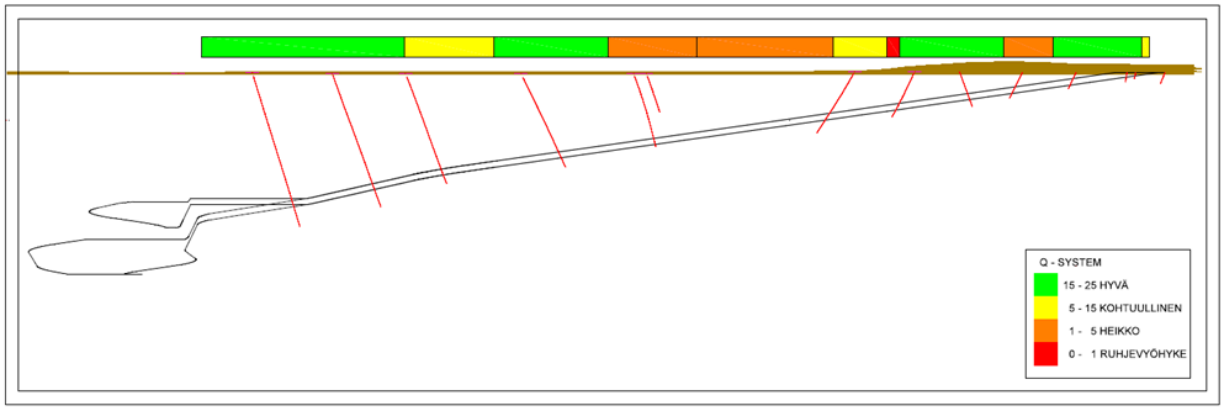
Alueella on todettu seuraavat kallioperän suurrakenteet, jotka lävistävät malmiesiintymää: itäinen siirros, itä-länsisiirros, SENW1- ja SENW2-siirrokset, itä-länsi keskiosa -siirros ja Hanging Wall -siirros (Itasca Denver Inc. 2023). Lisäksi hankealueella ja sen ulkopuolella on Geologian tutkimuskeskuksen (2023) määrittelemiä alueellisia siirroksia (Kuva 11-5, esitetty vaaleanvihreällä värillä), joista osa on luokiteltu työntösiirroksiksi ja osa kulkusiirtymäsiirroksiksi. Muutamaa siirrosta ei ole luokiteltu.

Alueellisten siirrosten tarkemmista ominaisuuksista ei ole tietoa geologisen mallinnusalueen ulkopuolella. Pohjaruhjeen vedenjohtavuus on suurempi kuin ehjän kallioperän. Muiden siirrosten vedenjohtavuus vastaa pääosin ehjän kallioperän vedenjohtavuutta vaihdellen syvyyden mukaan. Suuremman vedenjohtavuuden alueet ovat paikallisia ja epäjatkuvia. Alueelliset geologiset kallioperän rakenteet voivat olla vettä johtavia tai tiiviitä, jolloin ne estävät pohjaveden virtausta. Hankealueen ulkopuoliset siirrokset eivät ole hydraulisesti yhteydessä hankealueen siirroksiin. (Itasca Denver Inc. 2023.)



Kuva 11-5 Hankealueella todettujen siirrosten sijainnit. Viivojen värit: magenta = paikallinen siirros, musta = työntösiirros, vaaleanvihreä = alueellinen siirros, keltainen = kulkusiirtymäsiirros. Vinotunneli on kuvattu punaisella värillä (VE1a). (Kuvalähde: Itasca Denver Inc. 2023. Aineisto: Geologian tutkimuskeskus 2023, Luukas 2017, AA Sakatti Mining Oy julkaisematon aineisto.)

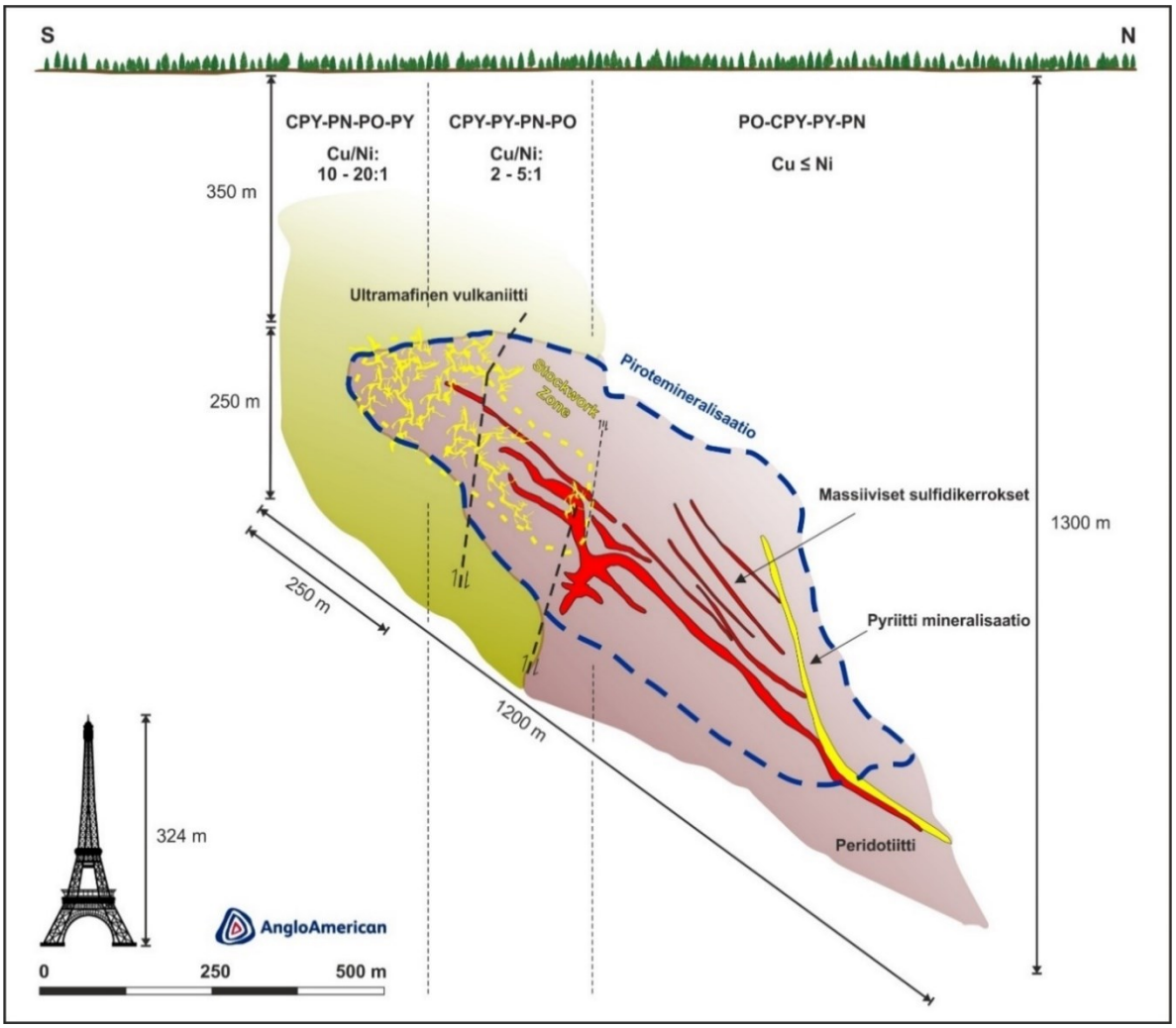
Vinotunnelilinjalla (vaihtoehto VE1a) tehtyjen tutkimusten avulla on pystytty tunnistamaan alueet, joissa kallioperä on hyvälaatuista tai rikkonaista, sekä paikallistamaan vettä johtavat rakenteet. Seuraavassa kuvassa (Kuva 11-6) on esitetty kallioperän alustava laatuluokittelu vinotunnelilinjauksella.



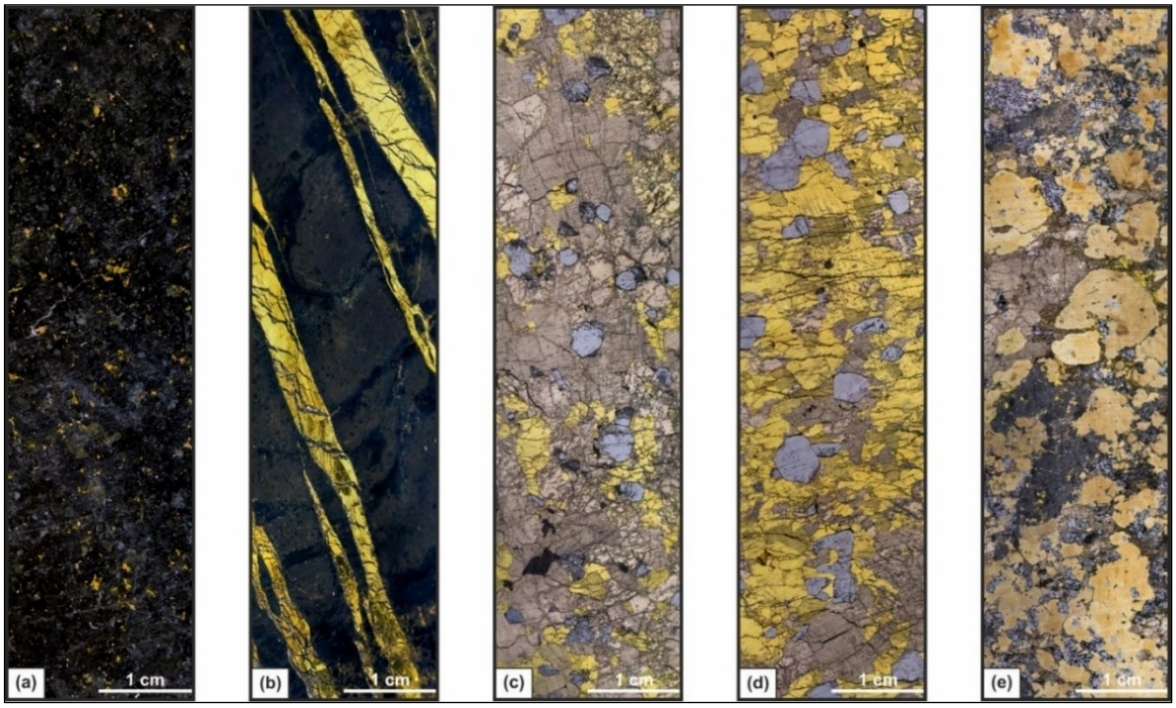
Kuva 11-6 Havainnekuva kallioperän laadusta (Q-kalliolaatuluokitusjärjestelmä) vaihtoehdon VE1a vinotunnelilinjauksella (Lähde: AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022).

Sakatin Ni-Cu-PGE esiintymä

Sakatin pääesiintymä voidaan jakaa kolmeen mineralisaatiotyyppiin (Kuva 11-7); massiiviset/semimassiiviset sulfidikerrokset ja linssit (Kuva 11-8 c-d), kuparikiisuvaltainen juoniverkosto (Kuva 11-8 b) ja kuparikiisuvaltainen pirote (Kuva 11-8 a). Korkeimmat metallipitoisuudet tavataan massiivisissa sulfidikerroksissa ja linsseissä.



Kuva 11-7 Yksinkertaistettu pohjois (N)-etelä (S) –suuntainen poikkileikkaus Sakatin pääesiintymän mineralisaatiotyypeistä (Lähde: AA Sakatti Mining Oy, julkaisematon raportti).



Kuva 11-8 Sakatin esiintymän mineralisaatiotyypit: (a) Kuparikiisuvaltainen pirote, (b) Kuparikiisuvaltainen juoniverkko/ juonia, (c) Magneettikiisu-pentlandiittivaltainen massiivisulfidi, (d) Kuparikiisuvaltainen massiivisulfidi, (e) NE-esiintymän karkeara-keinen rikkikiisumineralisaatio (Lähde: AA Sakatti Mining Oy, julkaisematon raportti).

Kuparirikasta juoniverkostoa ja kuparikiisuvaltaisia juonia tavataan pääasiassa Sakatin pääesiintymän itäisessä ja lähimpänä maanpintaa olevissa osissa. Tämä esiintymän osa on pääasiassa kuparivaltainen. Sakatin esiintymän itäosista länteen ja syvemmälle siirryttäessä mineralisaatiotyyppi vaihtuu kuparivaltaisesta juoniverkostosta nikkelirikkaisiin massiivisiin ja semimassiivisiin sulfideihin (Kuva 11-8 c-d). Mineralisaatiotyypin vaihtuessa myös sulfidimineralogia vaihtuu kuparikiisuvaltaisesta magneettikiisu- ja pentlandiittivaltaiseen mineralisaatioon. Massiiviset ja semimassiiviset osat ovat myös hyvin kuparirikkaita sekä sisältävät korkeita kobolttі-, platina- ja palladiumpitoisuuksia. Sakatin pääesiintymän keskiosissa tavataan ainakin kuusi erillistä massiivista sulfidikerrosta, joiden paksuus vaihtelee 0,5 metristä aina 40 metriin. Nykyisen kairaustiedon perusteella massiivisten sulfidikerrosten jatkuvuuden on havaittu olevan jopa 1 000 metriä. Nämä kerrokset kallistuvat kohti koillista noin 35 asteen kulmalla. Kuparivaltaista juoniverkostoa sekä nikkelirikkaita massiivisia sulfidikerroksia ympäröi kuparivaltainen pirotemineralisaatio. Sakatin pääesiintymässä voidaan havaita selkeä fraktioituminen syvempien osien nikkelirikkaiden osien vaihtumisesta esiintymän matalampien osien kuparivaltaisiin osiin. Massiivisia sulfideja tavataan pääasiassa oliviinikumulaattien yhteydessä mutta myös ultraemäksisten ja emäksisten vulkaniittien yhteydessä.

Sakatin esiintymien malmimineralogia noudattelee tyypillisesti magmaattisten sulfidiesiintymien malmimineralogiaa. Sakatin sulfidimineraaliseurue koostuu pääasiassa neljästä sulfidimineraalista; magneettikiisu (FeS), pentlandiitti ($(Fe,Ni)_9S_8$), kuparikiisu ($CuFeS_2$) ja rikkikiisu eli pyriitti (FeS_2) ja rautaoksidista eli magnetiitista (Fe_3O_4). Kuparikiisu on käytännössä ainoa kuparimineraali ja pentlandiitti pääasiallinen nikkeli- ja kobolttimineraali. Myös pyriitti sisältää huomattavia määriä

kobolttia. Magnetiittia esiintyy yleisesti massiivisulfidien yhteydessä ja se muodostaa jopa 10 % massiivisulfidien mineraalien määrästä. Pyriittiä tavataan etenkin massiivisulfidien yhteydessä mutta yleisesti magneettikiisun määrä on suurempi kuin pyriitin. Platina- ja palladium esiintyvät hyvin pienirakeisina platina- ja palladiumtellurideina ja -sulfideina. Kulta esiintyy pääasiassa hyvin hienorakeisena natiivina kultana (Au).

Sakatin satelliittiesiintymien mineralisaatio rajoittuu pääasiassa piroitteisiin sekä massiivisulfidiosiin. Sakatin NE-satelliittiesiintymän massiivisulfidit ovat pääasiassa pyriittivaltaisia (Kuva 11-8 e). SW-satelliittiesiintymän mineralisaatio on nikkelivaltainen (SW-satelliittiesiintymä ei sisälly Sakatin monimetallikaivoshankkeen YVA:aan). Mineralisaatio on voimakkaasti muuttunut sekä hapettunut johtuen osittain mineralisaation sijainnista rapakallion ylemmissä osissa.

Sulfidimalmista otetuista näytteistä on tutkittu myös asbestimineraalien esiintymistä yhteensä neljästä edustavasta yhdistelmänäyte-erästä. Tulosten perusteella neljässä näyte-erässä ylittyi asbestikuitupitoisuuden määritysraja. Määritysrajan ylittäneet tulokset vaihtelivat välillä 0,01–0,13 paino-% (kuitupitoisuuksina 25,24–33,72 kuitua/µg). Näytteissä esiintyi tremoliitti-aktinoliittia (amfiboli, joka esiintyy yleisesti asbestimaisena), krysotiilia (serpentiinin muoto, joka esiintyy yleisesti asbestimaisesti) sekä kummingtoniitti-grüneriittiä. Samassa näyte-erässä esiintyi 0–2 kuitumineraalityyppiä. (Työterveyslaitos 2018.)

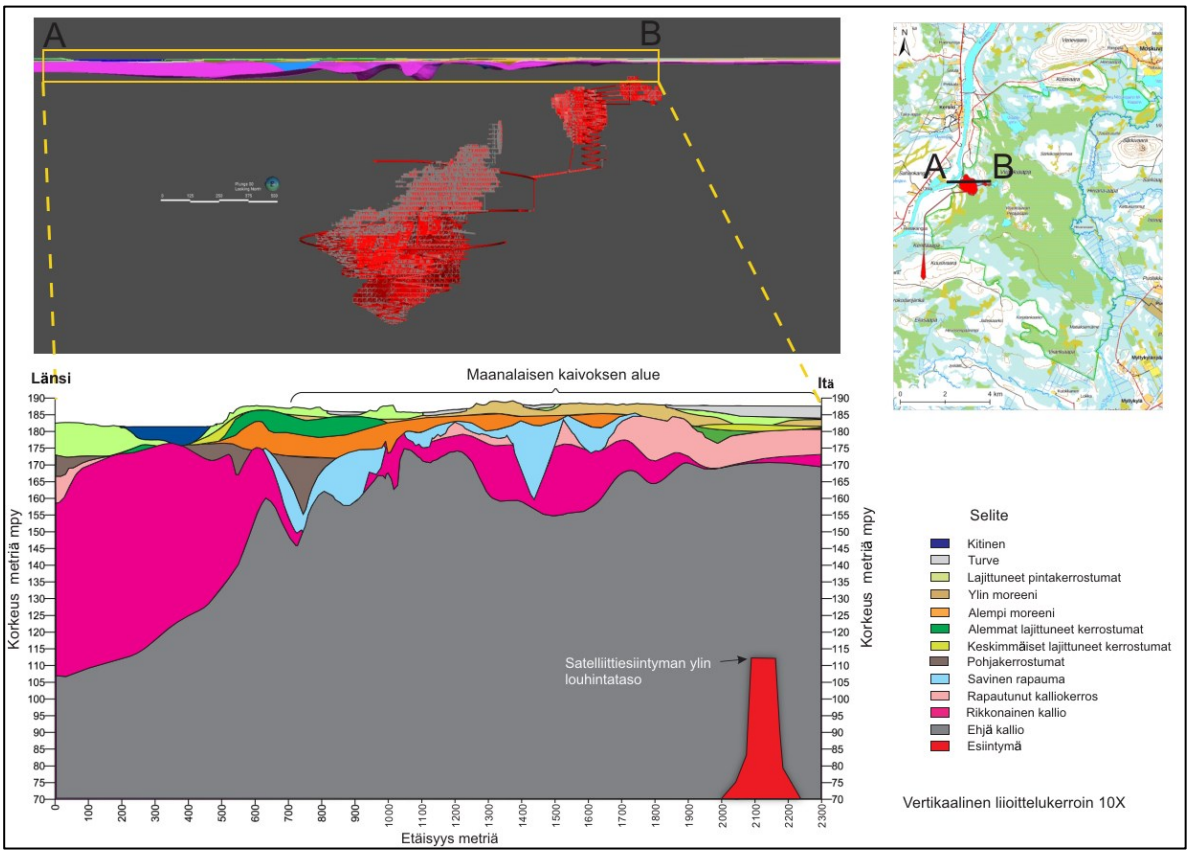
Massiivisulfidimalmista otetuille näytteille on tehty liukenevuustesteistä ABA-testi (kaksi näytettä), NAG-testi (kaksi näytettä), NAG-suodoksen analyysi (yksi näyte), monielementtianalyysi (kaksi näytettä) sekä kaksivaiheinen liukoisuustesti (yksi näyte) ja kosteuskammiokoe (yksi näyte). Sekä ABA- ja NAG-testien että kosteuskammiokokeiden tulosten perusteella massiivisulfidimalmi on potentiaalisesti happoatuottavaa (PAF).

Sakatin Ni-Cu-PGE esiintymän yläpuolinen maa- ja kallioperä

Sakatin esiintymän yläpuolinen maaperä koostuu vastaavanlaisista sekalaisista maalajikerroksista kuin mitä Viiankiaavan laitamilla esiintyy yleisesti koko alueella (Kuva 11-9). Esiintymän kohdalla vallitsevin maalaji on moreeni, jota tavataan lähestulkoon kaikkialla esiintymän alueella. Lisäksi moreenikerrosten alla, välissä tai päällä tavataan monin paikoin lajittuneita maakerroksia (hiekka, sora). Alueen turve-esiintymät sijaitsevat vaihtelevasti joko lajittuneiden maalajien tai moreenikerrosten päällä. Maaperän paksuus vaihtelee noin kymmenen metrin molemmin puolin.

Maakerrosten alapuolella sijaitsevaa rapakalliota esiintyy lähestulkoon koko esiintymän alueella. Paikoin rapakallio on luokiteltu saviseksi rapaumaksi. Rapakallion tai savisen rapauman paksuus vaihtelee esiintymän alueella välillä 0–25 metriä.

Rapakallion alapuolinen kallioperä koostuu yläosassaan rikkonaisesta kallioperästä ja sen alapuolisesta ehjästä kallioperästä. Hankealueella rikkonaisen kallioperän paksuus on enimmillään noin 200 metriä, josta ylin 50 metriä on selvästi paremmin vettä johtavaa kuin alempi osa (SRK Consulting Ltd. 2019c, Stantec Consulting Ltd. 2020). Rikkonaisen kallioperän paksuus vaihtelee esiintymän alueella välillä 0–50 metriä.



Kuva 11-9 Länsi-itä-suuntainen leikkaus (länsi vasemmalla) Sakatin esiintymän kohdalta (ks. kuva oikeassa yläkulmassa, vinotunneli esitetty punaisella VE1a mukaisena). Sakatin esiintymästä kuvassa näkyy ainoastaan NE-satelliitin yläosa, pääesiintymän ulottuessa aina tasolle noin -1 200 metriä maanpinnan alapuolella. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy, julkaisematon aineisto.)

Kaivoksen maanalaiset rakenteet ulottuvat lähimmillään pääesiintymän kohdalla noin 250 metrin syvyydelle maanpinnasta (noin 200 metriä rikkonaisen kallioperän alapuolella) ja NE-satelliitin kohdalla noin 80 metrin syvyydelle maanpinnasta (noin 55 metriä rikkonaisen kallioperän alapuolella), ks. Kuva 11-2, Kuva 11-7 ja Kuva 4-7 (Luku 4.2 Kaivostoiminta).

Maaperä

Lukuun ei ole tullut muutosta.

Maaperän geokemialliset tausta-arvot

Keski-Lapin vihreäkivivyöhyke erottuu valtakunnallisissa geokemiallisissa kartoissa selkeästi poikkeavana, anomaalisena alueena. Koljosen (1992) toimittamassa moreenigeokemiallisessa atlaksessa se erotettiin omaksi geokemialliseksi provinssikseen, jossa on poikkeavan korkeat magnesium-, kalsium-, koboltti, kromi, kupari-, rauta, nikkeli- ja vanadiinipitoisuudet. Toisia alkuaineita, kuten vaikkapa kaliumia ja skandiumia on vähemmän kuin maamme moreeneissa keskimäärin. Geokemialliset piirteet heijastavat alla olevaa kallioperää ja mafisten-ultramafisten kivien runsautta.

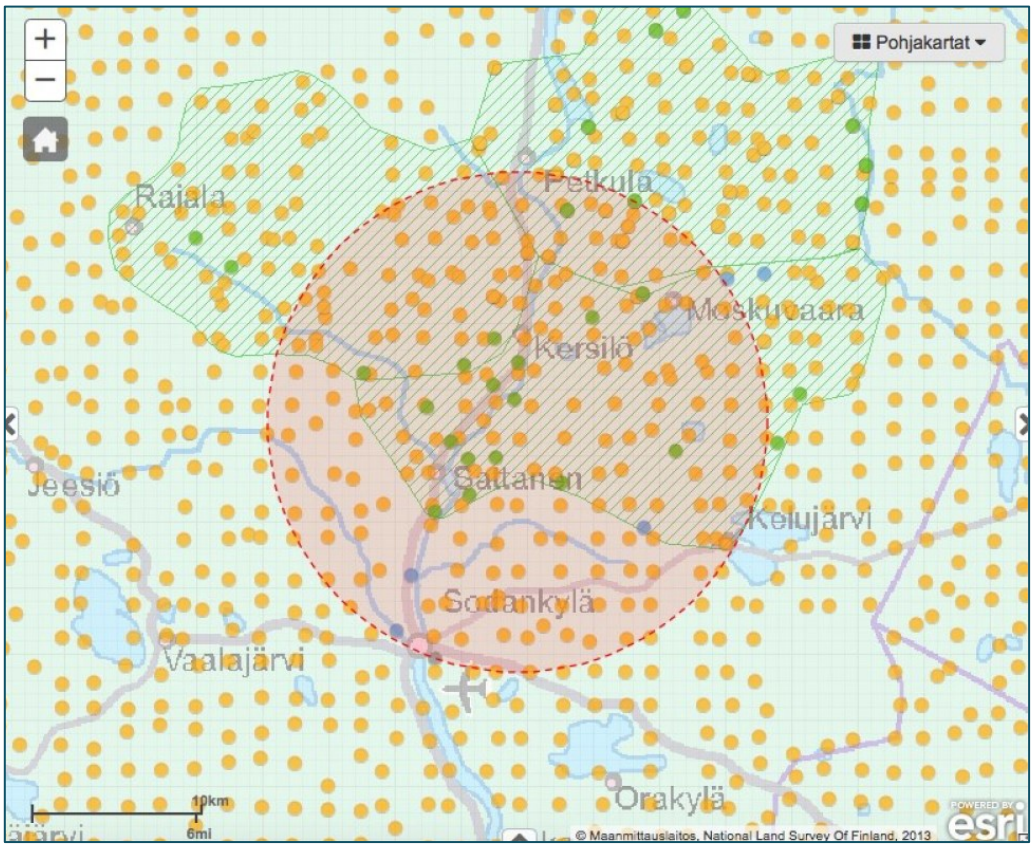
Moreenin uraanipitoisuus alueella on 2,4–2,6 ppm, mikä vastaa maankuoren keskimääräistä uraanipitoisuutta (Lahermo ym. 1996). Myös puroveden (<0,06 µg/l) ja purosedimentin (<2,5 mg/kg) Uraanipitoisuudet ovat hyvin alhaisia. Toriumin pitoisuus on Koljosen (1992) kartoituksen perusteella <8,0 mg/kg, purosedimentissä sitä on <3,0 mg/kg. Tutkimusalueella toriumin taustapitoisuus on moreenissa 5–7 ppm, vastaten hyvin alhaista tasoa.

Sittemmin geokemiallinen analyysiaineisto on kasvanut hyvin kattavaksi ja monipuoliseksi ja aineisto palvelee myös pilaantuneen maaperän tutkimusta ja muita ympäristön tilaa kartoittavia tarpeita. Geologian tutkimuskeskuksen taustapitoisuusrekisteristä (http://gtkdata.gtk.fi/Tapir/) voidaan poimia valittua aluetta koskien maaperästä analysoitujen alkuaineiden taustapitoisuuksia ja verrata niitä valtakunnallisiin pilaantuneen maaperän kynnys- ja ohjearvoihin.

Kuvassa (Kuva 11-10) näkyy 211 näytteen otanta Sakatin esiintymän ympäriltä. Näytteet edustavat luonnollista maaperää, näytteiden ollessa pääasiassa moreeniainesta. Tulokset on esitetty taulukossa (Taulukko 11-3). Niistä ilmenee, että alueellinen taustapitoisuus ylittää valtakunnallisen kynnysarvon (Valtioneuvoston asetus 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista) jonkin verran koboltin osalta ja selvästi kromin ja nikkelin osalta. Myös kuparin ja vanadiinin taustapitoisuudet ovat lähellä kynnysarvotasoja jääden kuitenkin niiden alle. Toisin sanoen em. alkuaineiden luonnollinen taustapitoisuus maaperässä Sakatin alueella on suurempi kuin keskimäärin koko Suomessa. Tämä johtuu ultramafisten ja mafisten kivien runsaudesta kallioperässä.

Kynnysarvo on maaperän haitta-aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä (edustavaan näytteenottoon perustuen) maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava. Jos maaperän alueellinen taustapitoisuus ylittää kynnysarvon, arviointikynnyksenä käytetään taustapitoisuutta. Taustapitoisuudella puolestaan tarkoitetaan haitallisten aineiden luontaisesti tavanomaisia pitoisuuksia maaperässä.

Kohdealue ei kuulu ns. Kittilän arseeniprovinssiin, jonka alueella arseenipitoisuudet ovat muuta Suomea selvästi korkeammat. Sakatin alueen arseenipitoisuuden mediaani on 1,73 mg/kg, kun koko Suomen alueella mediaani on 1 mg/kg.



Kuva 11-10 Geologian tutkimuskeskuksen TAPIR-palvelun laskemat geokemialliset taustapitoisuudet Sakatin esiintymän ympäristöstä (noin 15 kilometrin säteellä) koostuvat 211 luonnontilaisesta maaperänäytteestä. Moreeninäytteet on esitetty keltaisella, vihreä väri tarkoittaa soraa, hiekkaa tai karkeaa hietaa ja sininen väri savea, hiesua, hienoa hietaa tai silttiä.

Taulukko 11-3 Sakatin alueen ympäristön (ks. Kuva 11-10) maaperän luontaiset taustapitoisuusarvot ja kynnysarvot alkuaineille, jotka ovat terveydelle tai luonnolle haitallisia. n=näytteiden lukumäärä, SSTP=Geologian tutkimuskeskuksen ylläpitämässä taustapitoisuusrekisterissä (TAPIR) taustapitoisuuden viitearvoksi laskettu suurin suositeltu taustapitoisuusarvo, jota voidaan käyttää alueellisen taustapitoisuuden vertailuarvona, kynnysarvo = Vna 214/2007 mukainen maaperän pilaantumisen arviointitarpeen määrittelyssä käytettävä pitoisuus, kynnysarvon ylitykset merkitty sinisellä.

Alkuaine	Yksikkö	n	Keskiarvo	Mediaani	Maksimi	SSTP	Kynnysarvo
Antimoni	mg/kg	55	0,07	0,07	0,21	0,14	2
Arseeni	mg/kg	55	1,93	1,56	5,65	3,4	5
Elohopea	mg/kg	55	0,01	0,01	0,03	0,027	0,5
Kadmium	mg/kg	55	0,03	0,02	0,08	0,043	1
Koboltti	mg/kg	217	15,44	15,24	35,9	28	20
Kromi	mg/kg	199	150,42	129,08	645	260	100
Kupari	mg/kg	216	36,82	35,67	100,15	80	100
Lyijy	mg/kg	55	2,16	2,13	4,14	3,8	60
Nikkeli	mg/kg	203	71,28	59,83	383	150	50
Sinkki	mg/kg	217	27,63	26	82,23	55	200
Vanadiini	mg/kg	217	63,16	61,53	124,17	99	100

Tutkimusaineiston perusteella on todettavissa, että kynnysarvotaso ylittyy Sakatin alueella luontaisen maaperän taustapitoisuuksissa kromin ja nikkelin keskiarvopitoisuuden ja mediaanin osalta johtuen kallioperän ultramafisten ja mafisten kivien runsaudesta. Lisäksi arseenin, koboltin, kuparin ja vanadiinin todetut maksimipitoisuudet ylittävät kynnysarvotason.

Kuusivaaran alueen maaperän kemiallisia ominaisuuksia on tutkittu koekuopista ja maanäytekairauksilla otetuista näytteistä. Tuloksista on esitetty yhteenveto julkaisussa Puumalainen 2021. Analysoituja näytteitä oli yhteensä 53 kappaletta. Koekuoppa- ja maakairausnäytteiden analyysitulosten keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet on esitetty seuraavissa taulukoissa (Taulukko 11-4 ja Taulukko 11-5) jaoteltuna Kuusivaaran alueella todettujen maaperäyksikköjen mukaan. Taulukossa (Taulukko 11-6) on esitetty vastaavasti analyysitulosten maksimipitoisuudet.

Taulukko 11-4 Kuusivaaran alueen koekuoppa- ja maanäytekairausnäytteiden alkuaineiden keskiarvopitoisuudet. Kynnysarvosarakkeessa suluissa olevat pitoisuudet ovat Kuusivaaran alueen suurimat suositellut taustapitoisuudet. Kynnysarvon ylitykset merkitty sinisellä. (Lähde: Puumalainen 2021.)

Alkuaine	Kynnysarvo mg/kg	Ylempi hiekka n=1 mg/kg	Ylempi hiekkamoreeni n=35 mg/kg	Sora n=2 mg/kg	Välihiekkakerros n=1 mg/kg	Alempi hiekkamoreeni n=2 mg/kg	Silttimoreeni n=4 mg/kg	Rapautunut pintakallio n=8 mg/kg
Antimoni	2	0,04	0,11	0,09	0,08	0,13	0,08	0,04
Arseeni	5	1,69	2,72	2,29	2,33	3,77	3,24	1,4
Elohopea	0,5	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
Kadmium	1	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,22	0,07
Koboltti	20	7,7	11,4	9,8	7,9	12	26,2	40
Kromi	100 (162)	43	88,5	83,2	51,3	112,8	188,3	198,4
Kupari	100	15,7	36,5	16,4	16,9	27,4	80,9	195,8
Lyijy	60	1,7	2,7	1,9	2,2	3,2	9,4	2,2
Nikkeli	50 (61)	23,2	40,3	37,6	21,9	45,2	130,2	117,7
Sinkki	200	18,9	23,7	22	15,3	25,8	72,2	64,9
Vanadiini	100	33,5	56,4	45,5	39	54,9	70,5	168,2

Taulukko 11-5 Kuusivaaran alueen koekuoppa- ja maanäytekairausnäytteiden alkuaineiden mediaanipitoisuudet. Kynnysarvosarakkeessa suluissa olevat pitoisuudet ovat Kuusivaaran alueen suurimat suositellut taustapitoisuudet. Kynnysarvon ylitykset merkitty sinisellä. (Lähde: Puumalainen 2021.)

Alkuaine	Kynnysarvo mg/kg	Ylempi hiekka n=1 mg/kg	Ylempi hiekkamoreeni n=35 mg/kg	Sora n=2 mg/kg	Välihiekkakerros n=1 mg/kg	Alempi hiekkamoreeni n=2 mg/kg	Silttimoreeni n=4 mg/kg	Rapautunut pintakallio n=8 mg/kg
Antimoni	2	0,04	0,09	0,09	0,08	0,1	0,05	0,06
Arseeni	5	1,69	2,28	2,29	2,33	3,24	1,11	3,37
Elohopea	0,5	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0
Kadmium	1	0,04	0,04	0,05	0,04	0,07	0,02	0,03
Koboltti	20	7,7	10,8	9,8	7,9	12	26,3	42,7
Kromi	100 (162)	43	79	83,2	51,3	112,8	148,5	152,3
Kupari	100	15,7	26	16,4	16,9	27,4	67,3	209,8
Lyijy	60	1,7	2,6	1,9	2,2	3,2	2,9	2,2
Nikkeli	50 (61)	23,2	37	37,6	21,9	45,2	86,1	123,3
Sinkki	200	18,9	22,2	22	15,3	25,8	57,2	66,4
Vanadiini	100	33,5	52,1	45,5	39	54,9	65,7	165

Taulukko 11-6 Kuusivaaran alueen koekuoppa- ja maanäytekairausnäytteiden alkuaineiden maksimipitoisuudet. Kynnysarvosarakkeessa suluissa olevat pitoisuudet ovat Kuusivaaran alueen suurimat suositellut taustapitoisuudet. Kynnysarvon ylitykset merkitty sinisellä. (Lähde: Puumalainen 2021.)

Alkuaine	Kynnys-arvo	Ylempi hiekka	Ylempi hiekka-moreeni	Sora	Väli-hiekka-kerros	Alempi hiekkamo-reeni	Silttimo-reeni	Rapautunut pintakallio
	mg/kg	n=1 mg/kg	n=35 mg/kg	n=2 mg/kg	n=1 mg/kg	n=2 mg/kg	n=4 mg/kg	n=8 mg/kg
Antimoni	2	0,04	0,22	0,09	0,08	0,2	0,12	0,11
Arseeni	5	1,69	7,09	2,32	2,33	6,01	5,6	2,48
Elohopea	0,5	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Kadmium	1	0,04	0,11	0,05	0,04	0,08	0,69	0,21
Koboltti	20	7,7	22,6	10,7	7,9	18	35,5	56,9
Kromi	100 (162)	43	199,5	91,2	51,3	158,5	431	607
Kupari	100	15,7	163	16,6	16,9	38,9	155,5	402
Lyijy	60	1,7	4,9	1,9	2,2	4,1	29,4	4,7
Nikkeli	50 (61)	23,2	97,9	37,7	21,9	66,4	325	209
Sinkki	200	18,9	42,2	23,2	15,3	36	136,5	89
Vanadiini	100	33,5	142	49	39	66	135,5	298

Tehtyjen analyysien perusteella Kuusivaaran alueen maaperässä joidenkin alkuaineiden keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet ylittävät kynnysarvotason silttimoreenissa ja rapautuneessa pintakalliossa. Maksimipitoisuudet ylittävät kynnysarvotason paikoitellen myös muissa moreenikerroksissa. Antimoni-, elohopea-, kadmium-, lyijy- ja sinkkipitoisuudet jäivät kaikilta osin alle kynnysarvotason.

11.2.2 Vaikutuskohteiden herkkyys

Lukuun ei ole tullut muutosta.

11.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys

Lukuun ei ole tullut muutosta.

11.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Lukuun ei ole tullut muutosta.

11.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Olennaisin kallioperään kohdistuvista toimenpiteistä kaivoksen toimintavaiheessa on varsinaisen malmin sekä tarvekiven louhinta. Malmin louhinta tapahtuu maan alla ja tarvekiven avolouhoksessa. Koska louhittavat massamäärät ovat suuria ja ajallinen kesto pitkä, kallioperään kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan suuri. Muutokset ovat luonteeltaan pysyviä. Louhinta vaikuttaa suoraan paikallisiin hydrogeologisiin olosuhteisiin esimerkiksi muuttamalla pohjaveden virtausreittejä. Pohjavesivaikutuksia on tarkasteltu tarkemmin luvussa 16.

Maaperään kohdistuvien vaikutusten osalta suurin osa maanrakennustöistä toteutetaan rakennusvaiheessa. Ainoastaan rikastushiekka-alueen korotuksia tehdään eri vaiheissa myös toiminta-aikana.

Fysikaalisia vaikutuksia on siten vähän verrattuna rakennusaikaan. Sen sijaan kemiallisia vaikutuksia voi ilmetä, lähinnä alueelle läjitettävän rikastushiekan pölyämiseen liittyen. Pöly sisältää mineraaleihin sitoutuneina metalleja, jotka leviävät ympäröivien alueiden pintamaakerroksiin. Pölyn aiheuttamia vaikutuksia on tarkemmin käsitelty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 15 Vaikutukset ilmastoon ja ilmanlaatuun.

Sakatin kaivosalueelta poistetut pintamaat varastoidaan omina jakeinaan (pintamaa, turve, moreeni, hiekka) ja hyödynnetään kaivoksen rakenteissa sekä sulkemisessa. Pintamaiden sijoitusalueille ei rakenneta erikseen pohjarakennetta. Alueen maaperän ominaisuuksien perusteella on arvioitu, että pintamaan sijoitusalueelta suotovesiin liukenevien haitta-aineiden pitoisuudet ovat pieniä eikä happamien suotovesien syntyminen ole todennäköistä. Haitallisten alkuaineiden liukenemista tapahtuu jossain määrin kuten luonnonmaaperässäkin. Pintamaan pitkäaikaiskäyttäytymistä ei ole toistaiseksi tutkittu. Merkittävää haitta-aineiden liukenemista pidemmällä aikavälillä ei kuitenkaan voida pitää todennäköisenä. (AFRY Finland Oy 2023b.) Pintamaiden varastoinnista mahdollisesti aiheutuvan maaperän pilaantumisriskin arvioidaan siten olevan vähäinen.

Alueelle läjitettävät muut kaivannaisjätteet sijoitetaan huonosti vettäläpäiseville pohjille. Jätetyypistä riippuen sijoitusalueille rakennetaan tarvittaessa erilliset tiiviit rakennekerrokset. Suotovedet kerätään hallitusti käsittelyyn. Maaperän pilaantumista voi aiheutua, mikäli haitta-aineita sisältäviä vesiä pääsee tiivisterakenteiden läpi alapuoliseen maaperään. Riskinhallintakeinoina käytetään huolellista laadunvalvontaa tiivisterakenteiden rakentamisvaiheessa ja käyttämällä yhdistelmärakenteita. Haitallisimmat kaivannaisjätteet, korkearikkiset sivukivet ja korkearikkinen rikastushiekka hyödynnetään maanalaisessa kaivoksessa kaivostäytön raaka-aineena ja niitä varastoidaan maan pinnalla vain toiminnan alkuvaiheissa. Myös osa matalarikkisestä rikastushiekasta sekä matalarikkinen sivukivi kokonaisuudessaan hyödynnetään kaivoksen toiminnan aikana kaivostäytöissä ja rakennusmateriaalina.

Eri vinotunnelivaihtoehdoissa tunnelilinjausten kivilajit ja sitä kautta myös mineralogia vaihtelee. Sivukiven laatu vaikuttaa sivukivialueilla muodostuvien suotovesien laatuun ja voi siten heijastua myös maaperän pilaantumisriskiin. Kivilajien kuningasvesiuutolla määritetyt metallipitoisuudet riippuvat vinotunnelilinjauksesta. Merkittäviä pitoisuuksia todettiin koboltin, kromin ja nikkelin osalta kaikilla vinotunnelilinjauksilla. Metalleja esiintyy etenkin peridotiitissa ja duniitissa. Kaikille tunnelilinjauksille sijoittuu myös matalien metallipitoisuuksien kiviä. Rikkiä on todettu vähiten tunnelilinjoilla VE1a ja VE2a. Minimaalisen rikkipitoisuuden ja erityisen korkean neutralointikapasiteetin kiviä (mm. mafinen sarja, kvartsiitit, metasedimentit ja breksia) sijoittuu erityisen paljon vinotunnelilinjalle VE1a.

Sivukivialueiden suotovesien laatuarviot on tuotettu päävaihtoehdon VE1:n mittasuhteilla, mutta myös hankevaihtoehdoissa VE2 ja VE3 oletetaan läjitysten dimensiot ja olosuhteet VE1:n kaltaisiksi. Alavaihtoehtojen a ja b välillä ei ole merkittäviä eroja sivukiven suotovesien laatuun vaikuttavissa tekijöissä, minkä vuoksi niitä ei ole erikseen arvioitu. Eri vinotunnelivaihtoehdoissa kivilajien määräsuhteet vaihtelevat jonkin verran, mutta eivät riittävästi vaikuttaakseen eri aineiden pitoisuuksien suuruusluokkaan suotovesien laatumalleissa. Päävaihtoehdossa VE1 sivukiven määrä on myös suurimmillaan. Edellä mainituin perustein voidaan arvioida, että kaikissa vinotunnelivaihtoehdoissa sivukivialueiden suotovesistä mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset maaperään ovat samat.

Sivukivialueiden tiivisterakenteiden läpi mahdollisesti suotautuvassa vedessä olevat haitta-aineet voivat aiheuttaa maaperän pilaantumista sivukivialueiden alapuolisella alueella sekä pohjaveden mukana kulkeutuessaan pohjaveden virtaussuunnassa hyvin rajatulla alueella.

Erityispiirteenä eri vinotunnelivaihtoehtojen tarkastelussa on huomioitu vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b käytettävä tunnelipora. Muissa vaihtoehdoissa louhinta tapahtuu räjäyttämällä. Tunneliporaa käytettäessä kiviainekseen ei jää räjähdysaineperäisiä typpijäämiä. Porattaessa kiviaines jauhautuu ja tunnelista poistettava kiviaines on raekooltaan huomattavasti pienempää kuin räjäyttämällä irrotettu kiviaines. Kiviaineksen raekoko on huomioitu sivukivialueiden ja rikastushiekka-alueen (hienorakeista kiviainesta sijoitetaan rikastushiekka-altaan rakenteisiin) pohjarakenteiden läpi mahdollisesti suotautuvan veden laatutarkastelussa.

Toimintavaiheessa maaperä voi pilaantua etenkin tehdasalueen toimintojen yhteydessä kemikaali- tai polttoainevuotojen seurauksena. Riskienhallintakeinoja on tarkasteltu YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 31 Poikkeus-, häiriö- ja onnettomuustilanteet. Toimintavaiheessa varastoitavien kemikaalien määrät pyritään pitämään mahdollisimman pieninä.

Kemikaalien, rikasteen ja polttoaineiden kuljetuksiin liittyy onnettomuusriski. Onnettomuustapauksissa maaperä voi pilaantua nestemäisten kemikaalien ja polttoaineiden vaikutuksesta. Vaikutusalueen laajuus riippuu merkittävästi onnettomuuspaikan maaperän laadusta ja pinnanmuodoista. Rikasteesta ja kiinteässä muodossa kuljetettavista kemikaaleista ei aiheudu erityistä maaperän pilaantumisriskiä.

Maaperään kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan kaivoksen toimintavaiheessa suuruudeltaan pieniä.

11.3.3 Sulkemisen vaikutukset

Sulkemisvaihe

Sulkemisvaiheessa puretaan maanpäälliset rakenteet ja rakennetaan rikastushiekka-alueelle tiiviit pintarakenteet. Lisäksi alue maisemoidaan tarvittavilta osin. Toimenpiteistä ei aiheudu suoria vaikutuksia maa- tai kallioperään, sillä tarvittavat maa-ainekset on varastoitu jo toiminnan aikana odottamaan sulkemisvaihetta.

Sulkemisvaiheessa selvitetään tarvittaessa mahdollinen maaperän pilaantuneisuus. Jos maaperän todetaan olevan pilaantunut, tehdään riskinarviointi ja sen tulosten perusteella toteutetaan mahdollisesti tarvittavat kunnostustoimenpiteet.

Sulkemisen jälkeinen vaihe

Arvion mukaan maanalaisen kaivoksen sulkemisen jälkeen pohjaveteen kohdistuu pienellä alueella kallioperän pohjavedessä kohtalainen pohjaveden tilaa heikentävä muutos. Todennäköisin haitta-aineiden kulkeutumisreitti sijaitsee rikkonaisessa kalliossa, lähellä maan pintaa. Kulkeutumissuunta on Kitistä kohti. Jokilaakson tuntumassa rikkonaisella kallioperällä on kontakteja lajittuneisiin sora- ja hiekkakerrostumiin, mitä kautta voisi tapahtua kulkeutumista pintavesiin tai maaperän

pohjavesiin. (AFRY Finland Oy 2023e.) Suoraa vaikutusta kallioperään ei kuitenkaan katsota olevan eikä siten arvioida aiheutuvan maaperän pilaantumista.

Tarvekivilouhoksen täyttyminen kestää noin 20 vuotta. Täyttymisen aikana pohjaveden virtaus on pääsääntöisesti louhosta kohti. Täyttymisen jälkeen virtaussuunta on kaakosta luoteeseen (VE1a ja VE1b). Vaihtoehtoja VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b ei ole mallinnettu, mutta pohjaveden virtaussuunnan arvioidaan olevan pääasiassa luoteeseen. Louhoksesta ympäristöön virtaavan veden haitta-ainepitoisuudet ovat vähäiset. Louhosjärven ei arvioida vaikuttavan merkittävästi ympäröivän alueen pohjaveden laatuun. (AFRY Finland Oy 2023e.) Vaikutusta ei siten kohdistui myöskään maa- tai kallioperään (pilaantuminen).

Kaikkien matalarikkisen rikastushiekka-alueen vaihtoehtojen (prosessivaihtoehdot 1 ja 2, kuivaläjitys ja märkäläjitys, erilaiset pohja- ja pintarakenneratkaisut) osalta pohjavesiympäristössä tapahtuvan laimentumisen ja reaktioiden seurauksena suotovedessä vähäisesti kohonneina esiintyvät pitoisuudet voivat jäädä merkityksettömiksi. Nikkeli, kloridi ja sulfaatti ovat keskeisimpiä haitta-aineita. Myös ravinteista typpi ja erityisesti fosfori ovat huomionarvoisia. (AFRY Finland Oy 2023e.) Rikastushiekka-alueen alapuoliseen maaperään voi siten kohdistua haitallisia vaikutuksia ja siten mahdollisesti maaperän pilaantumista. Vaikutuksen arvioidaan jäävän pienialaiseksi ja se on suuruusluokaltaan pieni. Suoto-, pinta- ja pohjavesien laatua tullaan tarkkailemaan viranomaisten hyväksymällä tavalla. Kaivoksen toiminta-aikaista tarkkailusuunnitelmaa päivitetään vastaamaan sulkemisen jälkeistä aikaa.

11.3.4 Vaikutusten merkittävyys

Kaikissa hankevaihtoehdoissa (VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b) vaikutukset maa- ja kallioperään ovat toisiaan vastaavat. Toiminta-alueiden herkkyyden maa- ja kallioperään kohdistuville vaikutuksille on arvioitu olevan vähäinen. Alueilla ei ole erityisiä tai arvokkaita maaperä- tai kalliomuodostumia, joihin vaikutukset kohdistuvat, ja alueita on osin jo muokattu. Vaikutusten suuruus on arvioitu maaperän osalta rakentamisvaiheessa keskisuureksi toiminnan laajuuden ja käsiteltävien massamäärien johdosta ja toimintavaiheessa pieneksi. Lisäksi toiminnasta aiheutuu maaperän pilaantumisvaara. Kallioperän osalta vaikutusten suuruusluokan on arvioitu olevan suuri sekä rakentamis- että toimintavaiheessa louhintamäärien ja muutosten pysyvyyden johdosta. Rakentamisvaiheessa vaikutusten merkittävyyden arvioidaan olevan **kohtalainen kielteinen**. Myös toimintavaiheessa vaikutusten merkittävyys on **kohtalainen kielteinen** (Taulukko 11-7). Sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen vaikutusten merkittävyyden on arvioitu olevan **vähäinen kielteinen** (Taulukko 11-8).

Taulukko 11-7 Rakentamis- ja toimintavaiheet, maa- ja kallioperävaikutusten merkittävyys eri vaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Herkkyys \ Suuruus	Suuri muutos - - -	Keskisuuri muutos - -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos + +	Suuri muutos + + +
Vähäinen herkkyys	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b			VE0			
Kohtalainen herkkyys							
Suuri herkkyys							

Taulukko 11-8 Sulkemisvaihe, maa- ja kallioperävaikutusten merkittävyys eri vaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Herkkyys \ Suuruus	Suuri muutos - - -	Keskisuuri muutos - -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos + +	Suuri muutos + + +
Vähäinen herkkyys			VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b	VE0			
Kohtalainen herkkyys							
Suuri herkkyys							

11.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Kaivoksen suunnittelussa huomioidaan koko sen elinkaaren ajan (suunnitteluvaihe, rakentamis- ja tuotantovaihe, sulkemisvaihe) ympäristöä säästävät ratkaisut. Maaperän osalta se tarkoittaa mm. toimintojen sijoittelua siten, että pinta- ja irtomaan kaivuumäärät saadaan minimoitua. Kaivoksen louhinnan suunnittelun yhtenä tavoitteena on vastaavasti minimoida syntyvän sivukiven määrä. Toisaalta sivukiveä pystytään hyödyntämään maanpäällisissä rakenteissa, jolloin louhittavan tarvekiven määrä pienenee.

Kaikki varastoaltaisiin ja tarvittavilta osin myös toiminta-alueisiin liittyvät suojausrakenteet toteutetaan parasta käytössä olevaa tekniikkaa (BAT) käyttäen.

Käytettävän kaluston säännöllisellä huoltamisella ja rikkoutuneiden osien välittömällä korjaamisella vähennetään poltto- ja voiteluainevuodoista aiheutuvia maaperän pilaantumisriskejä. Kemikaalit ja polttoaineet varastoidaan asianmukaisesti suojatuissa tiloissa. Onnettomuustilanteisiin varaudutaan suojarakenteilla ja toimintaohjeilla.

Kaivoksen sulkemissuunnitelma kattaa koko kaivoksen elinkaaren. Suoritettavilla toimenpiteillä vähennetään maa- ja kallioperään mahdollisesti kohdistuvia haitallisia vaikutuksia.

Uusi lievennystoimenpide (välttämistoimet)

Nykyinen Sakatin kaivossuunnitelma sisältää pääesiintymän ja sen koillispuolelle sijoittuvan satelliittiesiintymän NE louhinnan. Uutena lievennystoimenpiteenä on esitetty satelliittiesiintymän NE poisjättämistä kaivossuunnitelmasta, jota kutsutaan välttämistoimet -nimellä. Sen seurauksena louhinta tehtäisiin kaivoksen toimintavuosina vain pääesiintymän alueelle. Maaperän osalta tällä ei ole vaikutuksia. Kallioperän osalta malmin kokonaislouhintamäärään ei tule muutosta. Sivukiven louhintamäärä saattaa hieman pienentyä, mutta suhteutettuna kokonaislouhintamäärään, muutos on merkityksetön. Suunnitellut välttämistoimenpiteet eivät siten muuta maa- ja kallioperään kohdistuvien vaikutusten merkittävyyttä.

15 Vaikutukset ilmastoon ja ilmanlaatuun

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
15.2.1. Nykytilan kuvaus	Luvun 15.2.1 Ilmastonmuutoksen vaikutuksia hankealueella -osuutta on ajantasaistettu YVA-selostuksen laadinnan jälkeen uudistuneiden ilmastomallien ja -skenaarioiden ja Ilmatieteen laitoksen laatimien Keski-Lappia koskevilla RCP-ilmastoskenaarioiden kuvauksilla. Täydennyksessä on tarkasteltu päivitetyissä vesitasemallinnuksessa ja maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksissa käytettyjen ilmastonmuutosskenaarioiden yhdenmukaisuutta ja ajantasaisuutta suhteessa uusimpiin ilmastoskenaarioihin (Ruosteenoja ym. 2016, Ruosteenoja & Jylhä 2021).	Mallinnuksen ilmastonmuutosskenaarioiden ajantasaisuutta tulee tarkastella ja laskea pohjavesimallilla käyttäen uusimpia ilmastonmuutosskenaarion arvioita Suomelle (Ruosteenoja ym. 2016).

15.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus

Lukuun ei ole tullut muutosta.

15.2 Nykytila

15.2.1 Nykytilan kuvaus

Lukuun ei ole tullut muutosta.

15.2.2 Nykytilan kuvaus

Ilmastonmuutoksen vaikutukset hankealueella

Ilmaston tulevaa kehitystä kuvataan malleilla, jotka jäljittelevät maapallon ilmastojärjestelmää fysiikan lakeihin perustuvien matemaattisten yhtälöiden avulla. Niiden avulla voidaan arvioida, miten kasvihuonekaasupäästöjen määrän lisääntyminen muuttaa ilmastoa. Mallien vaihtoehtoiset skenaariot kuvaavat mahdollisia kasvihuonekaasupäästöjen ja niiden pitoisuuksien kehityskulkuja. Se, mikä tulevaisuutta kuvaavista skenaarioista toteutuu, ja kuinka paljon maapallon, Keski-Lapin ja hankealueen ilmasto tulee muuttumaan, riippuu maailmanlaajuisista päästömääristä. (Ilmatieteen laitos 2011a, 2011b.)

Ilmastomallien ja -skenaarioiden avulla lasketaan, kuinka paljon lämpötila, sademäärä tai muut ilmastosuureet muuttuvat vuosisadan loppuun mennessä ilmastollisen vertailukauden keskimääräisestä lähtötilanteesta. Ilmatieteen laitoksen laskelmien mukaan lämpötila nousee Suomessa

tulevaisuudessa enemmän ja nopeammin kuin maapallolla keskimäärin. Lämpeneminen on nopeinta pohjoisemmassa Suomessa. Päästöskenaariosta riippuen keskilämpötila kohoaa Keski-Lapissa vuoteen 2085 tultaessa 2,1–6,0 °C ilmastollisesta vertailukaudesta 1981–2010. Lämpötila nousee kaikkina kuukausina. Talvella muutokset ovat suurempia kuin kesällä. Eniten lämpötila kohoaa tammikuussa (2,8–4,6 °C) ja vähiten kesäkuukausina (1,5–2,5 °C). (Ilmatieteen laitos 2022a.) On myös huomattava, että Keski-Lapissakin ilmasto on lämmennyt jo nyt. Vuoden keskilämpötila oli uuden vertailukauden 1991–2020 aikana 0,7 °C korkeampi kuin aiemmalla kaudella 1981–2010.

Myös kaikkien kuukausien sateisuuden ennustetaan lisääntyvän. Vuosittaisten sademäärien arvioidaan kasvavan Keski-Lapissa 7–20 % ennusteessa käytetystä ilmastovertailukaudesta 1981–2010. Tulevaisuudessa sataa vuoden aikana keskimäärin 570–640 mm. Sateisuus lisääntyy eniten marras- ja helmikuun välisenä aikana. Kesällä muutos on pienempi. (Ilmatieteen laitos 2022a.) Ilmaston lämmetessä lumipeite jää ohuemmaksi ja luminen vuodenaika lyhenee. Lumipäivät vähenevät Pohjois-Suomessa 20–30 % ja lumipeitteen massa pienenee 40–70 % tämän vuosisadan loppuun mennessä (Jylhä ym. 2009).

Pitkäaikaisten pohjavesiskenaarioiden perusteella pohjaveden pinnat laskevat ilman lämpötilan kohoamisen ja haihdunnan lisääntymisen seurauksena merkittävästi Pohjois-Suomessa. Ne laskevat etenkin loppukesällä ja syksyllä, koska kevät aikaistuu ja sulamisvesien pohjavesivarastoja täydentävä vaikutus vähenee kesän kuivuusjaksojen pidentyessä. Kesäkauden haihdunnan määrän lisääntyminen ja kasvukauden pidentyminen vaikuttavat myös pohjaveden pinnankorkeuksiin. Syksyisin sadannan lisääntyminen auttaa pohjavesivarastojen täydentymistä. Sateisemmat ja pidemmät syksyt hidastavat routakerroksen muodostumista ja pidentävät pohjavesivaraston täydentymisaikaa. Talven lyheneminen johtaa yleisesti nykyistä korkeampiin pohjaveden pinnantasoihin talvella ja alkukeväällä. (Veijalainen ym. 2012, Suomen ympäristökeskus 2019.)

Ilmastoennusteet pohjautuvat hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) viidennen arviointiraportin (IPCC 2013) malleilla tehtyihin kasvihuonekaasuskenaarioihin (Representative Concentration Pathways, RCP). Nämä skenaariot eroavat päästöoletuksiltaan toisistaan merkittävästi. RCP2.6-skenaarion mukainen kehitys vaatisi voimakkaita päästöjen maailmanlaajuisia leikkauksia. RCP4.5:n maltillisemmat ilmastotoimenpiteet johtaisivat pidemmällä aikavälillä ilmakehän kasvihuonekaasupäästöjen vakiintumiseen, mutta nykyistä selkeästi korkeammalle tasolle. RCP6.0:ssa ja RCP8.5:ssä ei olisi juurikaan päästörajoituksia ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden voimakas kasvu jatkuisi vielä vuodesta 2100 eteenpäin. (Ilmatieteen laitos 2017.)

Ilmastomalleja ja -skenaarioita kehitetään jatkuvasti (Ilmatieteen laitos 2011c). Suomen ilmastonmuutosskenaariot on päivitetty IPCC:n uusimman kuudennen arviointiraportin (IPCC 2021) ilmastomallien ja yleisiä sosioekonomisia kehityspolkuja kuvaavien skenaarioiden (Shared Socioeconomic Pathways, SSP) mukaisiksi. Suomen osalta uusimpien mallien ja skenaarioiden avulla lasketut kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kehitykset poikkeavat hieman aiemmista RCP-skenaarioista. Kesät näyttävät lämpiävän uusissa skenaarioissa jonkin verran aiempaa enemmän. Koska muutos lämpenemisen voimakkuudessa on suhteellisen pieni eivätkä sademäärän muutosennusteet ole juurikaan muuttuneet, uudemmat SSP-skenaariolaskelmat eivät poikkea kokonaisuudessaan merkittävästi aiemmista RCP-laskelmista. (Ruosteenoja & Jylhä 2021, Ilmatieteen laitos 2022b.) Tämän vuoksi

RCP-skenaariot, joita on käytetty Sakatin kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointia varten laadituissa vesi- ja ainetasemallinnuksissa sekä pohjaveden virtausmallinnuksessa, ovat mallinnusten tarkkuuskin huomioiden yhä asianmukaisia. RCP-skenaarioille (Ruosteenoja ym. 2016) on löydettävissä uusista päästöskenaarioista SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP4-6.0 ja SSP5-8.5 vastinparit. SSP-skenaarioiden nimien lopussa olevat lukuarvot ilmaisevat RCP-skenaarioiden tavoin vuosisadan lopun odotettua kasvihuonekaasujen ja pienhiukkasten pitoisuuksien muutosten aiheuttamaa säteilypakotetta eli maapallon lämpötaseen epätasapainoa.

Sakatin kaivoksen vesi- ja ainetasemallinnuksessa (AFRY Finland Oy 2023a) on tarkasteltu keskimääräistä ja poikkeuksellisen sateista vuotta sekä eri ilmastoskenaarioita. Arvioinnissa käytetty ennusteaineisto perustuu Ruotsin ilmatieteen ja hydrologian laitoksen SMHI:n hydrologisen HYPE-mallin datapalvelusta (SMHI 2023) saataviin vuosien 1971–2100 sadanta- ja lämpötilaennusteisiin, jotka on haettu hankealueella sijaitsevalle koordinaattipisteelle. SMHI:n aineistosta on poimittu vesitasemallinnusta varten eri päästöjen kehityskulkua kuvaavien skenaarioiden ilmastomallit. Säähavaintoina on käytetty Ilmatieteen laitoksen Sodankylän Tähtelän havaintoaseman tietoja.

Ilmatieteen laitoksen ilmastoennusteet on tehty koko maapalloa koskevilla ilmastomalleilla, kun taas vesitasemallinnuksen ennusteet pohjautuvat alueellisiin malleihin. SMHI on laatinut yhdelletoista eri ilmastonmuutosskenaariolle Eurooppa-tasoiset ennusteet, jotka pohjautuvat EURO-CORDEXin (2021) alueellisten ilmastomallien RCP2.6-, RCP4.5- ja RCP8.5-skenaarioihin; käsiteltävät skenaariot ovat samat kuin Ruosteenojan ym. (2016) Suomea koskevat skenaariot. Alueellisissa ilmastomalleissa pyritään hilapisteiden määrää lisäämällä ja laskenta-aluetta rajaamalla tarkentamaan maailmanlaajuisten ilmastomallien ennusteita. Niiden avulla voidaan saada tietoa lämpötilan, sateisuuden ja muiden sääsuureiden alueellisesta jakaumasta myös sieltä, mistä varsinaisia säähavaintoja ei ole saatavissa. Rajoitetun alueen ilmastomallissa ongelmana on, että ilma virtailee mallin rajatun laskenta-alueen reunoilla sisään ja ulos. Siksi pelkästään alueellisten mallien tuloksia tarkasteltaessa ei nähdä, kuinka paljon eri ilmastomallien tulokset oikeasti poikkeavat toisistaan. Alueellisia malleja voidaan pitää eräänlaisena suurennuslasina, joka tuo mallinnettuun ilmastoon yksityiskohtia muuttamatta kuvan perusrakennetta. Maailmanlaajuisen mallin puutteita ne eivät pysty kuitenkaan korjaamaan. (Ilmatieteen laitos 2011d.)

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on tarkasteltu myös Sakatin maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) yhteydessä. Valitun hydrologisen tutkimusalueen pohjaveden muodostumisnopeutta on arvioitu MIKE SHE -mallin avulla käyttämällä mallinnuksessa viranomaisen kanssa sovittua RCP4.5-ilmastoskenaariota. Lämpötilaa ja sadantaa koskeva ennusteaineisto (Copernicus 2023a) on EU:n Copernicus-ohjelman Climate Data Store -palvelusta (Copernicus 2023b). Se perustuu vesitasemallinnuksessa käytetyn aineiston tavoin alueellisilla ilmastomalleilla tehtyihin ennusteisiin. Säähavaintoaineistona on käytetty Ilmatieteen laitoksen Sodankylän Tähtelän aseman tietoja. Haihdunta on arvioitu ennustetun keskilämpötilan ja suhteellisen kosteuden avulla Romanenko-menetelmällä.

Pohjaveden virtausmallinnus käyttää ilmastonmuutosarvioinnissa RCP4.5-kasvihuonekaasuskenaariota. Valinta kuvaa keskimääräistä oletettua ilmastokehitystä. Ruosteenoja & Jylhä (2021) toteavat uudempien SSP-skenaarioiden tarkastelun yhteydessä, että ilmastopolitiikan tavoitteet, ja jo tähän mennessä hyväksytyt ilmastosopimukset huomioiden, SSP3-7.0- ja etenkin SSP5-8.5-skenaario

näyttää varsin epätodennäköiseltä tulevaisuudenkuvalta. Heidän havaintonsa voidaan olettaa koskevan myös aiemman ilmastomallisukupolven RCP8.5-skenaariota. RCP4.6-skenaariota vastaava SSP2-4.5-skenaario vaikuttaa Ruosteenojan & Jylhän (2021) mukaan olevan tällä hetkellä lähimpänä todennäköisesti toteutuvaa tulevaisuutta. Skenaarion kehitykseen päädyttäisiin, kun osa maailman valtioista toteuttaa sovitut päästövähennystavoitteet tunnollisesti joidenkin muiden valtioiden ollessa tavoitteiden osalta leväperäisempiä. Yltäminen SSP1-2.6-skenaarion ja sitä vastaavaan RCP-skenaarion RCP2.6 päästövähennysurille on puolestaan erittäin haastavaa. Se vaatisi maailman valtioilta selvästi nykyisiä ilmastositoumuksia suurempia konkreettisia päästövähennyksiä.

Vesitasemallinnuksen RCP2.6-, RCP4.5- ja RCP8.5-skenaarioissa kaivoksen vuosien 2031–2060 tuotantovaiheen keskisadanta on 555 millimetriä, 568 millimetriä ja 631 millimetriä vuodessa. Vuosittainen keskilämpötila nousee samalla aikajänteellä tarkasteltavasta skenaariosta riippuen 2,1, 2,3 ja 2,8 °C:lla. (AFRY Finland Oy 2023a.) Pohjaveden virtausmallinnuksessa ei ole laskettu vuotuista keskisadantaa, vaan esitellään RCP4.5-ilmastoskenaarion vuosien 2020–2100 vuosittaiset sademäärät vaihteluvälinä 365–730 mm. Laskelmien mukaan sademäärät ovat suhteellisen vakioita vuoteen 2030 saakka. Vuoden 2040 jälkeen vuotuiset sademäärät vaihtelevat kuitenkin enemmän. (Itasca Denver Inc. 2023.)

15.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys

Lukuun ei ole tullut muutosta.

15.4 Vaikutusten merkittävyys

Lukuun ei ole tullut muutosta.

15.5 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Lukuun ei ole tullut muutosta.

16 Vaikutukset pohjaveteen

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
16 Vaikutukset pohjaveteen	Selostukseen on lisätty uusi luku 16.3.10 Kaivostoiminnan vaikutukset vesienhoidon tavoitteisiin pohjavesialueilla.	Arviointiselostusta on täydennettävä siten, että siinä huomioidaan vesienhoidon tavoitteet pohjavesialueiden määrällisen ja kemiallisen tilan osalta.
16.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus	Päivitetty käytetty lähtöaineisto, tarkastelualue ja arvioinnin epävarmuustekijät.	-
16.2.3 Maaperän pohjavesi	Lisätty aineistoa pohjaveden muodostumis- ja purkautumisalueista.	-
16.2.4 Lähteet	Lisätty aineistoa tehtyjen lähdekartoitusten pohjalta. Aineistoa tarkasteltu uudelleen hydrogeologisten lähteiden huomioimiseksi.	Yhteysviranomainen katsoo, että YVA-selostusta tulee täydentää lähteitä koskevien tietojen ja määrittelyn osalta. Arvioinnissa tulee tarkastella, sijaitseeko alueella sellaisia hydrogeologisen määritelmän mukaisesti luokiteltuja lähteitä, joita ei ole selostuksessa huomioitu, mutta jotka kuitenkin olisivat vesilailla suojeltuja luonnontilaisia lähteitä.
16.2.5 Kalliopohjavesi	Lisätty aineistoa.	-
16.2.6 Pohjaveden pinnankorkeudet	Lisätty aineistoa.	-
16.2.7 Maa- ja kalliopohjaveden virtaussuunnat	Päivitetty uuden aineiston pohjalta.	-
16.2.8 Maaperän pohjaveden laatu	Päivitetty uuden aineiston pohjalta.	-
16.2.9 Kalliopohjaveden laatu	Päivitetty uuden aineiston pohjalta.	-
16.2.10 Viiankiaavan hydrogeologia	Päivitetty uuden aineiston pohjalta.	-

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
16.3.1 Pohjavesimallinnukset	Luku kirjoitettu kokonaan uudelleen (pohjaveden virtausmallinnus laadittu uudella mallinnusohjelmalla, lisätty tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus). Pohjaveden virtausmallinnuksen konseptuaalista mallia ja geologista kuvausta on tarkennettu. Mallien epävarmuuksia ja herkkyystarkastelua käsitelty aiempaa laajemmin.	Mallia tulee tarkistaa geologisen kuvauksen osalta ja varmistaa, ettei geologista kuvausta ole yleistetty liikaa pohjaveden virtausmalliin Useat YVA-selostuksen vaikutusarvioinnit nojautuvat pohjavesimallinnuksen tuloksiin. Pohjavesimallinnukseen ja vesitasemallinnukseen sekä kaivannaisjätteiden karakterisointiin liittyvät puutteet aiheuttavat merkittävän epävarmuuden, joka heijastuu edelleen muihin tarkasteluihin, joissa käytetään näiden tarkastelujen tuloksia lähtötietoina. Virhelähteet ja epävarmuus heijastuvat mm. pohjavesivaikutusten arviointeihin.
16.3.2 Pohjaveden virtausmallinnusten soveltamismahdollisuudet eri hankevaihtoehdoissa	Päivitetty uuden aineiston pohjalta.	-
16.3.3 Pohjaveden geokemiallinen mallinnus	Päivitetty ja täydennetty uuden aineiston pohjalta. Epävarmuuksia on tarkasteltu aiempaa laajemmin.	Useat YVA-selostuksen vaikutusarvioinnit nojautuvat pohjavesimallinnuksen tuloksiin. Pohjavesimallinnukseen ja vesitasemallinnukseen sekä kaivannaisjätteiden karakterisointiin liittyvät puutteet aiheuttavat merkittävän epävarmuuden, joka heijastuu edelleen muihin tarkasteluihin, joissa käytetään näiden tarkastelujen tuloksia lähtötietoina. Virhelähteet ja epävarmuus heijastuvat mm. pohjavesivaikutusten arviointeihin.
16.3.4 Ilmastonmuutoksen vaikutus	Päivitetty ja huomioitu uusi pohjaveden virtausmallinnus.	-
16.3.5 Rakentamisen aikaiset vaikutukset	Vaikutukset arvioitu uudelleen uusien mallinnusten ja uuden lähtöaineiston pohjalta. Erityistä huomiota on kiinnitetty lähteisiin kohdistuviin vaikutuksiin. Huomioitu myös kairareikien tulppaamisen vaikutukset. Vesilain mukaisesta lähteiden vaarantamiskiellosta poikkeamisen tarvetta on tarkasteltu tekstissä.	Lähteisiin kohdistuvien vaikutusten arviointia tulee myös täydentää ja tarkentaa, huomioiden pohjaveden pinnankorkeuden lisäksi myös veden laatuun kohdistuvat vaikutukset. Luonnontilaisen lähteen luonnontilan vaarantaminen on vesilain (VL 2 luku 11 §) mukaan kielletty. Yhteysviranomainen

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
		toteaa, että vesilaki ei kuitenkaan erottele lähteitä sen mukaan, onko ne luokiteltu hydrogeologisin vai biologisin perustein. Yhteysviranomainen katsoo, että lähteisiin kohdistuvia vaikutuksia tulee tarkastella uudelleen, ja ottaa huomioon vesilain mukaisesta lähteiden vaarantamiskiellosta poikkeamisen tarve.
	Tarvekivilouhoksesta aiheutuvat pohjavesivaikutukset on arvioitu.	Yhteysviranomainen toteaa, että tehdasalueen rakentamisen, tarvekivilouhoksen sijainnin ja otettavan tarvekiven määrän vaikutukset Kuusivaaran alueella muodostuvaan, varastoituvaan ja purkautuvaan pohjaveden määrään ja laatuun tulee arvioida. Lisäksi näiden mahdollisten muutosten vaikutukset Kuusivaaraa ympäröiviin suoalueisiin sekä lähteisiin tulee selvittää ja arvioida. Erityisesti asia korostuu, mikäli tarvekivilouhos sijoitetaan jatkosuunnittelussa hankevaihtoehtojen VE3a tai VE3b mukaisesti Kuusivaaran lakiosaan.
16.3.6 Toiminnan aikaiset vaikutukset	Vaikutukset arvioitu uudelleen uusien mallinnusten ja uuden lähtöaineiston pohjalta. Erityistä huomiota on kiinnitetty lähteisiin kohdistuviin vaikutuksiin.	Lähteisiin kohdistuvien vaikutusten arviointia tulee myös täydentää ja tarkentaa, huomioiden pohjaveden pinnankorkeuden lisäksi myös veden laatuun kohdistuvat vaikutukset.
	Vesilain mukaisesta lähteiden vaarantamiskiellosta poikkeamisen tarvetta on tarkasteltu tekstissä.	Luonnontilaisen lähteen luonnontilan vaarantaminen on vesilain (VL 2 luku 11 §) mukaan kielletty. Yhteysviranomainen toteaa, että vesilaki ei kuitenkaan erottele lähteitä sen mukaan, onko ne luokiteltu hydrogeologisin vai biologisin perustein. Yhteysviranomainen katsoo, että lähteisiin kohdistuvia vaikutuksia tulee tarkastella uudelleen, ja ottaa huomioon vesilain mukaisesta lähteiden vaarantamiskiellosta poikkeamisen tarve.
	Rikastushiekka-alueesta aiheutuvaa maaperän ja pohjaveden pilaantumisvaaraa on tarkasteltu uuden lähtöaineiston pohjalta.	Arviointiselostuksessa on myös todettu muun muassa, että pohjaveden ympäristölaatunormien on laskettu ylittyvän sekä kuiva- että märkäläjityksen alapuolella, märkäläjityksen ylityksen ollessa korkeampia. Läjityksen osalta on siten tunnistettavissa maaperän ja pohjaveden pilaantumisvaara, mitä voidaan pitää merkittävänä ympäristövaikutuksena, jota tulee tarkastella myös YVA-

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
		selostuksessa. Epäselväksi jää, mitä vaikutuksia tällä voi olla ottaen huomioon läjityksen sijoittumisvaihtoehdot, ja toisaalta, onko realistisia mahdollisuuksia ehkäistä pilaantumista.
	Hankesuunnittelu on edennyt YVA-selostuksen jättämisen jälkeen ja hankkeesta vastaava on päättänyt, että rakennettavat sivukivialueet ovat väliaikaisia eikä sivukiveä tule jäämään pysyvästi maan päälle. Näin ollen pysyvän sivukiviläjityksen vaikutuksia ei ole tarkasteltu.	YVA-selostusta tulee täydentää niin, että siinä huomioidaan pysyvän sivukiviläjityksen vaikutukset ympäristöön ja tarkastellaan niiden ehkäisemistä ja vähentämistä.
16.3.7 Sulkemisen aikaiset vaikutukset	Vaikutukset arvioitu uudelleen.	-
16.3.8 Vaikutusten merkittävyys	Vaikutusten merkittävyys on arvioitu uudelleen.	-
16.3.10 Kaivostoiminnan vaikutukset vesienhoidon tavoitteisiin pohjavesialueilla	Lisätty uusi luku vaikutuksista vesienhoidon tavoitteisiin.	Arviointiselostusta on täydennettävä siten, että siinä huomioidaan vesienhoidon tavoitteet pohjavesialueiden määrällisen ja kemiallisen tilan osalta
16.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen	Päivitetty, lisätty kuvaus välttämistoimien vaikutuksista.	-

Pohjavedenvirtausmallinnukseen liittyvät viranomaisten esittämät täydennysvaatimukset (Lapin ELY-keskus 2021) ja niiden huomioon ottaminen on esitetty liitteen 4 yhdistelmätaulukossa sekä liitteessä 9 esitetyssä pohjavedenvirtausmallinnusta käsittelevässä raportissa (Itasca Denver Inc. 2023). Lisäksi ne on esitetty alla olevassa taulukossa lukemisen helpottamiseksi. Taulukossa esitetään viittaukset lukuihin, joissa ko. asiaa on tarkemmin käsitelty. Jos viittaukset koskevat pohjaveden virtausmallinnusraporttia, on käytetty viitettä IItasca Denver Inc. 2023. Muussa tapauksessa viittaus tarkoittaa tämän YVA-täydennyksen lukua.

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
3.1, 4.1, 4.2 ja 4.3 (Itasca Denver Inc. 2023) **16.3.1**	Pohjaveden virtausmallin pohjana oleva konseptuaalinen malli on päivitetty ja geologista kuvausta on tarkennettu. Laajan uusimman tutkimustiedon lisäksi mallinnuksessa on hyödynnetty uusimpia geologisia malleja vuodelta 2021.	Mallia tulee tarkistaa geologisen kuvauksen osalta ja varmistaa, ettei geologista kuvausta ole yleistetty liikaa pohjaveden virtausmalliin.

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
Maanalaisen kaivoksen numeerinen pohjavesimallinnus	MINEDW-mallinnusohjelmalla tehdyn pohjaveden monikerroksisen virtausmallin huomattavan suuri kerrosmäärä ja aktiivisten elementtien määrä mahdollistavat tarkan geologisen kuvauksen. Pohjaveden virtausmallissa on maanalaisen kaivoksen läheisyydessä 34–75 vertikaalista kerrosta. Vinotunnelien kohdalla mallikerrosten määrä kasvaa syvemmälle mentäessä. Mallissa on yli 2,5 miljoonaa aktiivista elementtiä.	
3.2 (Itasca Denver Inc. 2023)	Pohjaveden virtausmallissa on hyödynnetty Sodankylän Tähtelän sääaseman sadanta- ja lämpötila-aineistoa.	Mallissa tulee hyödyntää alueellista sadanta- ja lämpötila-aineistoa.
3.4 ja 4.4 (Itasca Denver Inc. 2023)	Pohjaveden virtausmallissa on hyödynnetty koko mallinnusalueelta saatavissa oleva, laaja pohjaveden pinnankorkeuden havaintoaineisto (111 havaintopistettä). Mallinnusaluetta on laajennettu luonnollisille vedenjakaja-alueille siten, että mallinnusalueen ulkopuolisilla pohjaveden pinnankorkeuden havainnoilla ei ole merkitystä mallinnusalueeseen.	Mallissa tulisi hyödyntää laaja-alaisempaa pohjaveden pinnankorkeusaineistoa, mikäli sitä on saatavilla.
3.2.4 ja 4.5 (Itasca Denver Inc. 2023)	Pohjaveden muodostumisen kuvaus on tarkentunut huomattavasti aikaisemmasta. Pohjaveden muodostumista (lumien sulamisvedet, sadanta) on mallinnettu käyttäen MIKE SHE -mallia, jonka perusteella pohjaveden virtausmalliin on määritetty pohjaveden muodostumis- ja purkautumisalueet sekä ajallisesti muuttuvat pohjaveden muodostumisnopeudet eri maalajiyksiköille. Pohjaveden muodostumisalueet, muodostumismäärät ja muodostumisnopeudet on kuvattu mallinnusraportissa. Pohjavesimallissa muodostumisnopeudet eri maalajitteille ovat ylempi moreeni 0,18 mm/vrk, heikommin vettä läpäisevä alempi moreeni 0,1 mm/vrk, lajittuneet kerrostumat 0,73 mm/vrk ja turvemaat 0,2 mm/vrk.	Mallinnusraportissa tulee kuvata selkeästi pohjaveden muodostumisalueet, pohjaveden muodostumismäärän ja nopeuden arviointi. Tulee kiinnittää huomiota siihen, millä tarkkuudella pohjaveden muodostumista on kuvattava, jotta mallilla pystytään arvioimaan luotettavasti pohjaveden pinnankorkeuden muutoksia ja erityisesti pohjaveden pinnan alenemaa muutamista senttimetreistä kymmeneen senttimetriin olevalla tarkkuudella.
3.2.2 ja 3.2.4 (Itasca Denver Inc. 2023)	Haihdunta on huomioitu MIKE SHE -mallissa, jota on käytetty mallintamaan pohjaveden muodostumista.	Pohjaveden muodostumismäärän laskennassa tulisi huomioida haihdunta, jotta potentiaalinen pohjaveden muodostumisen määrän arviointi olisi luotettavampi lumettomana aikana.
3.2.4 ja 4.5 (Itasca Denver Inc. 2023)	Pohjaveden muodostumismäärän ja nopeuden arvioinnissa on käytetty numeerista MIKE SHE -mallia, jonka perusteella pohjaveden virtausmalliin on määritetty pohjaveden muodostumis- ja purkautumisalueet sekä pohjaveden muodostumisnopeudet.	Pohjaveden muodostumismäärän ja -nopeuden arvioinnissa tulisi hyödyntää numeerisia malleja ja edelleen niiden tuloksia pohjaveden virtausmallissa.

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
3.5 ja Liite B (Itasca Denver Inc. 2023)	Pohjaveden virtausmallissa on huomioitu pohjaveden virtaus vinotunneleihin, tuotantotunneleihin sekä louhosperiin ja louhoksiin. Lisäksi herkkyysanalyysissä mallinnettiin kaivostäytön erilaisten vedenjohtavuusarvojen vaikutusta pohjaveden pinnankorkeuden alenemiin. Kaivostäytöt ja niiden hydrauliset ominaisuudet on kuvattu mallinnusraportissa.	Pohjavesimallissa tulee huomioida pohjaveden virtaus vinotunneleihin, tuotantotunneleihin sekä louhosperiin ja louhoksiin. Mallinnuksessa tulee huomioida erilaiset kaivostäytöt sekä niiden hydrauliset ominaisuudet.
3.2.3 (Itasca Denver Inc. 2023)	Pohjaveden virtausmallinnuksen pohjana käytetyssä MIKE SHE -mallissa käytettiin Suomen ympäristökeskuksen lumen sulantaa kuvaavaa mallia, joka on kalibroitu lumen vesiarvoon.	Lumen sulantaa kuvaava malli tulee kalibroida lumen vesiarvoon, mikäli mahdollista.
4.3 (Itasca Denver Inc. 2023)	Mallinnusraportissa on kuvattu laajasti hankkeen havaintopisteistä mitattuja ja mallin lähtötietona käytettyjä vedenjohtavuusarvoja. Raportissa on myös esitetty taulukko, jossa on esitetty mitattujen ja mallin kalibroimien vedenjohtavuuksien arvot. Kalibroidut K-arvot ovat mitattujen sekä kirjallisuudessa esitettyjen K-arvojen vaihteluvälien sisällä. Eri litologisten kerrosten hydrauliset parametrit poikkeavat toisistaan edelleen kalibroinnin jälkeenkin, kuten luonnontilassa.	Pohjavesimallin kalibroinnissa tulee huomioida eri litologisten kerrosten vedenjohtavuuden vaihteluvälit ja rajoittaa kalibroinnissa vedenjohtavuudet hydrogeologisissa tutkimuksissa saatuihin minimi- ja maksimivedenjohtavuusarvoihin, jotta kalibroinnissa säilytetään eri litologisten kerrosten hydraulisten ominaisuuksien poikkeavuus toisistaan.
4.6 ja 4.8 (Itasca Denver Inc. 2023) **16.3.1** Maanalaisen kaivoksen numeerinen pohjavesimallinnus, mallin kalibrointi	Pohjaveden virtausmalli on kalibroitu numeerisesti sekä steady state -tilanteeseen että transient -tilanteeseen. Steady state -tilanteen kalibroinnissa on käytetty pohjaveden pinnankorkeuden seuranta-aineistoa yhteensä 67 pohjavesiputkesta ja tutkimusreiästä. Transient-tilanteen kalibroinnissa on käytetty pohjavedenpinnan seuranta-aineistoa vuosilta 2012–2021 yhteensä 98 pohjavesiputkesta. Havaittujen ja simuloitujen pohjavedenpintojen välisiä eroja on tarkasteltu erilaisilla hyvin tunnetuilla ja käytetyillä tilastollisilla tunnusluvuilla virtausmallin toimivuuden arvioimiseksi: keskineliövirheen neliöjuuri (*root mean squared error,* RMSE), korrelaatiokertoimen neliö (*coefficient of determination,* r2), keskipoikkeama (*mean absolute error,* MAE) ja keskimääräinen virhe (*mean error,* ME). Tunnuslukujen perusteella sekä steady state- että transient -tilanteen mallit on hyvin kalibroitu.	Kalibrointi tulee suorittaa numeerisesti sekä steady state- että transient -malleille ja esittää kvantitatiivinen tulkinta mallin hyvyydestä.
5.0 ja Liite B (Itasca Denver Inc. 2023) **16.3.1**	Kalibroidulla pohjaveden virtausmallilla on simuloitu kaksi erilaista skenaariota: • 80 % tiivistysskenaario (injektointitehokkuus 80 %) (realistisesti toteutettavissa ja todennäköisin nykytietoon perustuen)	Mallinnuksen avulla tulee tuottaa useita skenaarioita, kuten best ja worst case ilman lieventämistoimenpiteitä sekä erilaisilla lieventämistoimenpiteillä, jotta saadaan arvio pohjaveden

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
Maanalaisen kaivoksen numeerinen pohjavesimallinnus, tulokset ja herkkyystarkastelu	• 65 % tiivistysskenaario (injektointitehokkuus 65 %). 65 % tiivistysskenaario vastaa tilannetta, joka voitaisiin hyväksyä turvallisuuden ja vuotovesien pumppauksen näkökulmasta. Mikäli injektointitehokkuus olisi matalampi, täytyisi kaivostoiminnassa ryhtyä välittömiin toimiin asian korjaamiseksi mm. turvallisuussyistä. Lisäksi kalibroidulla pohjaveden virtausmallilla tehtiin herkkyystarkastelusimulointeja: • Ilmastonmuutoksen simulointi RCP4.5-ilmastoskenaariolla • Simulointi 100 % tiivistysskenaariolla • Simulointi 90 % tiivistysskenaariolla • Simuloinnit kaivostäytön korkeammilla ja matalammilla vedenjohtavuusarvoilla • Simulointi 80 % tiivistysskenaariolla oletuksella, että louhinnan edetessä louhokset täytetään kovettuvalla täytöllä ja niistä tulee täysin tiiviitä ilman täytön kutistumisesta aiheutuvaa vettä johtavaa kanavaa • Simulointi ilman NE-satelliittiesiintymää Lisäksi kalibroidulla pohjavesimallilla simuloitiin maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutusta. Jokaisesta skenaariosta ja simuloinnista on esitetty pohjaveden virtausmallin tuottama arvio pohjaveden pinnankorkeuden alenemista, kaivokseen purkautuvan vuotoveden määrästä ja vaikutuksista Kitisen vesitaseeseen sekä arvio pohjaveden pinnankorkeuden palautumisesta kaivostoiminnan päättymisen jälkeen.	pinnankorkeuksien vaihteluväleistä eri tilanteissa.
5.1.3 ja Liite B (Itasca Denver Inc. 2023)	Mallinnusraportissa on esitetty erilaisten lievennystoimenpiteiden laskentatekninen kuvaus. Lisäksi on esitetty arvio todennäköisimmästä tiivistysskenaariosta (80 % tiivistysskenaario). Toteutettu pohjaveden virtausmallinnus on hyvin konservatiivinen geologisten ominaisuuksien kuvausten suhteen ja malli ennemminkin yliarvioi kuin aliarvioi pohjaveden pinnankorkeuden alenemia ja kaivokseen tulevien vuotovesien määrää. Kaivostoimintojen alue ja sen ympäristö tunnetaan hyvin ja mallinnustyö on tehty huolellisuutta ja varovaisuutta noudattaen.	Lievennystoimenpiteiden osalta mallinnustarkastelussa tulee huomioida niiden toteutukseen ja tehokkuuteen käytännössä liittyvät epävarmuudet saavutettavasta kallioperän tiiveydestä ja hydrogeologisista ominaisuuksista. Mallinnusraportissa tulee kuvata selkeästi erilaisten lievennystoimenpiteiden laskentatekninen kuvaus.

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
	Suunnitellut lievennystoimenpiteet ovat teknisesti toteutettavissa sekä alalla käytettäviä vakiintuneita tiivistys- ja tuentamenetelmiä. Vuotovedet pystytään hallitsemaan ja tarvittava tiivistys maanalaiseen kaivokseen pystytään saavuttamaan.	
3.2.5 ja Liite B (Itasca Denver Inc. 2023) **16.3.1** Maanalaisen kaivoksen numeerinen pohjavesimallinnus, herkkyystarkastelu	Mallinnuksessa käytettävästä ilmastonmuutosskenaariosta on sovittu ELY-keskuksen kanssa ja skenaarioksi on valittu RCP4.5-skenaario.	Mallinnuksen ilmastonmuutosskenaarioiden ajantasaisuutta tulee tarkastella ja laskea pohjavesimallilla käyttäen uusimpia ilmastonmuutosskenaarion arvioita Suomelle.
3.0, 4.0 ja 6.0 (Itasca Denver Inc. 2023)	Mallinnusraportissa on kuvattu laajasti hankkeen havaintopisteistä ja muilta mittausasemilta mitattuja ja mallin lähtötietona käytettyjä parametrejä. Mallissa käytetyt reunaehdot on kuvattu omassa kappaleessaan. Raportissa on esitetty taulukko, jossa on esitetty mitattujen ja mallin kalibroimien vedenjohtavuuksien arvot. Kalibroidut K-arvot ovat mitattujen sekä kirjallisuudessa esitettyjen K-arvojen vaihteluvälien sisällä. Lisäksi mallinnusraporttiin on lisätty luku, jossa kuvataan mallin epävarmuudet.	Mallinnusraportissa tulee kuvata selkeästi taulukoin mallinnuksessa käytetyt parametrit ja reunaehdot sekä niiden arvot ja arvojen taustalla olevat mittaus- ja kirjallisuustiedot sekä niihin liittyvät epävarmuudet. Pohjavesimallinnuksen parametrisointia ja tuloksia tulisi tarkastella suhteessa eri arvojen todennäköisiin vaihteluväleihin ja virhemarginaaleihin.
6.0 ja Liite B (Itasca Denver Inc. 2023) **16.3.1** Maanalaisen kaivoksen numeerinen pohjavesimallinnus, epävarmuustarkastelu, herkkyystarkastelu	Mallinnusraporttiin on lisätty luku, jossa kuvataan mallin epävarmuudet. Lisäksi mallille on tehty herkkyystarkastelu.	Mallinnustarkasteluun tulee liittää epävarmuuden tarkastelu, jossa tulee käsitellä laaditun mallin epävarmuutta sekä herkkyyttä eri lähtötietojen ja parametrien vaihtelulle, kuten mittausvirheelle. Epävarmuuden arvioinnissa tulee tarkastella mallinnuksen lähtötietojen edustavuutta, kattavuutta ja luotettavuutta.

16.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus

Pohjavesiin mahdollisesti aiheutuvien vaikutusten kohdistumisen kannalta olennaisia ovat etenkin Viiankiaavan Natura-alue, alueen lukuisat lähteet sekä luokitellut pohjavesialueet. Vaikutuksia on mahdollista aiheutua niin pohjavesipintojen tasoihin ja virtauksiin kuin pohjaveden laatuun. Pohjavesivaikutusten arviointi perustuu kattavaan pohjaveden virtausmallinnukseen, joka on laadittu

erillisselvityksenä perustuen mittaviin lähtöaineistoihin. Pohjavesivaikutusten arvioinnissa on käytetty pohjaveden pinnankorkeuden seuranta-aineistoa (ajalla 2012–2021), perustilaselvitystyön yhteydessä kerättyä vedenlaatuaineistoa (2015–2021), aikaisempia hydrologisia ja hydrogeologisia maastotutkimuksia ja niihin perustuvia selvityksiä (mm. Helsingin yliopisto 2014–2019 (esim. Salonen ym. 2014, 2015; Korkka-Niemi ym. 2017) ja SRK Consulting Ltd. 2019c) sekä pohjaveden virtausmalleja Sakatin hankealueen ja sen lähiympäristön pohjavesiolosuhteista ja -virtauksista (Helsingin yliopisto 2017–2019 (esim. Åberg ym. 2017a, 2017b, 2019), AFRY Finland Oy 2022a ja Itasca Denver Inc. 2023). Pohjavesivaikutusten arvioinnissa arvioidaan mm. maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitopumppauksien vaikutuksia maaperäpohjavesi- ja kalliopohjavesipintoihin perustuen kallioperän rikkonaisuuteen ja vedenjohtavuuteen, maalajitteiden vedenjohtavuuksiin, matalien ja syvien pohjavesien laadullisiin ominaisuuksiin ja hydrologisiin yhteyksiin matalien ja syvien pohjavesimuodostumien välillä sekä pohjavesi- ja pintavesimuodostumien välillä. Tehtyjen selvitysten (mm. AFRY Finland Oy 2023b, 2023c) perusteella arvioidaan muun muassa sivukiven ja rikastushiekan sijoitusalueiden vaikutuksia pohjaveden määrään ja laatuun.

Rakennettavan voimajohdon osalta pohjavesivaikutuksia on tarkasteltu YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 27.

16.1.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue

Kaivostoiminnan pohjavesivaikutukset ovat pääasiassa maarakennustöiden, kallion louhinnan ja louhinta-alueiden kuivatuksen sekä sivukivien ja rikastushiekka-alueiden aiheuttamia määrällisiä ja laadullisia vaikutuksia. Pohjavesivaikutukset muodostuvat rakentamisen ja kaivoksen toiminnan aikana ja osittain myös kaivostoiminnan päättymisen jälkeen.

Pohjaveteen kohdistuvat määrälliset vaikutukset aiheutuvat rakentamisen ensivaiheissa suoritettavasta laaja-alaisesta pintamaakerroksen poistamisesta, joka vaikuttaa matalan maaperän pohjaveden muodostumis- ja virtausolosuhteisiin. Louhintatoiminnan alkaessa ja ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolelle kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivana pitäminen edellyttää pohjaveden poispumppausta louhituista kaivos- ja louhostiloista. Pohjaveden pumppaus aiheuttaa pohjaveden alenemista louhosalueen ympäristössä. Vaikutusalueen laajuus riippuu alueen maaperän ja kallioperän vedenjohtavuudesta sekä kuivatustason syvyydestä.

Kuusivaaran alueelle laaditun tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksen (AFRY Finland Oy 2022a) perusteella on arvioitu tarvekivilouhoksen vaikutuksia pohjavesiolosuhteisiin. Mallinnusalue kattaa noin 13 km^2 alueen, (ks. luku 16.3.1 Kuva 16-8) ja se ulottuu maan pinnalta noin 200 metrin syvyyteen.

Lisäksi arvioinnissa on hyödynnetty maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnusta (Itasca Denver Inc. 2023), joka ulottuu syvimmillään 1 800 metriä alimman kaivostason alapuolelle (noin 2 700 metrin syvyydelle maanpinnasta). Mallinnuksen tarkastelualue kattaa 235 km^2:n alueen sisältäen varsinaisen pääesiintymän ja NE-satelliittiesiintymän lisäksi suunnitellut kaivostunnelit ja maanalaiset tilat, tehdasalueen sekä Viiankiaavan alueen kokonaisuudessaan (mallinnusalue esitetty jäljempänä luvussa 16.3.1, Kuva 16-11). Itasca Denver Inc.:n (2023) mallinnus sisältää myös tarvekivilouhoksen ja maanalaisen kaivoksen yhteisvaikutuksen arvioinnin.

Toiminnan aikaiset pohjaveden laatuun kohdistuvat vaikutukset liittyvät kallion louhintaan ja louhinnan aikana tehtäviin räjäytyksiin sekä kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitovesiin. Louhinnan ja räjäytysten vaikutukset voivat ilmentyä pohjavedessä väliaikaisena samentumisena, kohonneina typpipitoisuuksina ja räjähdysainejääminä. Kallion louhintaan liittyvät pohjaveden laadulliset vaikutukset rajoittuvat louhinta-alueen välittömään läheisyyteen. Sivukivi- ja rikastushiekka-alueiden mahdolliset pohjavesivaikutukset liittyvät metallien liukenemiseen ja suotovesien pääsyyn pohjaveteen. Kaivoksen kuivanapito edellyttää kaivokseen purkautuvien vesien pumppaamista maan pinnalle. Syvä kalliopohjavesi on suolaisempaa kuin matala kalliopohjavesi, joten kuivatuksesta voi aiheutua erilaatuisten pohjavesin sekoittumista. Kaivoksessa on suunniteltu käytettäväksi kahta eri tasolle sijoitettavaa pumppausasemaa, joilla voidaan tarvittaessa välttää erilaatuisten pohjavesien sekoittuminen.

Pohjavesien osalta tarkastelualue ulottuu pohjoisessa Poikkijoenkankaalle ja etelässä Kelujoelle. Lännessä tarkastelualue rajoittuu Kitiseen ja idässä Ylijokeen. Tarkastelualueen rajaus on määritelty tehtyjen pohjaveden virtausmallinnusten (Itasca Denver Inc. 2023, ARFY Finland Oy 2022a) tulosten perusteella huomioiden mallinnuksiin liittyvät epävarmuudet. Kemikaali-, polttoaine- ja rikastekuljetuksiin liittyvien onnettomuusriskien mahdollisia pohjavesivaikutuksia on lisäksi tarkasteltu suunnitelluilla kuljetusreiteillä YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 14 Vaikutukset liikenteeseen esitettyjen rajausten mukaisesti.

16.1.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) täydentämisvaiheen aikana on kertynyt lisää pohjaveden pinnankorkeushavaintoja ja analyysituloksia säännöllisesti toteutetun pohjavesitarkkailun johdosta. Taulukossa (Taulukko 16-1) on esitetty yhteenveto suoritetuista hydrogeologisista tutkimuksista. Olennaisimmat pohjavesiolosuhteiden selvittämiseen liittyvät raportit ja julkaisut on esitetty YVA-selostuksessa luvussa 16.1.2 (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a).

Pohjavesivaikutuksia on arvioitu asiantuntija-arviona olemassa olevien selvitysten ja vastaavista hankkeista saatavilla olleen tiedon perusteella. Vaikutusten arviointi perustuu pitkälti YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) valmistumisen jälkeen tehtyihin pohjaveden virtausmallinnuksiin (Itasca Denver Inc. 2023, AFRY Finland Oy 2022a), maanalaisen kaivoksen geokemialliseen mallinnukseen (Stantec Consulting Ltd. 2023), tarvekivilouhoksen veden laadun mallintamiseen (AFRY Finland Oy 2022b) sekä erillisraportteihin (AFRY Finland Oy 2022c, 2023a, 2023b, 2023c, 2023d).

Taulukko 16-1 Yhteenveto suoritetuista hydrogeologisista tutkimuksista.

Hydrogeologinen työ 2012 ja 2015-2021	Testausmenetelmä tai asennus	Ajanjakso	Määrä
Pohjaveden havaintoputki	Matala maaperäpohjavesiputki	2012; 2017–2021	46 havaintoputkea
	Kalliopohjavesihavaintoputki	2017–2021	65 havaintoputkea
Näytteenotto	Turvenäytteenotto	3/2015; 4/2019	9 näytepaikkaa
	Kerrosvesinäytteenotto	11/2016–3/2019	21 kairareikää
	Vesinäytteenotto	1/2015–10/2021	1 040 vesinäytettä
	Stabiilien isotooppien seurantaohjelma	8/2015–9/2020	580 vesinäytettä
Geofysikaaliset tutkimukset	Maatutkaus	3/2015; 8/2015; 3–4/2017; 9/2017; 4/2019; 12/2019; 1/2020	185 linjakilometriä (152 kilometriä Viiankiaavalla, Kuusivaarassa tai niiden lähialueilla)
	Maageofysiikka (VLF)	10/2018	5 linjakilometriä
	Lämpökamerakuvaus (drone)	8/2015–8/2017	71 linjakilometriä
	Reikägeofysiikka	11/2016–4/2019	32 kairareikää
Hydrogeologinen testaus	Pumppauskokeet (lyhyt- ja pitkäkestoiset)	11/2016–5/2018	21 pumppauskoetta
	Vedenjohtavuustestaus	11/2016–5/2018	15 testiä
	Vesihävikkikoe (Packer-testaus)	11/2016–3/2021	57 kairareikää, 281 testiä
Maaperätutkimukset	Tutkimuskaivannot	8/2015; 9/2017	12 kaivantoa
	Maaperänäytteet kaivantojen yhteydessä	8/2015; 9/2018	37 näytettä
	Maaperänäytteet pohjavesiputkien asentamisen yhteydessä	3/2017; 4/2018	89 näytettä

16.1.3 Arvioinnin epävarmuustekijät

Pohjaveden laatuun mahdollisesti vaikuttavien tekijöiden osalta suurimmat epävarmuustekijät liittyvät tilapäiseltä sivukivien sijoitusalueelta ja pysyvältä rikastushiekka-alueelta pohjaveteen suotautuviin suotovesimääriin sekä niiden sisältämien haitta-aineiden pidättymiseen maaperässä ja kulkeutumiseen pohjaveden mukana. Lisäksi muutokset käytettävissä räjähdysaineissa voivat vaikuttaa louhoksista pumpattavien ja sivukivien sijoitusalueilta suotautuvien vesien laatuun, mistä aiheutuu lievää epävarmuutta pohjavesivaikutusten arviointiin.

Viiankiaavan hydrologiset ja hydrogeologiset ominaisuudet ovat erittäin vaihtelevat ja yhdessä ne muodostavat monimuotoisen kokonaisuuden. Viiankiaavan alueella tiiviin turvekerroksen esiintymisaluetta ei tunneta yksityiskohtaisesti. Kivennäismaalajeissa tapahtuvan pohjavedenpinnan aleneman vaikutus suoalueen pohjavedenpintaan riippuu olennaisesti tiiviin turvekerroksen esiintymisestä. Tiiviin turpeen pohjakerroksen lisäksi alueella esiintyy huomattavan laajalti yhtenäistä, tiivistä pohjamoreenia. Pohjamoreeni (alempi moreeni, ks. luku 11) on hienoainespitoista (alhaisempi vedenjohtavuus) ja kompaktia (pakkautunutta). Pohjamoreenilla voi olla veden liikettä estävä tai hidastava vaikutus. Mallissa tiivis turvekerros on jätetty pois samoin kuin pohjamoreeni, joten näiltä

osin malli yliarvio veden virtausta kerrosten läpi, ja nämä saattavat johtaa pohjavedenpinnan aleneman yliarvointiin.

Biologisiin menetelmiin perustuvan lähteiden paikallistamisen on todettu olevan haastavaa Viiankiaavan alueella. Aluetta on kartoitettu useina vuosina ja lähteitä on pyritty löytämään niin hydrogeologisin kuin biologisinkin menetelmin. Käytettyjä hydrogeologisia menetelmiä lähdekartoituksissa ovat olleet dronella (miehittämättömällä ilma-aluksella) toteutetut lämpökamerakuvaukset, paikkatietoanalyysit sekä maastotarkastelut lämpötilamittauksineen eri vuodenaikoina. Hydrogeologisten menetelmien avulla lähteiden paikantamista on pystytty parantamaan selkeästi verrattuna pelkin biologisin menetelmin tehtävään lähdekartoitukseen. Voimakkaasti pintavesivaikutteisilla suoalueilla sijaitsevien lähteiden tunnistamiseen biologisin menetelmin liittyy epävarmuustekijöitä. Näillä kohteilla pintavesivaikutus voi peittää pohjavesivaikutteisuuden, jolloin paikalla ei esiinny lainkaan lähdekasvillisuutta.

Tarvekivilouhokseen liittyvä pohjavesimallinnus (AFRY Finland Oy 2022a) on laadittu päävaihtoehdolle VE1. Päävaihtoehdoille VE2 ja VE3 on esitetty mallintajan arvio pohjavedenpinnan alenemisesta. Varsinaiseen kaivostoimintaan liittyvä maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnus (Itasca Denver Inc. 2023) on laadittu vaihtoehdolle VE1a. Muiden vaihtoehtojen osalta arviointi perustuu asiantuntija-arvioon. Maanalaisen kaivoksen sekä tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksiin liittyviä epävarmuuksia on käsitelty erikseen luvussa 16.3.1.

Rikastushiekka-alueen pohjan läpi toiminnan aikana ja sulkemisen jälkeen suotautuvan veden määrää ja laatua on mallinnettu molempien prosessivaihtoehtojen (1 ja 2) mukaisena kuivaläjitysvaihtoehdon osalta (ks. Luku 4). Märkäläjityksen osalta mallinnusta ei ole tehty vaan molempien prosessivaihtoehtojen osalta veden laatu on johdettu kuivaläjityksen päästöparametreista ja prosessiveden laadusta. Geokemiallisiin mallinnuksiin liittyviä epävarmuuksia on käsitelty erikseen luvussa 16.3.3.

16.1.4 Vaikutuskohteiden herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi

Maaperän pohjaveden herkkyyttä muutoksille on arvioitu alueen geologisten olosuhteiden sekä pohjaveden laadun ja pinnankorkeuden perusteella (Taulukko 16-2). Näihin tekijöihin vaikuttavat pohjaveden muodostuminen, meteorologiset tekijät, maaperän vedenjohtavuus, pohjaveden virtausolosuhteet ja pohjaveden käyttö. Kallioperän pohjaveden osalta herkkyyttä on arvioitu kallion vedenjohtavuuden (rikkonaisuuden) ja veden laadun perusteella.

Taulukko 16-2 Pohjaveden herkkyyden kriteerit.

Vähäinen	Alueella ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. Pohjaveden laatu on heikko luonnostaan tai aikaisemman toiminnan vuoksi. Alueen pohjavettä ei käytetä. Alueella ei ole painumaherkkiä rakenteita, rakennuksia tai maalajeja. Vaikutusalueella ei ole lähteitä tai lähteikköjä.
Kohtalainen	Vaikutusalueella on vedenhankintaan soveltuva (2-luokka) pohjavesialue*. Alue, jolla on yksittäisiä talousvesikaivoja tai muutamia pohjavedenpinnan muutoksille herkkiä rakenteita tai rakennuksia. Pohjaveden laatu on todettu joiltain osin puutteelliseksi. Pohjavettä ei käytetä talousvetenä. Kallioperä on rikkonaista ja/tai maaperän vedenjohtavuus on kohtalainen. Vaikutusalueella on lähde tai lähteikkö.

Suuri	Vaikutusalueella on vedenhankintaan varten tärkeä (1-luokka) pohjavesialue*. Alueella on runsaasti yksityisiä talousvesikaivoja ja pohjaveden laatu on moitteeton. Alueelle sijoittuu huomattava kallioperän heikkousvyöhyke ja/tai alueen maaperän vedenjohtavuus on erittäin hyvä. Vaikutusalueella on useita lähteitä tai lähteikköjä.

**Vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annettuun lakiin (1299/2004, muutos 1263/2014) perustuva ELY-keskuksen määrittelemä luokitus: 1-luokka; vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue, jonka vettä käytetään tai jota on tarkoitus käyttää yhdyskunnan vedenhankintaan taikka talousvetenä enemmän kuin keskimäärin 10 kuutiometriä vuorokaudessa tai yli viidenkymmenen ihmisen tarpeisiin, 2-luokka; muu vedenhankintakäyttöön soveltuva pohjavesialue, joka pohjaveden antoisuuden ja muiden ominaisuuksiensa perusteella soveltuu edellä 1-luokan kohdalla tarkoitettuun käyttöön.*

Muutoksen suuruuden arvioimiseen käytetyt kriteerit on esitetty alla (Taulukko 16-3).

Taulukko 16-3 Maa- ja kalliopohjaveden muutoksen suuruuden kriteerit.

Suuri kielteinen	<u>Maaperän pohjavesi</u> Pohjaveden nykyinen tai suunniteltu käyttö rajoittuu. Selvä muutos pohjaveden laadussa ja jotkut talousvedelle asetetut raja-arvot ylittyvät, mikä heikentää pohjaveden kelpoisuutta talousvesikäytössä. Muutokset pohjaveden laadussa vaikuttavat haitallisesti pohjaveden laadusta riippuviin kohteisiin. Muutokset pohjaveden pinnankorkeuksissa ovat suurempia kuin keskimääräinen pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu. Muutokset pohjaveden pinnankorkeudessa vaikuttavat haitallisesti rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin (mukaan lukien lähteet ja lähteiköt). <u>Kallioperän matala pohjavesi</u> Selvä heikennys pohjaveden laadussa. Muutokset pohjaveden painetasossa ovat suurempia kuin keskimääräinen pohjaveden painetason vaihtelu. Muutokset pohjaveden painetasossa vaikuttavat haitallisesti rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin (mukaan lukien lähteet ja lähteiköt). <u>Kallioperän syvä pohjavesi</u> Selvä heikennys pohjaveden laadussa. Muutokset pohjaveden painetasossa vaikuttavat haitallisesti rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin.
Keskisuuri kielteinen	<u>Maaperän pohjavesi</u> Pohjaveden nykyinen tai suunniteltu käyttö voi rajoittua jonkin verran. Pohjaveden laatu muuttuu, mutta pysyy pääosin talousvedelle asetettujen raja-arvojen sisällä. Muutokset pohjaveden laadussa voivat heikentää jonkin verran pohjaveden kelpoisuutta talousvesikäytössä ja vaikuttaa jonkin verran haitallisesti pohjaveden laadusta riippuviin kohteisiin. Muutokset pohjaveden pinnankorkeuksissa ovat samaa tasoa tai ajoittain suurempia kuin keskimääräinen pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu. Muutokset pohjaveden pinnankorkeudessa vaikuttavat jonkin verran rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin (mukaan lukien lähteet ja lähteiköt). <u>Kallioperän matala pohjavesi</u> Vähäinen heikennys pohjaveden laadussa. Muutokset pohjaveden painetasossa ovat samaa tasoa tai ajoittain suurempia kuin keskimääräinen pohjaveden painetason vaihtelu. Muutokset pohjaveden painetasossa vaikuttavat jonkin verran rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin (mukaan lukien lähteet ja lähteiköt). <u>Kallioperän syvä pohjavesi</u> Vähäinen heikennys pohjaveden laadussa. Muutokset pohjaveden painetasossa vaikuttavat jonkin verran haitallisesti rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin.

Pieni kielteinen	Maaperän pohjavesi Nykyiseen tai suunniteltuun vedenhankintakäyttöön ei aiheudu vaikutuksia. Pohjaveden laadun muutos voi olla mitattavissa, mutta pysyy talousvedelle asetettujen raja- arvojen sisällä eikä niistä aiheudu haittaa pohjaveden laadusta riippuviin kohteisiin. Muutokset pohjaveden pinnankorkeudessa voivat olla mitattavissa, mutta niistä ei aiheudu haittaa rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin (mukaan lukien lähteet ja lähteiköt). Kallioperän matala pohjavesi Mitattavissa oleva heikennys pohjaveden laadussa. Muutokset pohjaveden painetasossa ovat mitattavissa, mutta niistä ei aiheudu haittaa rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin (mukaan lukien lähteet ja lähteiköt). Kallioperän syvä pohjavesi Mitattavissa oleva heikennys pohjaveden laadussa. Muutokset pohjaveden painetasossa ovat mitattavissa, mutta niistä ei aiheudu haittaa rakenteisiin tai pohjaveden pinnankorkeudesta riippuviin kohteisiin.
Ei vaikutusta	Ei havaittavaa muutosta pohjavesiin
Pieni myönteinen	Toiminta vähentää jonkin verran pohjavesien kuormitusta ja parantaa jonkin verran pohjaveden määrää tai laatua
Keskisuuri myönteinen	Toiminta vähentää kohtalaisessa määrin pohjavesien kuormitusta ja parantaa kohtalaisesti pohjaveden määrää tai laatua
Suuri myönteinen	Toiminta vähentää suuresti pohjavesien kuormitusta ja parantaa suuresti pohjaveden määrää tai laatua

16.2 Nykytila

16.2.1 Pohjavesialueet

Sakatin hankealueen läheisyydessä sijaitsee viisi luokiteltua pohjavesialuetta, Moskuvaara, Kersilönkangas, Ahvenjärvenkangas, Pahalaksonmaa ja Myllykangas (Taulukko 16-4 ja Kuva 16-1).

Suomessa on tehty pohjavesialueiden uudelleenluokittelu kattaen koko Suomen pohjavesialueet (laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain muuttamisesta 1263/2014). Uudessa luokittelussa on kaksi luokkaa (1 ja 2), joiden lisäksi huomioidaan pohjavesialueet, joista pintavesi- ja maaekosysteemit ovat riippuvaisia (E-luokka). Aikaisemmassa pohjavesialueiden luokittelussa oli kolme luokkaa (I-III), jotka perustuivat vedenhankinnalliseen merkitykseen sekä suojelullisiin näkökohtiin.

1-luokkaan kuuluvat alueet ovat vedenhankintaa varten tärkeitä pohjavesialueita, joiden vettä käytetään tai jota on tarkoitus käyttää yhdyskunnan vedenhankintaan taikka talousvetenä enemmän kuin keskimäärin 10 m^3/vrk tai yli viidenkymmenen ihmisen tarpeisiin. 2-luokkaan luokitellaan muut vedenhankintakäyttöön soveltuvat pohjavesialueet, jotka pohjaveden antoisuuden ja muiden ominaisuuksiensa perusteella soveltuvat 1-luokan mukaiseen käyttöön.

Vuoden 2019 uuden luokituksen yhteydessä (Kupila ym. 2020) Sakatin hankealueen läheisyydessä sijainneet Ahvenjärvenkankaan (12758184) ja Hietakankaan (18758185) pohjavesialueet yhdistettiin yhdeksi uudeksi pohjavesialueeksi (Ahvenjärvenkangas 12758281).

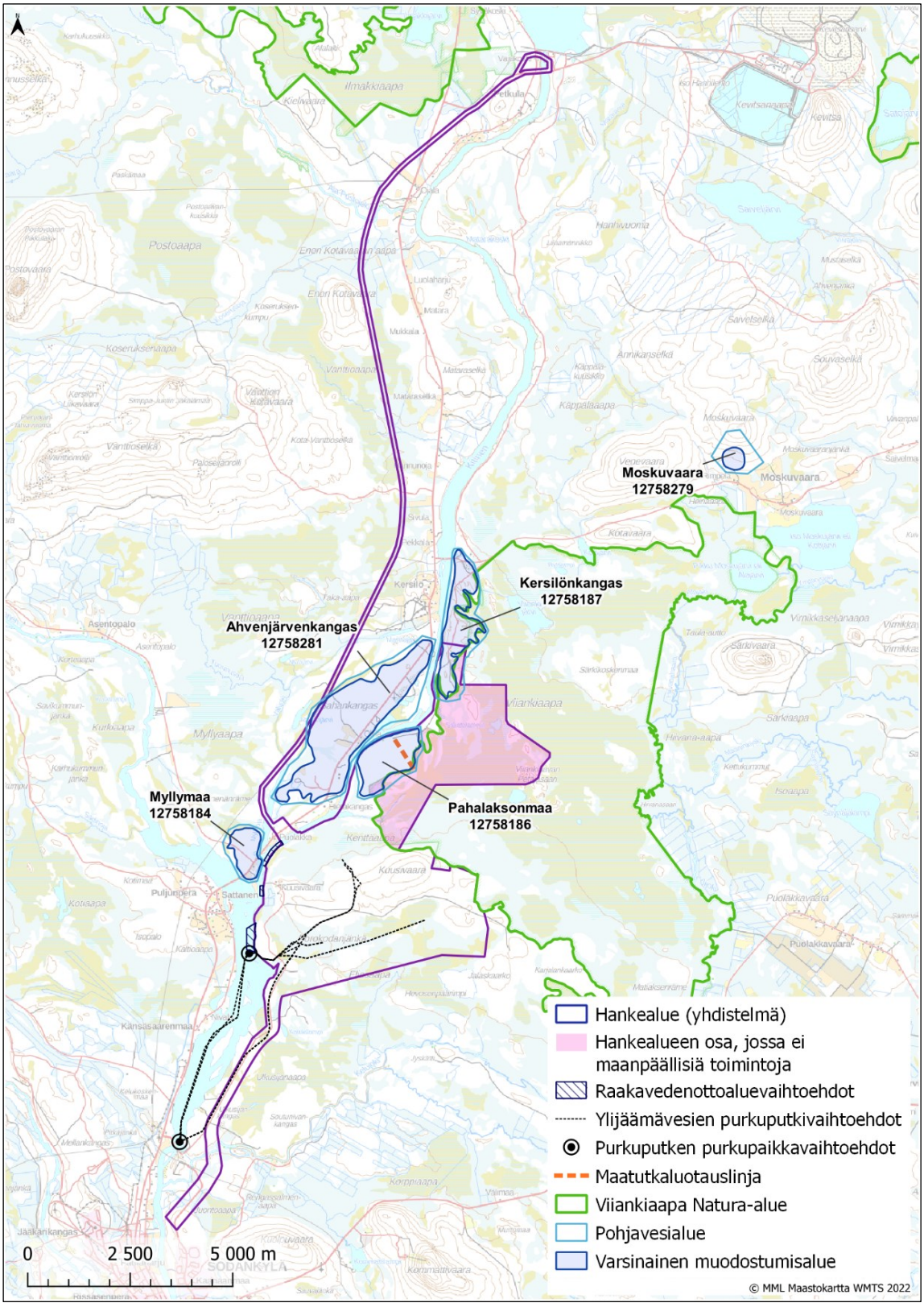
Taulukko 16-4 Hankealueen läheisyydessä sijaitsevat viisi luokiteltua pohjavesialuetta, pohjavesialueiden kokonaispinta-alat, pohjaveden muodostumismäärä sekä pohjavesialueen luokitus (Lähde: Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta).

Pohjavesialue	Tunnus	Kokonaispinta-ala (km^2)	Muodostuvan pohjaveden määrä (m^3/vrk)	Luokitus
Moskuvaara	12758279	0,84	130	1[1]
Kersilönkangas*	12758187	2,77	950	2[2]
Ahvenjärvenkangas	12758281	6,58	2 640	2[2]
Pahalaksonmaa	12758186	1,88	790	2[2]
Myllymaa	12758184	1,02	400	2[2]

** Alue on selvityskohde kemiallisen tilan osalta*

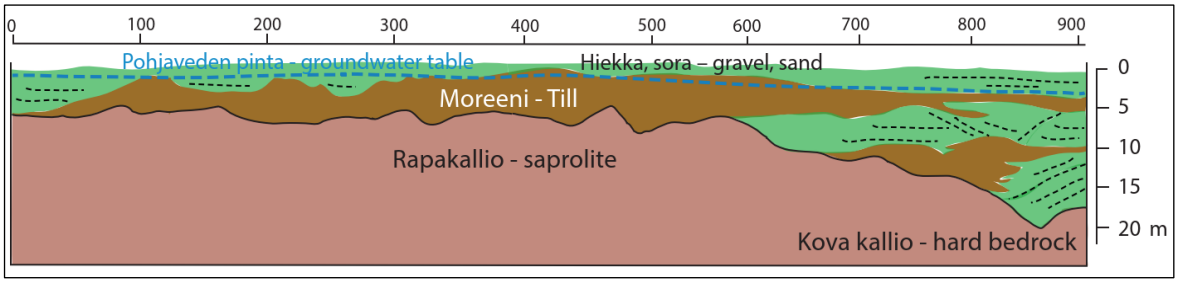
[1] Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue

[2] Muu vedenhankintakäyttöön soveltuva pohjavesialue



Kuva 16-1 Pohjavesialueet hankealueen läheisyydessä. Karttaan on merkitty myös Pahalaksonmaan pohjavesialueen poikki vedetyn maatutkalinjauksen sijainti (ks. Kuva 16-2).

Pahalaksonmaan 2-luokan pohjavesialue sijaitsee Kitisen itärannalla, Viiankiaavan vieressä ja Kersilönkankaan pohjavesialueen eteläpuolella. Pohjavesialue koostuu moreenista, joka ulottuu muodostuman keskivaiheilla pintaan asti. Moreenia peittävät ohuehkot jokikerrostumat (Salonen 2019). Pahanlaaksonmaan muodostumalla on luodattu Lapin POSKI II -projektin yhteydessä kaksi maatutkalinjaa. Lisäksi Helsingin yliopiston toimesta pohjavesialueen poikki on vedetty yksi maatutkalinja (linjan sijainti on merkitty karttaan (Kuva 16-1)) ja sen tulkinta on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 16-2). Muodostuman alueella kallionpinnan korkeustaso vaihtelee. Viiankiaavan puoleisessa osassa kallion yläosa on rapakalliota ja Kitisen suunnassa kallio laskeutuu syvälle ja sen yläosa on ehyt. Lännessä kerrostumien paksuus on yli 15–20 metriä kerrostumien koostuessa vuorottaisista moreeniyksiköistä ja viettokerroksellisista lajittuneista aineksista. Pohjavedenpinnan taso vaihtelee muodostuman eri osissa ollen muodostuman itäreunalla lähempänä maanpintaa noin 1–2 metrin syvyydellä maanpinnasta. Keskemmällä muodostumaa pohjavedenpinnan taso on vaihdellut vuosina 2012−2021 tasovälillä +183 − +185 m mpy ollen noin 3-5 metrin syvyydellä maanpinnasta. Muodostuman keski- ja itäosassa esiintyy vain hyvin ohut kerros lajittunutta ainesta moreenin/orsivesipinnan päällä. Muodostuman länsiosassa Kitisen rantaimeytymä on todennäköistä. (Salonen 2019, Davidila 2019.)



Kuva 16-2 Pahalaksonmaan pohjavesialueen poikki vedetyn maatutkalinjan tulkinta. Maatutkalinjaa tarkasteltaessa on huomattava, että linja on kaakko-luodesuuntainen, joten Kitinen sijaitsee kuvan oikeassa reunassa. Linjan sijainti on esitetty edellisessä kuvassa (Kuva 16-1). (Lähde: Salonen 2019.)

Kersilönkankaan 2-luokan pohjavesialue sijaitsee Kitisen itärannalla, Viiankiaavan suoalueen vieressä. Pohjavesialue käsittää moreenimuodostuman, jonka pinnalla on hiekkaisia ja soraisia jokikerrostumia. Moreeni on tiivistä, ja sen päällä on ohut orsivesikerros. Muodostuman alueella on suoritettu Lapin POSKI II -projektin yhteydessä seitsemän maatutkaluotauslinjaa. Maatutkaluotauksen sekä aikaisemmin ELY-keskuksen suorittamien kairausten perusteella muodostuman moreeni-/orsivesikerroksen yläpuolinen aines on hiekkaa ja osin myös soraa. Nämä hiekka- ja sorakerrokset ovat kuitenkin paikoin melko ohuet (keskipaksuus noin kaksi metriä) ja heikosti lajittuneet, mikä on melko tyypillistä Kitisen varteen syntyneille muodostumille. Sekalajitteiset (moreenit) ja hienorakeiset (siltti) maalajit heikentävät myös veden virtausolosuhteita maaperässä. Pohjavedenpinnan taso vaihtelee muodostuman eri osissa tasovälillä +184 – +189 m mpy ollen 0-6 metrin syvyydellä maanpinnasta vuosina 2012–2021. ELY-keskus on suorittanut yhdestä havaintopisteestä antoisuuspumppauksen, jonka perusteella pisteen antoisuus on noin 80 m^3/vrk. (Davidila 2019, Lapin ELY-keskus 2019a.)

Ahvenjärvenkankaan 2-luokan pohjavesialue sijaitsee Kitisen länsirannalle kerrostuneessa deltamuodostumassa. Ahvenjärvenkankaan muodostuman alueella kallion pinta on noin 20–30 metrin

syvyydessä maanpinnasta. Kallio on enimmäkseen ehjää, ja syvin kohta liittyy joen poikki kulkevaan ruhjeeseen. Kerrostumat ovat pääasiassa lajittuneita hiekkoja ja soria, joissa näkyy jokisuistolle tyypillisiä viettokerroksia ja uomarakenteita. Muodostuman hiekka- ja sorakerrokset ovat paikoin melko heikosti lajittuneet, ja välikerroksina havaitaan moreenia, joka muodostaa melko yhtenäisen kerroksen noin 10–15 metrin syvyystasolla. Pohjaveden pinta on noin viiden metrin syvyydessä maan pinnasta eli noin tasolla +182 m mpy. (Salonen 2019, Lapin ELY-keskus 2019a, Davidila 2019.)

Moskuvaaran 1-luokan pohjavesialue sijaitsee Moskuvaaran etelärinteellä noin kahdeksan kilometrin etäisyydellä hankealueen pohjoisosasta. Moskuvaaran pohjavesialueella on yksi Moskuvaaran Vesihuolto Oy:n vedenottamo, josta toimitetaan vettä noin 50 henkilölle. Myllymaan 2-luokan pohjavesialue sijaitsee Kitisen länsipuolella Kitisen ja Sattasen yhtymäkohdassa, rakennetussa vesimaisemassa. Se on muodoltaan melko selvästi ympäristöstään erottuva harjualue.

Kuljetusreittien pohjavesialueet

Mahdollisille rikasteen kuljetusreiteille sijoittuvat pohjavesialueet on esitetty alla taulukossa (Taulukko 16-5). Polttoaine- ja kemikaalikuljetukset kohdistuvat pääasiassa samoille reiteille. Pohjavesialueista Kemin Ajoksen sekä Tornion Laivakankaan ja Lapinkulan tieosuuksille on rakennettu pohjavesisuojaukset. Muiden pohjavesialueiden osalta suojauksia ei ole tai niiden olemassaolosta ei ole saatu tietoja.

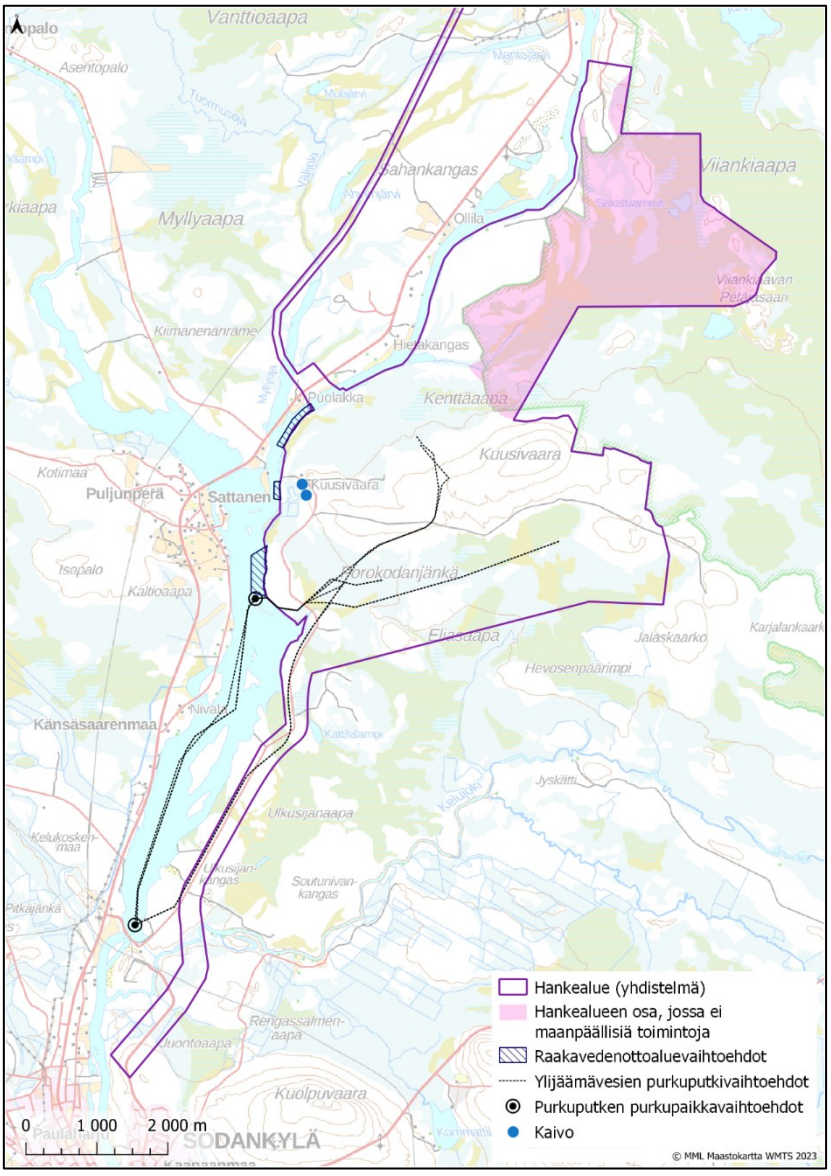
Taulukko 16-5 Mahdollisilla rikasteen kuljetusreiteillä sijaitsevat pohjavesialueet.

Pohjavesialue	Luokka	Tunnus	Kunta
Sodankylä - Kemijärvi vt5			
Orajärvi	1	12758108	Sodankylä
Peräjoki	1	12758215	Sodankylä
Sodankylä - Rovaniemi vt4			
Koskimaa	2	12758211	Sodankylä
Aska	1	12758275	Sodankylä
Kivilehto	1	12758114	Sodankylä
Vuojärvi	1	12758115	Sodankylä
Kulpakko	2	12799118	Rovaniemi
Korvala	2	12699212	Rovaniemi
Ala-Säynäjoki	2E	12699211	Rovaniemi
Jouttikero	1E	12699216	Rovaniemi
Välijoki	1	12699126	Rovaniemi
Rovaniemi - Oulu vt4			
Totonkangas	1	12699102	Rovaniemi
Peura	1	1284508	Tervola
Murtola	2E	1284524	Tervola
Karkumaa	2E	1224107	Keminmaa
Haapamaa	2E	1224108	Keminmaa
Maksniemi	1	1275153	Simo
Palokangas	2	1275102	Simo
Santamäki	1	11292001	Ii
Seljänharju	2	11139010	Ii
Ojakylä	2	11139012	Ii

Pohjavesialue	Luokka	Tunnus	Kunta
Kemin satama mt920			
Ajos	1	1224001	Kemi
Ii - Tornio vt29, mt922			
Laivakangas	2	1285110	Tornio
Lapinkula	2	1285103	Tornio
Rataosuus, Kemijärvi-Rovaniemi			
Lapalionkangas	2	12320504	Kemijärvi

16.2.2 Talousvesikaivot

Hankealueella on ainoastaan kaksi käytössä olevaa talousvesikaivoa (rengaskaivoja). Molemmat kaivot sijaitsevat Kuusivaaran lähiympäristössä Kaivojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 16-3).



Kuva 16-3 Talousvesikaivojen sijainti.

16.2.3 Maaperän pohjavesi

Sakatin hankealueella ja sen lähiympäristössä pohjavettä muodostuu erityisesti moreeni- ja hiekkapeitteisillä alueilla suoalueen keskellä ja reunoilla. Pohjavesivirtausten kannalta tärkeitä ovat muinaisen Kitisen uoma- ja särkkäkerrostumat, jotka ulottuvat pitkälle Viiankiaavalle ja jatkuvat turvekerrostumien alla. Alueen maaperäolosuhteita on kuvattu yksityiskohtaisesti YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään sekä tämän täydennyksen luvussa 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään. Kuvassa (Kuva 11-8) (luku 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään, YVA-selostus 2020) on esitetty muinaisten Kitisen uomastojen sijainnit Kuusivaarassa ja sen pohjoispuolisella alueella. Stabiilien hapen ja vedyn (eivät hajoa radioaktiivisesti ja ovat siksi stabiileja) isotooppitutkimusten (ks. Luku 16.2.9) mukaan haihtuneita vuosisadannan keskiarvosta poikkeavia pohjavesiä tavataan laajalti Viiankiaavalla. Viiankiaavan laajat avonevat Kiimakuusikon ja Särkikoskenmaan välisellä alueella ovat kautta vuoden varsin vetisiä, eikä pintavesien virtausta juuri tapahdu kevättulvan ja jatkuvampien rankkasateiden ajanjakson ulkopuolella. Suon keskialueella tapahtuu pohjaveden purkautumista lähteissä erityisesti Kiimakuusikon kaakkoispuolella. Pohjaveden muodostumista tapahtuu suon kohouma-alueilla sekä suon vedenjakajan alueella.

Seuraavassa tekstiosuudessa on käsitelty yksityiskohtaisemmin joidenkin alueiden pohjavesiolosuhteita.

Itäisen Kenttäaavan ja Pahanlaaksonmaan valuma-alueet

Itäisen Kenttäaavan valuma-alueesta (ks. Kuva 17-19 Luvussa 17) on käytetty myös nimitystä Sakattiojan valuma-alue. Se kattaa hankealueen keskiosan ja hankealueen pohjoisosassa Viiankiaavan alueen. Se käsittää lähinnä avointa nevaa, joka viettää suon +189 m mpy korkeudella olevilta keskusosilta lounaaseen, jossa Sakattiojan suu on Kitisen tasossa (+181 m mpy). Alueen keskellä ja reunoilla on metsäisiä saarekkeita; Sakattikumpu, Tihiämaa, Kiimakuusikko ja Viiankiaavan Petäjäsaari. Reuna-alueet ovat korpia ja rämeitä, keskiosa vaikeakulkuista rimpinevaa, jossa on vetisen nevan ympäröimiä suolampia kuten Sakattilammit. (Salonen 2020.)

Pahanlaaksonmaan valuma-alue (ks. Kuva 17-19 luvussa 17) sisältää valtaosan Pahalaksonmaan pohjavesialueesta, eteläisimmän osan Kersilönkankaan pohjavesialueesta, Ruosteojan, Kärväslammen sekä Viiankiaavan länsireunaa aina Kiimakuusikkoon saakka.

Åbergin ym. (2021b) laatimassa maaperän pohjavesimallissa on tarkasteltu Viiankiaavan pohjavesivirtauksia vertaamalla yksinkertaista maaperärakennetta kerrosjärjestykseltään aina vain monimuotoisempaan, todellisia olosuhteita kuvastavaan malliin. Mitä tarkemmin mallissa huomioitiin suon alla olevan maaperän monikerroksisesti vaihtelevat vedenjohtavuudet, sitä selvemmin mallin kuvaaman horisontaalisen pohjavesivirtauksen lisäksi ilmeni myös pienipiirteistä pohjaveden purkautumista (virtausta ylöspäin) ja imeytymistä (virtausta alaspäin). Alueella voidaankin erottaa imeytymisvyöhykkeitä ja purkautumisvyöhykkeitä. Tässä yhteydessä on huomioitava, että pohjavesimallinnuksessa pohjaveden purkautumis- ja imeytymisalueilla ei aina tarkoiteta maanpinnalla tapahtuvaa imeytymistä ja purkautumista, vaan se voi tarkoittaa myös mallikerrosten sisällä tapahtuvaa pohjaveden vertikaalista suuntaa. Tällöin malli mallintaa ylös- ja alaspäin virtaavan pohjaveden, jotka pintakerroksessa voidaan ajatella imeytymis- ja muodostumisalueiksi.

Pohjavesi/pintavesi -vuorovaikutus osoittautui mallinnustyöhön perustuen suurella aapasuoalueella varsin vaihtelevaksi ilmiöksi, jossa imeytymistä on etupäässä suon keskusosissa sekä kivennäismaalajeista muodostuneilla kohoumilla. Aiemmassa tutkimuksessa (Åberg ym. 2019) imeytymisalueiksi on määritelty suoalueen ulkopuolella alue Pahanlaaksonmaalta Kärväslampeen, Kersilönkangas, Sakattikummun alue sekä Viiankiaavan Petäjäsaari. Näistä kaksi viimeksi mainittua kuuluvat itäisen Kenttäaavan valuma-alueeseen ja muut Pahanlaaksonmaan valuma-alueeseen.

Viiankiaavan alueella turvekerroksen alapuolisesta pohjavesivyöhykkeestä purkautuu pohjavettä myös suoalueelle, lähinnä Viiankiaavan keskiosissa, metsäsaarekkeiden reuna-alueilla. Lisäksi pohjavettä purkautuu rajatusti alueilla, joilla esiintyy lajittuneita, hiekkaisia maakerroksia ja turvekerros on ohut eikä sen alaosassa ole tiivistä kerrosta estämässä pohjaveden virtausta. Pohjaveden purkautumista on todettu myös Sakattiojan ympäristön suoalueella (Salonen 2020).

Suon pintavalunnan osalta suovesien virtaus kulminoituu keväällä lumeen varastoituneen sadannan vapautuessa. Hankealueella yli puolet pintavalunnasta tapahtuu keväällä, eritoten toukokuussa (Sallantaus 2006). Viiankiaavalla sulamisen yhteydessä lumikuormaan varastoitunut vesimäärä vapautuu ja nostaa myös pohjavedenpintoja lyhytaikaisesti 20–50 senttimetriä, kuten havaitaan suolla turvekerroksessa sijaitsevista jatkuvatoimisesti vedenkorkeutta mittaavista havaintoputkista (GA101, GA102 ja GA103). Vähäisintä sulamisveden aiheuttama vedenpinnan nousu on suon keskialueilla (20–30 senttimetriä) ja suurempaa siirryttäessä suon keskialueelta kohti Kitistä, jossa pohjaveden pinta nousee paikoin lumensulannasta syntyneen veden imeytyessä maaperään jopa 2,0 metriä korkeammalle verrattuna talven minimikorkeuteen (Itasca Denver Inc. 2023).

Pahanlaaksonmaan etelälaidalla on useita erityyppisiä kausikosteikkoja, joiden hydrologiaa ohjaa sulamisvesistä varastoituvan orsivesiasemassa olevan pohjaveden keväinen purkautuminen. Purkautumisen kausittaisuudesta johtuu, että pohjavesitasojen aletessa ja purkautumisen loppuessa maastossa saattaa loppukesästä näkyä kausikuiva suoaro, eli lakso (Laine ym. 2018). Vastaavia kausikosteikkoja esiintyy myös Kiimakuusikon eteläpuolella (Salonen 2020).

Vesien virtaukseen vaikuttavat topografian ohella suon pinnan kasvillisuuden synnyttämä morfologia ja myös turpeen alla olevan maaperän vaihtelevat ominaisuudet. Suon pohjan epätasaisuudet ja vedenjohtavuuden vaihtelut synnyttävät pienimittakaavaista pohjavesien purkautumista ja imeytymistä (Åberg ym. 2021) aiheuttaen eri alkuperää olevien vesien sekoittumista, mikä on tyypillinen piirre Viiankiaavan vesille (Korkka-Niemi ym. 2017).

Ruosteoja sijaitsee Viiankiaavan länsireunalla, hankealueen pohjoisosassa Pahanlaaksonmaan ja Kärväslammen välisellä alueella. Tällä rantakaistaleella sijaitsee lisäksi Ruosteojan länsipuolinen purku-uoma, vähävetiseksi katsottava uoma, ja alueen tuntumassa on neljä lähdettä, joiden kasvillisuuden pohjavesiriippuvaisuus on tarkistettu Ramboll Finland Oy:n (2019a, 2021) suorittamissa lähdekartoituksissa. Alueella on myös yksityinen luonnonsuojelualue. Sakatin pääesiintymä sijaitsee osin Ruosteojan osavaluma-alueen pohjoisosan alapuolella.

Ruosteoja ja sen länsipuolinen vähävetinen purku-uoma keräävät vetensä Viiankiaavan länsiosasta, Pahanlaaksonmaan ja Poikkijoenkankaan väliseltä pieneltä osavaluma-alueelta. Ruosteojan osavaluma-alue on suppea ja maaperän imeytymisolosuhteet ovat hyvät, minkä vuoksi virtaama uoman

itäosassa yleensä ehtyy pintavalunnan ehtyessä kesän mittaan. Keväällä, kun pohjavesipinnat ovat korkealla, uomaan tulee vettä paitsi pintavaluntana suolta, myös uoman penkasta pohjavesivirtauksena. Kitisen rannassa olevat lähteet purkavat vettä läpi vuoden. (Salonen 2020.) Myös Korkka-Niemen ym. (2017) tekemissä lämpökamerakuvauksissa ilmeni, että Ruosteojan osavaluma-alueen piirissä ja etenkin Kitisen rannassa oli hyvin paljon kylmiä anomalioita osoittamassa pohjavesivaikutteisen veden purkautumista. Rantavyöhykkeen tuntumassa sijaitsevissa pohjavesiputkissa (GA203, GA305, GA405) on havaittu suuria pohjavedenpinnan vuotuisvaihteluita.

Kitisen rannan lähteistä ja lähteiköistä purkautuu runsaasti vettä laajalla vyöhykkeellä, kuten lähdekartoituksessa inventoidut kolme lähdettä (Ramboll Finland Oy 2019a, 2021) ja lämpökamerakuvauksissa havaittu laaja kylmä anomalia (Korkka-Niemi ym. 2017) osoittavat. Kitisen aikaisemman uoman sijoittuminen (uoma 5, Kuva 11-8 luvussa 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään, YVA-selostus FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) ja siihen liittyvien turpeen alaisten sorien ja hiekkojen esiintyminen (Åberg ym. 2017a), kallioperän painanne sekä pohjavesien virtausmallissa (Åberg ym. 2019) ilmenevä pohjavesien virtauksien kääntyminen kaikki viittaavat siihen, että Ruosteojan ympäristöön ohjautuu pohjavettä, joka muodostuu laajalla alueella Viiankiaavalla. Pohjavesi purkautuu osittain rantatörmän lähteistä, mutta sitä virtaa myös kallion rakoja ja alimpia hiekkakerroksia myöten Kitiseen. (Salonen 2020.)

Kuusivaaran alue

Kuusivaaran alue sijoittuu usealle valuma-alueelle: Porokodanjänkä, Eliasaapa, läntinen Kenttäaapa ja itäinen Kenttäaapa. Sakattiojan ja Kenttäaavan eteläpuolella Kuusivaarassa vallitsee oma erillinen pohjavesisysteeminsä, jonka veden isotooppiarvot heijastavat paikallisen sadannan koostumusta, jossa ei ole haihdunnan vaikutusta. Kuusivaaralla pohjaveden imeytyminen on tehokasta huuhtoutuneen moreenin sekä rinteen juurella olevien hiekkakerrostumien ansiosta. (Salonen 2020.) Tällä alueella muodostunutta pohjavettä purkautuu Kenttäaavalla kartoitetuissa huurresammallähteissä ja muissa lähteissä (Ramboll Finland Oy 2019a, 2021). Toinen pohjavesien virtaus- ja purkautumissuunta on etelään ja lounaaseen Porokodanjängän ja Eliasaavan suuntaan.

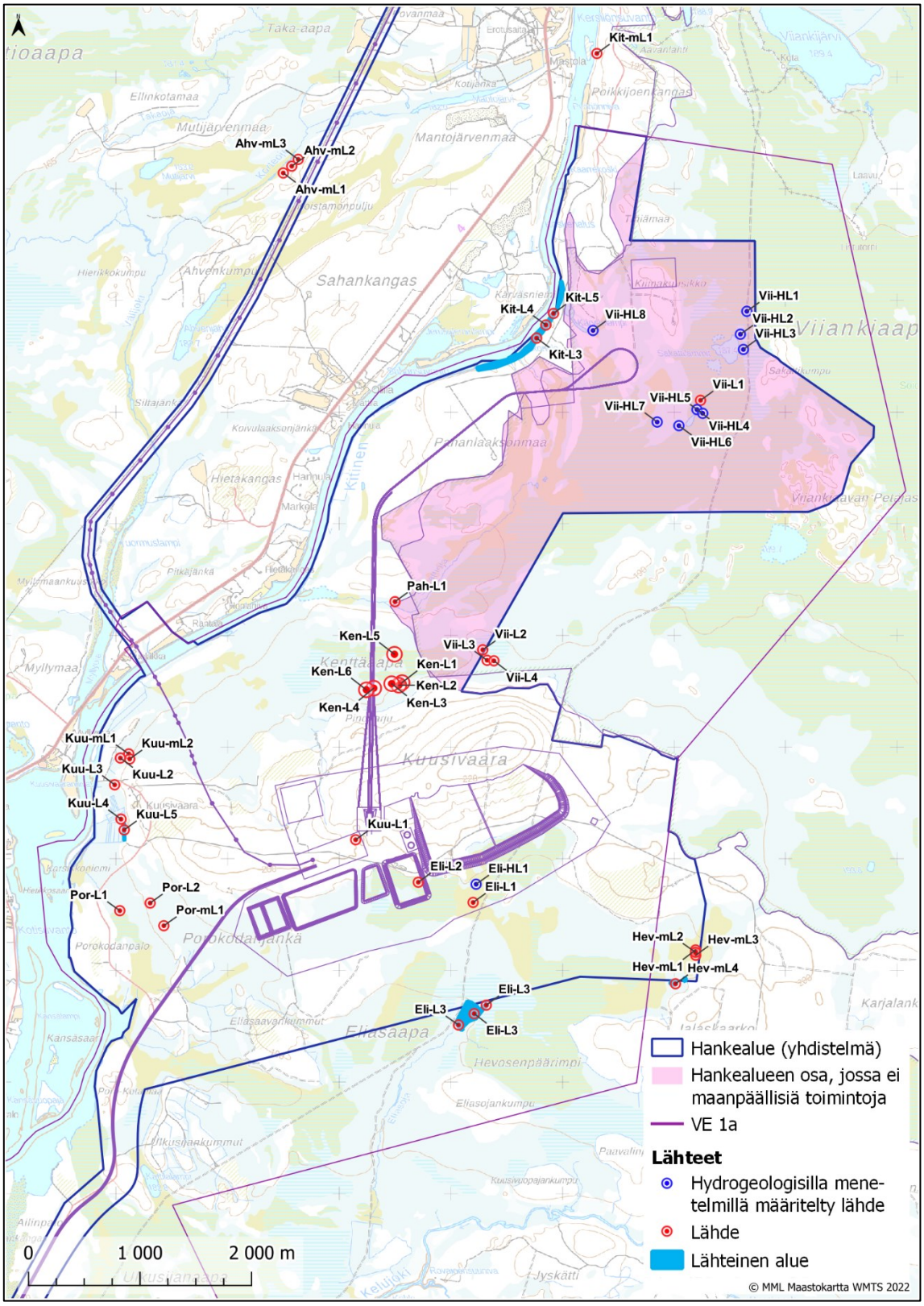
16.2.4 Lähteet

Lähteet ovat alueita, joista pohjavesi purkautuu maanpinnalle tai vesistöön. Lähteet voidaan jaotella niiden purkautumistavan perusteella kolmeen päätyyppiin: purolähteet, allikkolähteet ja hetteikkölähteet. Pohjavesi voi purkautua samalla alueella useilla eri tavoilla ja muodostaa yhtenäisiä lähteikköjä. Lähteikkö tarkoittaakin yhtenäistä pohjavesivaikutteista aluetta, johon voi sisältyä avovetisiä lähteensilmäkkeitä, lähdepuroja ja -noroja sekä tihkupintoja (https://www.vesi.fi/sanasto/). Lähteet ja lähteiköt voidaan luokitella biologisin perustein niiden kasvillisuuden tai ravinteisuuden (rehevä–niukkaravinteinen) mukaan (Eurola ym. 2015, Raatikainen 1989). Esimerkiksi eutrofiset lähteet eli huurresammallähteet kuuluvat luontodirektiivin ensisijaisesti suojeltaviin luontotyyppeihin. Niiden luonnontilaisuuden kannalta keskeisiä piirteitä ovat lähteen tai lähteikön rakenteellinen koskemattomuus, vesitalouden häiriintymättömyys (pohjaveden korkeus, virtaama) ja luontainen veden laatu. (Suomen ympäristökeskus 2020b.)

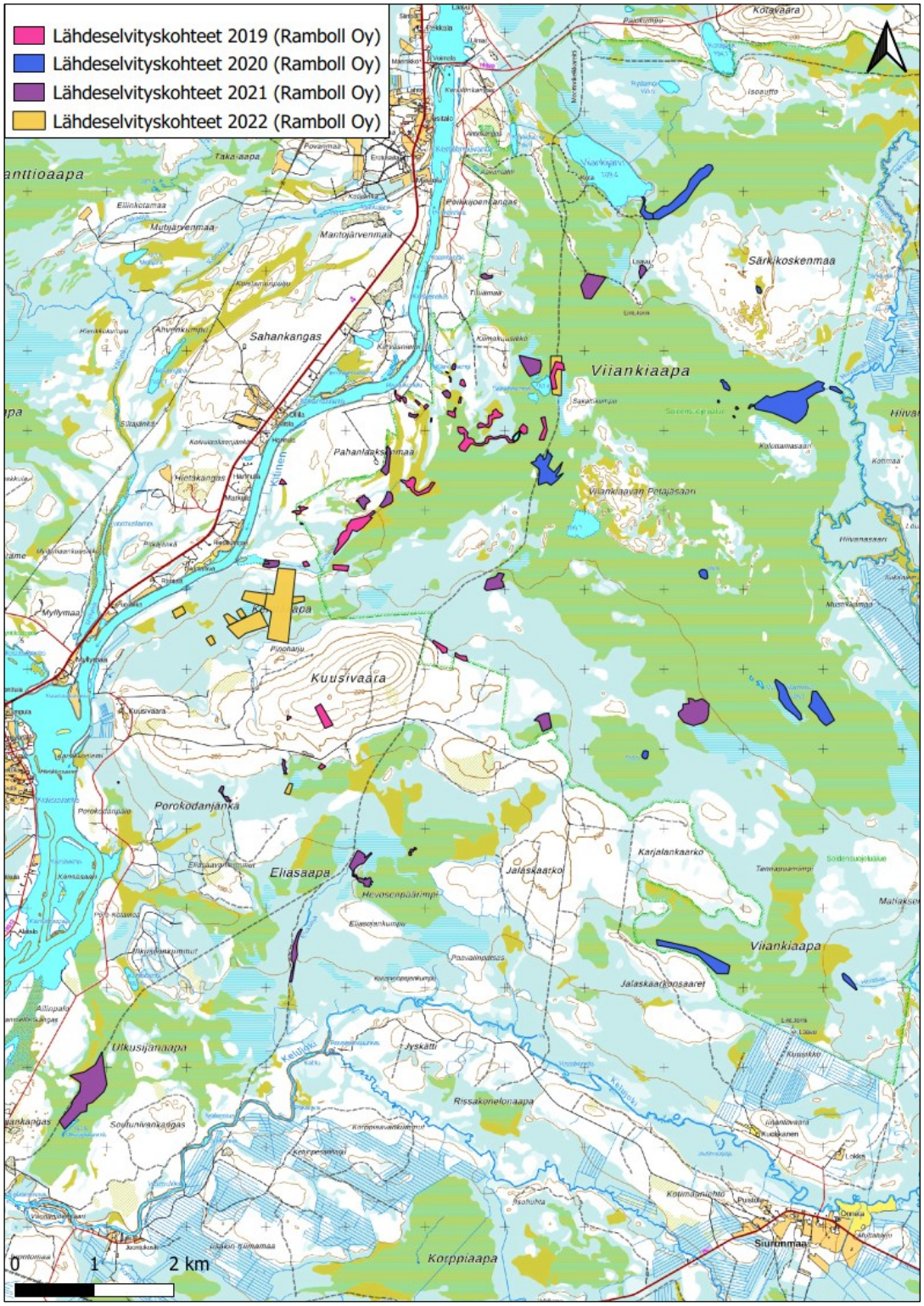
Hankealueella sijaitsee kolme Maastotietokantaan merkittyä lähdettä, jotka kaikki sijoittuvat Viiankiaavan Natura 2000 -suojelualueen ulkopuolelle. Lähteet sijaitsevat Sakattiojan alajuoksulla (Pah-L1), Kitisen rannalla vastapäätä Kärväsniemen mutkaa (Kit-L3) sekä Kuusivaaran luoteispuolella lähellä Kitisen rantaa (Kuu-L2), ks. Kuva 16-4. Viimeksi mainittu lähde (Kuu-L2) ei ole enää luonnontilainen (Ramboll Finland Oy 2019a). Peruskartoilta puuttuvat yleisesti kuitenkin pienikokoiset allikkoja purolähteet sekä tihkupinnat, joita on arvioitu olevan moninkertaisesti verrattuna ns. karttalähteiden määrään. Sakatin kaivoshankkeeseen liittyvien maastotutkimusten yhteydessä lähteitä ja pohjaveden ajoittaista purkautumista on tavattu erityisesti Pahanlaaksonmaan ympäristössä (Salonen 2019). Lisäksi lähteiden esiintymistä on kartoitettu erilaisin hydrogeologisin menetelmin vuosina 2015–2022 Helsingin yliopiston ja AASM Oy:n toimesta. Tutkimukset ovat perustuneet mm. dronella (miehittämättömällä ilma-aluksella) tehtyihin, matalalentona toteutettuihin lämpökamerakuvauksiin, vesikemiallisiin ja lämpötilamittauksiin ja määrityksiin maastossa sekä paikkatietoaineistojen tarkasteluihin ja analyyseihin. Pohjaveden lämpötila on alueella noin neljä astetta ja siten pohjavesivaikutteiset alueet erottuvat kesäisin kylmempinä alueina niitä ympäröivistä lämpimistä ei-pohjavesivaikutteisista alueista. Selvityksiä on lisäksi tarkennettu tarkastelemalla potentiaalisia pohjaveden purkausalueita maastossa kevättalvisin, jolloin ne erottuvat maastossa sulina alueina.

Pohjaveden alhaisen lämpötilan, veden isotooppikoostumuksen ja talvella auki pysyviä pohjaveden purkauskohteita havainnoimalla voidaan tunnistaa pohjaveden purkauspaikkoja maastossa. Näiden ennakkotietojen perusteella toteutettiin kesällä 2019–2022 biologisiin menetelmiin perustuvia lähdeinventointeja (Ramboll Finland Oy 2019–2022), joiden tuloksena Viiankiaavan länsiosan ja Kuusivaaran ympäristön alueilla paikannettiin tai tarkistettiin 25 selvärajaista lähdettä. Lähteiden määrityskriteerinä ovat olleet indikaattorikasvillisuus, lähdeveden lämpötila ja lähteen rakenne. Lähteet sijoittuivat Kuusivaaran länsipuolisille soille, Eliasaavalle, Porokodanjängälle, Viiankiaavalle, Kenttäaavan kaakkoisosiin, Kitisen rantatörmän juurelle ja Ulkusijanaavalle. Yhdistämällä hydrogeologiset menetelmät ja biologiset menetelmät saatiin tunnistettua vielä yhdeksän uutta lähdekohdetta (Vii-HL 1-8 ja Eli-HL1). Varsin suuri osa hydrogeologisten menetelmien perusteella mahdollisiksi lähdekohteiksi tunnistetuista paikoista ei täyttänyt määritelmän (Kontula & Raunio 2018) mukaisia lähteikköluontotyyppien kriteerejä (Ramboll Finland Oy 2019a).

Yhteenveto biologisin ja hydrogeologisin menetelmin tunnistetuista lähteistä on esitetty seuraavassa kuvassa Kuva 16-4). Kuvassa (Kuva 16-5) on esitetty yhteenveto vuosien 2019–2022 lähdeselvityskohteiden sijainneista. Lähteitä on käsitelty myös luvussa 19.3.5 Lähteet ja pohjavesivaikutteiset suot.



Kuva 16-4 Kartta havaituista lähdekohteista (Lähde: Ramboll Finland Oy 2022, julkaisematon aineisto, muokattu).



Kuva 16-5 Yhteenveto vuosien 2019–2022 lähdeselvityskohteiden sijainneista (Lähde: Ramboll Finland Oy, julkaisematon aineisto).

16.2.5 Kalliopohjavesi

Kalliopohjavettä esiintyy alueella kallion yläosan rapautuneessa ja ruhjeisessa osassa matalana kalliopohjavetenä sekä kallion rakenteissa ja ruhjeissa syvänä kalliopohjavetenä. Rikkonaisen kallioperän paksuus vaihtelee välillä 0–200 metriä, yli sadan metrin paksuudet ovat kuitenkin harvinaisia (Itasca Denver Inc. 2023). Rapautuneen ja rikkonaisen kallion alapuolella olevassa eheässä kallioperässä vedenjohtavuudet ovat yleisesti alhaisia. Syvän kalliopohjaveden esiintyminen on rajoittunut paikallisiin rakoihin tai ruhjeisiin niiden ollessa vapaita rakotäytteistä. SRK Consulting Ltd. (2019c) tutkimusten mukaan kallion rakenteet ovat huonosti yhteydessä toisiinsa, ja rakenteiden vedenjohtavuusominaisuudet vaihtelevat huomattavasti sekä rakenteiden sisällä että eri rakenteiden välillä. Kallion vedenjohtavuus on suurempi kallion rapautuneessa ja rikkonaisessa ylemmässä osassa ja tutkimusten mukaan kallion vedenjohtavuus pienenee syvemmälle mentäessä, ja noin 150–200 metrin syvyydessä vedenjohtavuus alenee selkeästi ja syvällä olevat rakenteet ovat huonosti yhteydessä toisiinsa. Ruhjeiden vedenjohtavuus vaihtelee alhaisesta kohtalaiseen. Alueen kalliorakenteista merkittävin on ns. pohjaruhje, joka tutkimusten perusteella on heikosti tai kohtalaisesti vettä johtava kallioperän ruhje (ks. Luku 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään) ja siihen varastoituneen veden määrä on huomattava. (SRK Consulting Ltd. 2019c.) Alueella on kartoitettu myös kuusi merkittävää siirrosta, joiden vedenjohtavuus on heikohko. Siirrokset eivät ole yhteydessä maaperän pohjavesivyöhykkeeseen, ja niihin varastoituneen veden määrä on pieni. (Itasca Denver Inc. 2023.)

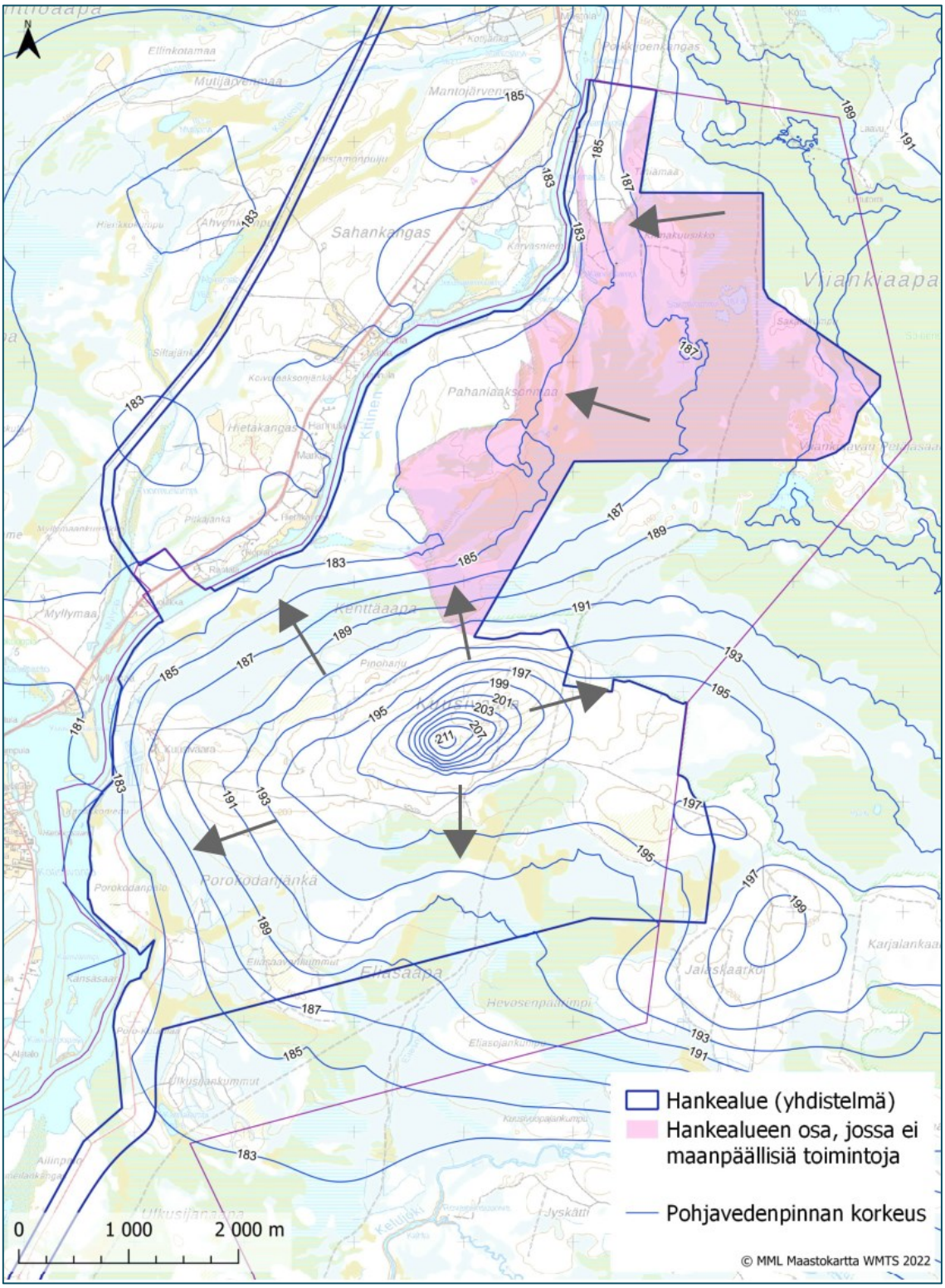
Pohjavedenpintahavaintojen ja vesikemian perusteella matala kalliopohjavesi on hydraulisessa yhteydessä maaperän pohjavesivyöhykkeeseen. Joissakin matalissa kalliopohjavesinäytteissä on todettu nuoria ikiä ja pintavesivaikutuksesta kertovia merkkejä koostumuksessa. Pohjaruhjeen veden ikä on todennäköisesti satoja miljoonia vuosia ja rakenteella ei ole havaittu yhteyttä pinnalla oleviin vesiin. (Korkka-Niemi ym. 2020, Karhu ym. 2020.)

16.2.6 Pohjaveden pinnankorkeudet

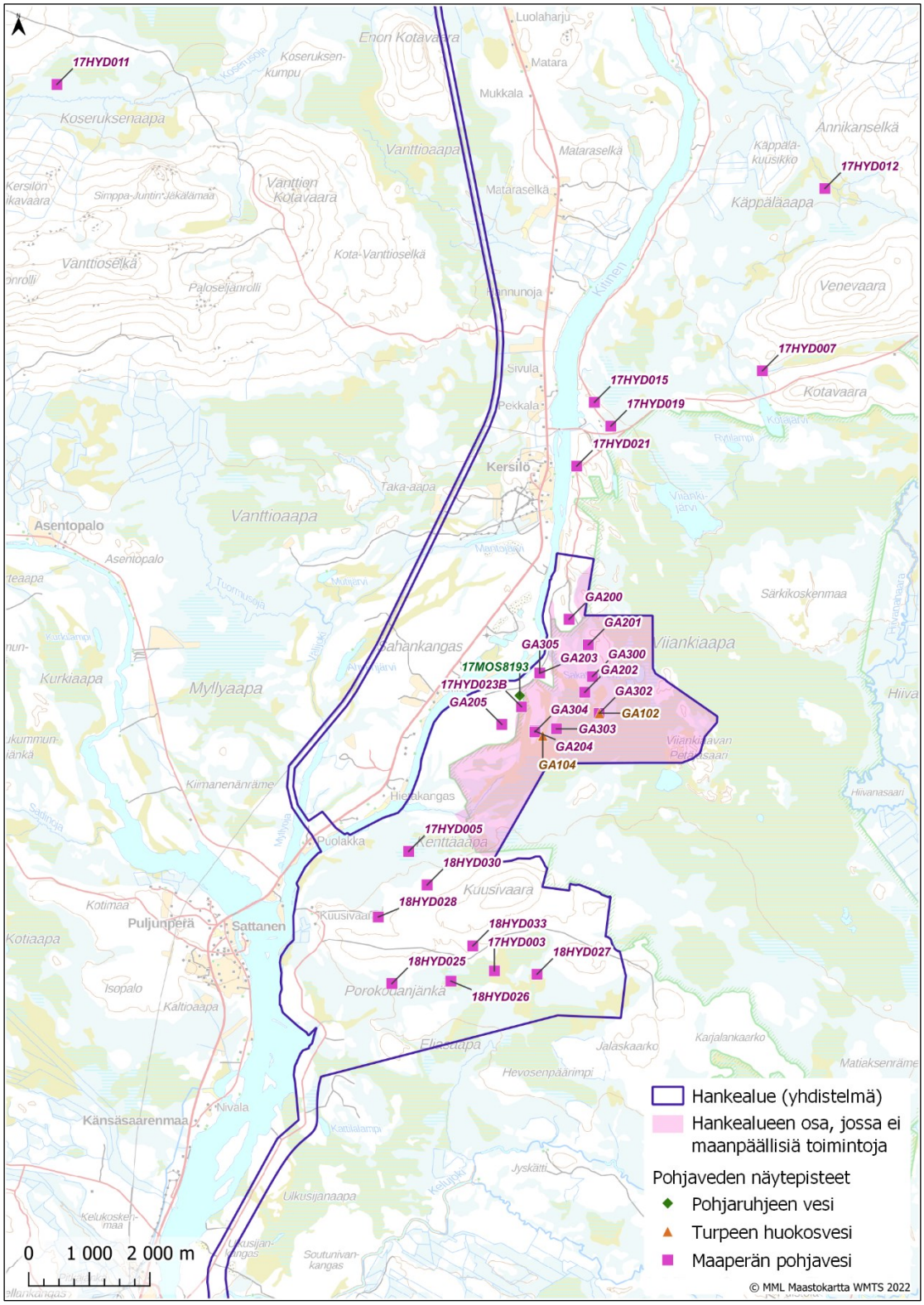
AASM Oy on tarkkaillut pohjaveden laatua ja pohjavedenpinnanvaihteluita hankealueella huhtikuusta 2012 lähtien. Esiintymän ympärille on asennettu alun perin 22 pohjavesiputkea, joissa 17:ssä on jatkuvatoiminen pinnankorkeutta mittaava laitteisto. Vuosina 2016–2021 hankealueelle on asennettu lisää pohjaveden havaintoputkia kokonaismäärän ollessa nykyään 111 kappaletta. Vuonna 2021 tarkkailun piirissä oli 94 havaintoputkea, joista 82 kappaleessa oli jatkuvatoiminen pinnankorkeusmittari. Kaikkien havaintoputkien sijainnit ja tunnukset on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 16-6 – Kuva 16-8).

Alueella ei ole varsinaista pohjavesipintoihin tai pohjaveden virtaussuuntiin vaikuttavaa toimintaa, Kitisen säännöstelyä lukuun ottamatta, vaan vaihtelu alueella on pääosin luontaista. Kitisen säännöstely on vedenpinnan nousun ja kevättulvien heikentymisen johdosta vaikuttanut Viiankiaavan alueen luontaisiin pohjavesiolosuhteisiin sekä hydrologiaan (Åberg ym. 2019, Åberg ym. 2022). Matarakosken padon rakentaminen on aiheuttanut joen pinnankorkeuden nousun useilla metreillä padon pohjoispuolella, mikä on vaikuttanut todennäköisesti myös pohjaveden virtauskuvaan ja suon vetisyyden lisääntymiseen Viiankiaavan pohjoisosissa. Myös rannalla sijainneita lähteitä on jäänyt vedenpinnan alle. (Salonen ym. 2015, Suonperä 2016, Åberg ym. 2017a, 2019, 2022; Salonen 2020.)

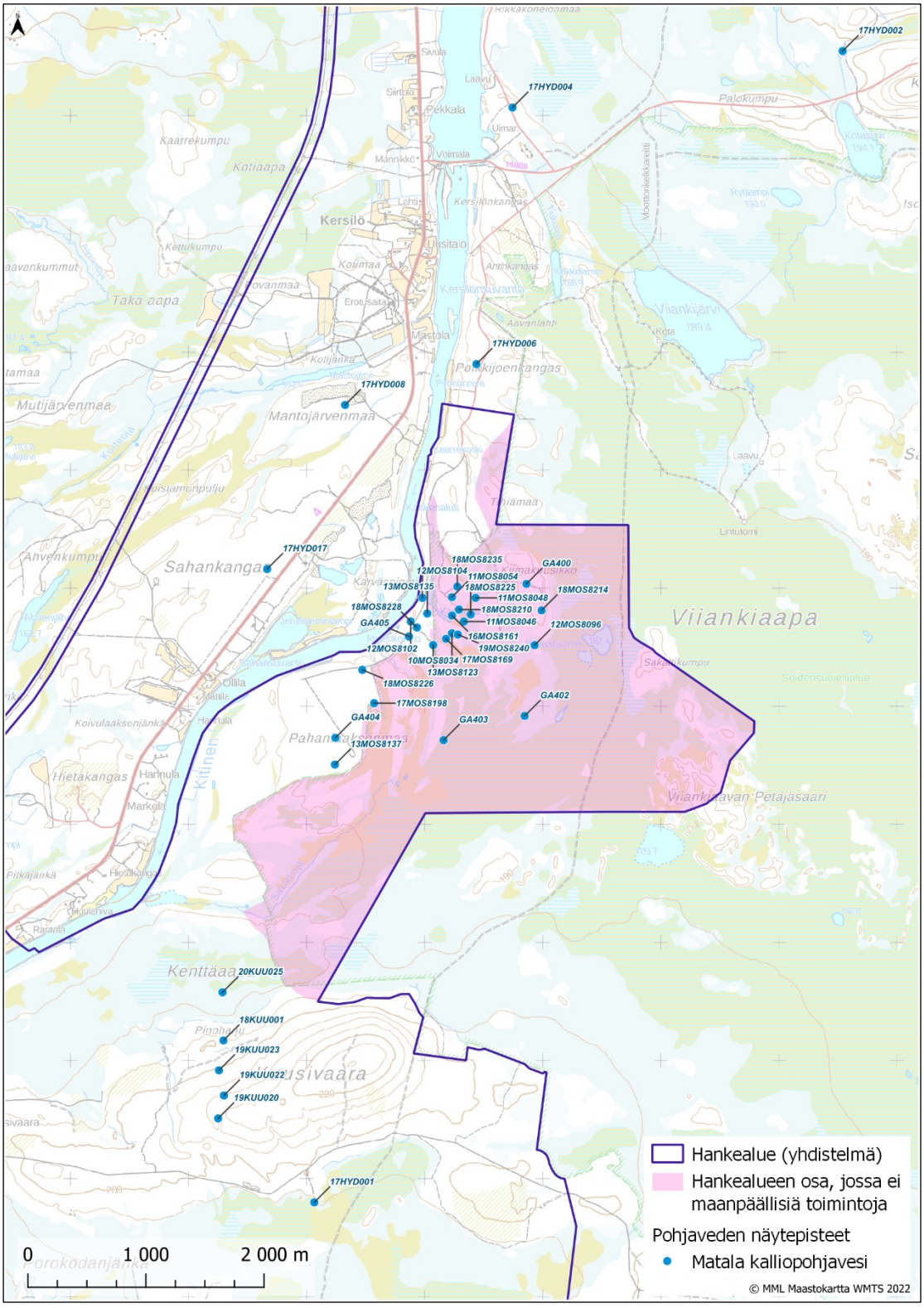
Pohjavedenpinnan vaihtelu riippuu mm. sadannasta, maaperän vedenjohtavuusominaisuuksista, pohjavesimuodostuman koosta, pohjavedenpinnan etäisyydestä maanpinnasta ja topografiasta. Vuosittaisessa pohjaveden pinnanvaihtelussa on Lapissa maksimi kesäkuussa johtuen sulamisvesistä ja minimi huhtikuussa ennen lumen sulamista. Syksyn sateiden aikana vedenpinta nousee jälleen, mutta vedenpinnan nousu on vähäisempää, kuin lumensulannan aiheuttama. Kalibroidusta steady-state -mallista (Itasca Denver Inc. 2023) johdetut pohjavedenpinnan korkeuskäyrät vuoden minimitilanteessa (maalis-huhtikuussa) on esitetty kuvassa (Kuva 16-6). Lähtöaineistona on käytetty pohjavedenpinnan korkeustietoja yhteensä 63 havaintopisteestä, jotka edustavat maaperän pohjavesivyöhykkeen lisäksi kallioperän pohjavesivyöhykettä. Vuosittaisella pohjavedenpinnan vaihteluiden suuruudella on havaittu olevan yhteys etäisyyteen Kitisestä (Åberg ym. 2019). Kitisen läheisyydessä pohjavedenpintojen vuosivaihtelu on suurin ja kauempana Kitisestä pohjavedenpintojen vuosivaihtelu on vähäisempää (Salonen ym. 2015, Åberg ym. 2019). Runsassateiset kaudet näkyvät hetkellisinä nousuina pohjavesipinnoissa vuosivaihtelun ollessa selkeää. Vuosittainen pohjavedenpinnantason vaihtelu on matalassa pohjavesivyöhykkeessä 0,5–2,0 metriä Viiankiaavalla ja sen lähialueella. Kuusivaarassa vuosivaihtelu on suurempaa. (Itasca Denver Inc. 2023.)



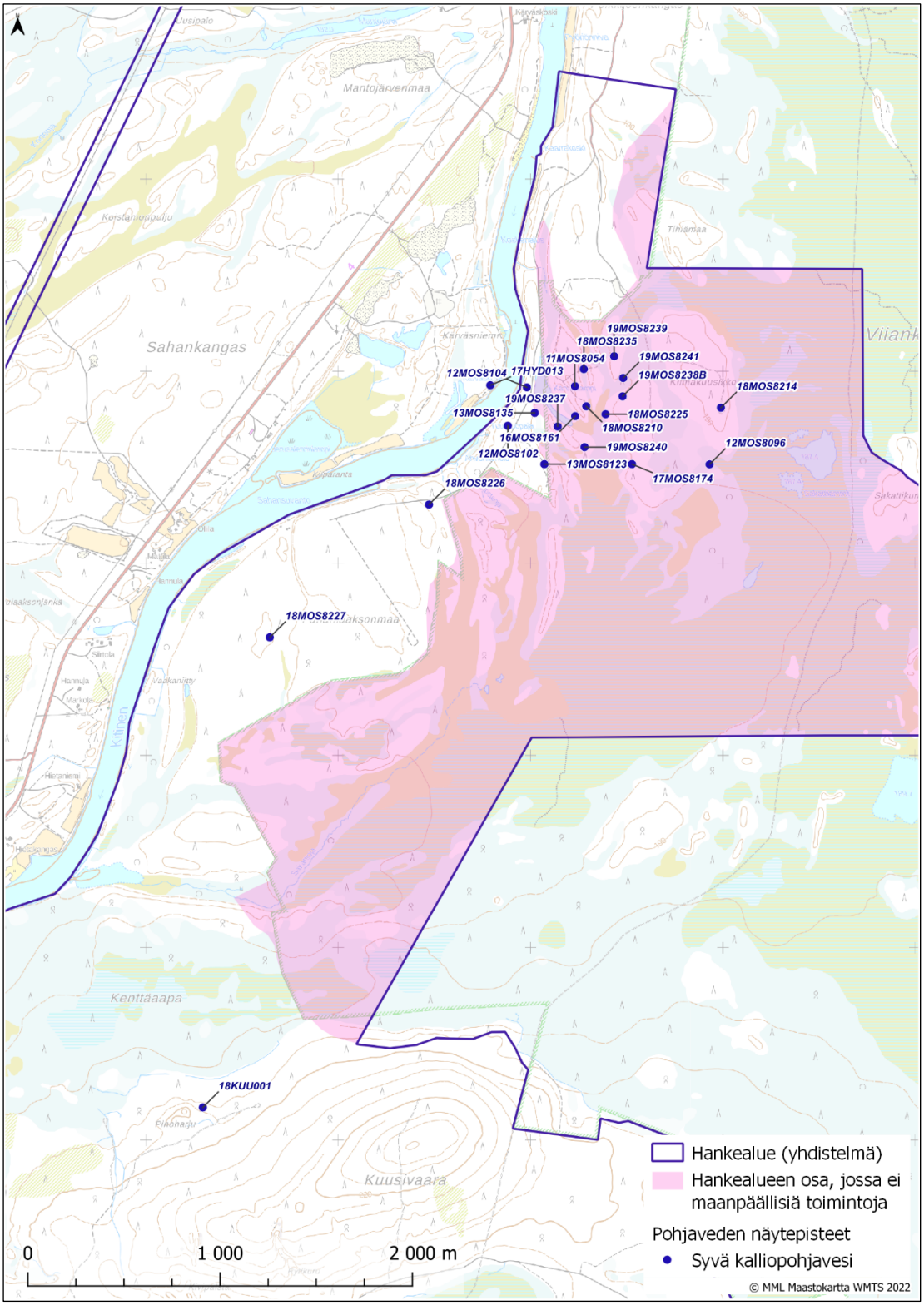
Kuva 16-6 Pohjavedenpinnan korkeuskäyrät vuoden minimitilanteessa (johdettu kalibroidusta steady-state -mallista, aineistossa mukana sekä maa- että kallioperän pohjaveden havaintopisteitä), käyrät kahden metrin välein, ja pohjaveden päävirtaussuunnat (harmaat nuolet) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, muokattu).



Kuva 16-7 Pohjaveden havaintoputkien sijainnit ja tunnukset (turve, maaperä, pohjaruhje).



Kuva 16-8 Pohjaveden havaintoputkien sijainnit ja tunnukset (matala kalliopohjavesi).



Kuva 16-9 Pohjaveden havaintoputkien sijainnit ja tunnukset (syvä kalliopohjavesi).

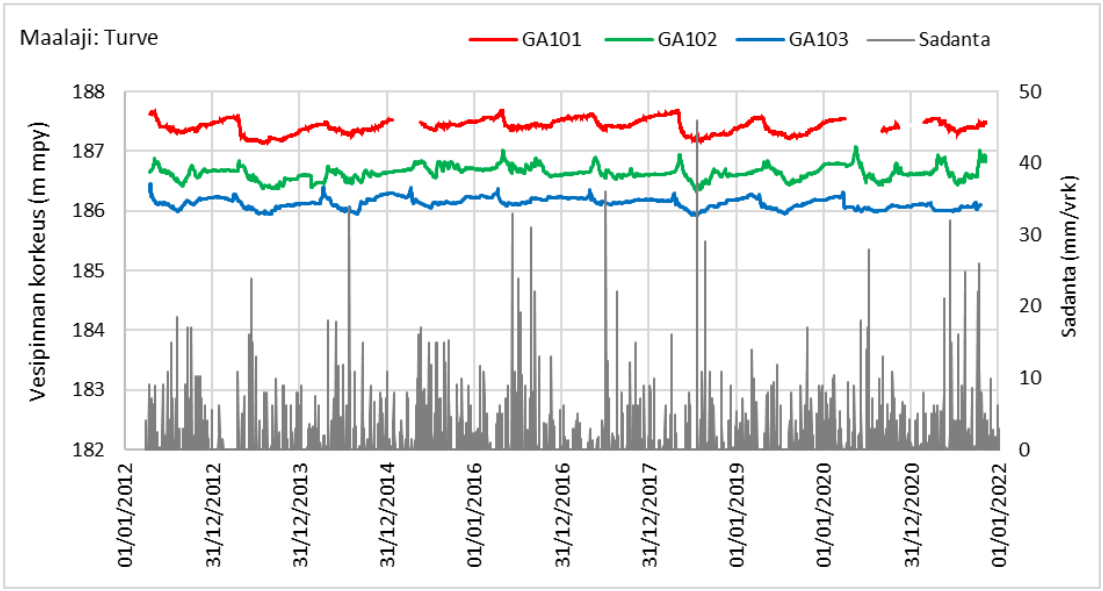
Seuraavissa kaavioissa (Kaavio 16-1 – Kaavio 16-3) on esitetty alueelle asennettujen matalien GA-havaintoputkien automaattisten mittausten osoittamat veden korkeustason vaihtelut turpeessa, pohjaveden korkeustason vaihtelut lajittuneissa joki- ja jäätikkösyntyisissä kerrostumissa ja lajittumattomissa kerrostumissa (moreeni) sekä kallioon asennetuissa havaintoputkissa ajanjaksolla 4/2012–11/2021. Havaintoputkien sijainnit on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8. Aineistosta voidaan todeta veden pinnankorkeuksien vähäinen vaihtelu turpeeseen asennetuissa havaintoputkissa. Näissä havaintoputkissa (GA101, GA102 ja GA103) vedenpinnan vaihtelu kuvastaa suon pinta- ja huokosvesitason vaihtelua eikä pohjaveden pinnan vaihtelua. Itasca Denver Inc.:n (2023) tulkinnan mukaan havaittu huokosvesipaineen nousu talvikaudella em. havaintoputkissa johtuu lähinnä lumi- ja jääkerroksen aiheuttamasta, turpeeseen kohdistuvasta paineesta. Tällöin huokosveden painetason nousu ei kuvasta todellista pohjavedenpinnan tasoa. Lisäksi em. havaintoputkien sisäpuolelle muodostuu jääkansi, joka vaikuttaa mittaustuloksiin. Huokosveden paine nousee tyypillisesti em. turpeeseen asennetuissa putkissa lokakuusta huhtikuuhun ja laskee huhtikuun ja toukokuun aikana. Vaihteluväli turpeessa on tyypillisesti 0,2–0,5 metriä.

Viiankiaavan suoalueella olevien havaintoputkiryhmien GA101, GA102 ja GA103 (turve), GA301, GA302 ja GA303 (hiekka, sora, moreeni) sekä GA401, GA402 ja GA403 (kallion yläosa) vedenpinnoissa ei ole havaittavissa suuria vuosittaisia vaihteluita eikä merkittävää vedenpinnan nousua roudan ja lumen sulaessa alueelta. Kaikkien em. havaintoputkien osalta pohjaveden pinnankorkeus on vaihdellut noin +186 – +187,5 m mpy välillä. Havaintoputkiryhmien automaattisten mittausten mukaiset pohjavedenpinnan korkeudet on esitetty kaavioissa (Kaavio 16-4 – Kaavio 16-6) ajanjaksolla 4/2012–11/2021.

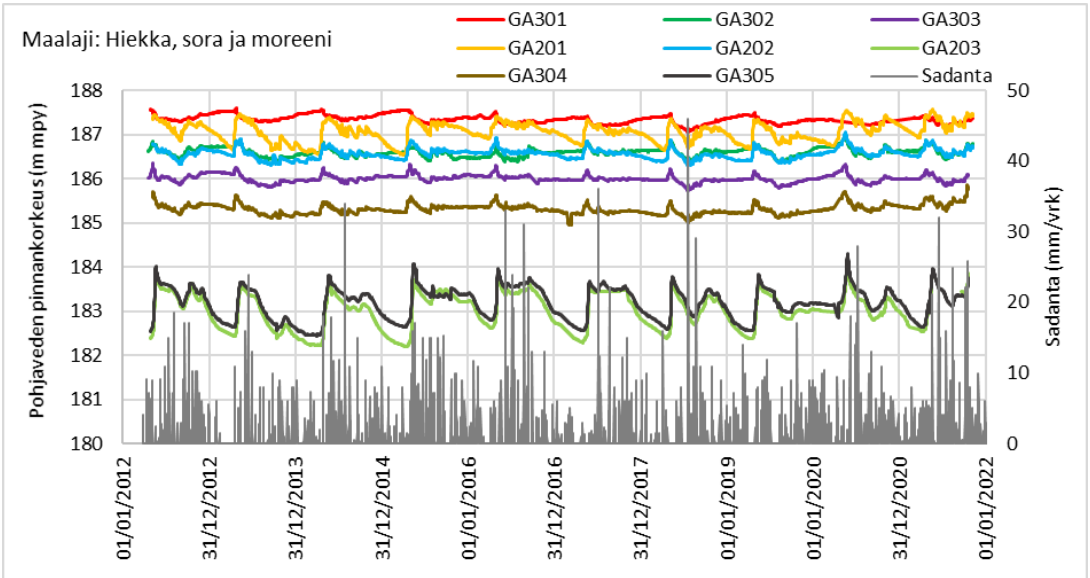
Tutkimusalueen länsiosassa, lähellä Kitistä olevan pohjaveden havaintoputkiryhmän GA203 (hiekka/sora), GA305 (moreeni) ja GA405 (kallio) alueella pohjaveden pinnankorkeus vaihtelee selkeästi vuodenaikojen mukaan, ja putkissa GA203 ja GA305 (alimmat käyrät) on muissa kivennäismaakerroksiin asennetuissa pohjavesiputkissa havaittuja vaihteluita suurempi pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu (noin +182,2 – +184,3 m mpy) (Kaavio 16-2, Kaavio 16-3). Suurempi pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu Kitisen rantaa lähellä olevissa muodostumissa on seurausta kohteiden moreeniainesta sisältävistä välikerroksista. Niiden vesivarastot täyttyvät kevätsulamisen yhteydessä ja vuodesta riippuen viivästyttävät pohjavedenpinnan kesäistä laskua. Pohjavedenpinnan taso nousee noin 2 metriä roudan ja lumien sulaessa alueelta ja laskee sen jälkeen syksyyn asti. Syksyllä on havaittavissa syyssateisiin liittyvä pohjavedenpinnan nousu ennen talvella tapahtuvaa vedenpinnan laskua (esimerkiksi putket GA203, GA305 ja GA405). Kitisen itärannalla pohjavedenpinnan taso on keskimäärin muutamia metrejä maanpinnan tasoa alempana. Hiekkaisilla ja soraisilla alueilla on havaittavissa pohjaveden painetason olevan kalliossa alempana kuin hiekoissa, sorissa ja moreenissa (Kaavio 16-3), mikä viittaa siihen, että pohjaveden virtaus suuntautuu maakerroksista kohti kallioperää. Kallion yläosaan asennetuissa putkissa GA401, GA402 ja GA403 havaittu vaihtelu noudattaa suon pintaveden korkeusvaihtelun voimakkuutta. Eri yksiköiden (turve, maaperä, kallion yläosa) pohjavedet muodostavat näin toisiaan puskuroivan systeemin, joiden välinen vuorovaikutus vaihtelee vuodesta ja vuodenajasta toiseen.

Kairauksissa on havaittu joidenkin kallioperän rakenteiden pohjaveden olevan paineellista, jolloin kairareiässä ovat vallinneet paineelliset olosuhteet. Kyseessä on kuitenkin ollut hetkellinen ilmiö. (SRK Consulting Ltd. 2019c.)

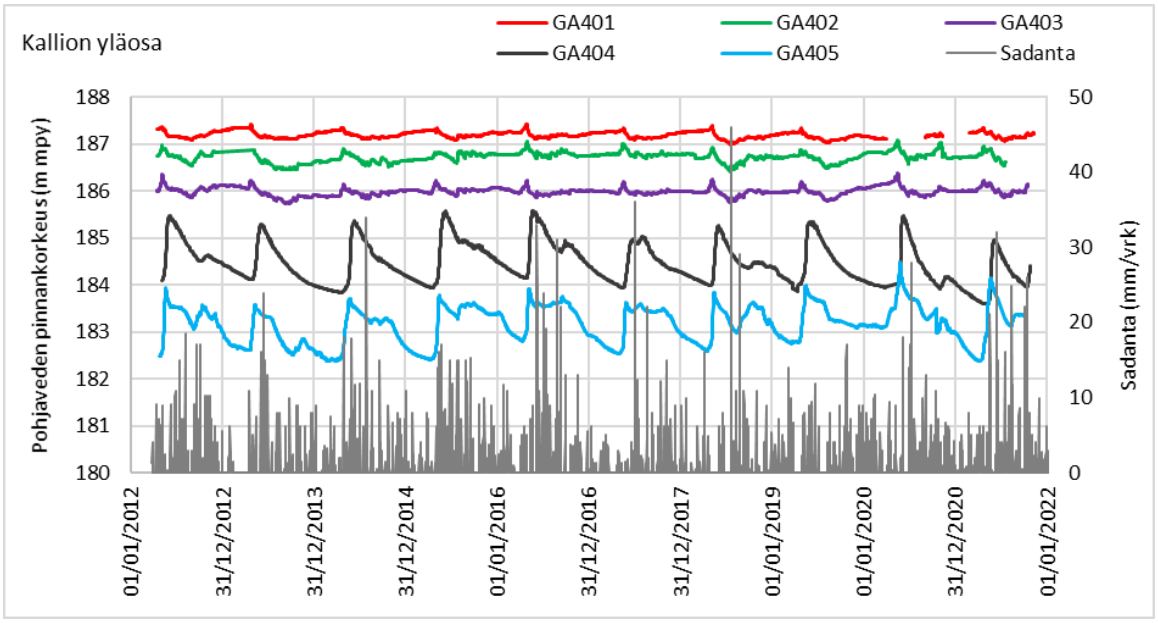
Kaavio 16-1 Turpeeseen asennettujen havaintoputkien vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 4/2012–11/2021. Vedenpinnan vuotuinen vaihtelu on alle 50 senttimetrin suuruista ollen pienintä suon keskellä sijaitsevalla GA103 putkella noin 20–30 senttimetrin luokkaa. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



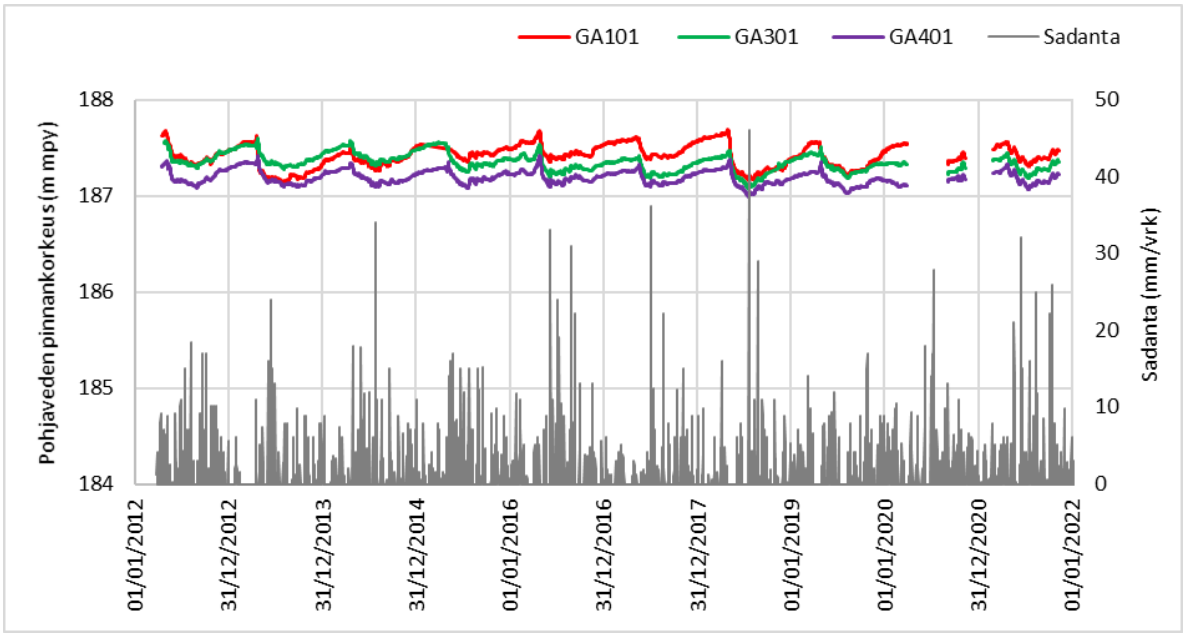
Kaavio 16-2 Maaperän lajittuneisiin (hiekka/sora) ja lajittumattomiin (moreeni) kerrostumiin asennettujen havaintoputkien vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 4/2012–11/2021. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



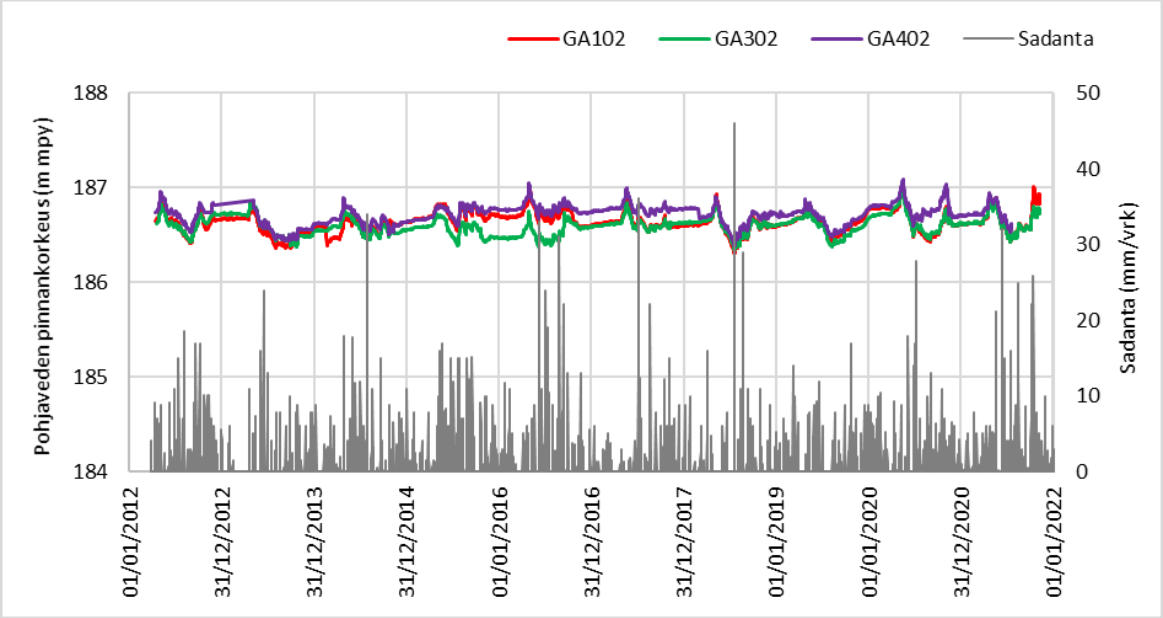
Kaavio 16-3 Kallion yläosaan asennettujen havaintoputkien vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 4/2012–11/2021. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



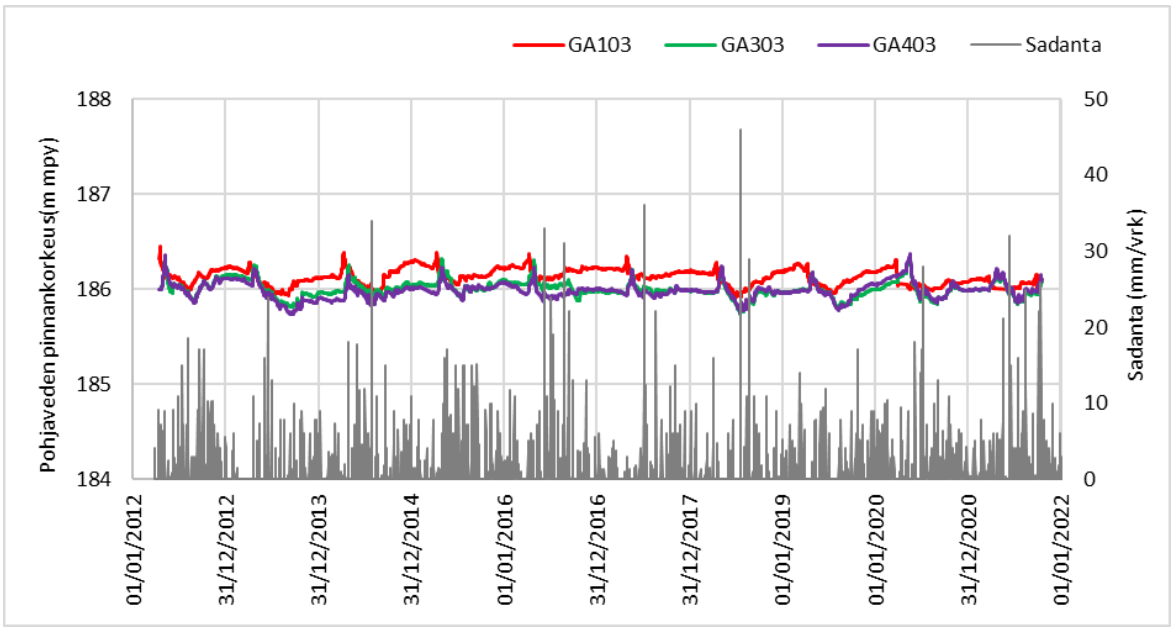
Kaavio 16-4 Havaintoputkiryhmän GA101, GA301 ja GA401 vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 4/2012–11/2021. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



Kaavio 16-5 Havaintoputkiryhmän GA102, GA302 ja GA402 vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 4/2012–11/2021. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



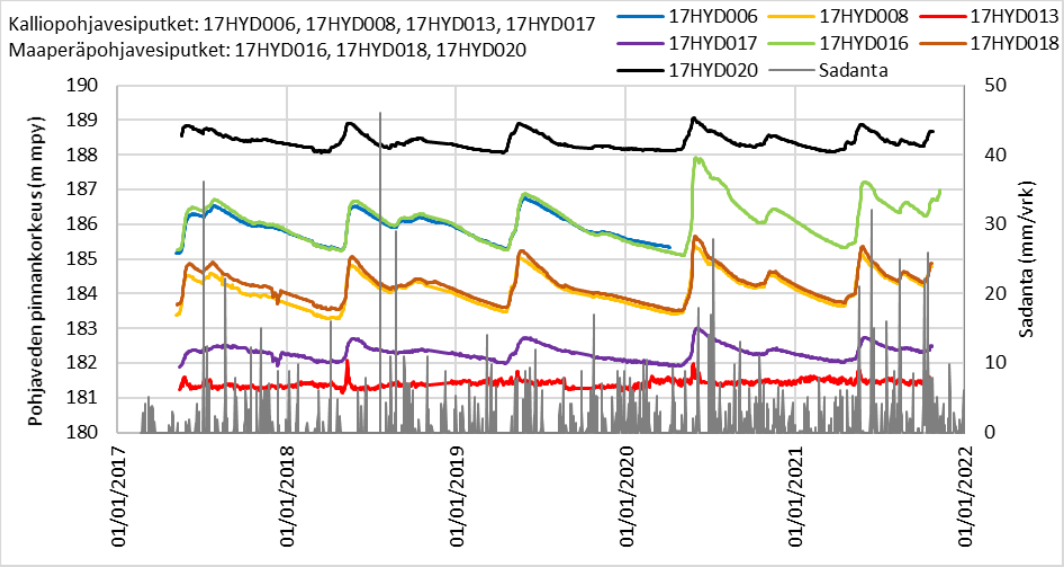
Kaavio 16-6 Havaintoputkiryhmän GA103, GA303 ja GA403 vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 4/2012–11/2021. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



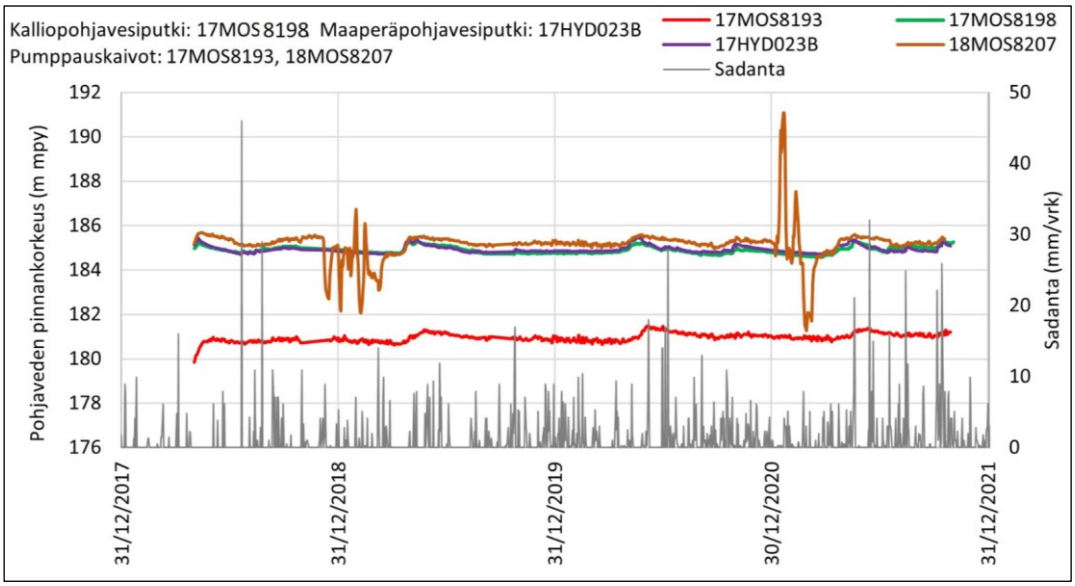
Kalliopohjavesiputkia (17HYD006, 17HYD008, 17HYD013, 17HYD017) on asennettu eri kivilajiyksiköihin ulottuen noin 100–250 metrin syvyyteen (Kaavio 16-7). Syviä kalliohavaintokaivoja on asennettu pohjaruhjeeseen (17MOS8193) noin 1 000 metrin syvyyteen ja siirrokseen (18MOS8207) noin 900 metrin syvyyteen. Pinnankorkeusaineiston perusteella kalliopohjavesien pinnantasot reagoivat

kevätsulantaan (Kaavio 16-7 ja Kaavio 16-8). Kalliopohjavesiputkissa (17HYD006, 17HYD008, 17HYD013, 17HYD017) vaihteluväli on noin +183,2 – +186,8 m mpy. Pohjaruhjeessa putkessa 17MOS8193 vaihteluväli on noin +179,9 – +181,5 m.

Kaavio 16-7 Kaudella 2016/2017 asennettujen maaperän ja kalliopohjavedenhavaintoputkien vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 5/2017–10/2021. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



Kaavio 16-8 Kaudella 2017/2018 asennettujen pohjaveden havaintoputkien vedenpintojen korkeusvaihtelu ajanjaksolla 4/2018–10/2021. 18MOS8207-pumppauskaivon painetasossa on voimakasta vaihtelua kairauskausien aikana palautuen kairausten loputtua aikaisemmalle tasolle. Havaintoputkien sijainti on esitetty kuvissa (Kuva 16-7 – Kuva 16-9) ja liitteessä 8.



16.2.7 Maa- ja kalliopohjaveden virtaussuunnat

Maaperän pohjavesi

Pohjaveden virtausmallinnusten (Åberg, ym. 2019, 2021; Itasca Denver Inc. 2023) ja AASM Oy:n keräämän pohjaveden pinnankorkeuden seuranta-aineiston perusteella pohjaveden päävirtaussuunta on Viiankiaavan keskialueilta kohti Kitistä eli pääpiirteissään idästä länteen (Kuva 16-16). Keväisin pohjaveden virtaussuunta kääntyy jossain määrin koillinen-lounas-suuntaiseksi. Tämä muutos johtuu pohjaveden pinnan hieman nopeammasta noususta alueen pohjoisosissa.

Pohjavesivirtaus näyttää keskittyvän tietyille vyöhykkeille. Esimerkiksi Kärväslammen ja Pahanlaaksonmaan välissä sijaitsevalle Ruosteojan valuma-alueelle ohjautuu pohjavettä, joka muodostuu laajalla alueella Viiankiaavalla. Pohjavesi purkautuu osittain rantatörmän lähteistä, mutta sitä virtaa myös kallion rakoja ja alimpia hiekkakerroksia myöten Kitiseen.

Kuusivaaralla sadeveden imeytyminen pohjavedeksi on tehokasta huuhtoutuneen moreenin sekä rinteen juurella olevien hiekkakerrostumien ansiosta. Kuusivaara jakaa pohjaveden virtausta siten, että sen pohjoispuolelle virtaus on kohti luodetta kääntyen vähitellen kohti länttä ja Kitistä. Pohjoispuolisella alueella muodostunutta pohjavettä myös purkautuu Kenttäaavalla sijaitsevissa lähteissä (Ramboll Finland Oy 2019a). Kuusivaaran etelärinteeltä pohjaveden virtaus on kohti kaakkoa, etelää ja lounasta. Eliasaavan länsiosista pohjavesi virtaa kohti Kitistä.

Kalliopohjavesi

Syvemmällä kalliossa olevan pohjaveden virtaus tapahtuu paikallisesti kallioperän ruhjeissa ja raoissa korkeammasta painetasosta kohti alhaisempaa painetasoa ja virtauskuvio on monimutkainen. Ehjässä kalliossa vesi ei liiku. Myös kallion pinnalla oleva jääkautta vanhempi grus-tyypin, rakenteeltaan sora/moreenimainen, rapauma mahdollistaa pohjaveden virtauksen (Åberg ym. 2022). Sen sijaan savinen rapauma, jota on havaittu AASM Oy:n kairauksissa Pahanlaaksonmaan pohjoispuolella (Åberg ym. 2021) ja laajemmin Kersilön alueella, todennäköisesti estää veden virtausta alhaisen hydraulisen johtavuuden takia.

Hankkeessa tehtyjen mittausten mukaan kallioperän vedenjohtavuus on suurempi Kuusivaaran alueella kuin varsinaisen esiintymän alueella. Kallioperän rakenteiden (siirrokset) vedenjohtavuudet esiintymän ympäristössä vastaavat niitä ympäröivän kallioperän vedenjohtavuuksia. (Itasca Denver Inc. 2023.)

Hankealueella voi tapahtua rakoilleessa/rikkonaisessa kallioperän yläosassa olevan pohjaveden ja kallion yläpuolella hyvin vettä läpäisevässä maakerroksessa (hiekka/sora/hiekkamoreeni) olevan pohjaveden sekoittumista. Pohjavesien sekoittumiseen vaikuttavat kallioperän ja maaperän vedenläpäisevyys sekä pohjaveden painetasot eri pohjavesivyöhykkeissä.

16.2.8 Maaperän pohjaveden laatu

Pohjavesien laatua ja ominaisuuksia sekä pohjaveden virtausta ja vuorovaikutusta pintavesien kanssa on käsitelty Helsingin yliopiston tutkimuksissa (Salonen ym. 2014, Korkka-Niemi ym. 2017,

Lahtinen 2017, Bigler 2018, Åberg ym. 2019, Karhu ym. 2020). Alueen pohjavesigeologiaan vaikuttavat maaperän pohjavesiesiintymät (akviferit) ja niiden rakenne (hydrostratigrafia) sekä lähteet ja lähteiköt. Maaperä ja ilmasto mahdollistavat pohjavesien tehokkaan muodostumisen ja varastoitumisen. Tutkimusalueella suoritetut maaperätutkimukset (mm. Räisänen 2014, Salonen ym. 2014, 2016, Åberg ym. 2017a, 2021) osoittavat, että Kitisen itäpuolella olevalla alueella ei sijaitse laajoja yhtenäisiä lajittuneita hiekka- tai sorakerrostumia ja olemassa olevat pohjavesimuodostumat sisältävät huonosti vettä johtavia moreenikerroksia. Helsingin yliopisto on ottanut vuosina 2015, 2016 ja 2017 laajalti vesinäytteitä eri vesityypeistä (pintavesi, turpeen huokosvesi, lähdevesi, maaperän pohjavesi). Näytteistä on analysoitu stabiilit hapen ja vedyn isotoopit (δ18O and δD), liuennut silikaatti, pääionit, pH, alkaliniteetti, sähköjohtavuus, liuennut orgaaninen hiili ja valikoidut hivenaineet. Vesitutkimuksen keskeisinä tavoitteina on ollut määrittää erilaisten vesityyppien geokemiallista luonnetta, kartoittaa pintavesi–pohjavesivuorovaikutuksen ilmenemistä sekä arvioida geokemiallisten muuttujien vaikutusta uhanalaisten kasvilajien esiintymiseen Viiankiaavalla. Tutkimustuloksia on raportoitu raporteissa, opinnäytetöissä ja julkaisuissa.

AASM Oy on ottanut alueelta turpeen huokosvesinäytteitä ja kivennäismaakerroksista sekä kallioperästä pohjavesinäytteitä vuodesta 2012 lähtien. Metallit ja alkuaineet on vuodesta 2015 alkaen määritetty liukoisina pitoisuuksina ja ajanjaksolla 2012–2014 kokonaispitoisuuksina. Seuraavissa taulukoissa (Taulukko 16-6 – Taulukko 16-13) esitetään pohjavesiaineiston laatutulokset ajanjaksolla 2015–2021. Kattavampi yhteenveto tarkkailutuloksista on esitetty liitteessä 8. Näytteille on tehty laajat analyysit ml. pH, sähkönjohtavuus, hapen kylläisyysaste, liuennut happi, ravinteet (fosfori, fosfaatti, fosfaattifosfori, typpi, nitriittityppi, nitraattityppi, ammoniumtyppi), sameus, väri, alkaliniteetti, sulfaatti (SO_4), kemiallinen hapenkulutus, väri, sameus, lämpötila sekä seuraavat metallit, puolimetallit ja alkuaineet (liuennut pitoisuus) alumiini (Al), arseeni (As), boori (B), barium (Ba), beryllium (Be), kalsium (Ca), kadmium (Cd), kloridi (Cl^-), koboltti (Co), kromi (Cr, Cr^{6+}), kupari (Cu), fluoridi (F^-), rauta (Fe), elohopea (Hg), kalium (K), magnesium (Mg), mangaani (Mn), molybdeeni (Mo), natrium (Na), nikkeli (Ni), lyijy (Pb), seleeni (Se), antimoni (Sb), rikki (S), tina (Sn), strontium (Sr), titanium (Ti), tallium (Tl), uraani (U), vanadium (V) ja sinkki (Zn). Lisäksi osassa pisteistä on analysoitu orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus (TOC), kiintoaine (SS), liukoinen kiintoaines (TDS) ja absorbanssi. Analyyseistä pääosa on tehty FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoimassa laboratoriossa (Ahma ympäristö Oy, myöhemmin Eurofins Ahma Oy). Osa analyyseistä on tehty SWEDAC-akkreditointipalvelun akkreditoimassa laboratoriossa (ALS Scandinavia AB).

Kaikille pohjavesiryhmille (maaperän pohjavesi, lähdevesi, kaivovesi, matala kalliopohjavesi, syvä kalliopohjavesi, pohjaruhjeen vesi) ja turpeen huokosvesille keskiarvon laskennassa on huomioitu määritysrajan alapuolelle jäävät pitoisuudet määritysraja-arvon puolikkaana esimerkiksi lyijyn (Pb) keskiarvon laskemisessa on käytetty 0,01 µg/l arvoa (määritysraja 0,02 µg/l). Kaikille pohjavesiryhmille ja turpeen huokosvedelle on laskettu aritmeettinen keskiarvo ja mediaani. Mediaani kuvaa luotettavammin vesiryhmän tyypillistä arvoa suuremmissa aineistoissa annetulle muuttujalle kuin aritmeettinen keskiarvo.

Keskeisimpänä tuloksena AASM Oy:n pohjaveden tarkkailuohjelmasta sekä Helsingin yliopiston tutkimuksista ja konsulttitutkimuksista on tieto alueen matalien maaperän pohjavesien vaihtelevasta koostumuksesta. Vaihtelu tunnetaan tutkimusaineistoon pohjautuen hyvin tarkasti ja se osoittaa,

ettei alueella ole laajoja toisiinsa yhteydessä olevia yhtenäisiä pohjavesivarastoja, vaan pohjavesimuodostumat ovat toisistaan erillisiä ja pieniä. Tämä havainto tukee alueen syntyhistoriasta vallalla olevaa käsitystä ja on siten linjassa maaperätutkimuksista saatujen löydösten kanssa (Åberg ym. 2017a).

Seuraavassa tarkastellaan pohjavedestä analysoituja laatuparametrejä näytteenottoryhmittäin (turve, maaperä, lähteet, matala kalliopohjavesi, syvä kalliopohjavesi ja pohjaruhjeen vesi) ja lopuksi ryhmitellään vesiä niiden kemiallisten piirteiden nojalla.

Turpeen huokosvesi

AASM Oy:n tarkkailuohjelman puitteissa Viiankiaavan turpeen huokosvedestä on analysoitu 15 huokosvesinäytettä (Taulukko 16-6). Tuloksista havaitaan turpeen huokosveden liuenneiden aineiden mediaanipitoisuuksien olevan pääsääntöisesti alhaisempia kuin vastaavien maaperän pohjaveden pitoisuuksien (Taulukko 16-7), poikkeuksena arseeni, kalsium, koboltti, kromi, rauta, mangaani, typpi, lyijy ja sinkki. Sähkönjohtavuuden mediaaniarvo on samansuuruinen turpeen huokosvedellä ja maaperän pohjavedellä. Orgaanisen hiilen mediaaniarvo on hieman suurempi turpeen huokosvedessä kuin maaperän pohjavedessä. Turpeen huokosveden mediaaniarvot kiintoainespitoisuudelle, ravinteille ammoniumtyppeä lukuun ottamatta, happipitoisuudelle ja pH:lle ovat alhaisempia kuin vastaavat arvot maaperän pohjavedessä. Turpeen huokosveden liuenneiden aineiden mediaanipitoisuudet ovat pääosin korkeampia kuin purovesien vastaavat mediaanipitoisuudet (Tenhola ja Tarvainen 2008). Verrattaessa AASM Oy:n tarkkailuohjelman tuloksia Helsingin yliopiston keräämään aineistoon (Bigler 2018) turpeen huokosvedestä, havaitaan pitoisuuksien olevan samansuuntaisia (Taulukko 16-6).

Taulukko 16-6 Turpeen huokosveden fysikaalis-kemialliset tutkimukset ja alkuaineet kaudelta 2015–2021. Seurantatuloksien esitettävät tunnusarvot ovat: minimiarvo, maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n). Taulukossa on esitetty vertailuarvoina Tenhola ja Tarvaisen (2008) esittämät purovesien laatutiedot vuodelta 2006 (mediaani, maksimiarvo, näytemäärä (n)) sekä Helsingin yliopiston (Bigler 2018) turpeen huokosveden tutkimustuloksia kaudelta 2016–2017 (minimiarvo, maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n)).

AASM Oy:n tarkkailuohjelma Turpeen huokosvesi							Vertailuaineisto Tenhola &Tarvainen (2008), Purovedet			Vertailuaineisto Bigler (2018) Turpeen huokosvesi				
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Mediaani	n	Max	Mediaani	n	Min	Max	ka	Mediaani
pH		15	5,9	7,3	6,3	6,1	249	7,6	6,5	33	3,7	8,0	6,5	6,3
Alkaliniteetti	mmol/l	15	0,6	2,9	1,1	0,9	249	3,3	0,4	33	0,1	3,3	0,7	0,6
Sähkönjohtavuus	mS/m	15	9,6	27,0	14,0	12,0	249	101	5,2	33	0,02	0,33	0,08	0,06
Sameus	FTU	15	4,8	210	49,3	21,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Kemiallinen hapenkulutus, CODMn	mg/l	15	3,9	19,0	13,6	15,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Väri	mg Pt/l	15	<5	410	213	210	249	1 300	75	-	-	-	-	-
Kiintoainepitoisuus	mg/l	15	<2	2 800	479	300	-	-	-	-	-	-	-	-

AASM Oy:n tarkkailuohjelma Turpeen huokosvesi							Vertailuaineisto Tenhola &Tarvainen (2008), Purovedet			Vertailuaineisto Bigler (2018) Turpeen huokosvesi				
Parametri	Yk-sikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	Max	Medi-aani	n	Min	Max	ka	Medi-aani
Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus, TOC	mg O_2/l	15	4,2	13,2	9,3	10,4	-	-	-					
Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus	mg/l	5	54	100	81	94	-	-	-	-	-	-	-	-
Happi, liuennut	mg O_2/l	15	<0,2	17,0	4,2	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Happi, kyllästysaste	%	15	<0,2	2,2	0,9	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Absorbanssi 420 nm	-	15	0,0	2,4	0,8	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-
Ammoniumtyppi, NH_4-N	µg/l	15	49	1 400	529	140	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfaattifosfori, PO_4-P	µg/l	15	14	130	54	34	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitriittityppi, NO_2-N	µg/l	15	<2	9,6	2,9	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitraattityppi, NO_3-N	µg/l	15	<5	<10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitriitti- ja nitraattitypen summa NO_2-N + NO_3-N	µg/l	15	<5	<20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hopea, Ag (*)	µg/l	5	<0,02	-	-	-	-	-	-	47	<0,0069	-	-	-
Alumiini, Al (*)	µg/l	15	5,4	151	63	50	249	4 460	86	66	2,9	566	37	15
Arseeni, As (*)	µg/l	15	0,8	2,3	1,5	1,4	249	10,8	0,4	66	0,2	14,7	2,4	1,1
Boori, B (*)	µg/l	5	<0,5	5,6	1,7	0,8	249	133	4,0	-	-	-	-	-
Barium, Ba (*)	µg/l	5	11,0	14,3	12,5	12,0	249	88	10,1	66	1,8	81,5	14,1	11,4
Beryllium, Be (*)	µg/l	5	<0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalsium, Ca (*)	mg/l	15	7,8	22,9	11,2	10,0	249	36,9	4,8	66	1,0	53,6	10,5	7,5
Kadmium, Cd (*)	µg/l	15	<0,01	0,069	0,011	0,005	-	-	-	66	<0,0126	6,7	0,20	0,01
Kloridi, Cl^-	mg/l	15	<0,5	1,1	0,5	0,5	249	163	1,8	33	0,19	1,1	0,5	0,5
Koboltti, Co (*)	µg/l	15	0,53	2,7	1,7	1,8	249	47,8	0,2	66	0,1	25,5	2,0	1,4
Kromi, Cr (*)	µg/l	15	0,32	4,9	2,6	2,5	249	4,44	0,4	66	0,1	11,4	1,1	0,5
Kromi, Cr^{6+}	µg/l	5	<5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kupari, Cu (*)	µg/l	15	0,068	0,88	0,4	0,3	249	21,4	0,6	66	<0,0837	3,5	0,4	0,2
Fluoridi, F^-	mg/l	5	<0,1	-	-	-	249	1,3	0,05	33	0,009	0,14	0,03	0,02
Rauta, Fe (*)	µg/l	15	2 950	22 400	16 737	17 400	249	16 700	760	66	35	84 025	14 598	9 391
Elohopea, Hg (*)	µg/l	13	<0,002	<0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalium, K (*)	mg/l	15	<0,1	1,5	0,4	0,1	249	36,2	1,2	66	0,03	1,3	0,3	0,2
Magnesium, Mg (*)	mg/l	15	2,5	18,7	4,7	3,2	249	16,5	1,7	66	0,5	11,6	3,0	2,3
Mangaani, Mn (*)	µg/l	15	168	501	223	208	249	1 530	33	66	3	584	183	147
Molybdeeni, Mo (*)	µg/l	5	<0,05	0,092	-	-	249	2,5	0,2	66	0,02	8,5	0,3	0,1

AASM Oy:n tarkkailuohjelma Turpeen huokosvesi							Vertailuaineisto Tenhola &Tarvainen (2008), Purovedet			Vertailuaineisto Bigler (2018) Turpeen huokosvesi				
Parametri	Yk-sikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	Max	Medi-aani	n	Min	Max	ka	Medi-aani
Typpi, N	µg/l	15	490	1 500	870	710	-	-	-	-	-	-	-	-
Natrium, Na (*)	mg/l	15	0,27	7,5	2,4	2,4	249	136	2,63	66	0,1	3,5	1,0	0,9
Nikkeli, Ni (*)	µg/l	15	0,55	4,0	2,3	2,2	249	70,2	0,6	66	0,1	4,9	1,0	0,7
Fosfori, P	µg/l	15	20,0	180	81,0	69,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Lyijy, Pb (*)	µg/l	15	<0,02	3,4	0,8	0,2	249	1,98	0,15	66	<0,0049	1,05	0,09	0,04
Antimoni, Sb (*)	µg/l	15	<0,05	0,1	0,045	0,025	-	-	-	66	0,004	0,33	0,05	0,03
Seleeni, Se (*)	µg/l	5	<0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfaatti, SO_4	mg/l	15	<0,2	<0,5	-	-	249	263	3,8	33	0,3	0,5	0,3	0,3
Strontium, Sr (*)	µg/l	5	19,0	24,0	21,0	21,0	249	416	30,4	-	-	-	-	-
Titaani, Ti (*)	µg/l	5	<15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tallium, Tl (*)	µg/l	5	<0,01	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uraani, U (*)	µg/l	15	0,011	0,046	0,03	0,04	249	13,4	0,09	66	<0,0022	0,04	0,005	0,002
Vanadiini, V (*)	µg/l	4	2,1	2,9	2,5	2,5	249	5,61	0,61	66	0,01	8,24	0,39	0,04
Sinkki, Zn (*)	µg/l	15	1,6	38,0	9,1	7,0	249	127	3,58	66	0,6	1 094	39,3	11,0
Pii, Si (*)	mg/l	2	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lämpötila (kent-tämittaus)	°C	15	3,3	5,5	4,7	4,8	-	-	-	31	3,3	6,6	4,9	4,8

< pitoisuus alle määritysrajan. Laskennassa alle määritysrajan olevat tulokset on otettu huomioon arvolla määritysraja/2.
**määritetty liukoisena*

Maaperän pohjavesi

Taulukossa (Taulukko 16-7) on esitetty maaperän pohjaveden laatuparametreja vuosien 2015–2021 ajalta. Taulukossa esitettyjen Ahma Ympäristö Oy:n (myöhemmin Eurofins Ahma Oy) analyysitulosten (2015, 2017–2021) perusteella Sakatin esiintymän ympärille asennettujen maaperäpohjavesiputkien vesi on paikoitellen sameaa. Suuressa osassa putkista pohjaveden oli havaittu olevan hapetonta tai vähähappista. Ammoniumtyppi on ollut koholla vähähappisissa putkissa. Metallipitoisuudet ovat olleet suurelta osin alhaisia, lukuun ottamatta suurimmassa osassa näytteitä todettuja kohonneita raudan ja mangaanin pitoisuuksia, sekä yksittäisissä näytteissä havaittuja kohonneita antimoni-, arseeni-, tina-, kadmium-, molybdeeni-, koboltti-, kromi-, nikkeli- ja vanadiinipitoisuuksia, jotka ovat olleet osittain rengaskaivoissa todettujen pitoisuuksien ylittäviä. Nitriitti- ja nitraattitaso on ollut alhaisella, hyvän kaivoveden tasolla. Maaperäpohjaveden pH on ollut pääsääntöisesti välillä 5,7…8,2.

Alhainen happipitoisuus on usein syy kohonneisiin raudan-, mangaanin ja ammoniumtyppipitoisuuksiin. Hapekkaissa olosuhteissa typpi muuntuisi nitrifikaation kautta nitraattitypeksi. Pelkistävissä (vähähappisissa) oloissa rauta on ferroraudan muodossa ja liukoinen, kun se taas hapekkaissa olosuhteissa saostuisi ferrirautana. Mangaani tarvitsee rautaakin korkeamman hapetuspotentiaalin ja pH-tason saostuakseen. Siellä missä maata peittävät suot ja soistumat, hajoava kasviaines kuluttaa maaperän ja pohjaveden happivaroja ja olosuhteet muodostuvat hapettomiksi. Maa- ja kallioperän ominaisuuksien lisäksi alueen suoekosysteemit heijastuvat pohjaveden laadussa.

Kallioperän mineraalikoostumuksella on merkitystä pohjaveden laatuun siten, että esimerkiksi liuenneiden aineiden määrä kasvaa kalkkikivien ja tummien kivilajien (gabro, amfiboliitti, mustaliuskeet, metavulkaniitit) suhteellisen osuuden lisääntyessä kallioperässä (Lahermo ym. 2002). Alueella, jossa kallioperä koostuu sulfidirikkaista kivistä ja maaperässä on ko. kiviainesta rapautuneena, maaperän pohjavesi voi luonnostaan sisältää korkeitakin metallipitoisuuksia (esimerkiksi Roman ym. 2001).

Taulukko 16-7 Maaperän pohjaveden fysikaalis-kemialliset tutkimukset ja alkuaineet kaudelta 2015–2021. Seurantatuloksien esitettävät tunnusarvot ovat: minimiarvo, maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n). Taulukossa on esitetty vertailuarvoina Lahermo ym. (2002) esittämät pohjaveden laatutiedot rengaskaivoista (maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n)). Maaperän pohjaveden muuttujien (ei pH) arvot, jotka ylittävät rengaskaivojen vastaavat arvot on korostettu sinisellä värillä.

		AASM Oy:n tarkkailuohjelma Maaperän pohjavesi					Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Rengaskaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	ka	Kes-kiarvo	Mediaani
pH		167	5,7	8,2	6,8	6,7	698	9	6,5	6,4
Alkaliniteetti	mmol/l	166	0,19	4,3	1,1	0,9	739	8,2	0,8	0,5
Sähkönjohtavuus	mS/m	167	3	50	12,5	12,0	709	106	16,4	12,5
Kovuus	mmol/l	31	0,676	8,63	3,35	3,10	731	19,70	3,02	2,24
Sameus	FTU	167	0,32	7 000	266	84	-	-	-	-
Kemiallinen hapenkulutus, CODMn	mg O_2/l	167	<0,5	62	6,7	3,9	737	100	8,48	4,5
Väri	mg Pt/l	136	<5	2 200	155	32	737	150	13,4	10
Kiintoainepitoisuus	mg/l	135	<1	62 000	2 876	440	-	-	-	-
Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus, TDS	mg/l	85	15	200	76	68	-	-	-	-
Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus, TOC	mg/l	136	<0,5	16,1	3,8	2,8	-	-	-	-
Happi, liuennut	mg O_2/l	134	<0,2	91	16,7	8,0	-	-	-	-
Happi, kyllästysaste	%	135	<0,2	97	15,6	2,2	693	108	57,9	60,9
Absorbanssi 420 nm	-	136	0,002	29	1,7	0,7	-	-	-	-
Ammonium, NH_4	µg/l	29	<50	609	85	25	-	-	-	-
Ammonium-typpi, NH_4-N	µg/l	166	<5	1 400	275	46	-	-	-	-
Fosfaatti, PO_4	µg/l	31	<40	92	27	20	739	6 700	-	<20
Fosfaattifosfori, PO_4-P	µg/l	165	<2	2 400	123	46	-	-	-	-
Nitriitti, NO_2	µg/l	24	<10	10	5	5	-	-	-	-
Nitriittityppi, NO_2-N	µg/l	152	<2	95	6,2	2,5	-	-	-	-
Nitraatti, NO_3	µg/l	29	<500	600	282	250	737	110 000	8 430	3 190
Nitraattityppi, NO_3-N	µg/l	152	<5	200	34	21	-	-	-	-

	AASM Oy:n tarkkailuohjelma Maaperän pohjavesi						Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Rengaskaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	ka	Kes-kiarvo	Mediaani
Nitriitti- ja nitraatti-typen summa NO_2-N + NO_3-N	µg/l	134	<5	260	39	10	-	-	-	-
Hopea, Ag (*)	µg/l	92	<0,02	0,033	0,012	0,01	-	-	-	-
Alumiini, Al (*)	µg/l	167	<5	2 000	47,9	7,3	739	13 500	101	18,5
Arseeni, As (*)	µg/l	167	<0,05	26	2,1	0,4	739	19,7	0,35	0,14
Boori, B (*)	µg/l	85	<0,5	209	15,9	2,4	739	362	22,8	13,8
Barium, Ba (*)	µg/l	116	2,25	163	28,9	20,7	-	-	-	-
Beryllium, Be (*)	µg/l	116	<0,001	<0,005	0,020	0,025	739	9,33	-	<0,10
Kalsium, Ca (*)	mg/l	167	2,4	41,8	11,2	8,6	739	116	15,2	11,4
Kadmium, Cd (*)	µg/l	167	<0,002	1,4	0,02	0,01	739	1,27	0,04	<0,02
Kloridi, Cl^-	mg/l	167	0,2	4,6	0,70	0,65	739	149	8,60	4,46
Koboltti, Co (liukoinen)	µg/l	167	<0,02	11,4	1,5	0,6	739	113	0,77	0,09
Kromi, Cr (*)	µg/l	167	<0,01	21,5	2,0	0,9	739	3,76	0,33	0,20
Kromi, Cr 6+	µg/l	92	<0,4	8,2	2,6	2,5	-	-	-	-
Kupari, Cu (*)	µg/l	167	<0,05	74,7	1,79	0,58	739	410	14,10	2,49
Fluoridi, F^- (liukoinen)	mg/l	116	<0,1	0,2	0,07	0,05	728	3,48	-	<0,10
Rauta, Fe (*)	µg/l	167	<0,4	44 000	6459	104	739	27 600	-	<30
Elohopea, Hg (*)	µg/l	156	<0,002	<0,02	0,004	0,001	-	-	-	-
Kalium, K (*)	mg/l	167	<0,2	5,05	1,1	0,9	739	92,3	4,97	2,78
Magnesium, Mg (*)	mg/l	167	0,82	23,3	5,3	4,3	739	38,5	3,83	2,38
Mangaani, Mn (*)	µg/l	167	0,29	1 220	201	113	739	5330	59,10	4,36
Molybdeeni, Mo (*)	µg/l	116	<0,05	23,1	1,6	0,5	739	8,39	0,30	0,13
Typpi, N	µg/l	136	<50	1 500	499	330	-	-	-	-
Natrium, Na (*)	mg/l	167	0,39	127	5,6	2,5	739	169	7,02	4,18
Nikkeli, Ni (*)	µg/l	167	0,16	28,5	3,5	2,9	739	277	3,29	0,84
Fosfori, P	µg/l	167	1,15	12 000	287	99	-	-	-	-
Lyijy, Pb (*)	µg/l	167	<0,01	0,93	0,07	0,03	739	18,7	0,25	0,04
Antimoni, Sb (*)	µg/l	167	<0,01	3,2	0,13	0,03	739	0,82	0,05	0,03
Seleeni, Se (*)	µg/l	116	<0,2	13,2	0,3	0,1	739	3,41	-	<0,5
Pii, Si (*)	mg/l	57	1,1	13,5	7,0	6,5	-	-	-	-
Tina, Sn (*)	µg/l	31	<0,05	5,85	0,21	0,03	700	0,69	-	<0.5
Sulfaatti, SO_4	mg/l	167	<0,2	57,5	2,9	1,2	739	400	14,6	12,9
Strontium, Sr (*)	µg/l	116	7,3	204	31,1	22,7	739	1170	78,8	59,9
Titaani, Ti (*)	µg/l	116	<0,001	288	4,2	0,55	-	-	-	-
Tallium, Tl (*)	µg/l	116	<0,01	0,097	0,008	0,005	739	0,19	-	<0,02
Uraani, U (*)	µg/l	167	0,00227	14,7	0,28	0,042	739	36,6	0,85	0,09
Vanadiini, V (*)	µg/l	103	<0,05	12	1,2	0,7	739	11,8	0,4	0,2
Sinkki, Zn (*)	µg/l	167	<0,2	399	7,1	2,0	739	2930	44,2	10,4
Lämpötila (kenttämittaus)	°C	135	1,4	10,7	4,2	4,2	706	19	7,2	6,8

< pitoisuus alle määritysrajan. Laskennassa alle määritysrajan olevat tulokset on otettu huomioon arvolla määritysraja/2.
**määritetty liukoisena*

Lähdevedet

Lähdeveden laadun seuranta on alkanut vuonna 2015, jolloin AASM Oy:n tarkkailuohjelmassa oli yksi lähde. Tehtyjen lähdekartoituksien myötä tieto lähteiden määrästä alueella on kasvanut ja lähdevesien tarkkailuohjelmaa on laajennettu vuonna 2018 lisäämällä tarkkailuohjelmaan lähdevesipisteitä Kuusivaaran ja Kitisen ranta-alueilta. Kesästä 2020 alkaen tarkkailuohjelmassa on ollut kuusi lähdettä. Lähdevesien osalta AASM Oy:n tarkkailuohjelmaa päivitetään kartoitustiedon kertyessä Viiankiaavan ja sen lähialueiden lähteistä.

Yksittäisissä lähdevesinäytteissä ammoniumtyppi on ollut koholla samalla kun niissä on mitattu matala happipitoisuus. Metallipitoisuudet ovat olleet suurelta osin alhaisia. Nitriitti- ja nitraattipitoisuus on ollut alhaisella tasolla. Yksittäisissä lähdevesinäytteissä on havaittu kohonneita raudan ja mangaanin pitoisuuksia todennäköisesti vähähappisuudesta aiheutuen. Verrattaessa lähdevesien metallipitoisuuksia rengaskaivoissa todettuihin, havaitaan kromipitoisuuksien olevan hieman korkeampia kuin Lahermo ym. (2002) esittämässä rengaskaivojen vertailuaineistossa. Lähdevesien hapen kyllästysasteen mediaaniarvo on selvästi alempi kuin rengaskaivoilla (Lahermo ym. 2002). Lähdevesien pH on ollut pääsääntöisesti välillä 5,9…7,6. Maaperän pohjaveden laatuun verrattaessa esille nousevat lähinnä metallipitoisuudet, jotka ovat selvästi korkeammat maaperän pohjavedessä.

Tarkkailuohjelmassa olevien lähteiden vedenlaatu poikkeaa selkeästi syvien kalliopohjavesien laadusta eikä Viiankiaavan tai sen lähialueen tunnetuista lähteistä analysoiduista vesistä nähdä syvän pohjaveden vaikutusta kohonneina liuenneiden aineiden pitoisuuksina (Taulukko 16-8).

Taulukko 16-8 Lähdeveden fysikaalis-kemialliset tutkimukset ja alkuaineet kaudelta 2015–2021. Seurantatuloksien esitettävät tunnusarvot ovat: minimiarvo, maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n). Taulukossa on esitetty vertailuarvoina Lahermo ym. (2002) esittämät pohjaveden laatutiedot rengaskaivoista (maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n)). Lähdeveden muuttujien (ei pH) arvot, jotka ylittävät rengaskaivojen vastaavat arvot on korostettu sinisellä värillä.

		AASM Oy:n tarkkailuohjelma Lähdevesi					Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Rengaskaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Mediaani	n	Max	ka	Mediaani
pH	-	61	5,9	7,6	6,7	6,6	698	9,0	6,5	6,4
Alkaliniteetti	mmol/l	61	0,1	1,2	0,6	0,6	739	8,2	0,8	0,5
Sähkönjohtavuus	mS/m	61	1,4	16,0	7,1	6,8	709	106	16,4	12,5
Kovuus	mmol/l	8	0,3	1,8	1,0	0,7	731	19,7	3,0	2,2
Sameus	FTU	61	<0,15	74	7,0	0,23	-	-	-	-
Kemiallinen hapenkulutus, CODMn	mg O_2/l	61	<0,5	17	3,0	0,8	737	100	8,5	4,5
Väri	mg Pt/l	53	<5	1 000	43,1	2,5	737	150	13,4	10
Kiintoainepitoisuus	mg/l	53	<1	88	5,1	0,5	-	-	-	-
Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus, TOC	mg/l	51	<0,5	22,5	2,4	1,2	-	-	-	-
Liukoinen kiintoaines	mg/l	17	10	100	51	42	-	-	-	-
Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus, TDS	mg/l	52	10	100	54,4	53	-	-	-	-
Happi, liuennut	mg O_2/l	53	<1	87	35,7	11,0	-	-	-	-
Happi, kyllästysaste	%	52	<0,2	82	31,5	10,5	693	108	58	61

	AASM Oy:n tarkkailuohjelma Lähdevesi						Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Rengaskaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	Max	ka	Medi-aani
Absorbanssi 420 nm	-	53	0,001	3,57	0,14	0,01	-	-	-	-
Näkösyvyys	m	2	0,1	0,2	-	-	-	-	-	-
Syvyys	m	2	0,1	0,2	-	-	-	-	-	-
Ammonium, NH_4	µg/l	8	<50	344	64,9	25	-	-	-	-
Ammonium-typpi, NH_4-N	µg/l	61	<5	3 000	76,6	2,5	-	-	-	-
Fosfaatti, PO_4	µg/l	8	<40	-	-	-	739	6 700	-	<20
Fosfaattifosfori, PO_4-P	µg/l	61	<2	50	5,4	3	-	-	-	-
Nitriitti, NO_2	µg/l	8	<10	-	-	-	-	-	-	-
Nitriittityppi, NO_2-N	µg/l	61	<2	<5	1,2	1,0	-	-	-	-
Nitraatti, NO_3	µg/l	8	<500	-	-	-	737	110 000	8 430	3 190
Nitraattityppi, NO_3-N	µg/l	61	<5	110	51,7	55	-	-	-	-
Nitriitti- ja nitraattitypen summa NO_2-N + NO_3-N	µg/l	53	<5	110	53,1	62	-	-	-	-
Hopea, Ag (*)	µg/l	60	<0,02	0,05	0,0	0,01	-	-	-	-
Alumiini, Al (*)	µg/l	61	<5	233	10,2	2,5	739	13 500	101	18,5
Arseeni, As (*)	µg/l	61	<0,05	4,72	0,3	0,025	739	19,7	0,35	0,14
Boori, B (*)	µg/l	52	<0,5	50,4	4,1	1,7	739	362	22,8	13,8
Barium, Ba (*)	µg/l	60	3,61	74,3	12,1	11,95	-	-	-	-
Beryllium, Be (*)	µg/l	60	<0,001	<0,05	-	-	739	9,33	-	<0,10
Kalsium, Ca (*)	mg/l	61	1,31	21	8,6	6	739	116	15,2	11,4
Kadmium, Cd (*)	µg/l	61	<0,002	<0,01	-	-	739	1,3	0,04	<0,02
Kloridi, Cl^-	mg/l	61	<0,1	2,9	0,60	0,57	739	149	8,60	4,46
Kobolttti, Co (*)	µg/l	61	<0,02	10,8	0,4	0,028	739	113	0,8	0,1
Kromi, Cr (*)	µg/l	61	0,069	3	0,5	0,41	739	3,76	0,33	0,20
Kromi, Cr^{6+}	µg/l	59	<0,4	<50	-	-	-	-	-	-
Kupari, Cu (*)	µg/l	61	0,025	2,7	0,35	0,23	739	410	14,10	2,49
Fluoridi, F^-	mg/l	57	<0,1	<0,2	-	-	728	3,5	-	<0,10
Rauta, Fe (*)	µg/l	61	<2,5	31 000	2 295	9,3	739	27 600	-	<30
Elohopea, Hg (*)	µg/l	61	<0,003	<0,02	-	-	-	-	-	-
Kalium, K (*)	mg/l	61	<0,2	1,3	0,64	0,55	739	92,3	4,97	2,78
Magnesium, Mg (*)	mg/l	61	0,58	6,75	2,18	1,5	739	38,5	3,83	2,38
Mangaani, Mn (*)	µg/l	61	<0,2	4910	108	2,7	739	5 330	59	4
Molybdeeni, Mo (*)	µg/l	60	<0,05	0,65	0,15	0,0555	739	8,39	0,30	0,13
Typpi, N	µg/l	53	<50	1 100	174	110	-	-	-	-
Natrium, Na (*)	mg/l	61	0,59	3,01	1,69	1,80	739	169	7,0	4,2
Nikkeli, Ni (*)	µg/l	61	0,13	10,70	1,01	0,34	739	277	3,29	0,84
Fosfori, P	µg/l	61	<3	114	12,8	4,1	-	-	-	-
Lyijy, Pb (*)	µg/l	61	<0,02	0,12	0,02	0,01	739	18,7	0,25	0,04
Antimoni, Sb (*)	µg/l	61	<0,05	0,0815	0,03	0,03	739	0,8	0,05	0,03
Seleeni, Se (*)	µg/l	60	<0,2	<0,5	-	-	739	3,4	-	<0,5
Pii, Si (*)	mg/l	26	0,807	7,36	4,5	5,1	-	-	-	-
Tina, Sn (*)	µg/l	8	<0,05	<0,1	0,038	0,025	700	0,69	-	<0,5
Sulfaatti, SO_4	mg/l	61	<0,2	7,1	2,7	1,4	739	400	14,6	12,9
Strontium, Sr (*)	µg/l	60	2,63	34	17,7	18,8	739	1 170	78,8	59,9
Titaani, Ti (*)	µg/l	61	0,739	<15	-	-	-	-	-	-
Tallium, Tl (*)	µg/l	60	<0,01	-	-	-	739	0,19	-	<0,02
Uraani, U (*)	µg/l	61	0,0006	0,52	0,03	0,01	739	36,6	0,85	0,09

		AASM Oy:n tarkkailuohjelma Lähdevesi					Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Rengaskaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	Max	ka	Medi-aani
Vanadiini, V (*)	µg/l	58	0,024	1,7	0,27	0,08	739	11,8	0,39	0,20
Sinkki, Zn (*)	µg/l	61	0,24	70,7	10,9	1,3	739	2930	44,2	10,4
Lämpötila (kenttämittaus)	°C	51	2	20,1	4,8	3,8	706	19	7,2	6,8

< pitoisuus alle määritysrajan. Laskennassa alle määritysrajan olevat tulokset on otettu huomioon arvolla määritysraja/2.
**määritetty liukoisena*

Kaivovedet

Kuusivaaran lähiympäristössä on kaksi käytössä olevaa talousvesikaivoa (rengaskaivoja). Kaivojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 16-3). Kaivojen vedenlaatua on selvitetty vuoden 2019 tammikuussa ja lokakuussa otetuilla näytteillä. Suoritetut laboratoriotutkimukset ja -analyysit on esitetty taulukossa (Taulukko 16-9).

Taulukko 16-9 Kaivovesistä tehdyt fysikaalis-kemialliset tutkimukset ja alkuaineanalyysit.

Fysikaalis-kemialliset tutkimukset	Nitraatti, nitriitti, fluoridi, sameus, sähkönjohtavuus, pH, väri, kloridi, sulfaatti, haju, kemiallinen hapenkulutus ($KMnO_4$), ammonium, ulkonäkö, kokonaiskovuus, liuennut happi, happi kyllästysaste, typpi, fosfori, fosfaatti, TOC, TDS, kiintoaine
Alkuaineanalyysit	Arseeni, kadmium, kromi, kromi (6+), nikkeli, lyijy, antimoni, seleeni, boori, kupari, elohopea, alumiini, rauta, mangaani, barium, beryllium, koboltti, molybdeeni, vanadiini, sinkki, titaani, kalsium, kalium, magnesium, natrium, hopea, strontium, tallium, uraani

Vuoden 2019 näytteenottojen perusteella kaivojen vesinäytteet täyttävät tutkituilta osin (Taulukko 16-9) sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (2/2023) yksityistalouden kaivovedelle asetetut laatuvaatimukset ja -tavoitteet lukuun ottamatta toisen kaivon pH-arvoa, joka oli hieman alle laatutavoitteen.

16.2.9 Kalliopohjaveden laatu

Matalan kalliopohjaveden laatu

Matalaa kalliopohjavettä edustavat vesinäytteet on kerätty kairarei'istä seitsemän metrin ja 123 metrin välillä olevilta syvyyksiltä kallion ylemmästä rikkonaisesta vyöhykkeestä. Näin ollen vesinäytteen kuuluminen matalan ja syvän kalliopohjaveden ryhmään ei perustu ainoastaan näytesyvyyteen vaan myös kallioperän rikkonaisuuteen ja matalan ja syvän kalliopohjaveden näytesyvyydet menevät osittain päällekkäin (syvyysvälillä 74–123 metriä maanpinnan alapuolella).

Matalassa kalliopohjavedessä havaitaan vaihtelevasti alhaisemmat tai samaa suuruusluokkaa olevat liuenneiden metallien pitoisuudet kuin turpeen huokosvedessä tai maaperän pohjavedessä (Taulukko 16-10). Liuenneiden metallien pitoisuudet matalissa kalliopohjavesinäytteissä vaihtelivat eri kairareikien välillä. Matalan kalliopohjaveden pH:n ja alkaliniteetin mediaaniarvot ovat olleet

hieman koholla verrattuna Lahermon ym. (2002) esittämään porakaivojen vertailuaineistoon. Matalan kalliopohjaveden havaitaan olevan vähähappisempaa kuin Lahermon ym. (2002) aineistossa olevien porakaivovesien. Matalan kalliopohjaveden alumiini-, arseeni-, kalsium-, koboltti-, kromi-, rauta-, magnesium-, mangaani-, molybdeeni-, nikkeli-, antimoni-, sinkki- ja seleenipitoisuuksien mediaaniarvot ovat korkeampia kuin Lahermon ym. (2002) aineistossa olevien porakaivovesien. Edellä mainittujen mediaanipitoisuuksien lisäksi arseeni-, kadmium-, kromi-, kalium-, molybdeeni-, kupari-, tina-, lyijy-, antimoni-, seleeni- ja sulfaattipitoisuuksien maksimiarvojen havaitaan ylittävän vertailuaineiston Lahermon ym. (2002) vastaavien pitoisuuksien maksimiarvot. Matalien kalliopohjavesien pH on ollut pääsääntöisesti välillä 6,2…8,8.

Eri pohjavesiryhmien vesinäytteet on luokiteltu (Davis 1964) laskennallisen liuenneiden aineiden kokonaispitoisuuksien (TDSlask) perusteella makeisiin vesiin (TDSlask < 1 g/l), murtovesiin (1 g/l < TDSlask <10 g/l) ja suolaisiin vesiin (TDSlask> 10 g/l). Laskennalliset liuenneiden aineiden kokonaispitoisuudet on laskettu sähkönjohtavuusarvosta Ruotsalainen ym. (2000) kehittämän muunnoskaavan avulla. Matalalle kalliopohjavedelle laskennalliset liuenneiden aineiden kokonaispitoisuudet ovat alle 1 g/l ollen makeaa vettä, poikkeuksena on yksi vesinäyte, jonka laskennallinen liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus ylittää 1 g/l raja-arvon.

Analysoitujen pohjavesien (aineisto 2017–2020) kemiallisten pääkomponenttien määräsuhteiden vertailu on esitetty jäljempänä Piper-diagrammissa (Kaavio 16-9), jossa vasemmanpuoleisin kolmio kuvaa pääkationien (kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium ja kalium (Na+K)) osuuksia ja oikeanpuoleinen kolmio kuvaa pääanionien (bikarbonaatti (HCO_3), sulfaatti (SO_4), kloridi (Cl)) osuuksia vedessä. Alemmista kahdesta kolmiosta pääkationit ja pääanionit projisoituvat keskellä olevaan vinoneliöön, missä vedet tyypitellään niiden pääkationien ja -anionien mukaan (Piper 1994).

Matala kalliopohjavesi edustaa valtaosin tyypillistä Ca-Mg-HCO_3-tyypin pohjavettä, jossa pääkationina on kalsium ja pääanionina bikarbonaatti. Matalassa kalliopohjavedessä toiseksi yleisempänä pääkationina on natrium ja pääanionina on kloridi. Pienehkö osa matalasta kalliopohjavedestä edustaa Ca-Mg-Cl-vettä, Ca-Mg-SO_4-vettä, tai Na-HCO_3-Cl-vettä. Kaaviosta (Kaavio 16-9) havaitaan joidenkin matalan kalliopohjavesien olevan lähellä syvän kalliopohjaveden koostumusta. Muut matalampaa ympäristöä edustavat pohjavesiryhmät (turpeen huokosvesi, lähdevesi, kaivovesi, matala maaperän pohjavesi) edustavat pääosin Ca-Mg-HCO_3-tyypin vettä. Maaperän pohjavedestä pienempi osa edustaa Na-HCO_3-vettä ja Na-HCO_3-Cl-vettä. Syvä kalliopohjavesi on valtaosin Ca-Mg-SO_4-vettä ja Na-Cl-vettä, yksittäiset syvän kalliopohjaveden näytteet edustavat Ca-Mg-HCO3-vettä tai Na-HCO_3-Cl-vettä. Pohjaruhjeen vesi edustaa Na-Cl-vettä.

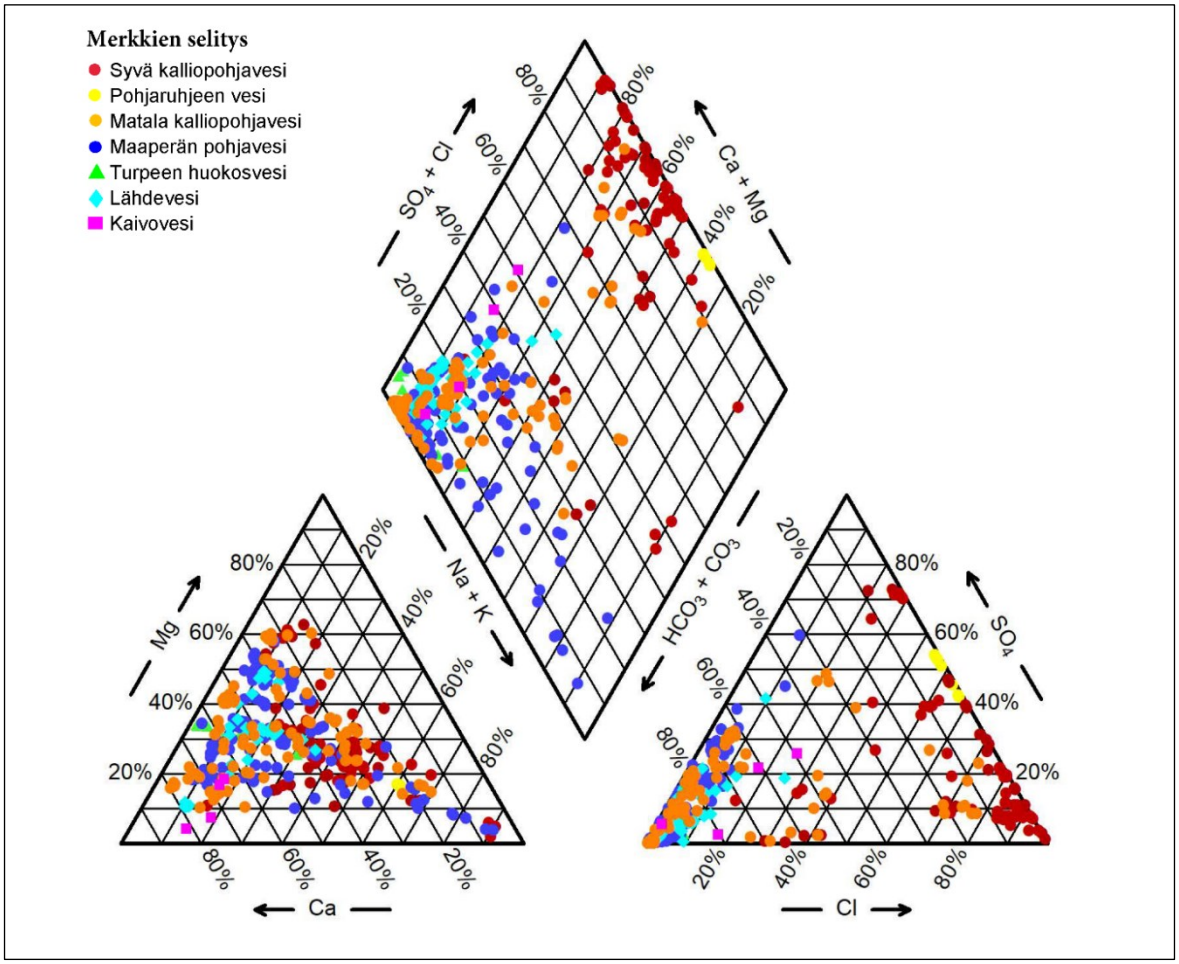
Taulukko 16-10 Matalan kalliopohjaveden fysikaalis-kemialliset tutkimukset ja alkuaineet kaudelta 2017–2021. Seurantatuloksien esitettävät tunnusarvot ovat: minimiarvo, maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n). Taulukossa on esitetty vertailuarvoina Lahermo ym. (2002) esittämät pohjaveden laatutiedot porakaivoista (maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n)). Matalan kalliopohjaveden muuttujien (ei pH) maksimi- ja mediaaniarvot, jotka ylittävät porakaivojen vastaavat arvot on korostettu sinisellä värillä.

		AASM Oy:n tarkkailuohjelma Matala kalliopohjavesi					Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Porakaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Mediaani	n	Max	ka	Mediaani
pH	-	123	6,2	8,8	7,5	7,4	262	9,5	7,1	7,2
Alkaliniteetti	mmol/l	123	0,22	3,8	1,8	1,9	261	5,82	1,7	1,4
Sähkönjohtavuus	mS/m	123	3,5	242	29	22	261	714	34	23
Kovuus	mmol/l	53	0,3	10,1	2,8	2,2	258	198	5,5	3,4
Sameus	FTU	123	<0,15	840	59	11	-	-	-	-
Kemiallinen hapenkulutus, CODMn	mg O_2/l	123	<0,5	148	5,0	2,6	263	65	6,4	3,8
Väri	mg Pt/l	89	<5	610	66	17	262	80	11	5
Kiintoainepitoisuus, SS	mg/l	69	<1	6 600	359	18	-	-	-	-
Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus, TDS	mg/l	45	28	240	119	120	-	-	-	-
Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus, TOC	mg/l	69	<0,5	9,6	3,1	3,6	-	-	-	-
Absorbanssi 420 nm	mg O_2/l	68	<0,2	86	11,4	2,2	-	-	-	-
Happi, liuennut	%	66	<0,2	110	22	6	-	-	-	-
Happi, kyllästysaste	-	69	0,003	4,0	0,59	0,14	252	116	45	40
Ammonium, NH_4	µg/l	46	<5	1 060	207	94	-	-	-	-
Ammonium-typpi, NH_4-N	µg/l	123	<5	1 200	263	132	-	-	-	-
Fosfaatti, PO_4	µg/l	54	<2	360	36	20	263	900	-	<20
Fosfaattifosfori, PO_4-P	µg/l	111	<2	410	56	25	-	-	-	-
Nitriitti, NO_2	µg/l	46	<10	16	5	5	-	-	-	-
Nitriittityppi, NO_2-N	µg/l	122	<2	50	3	2	-	-	-	-
Nitraatti, NO_3	µg/l	46	27	1 480	271	250	263	88 300	5 430	260
Nitraattityppi, NO_3-N	µg/l	123	<1	340	35	30	-	-	-	-
Nitriitti- ja nitraattityppen summa NO_2-N + NO_3-N	µg/l	70	<5	140	18	10	-	-	-	-
Hopea, Ag (*)	µg/l	68	<0,02	0,5	-	-	263	0,05	-	<0,01
Alumiini, Al (*)	µg/l	123	<0,2	1 560	47,4	7,0	263	2 750	30,1	2,5
Arseeni, As (*)	µg/l	123	<0,05	27	1,98	0,42	263	23,6	1,00	0,16
Boori, B (*)	µg/l	46	<0,5	35,8	6,1	2,8	263	478	54,6	27,0
Barium, Ba (*)	µg/l	99	1,3	154	29,2	29,6	-	-	-	-
Beryllium, Be (*)	µg/l	99	<0,001	0,057	0,02	0,03	263	1,52	-	<0,1

	AASM Oy:n tarkkailuohjelma Matala kalliopohjavesi						Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Porakaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	Max	ka	Mediaani
Kalsium, Ca (*)	mg/l	123	1,98	320	26,6	22	263	1 310	28,1	16
Kadmium, Cd (*)	µg/l	123	<0,002	1,41	0,052	0,005	263	0,56	-	0,02
Kloridi, Cl^-	mg/l	123	0,44	606	25,67	0,82	263	3 680	53,9	9,5
Koboltti, Co (*)	µg/l	123	0,00786	4,73	0,55	0,11	263	33,5	0,42	0,04
Kromi, Cr (*)	µg/l	123	<0,01	18,8	1,47	0,43	263	2,50	-	<0,2
Kromi, Cr^{6+}	µg/l	73	<0,4	<5	1,8	2,5	-	-	-	-
Kupari, Cu (*)	µg/l	123	<0,05	1 000	26,5	0,2	263	917	32,3	9,1
Fluoridi, F^-	mg/l	99	<0,1	2,6	0,1	0,1	253	6,0	0,7	0,2
Rauta, Fe (*)	µg/l	127	<0,4	25 400	3 429	76	263	39 900	492	30
Elohopea, Hg (*)	µg/l	119	<0,002	0,041	0,004	0,001	-	-	-	-
Kalium, K (*)	mg/l	123	0,34	19,6	2,8	1,7	263	40,2	4,4	3,0
Magnesium, Mg (*)	mg/l	123	0,89	50,4	11,3	8,2	263	91,9	6,7	4,5
Mangaani, Mn (*)	µg/l	123	0,401	1 450	243,2	138	263	4 140	106	16
Molybdeeni, Mo (*)	µg/l	99	<0,05	172	7,0	0,7	263	53,8	2,3	0,5
Typpi, N	µg/l	70	<50	1 200	439	460	-	-	-	-
Natrium, Na (*)	mg/l	123	1,5	159	15,7	3,6	263	1 040	36,2	9,0
Nikkeli, Ni (*)	µg/l	123	<0,05	72,3	4,8	1,2	263	67,5	1,8	0,6
Fosfori, P	µg/l	123	<1	7 660	136	45	-	-	-	-
Lyijy, Pb (*)	µg/l	123	<0,01	12,6	0,34	0,01	263	7,0	0,42	0,15
Antimoni, Sb (*)	µg/l	123	<0,01	1,6	0,11	0,03	263	1,46	0,04	0,02
Seleeni, Se (*)	µg/l	99	<0,2	5	0,3	0,3	263	4,6	-	<0,5
Pii, Si (*)	mg/l	67	1,3	11	5,8	5,3	-	-	-	-
Tina, Sn (*)	µg/l	53	0,025	50,7	1,73	0,03	254	1,9	-	<0,5
Sulfaatti, SO_4	mg/l	123	0,1	266	14,5	2,6	263	240	19,9	12,2
Strontium, Sr (*)	µg/l	99	6,93	1 850	105,2	57	263	13 300	190	81
Titaani, Ti (*)	µg/l	99	<0,001	8,01	4,0	4,94	-	-	-	-
Tallium, Tl (*)	µg/l	99	<0,01	<0,2	-	-	263	0,1	-	<0,02
Uraani, U (*)	µg/l	123	0,00083	1	0,11	0,04	263	643	13,70	0,64
Vanadiini, V (*)	µg/l	90	<0,005	4,95	0,53	0,18	263	13,6	0,49	0,16
Sinkki, Zn (*)	µg/l	123	<0,2	2 450	123	2,2	263	2 810	85	22
Lämpötila (kenttä-mittaus)	°C	70	2,1	6	3,9	3,8	261	9,5	7,1	7,2

< pitoisuus alle määritysrajan. Laskennassa alle määritysrajan olevat tulokset on otettu huomioon arvolla määritysraja/2.
**määritetty liukoisena*

Kaavio 16-9 Piper-diagrammi vesinäytteiden pääkationi ja -anioni koostumuksesta eri pohjavesiryhmissä (Piper 1994). Tutkimusalueen eri pohjavesiryhmien vedet jakautuvat pääsääntöisesti seuraaviin vesityyppeihin: Ca-Mg-HCO_3-tyypin vesiin (lähdevedet, kaivovedet, turpeen huokosvesi, pääosa maaperän ja matalan kalliopohjaveden vesistä) ja Ca-Mg-SO_4-vesiin (pääosa kalliopohjavedestä). Vähälukuisempina vesityyppeinä ovat Na-HCO_3-vedet (pieni osa maaperän pohjavesistä), Na-HCO_3-Cl-vedet (pieni osa maaperän pohjavesistä, syvästä kalliopohjavedestä ja matalasta kalliopohjavedestä) ja Na-Cl-vedet (pohjaruhjeen vesi ja pieni osa syvistä kalliopohjavesistä). Käytetty aineisto on vuosilta 2017–2020.



Syvän kalliopohjaveden laatu

Syvää kalliopohjavettä edustavat vesinäytteet on kerätty kairarei'istä 74 metrin ja 1 049 metrin välillä olevilta syvyyksiltä kerrosvesinäytteenottimella pääosin vettä johtavista rakenteista. Koska kallioperän yläosan rikkonaisen vyöhykkeen paksuus vaihtelee, menevät matalan ja syvän kalliopohjaveden näytesyvyydet osittain päällekkäin (syvyysvälillä 74–123 metriä maanpinnan alapuolella).

Syvä kalliopohjavesi poikkeaa selkeästi muista pohjaveden ryhmistä ja siinä havaitaan muihin pohjavesiryhmiin verrattuna korkeammat liuenneiden metallien pitoisuudet (Taulukko 16-11). Liuenneiden metallien pitoisuudet syvissä kalliopohjavesinäytteissä vaihtelivat eri kairareikien välillä sekä yksittäisissä kairarei'issä eri syvyyksillä. Syvän kalliopohjaveden sähkönjohtavuuden sekä useimpien liuenneiden metallien pitoisuuksien mediaaniarvot ovat korkeampia verrattaessa Lahermon ym.

(2002) esittämään porakaivojen vertailuaineistoon. Syvien kalliopohjavesien pH on ollut pääsääntöisesti välillä 6,1…9,0 ja pH:n mediaaniarvo on hieman koholla verrattaessa suomalaisten kallioporakaivojen mediaaniarvoon (Lahermo ym. 2002).

Syvälle kalliopohjavedelle laskennalliset liuenneiden aineiden kokonaispitoisuudet (Ruotsalainen ym. 2000) sähkönjohtavuudesta laskettuna vaihtelevat pääosin välillä 0,08—10 g/l edustaen murtovettä. Hyvin korkeita liuenneiden aineiden kokonaispitoisuuksia (yli 10 g/l) on tavattu syvässä kalliopohjavedessä kolmessa kairarei'ässä yhteensä kuudessa vesinäytteessä, jotka edustavat suolaista vettä. Näistä kaksi korkeimman liuenneiden aineiden kokonaispitoisuuden omaavaa vesinäytettä on otettu yli 800 metrin syvyydeltä. Syvän kalliopohjaveden ja pohjaruhjeen erilainen kemiallinen koostumus ja pääionien määräsuhteiden erilaisuus verrattuna muihin vesiryhmiin nähdään selkeästi Piper-diagrammista (Kaavio 16-9), jossa syvä kalliopohjavesi erottuu omaksi ryhmäkseen vinoneliön oikeanpuoleiseen yläosaan.

Kaavioissa (Kaavio 16-10) ja (Kaavio 16-11) muuttujien arvoja ja pitoisuuksia on esitetty logaritmisella asteikolla lineaarisen asteikon sijasta muuttujien arvojen ja pitoisuuksien suuren vaihteluvälin takia. Pääkationi- ja -anionipitoisuudet (Na, K, Ca, Mg, SO_4, Cl, HCO_3) sekä sähköjohtavuus matalassa ja syvässä kalliopohjavedessä eivät ole suoraan riippuvaisia syvyydestä, vaikka pääsääntöisesti sähkönjohtavuus, liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus, kloridi-, natrium- ja sulfaattipitoisuus kasvavat syvyyden kasvaessa. pH:ssa ei havaita korrelaatiota syvyyden suhteen (Kaavio 16-10).

Osin matalan kalliopohjaveden ja syvän kalliopohjaveden havaitaan päällekkäisyyttä Piper-diagrammissa (Kaavio 16-9). Maaperän pohjavesi, lähdevedet, kaivovedet ja turpeen huokosvedet erottuvat matalista ja syvistä kalliovesistä ollen laimeampia, joissa liuenneiden aineiden laskennalliset kokonaispitoisuudet ovat alle 0,26 g/l. Liuenneista metalleista raudan, mangaanin, kromin, kuparin, nikkelin, kadmiumin, koboltin ja uraanin pitoisuudet eivät vaikuta olevan suoraan riippuvaisia syvyydestä tai pohjaveden ryhmästä tarkasteltaessa aineistoa (Taulukko 16-11, Kaavio 16-10). Arseenipitoisuudet ovat maaperän pohjavedessä ja matalassa kalliopohjavedessä korkeammat kuin syvässä kalliopohjavedessä (Kaavio 16-11). Kupari-, nikkeli-, strontium- ja sinkkipitoisuudet ovat suurimmat syvän kalliopohjaveden ryhmässä kuten kaaviosta (Kaavio 16-11) voidaan havaita.

Taulukko 16-11 Syvän kalliopohjaveden fysikaalis-kemialliset tutkimukset ja alkuaineet kaudelta 2017–2021. Seurantatuloksien esitettävät tunnusarvot ovat: minimiarvo, maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n). Taulukossa on esitetty vertailuarvoina Lahermo ym. (2002) esittämät pohjaveden laatutiedot porakaivoista (maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo, mediaani ja näytemäärä (n)). Syvän kalliopohjaveden muuttujien (ei pH) maksimi- ja mediaaniarvot, jotka ylittävät porakaivojen vastaavat arvot on korostettu sinisellä värillä.

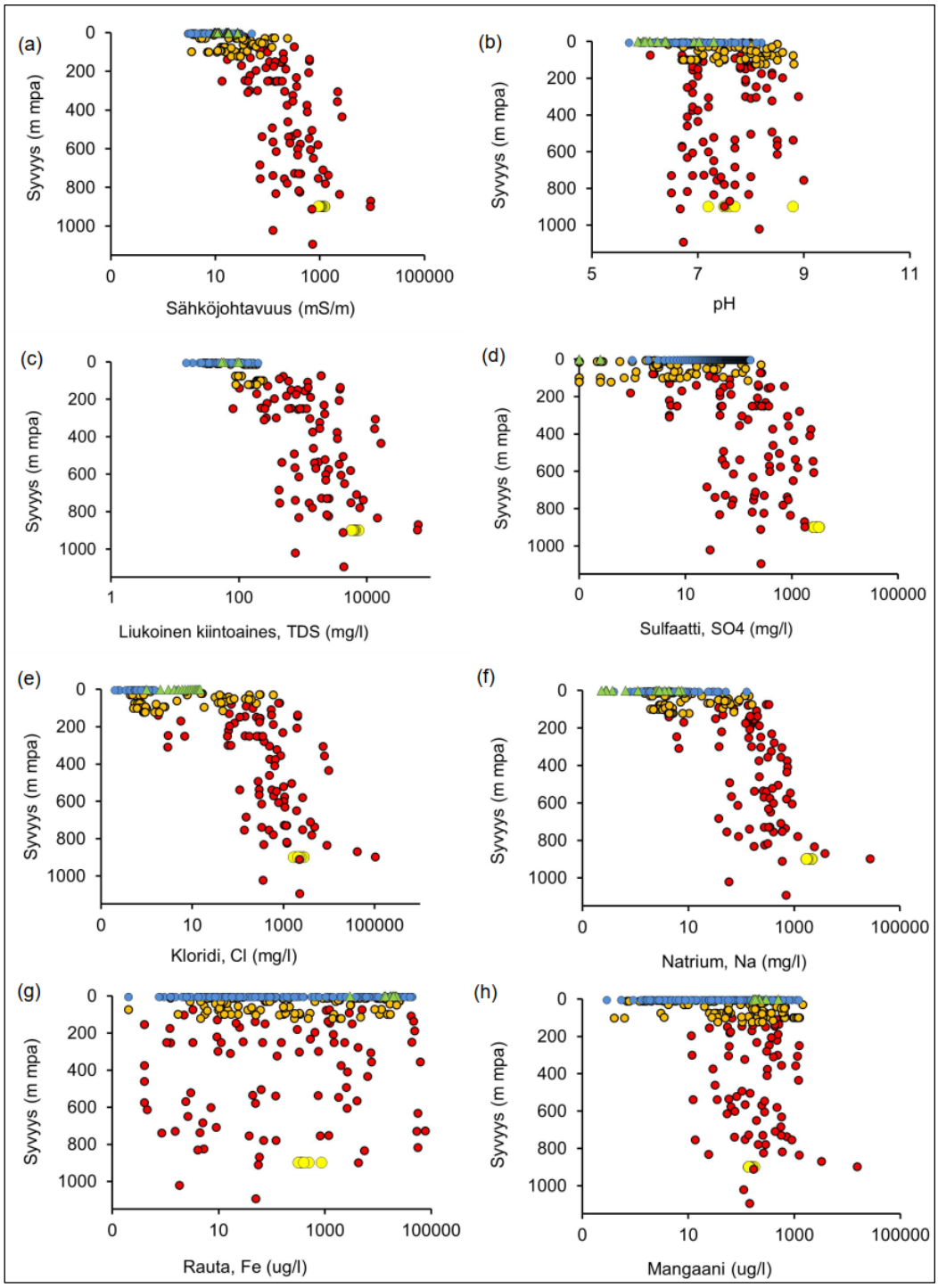
		AASM Oy:n tarkkailuohjelma Syvä kalliopohjavesi					Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Porakaivot			
Parametri	**Yksikkö**	**n**	**Min**	**Max**	**ka**	**Mediaani**	**n**	**Max**	**ka**	**Mediaani**
pH	-	89	6,1	9,0	7,6	7,7	262	9,5	7,1	7,2
Alkaliniteetti	mmol/l	89	0,2	5,9	1,5	1,2	261	5,8	1,7	1,4
Sähkönjohtavuus	mS/m	89	13,5	9 440	599	213	261	714	34	23
Kovuus	mmol/l	82	0,0	735,1	31,9	7,0	258	198	5,5	3,4
Sameus	FTU	89	0,4	11 200	314	37,5	-	-	-	-

	AASM Oy:n tarkkailuohjelma Syvä kalliopohjavesi						Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Porakaivot			
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Mediaani	n	Max	ka	Mediaani
Kemiallinen hapenkulutus, CODMn	mg O_2/l	89	0,6	471	22,3	9,9	263	65	6,4	3,8
Väri	mg Pt/l	43	<2	920	163	30	262	80	11	5
Kiintoainepitoisuus	mg/l	7	1,1	5,6	3,8	4,8	-	-	-	-
Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus, TDS	mg/l	7	840	1 700	1 306	1 400	-	-	-	-
Orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus, TOC	mg/l	7	0,6	1,9	1,0	0,86	-	-	-	-
Happi, liuennut	mg O_2/l	6	0,6	16,0	5,6	3,2	-	-	-	-
Happi, kyllästysaste	%	7	0,4	7,3	3,0	2,1	-	-	-	-
Absorbanssi 420 nm	-	7	0,038	0,37	0,15	0,11	-	-	-	-
Ammonium, NH_4	µg/l	67	<50	13 200	872	219	-	-	-	-
Ammoniumtyppi, NH_4-N	µg/l	89	18	10 300	604	195	-	-	-	-
Fosfaatti, PO_4	µg/l	87	8,1	1 440	50,1	20	263	900	-	<20
Fosfaattifosfori, PO_4-P	µg/l	70	5,0	470	15,8	5	-	-	-	-
Nitriitti, NO_2	µg/l	65	<5	<1 500	71,8	5,0	-	-	-	-
Nitriittityppi, NO_2-N	µg/l	87	<2	<450	13,2	1,0	-	-	-	-
Nitraatti, NO_3	µg/l	67	<270	<4 000	-	-	263	88 300	5 430	260
Nitraattityppi, NO_3-N	µg/l	89	<5	<800	-	-	-	-	-	-
Nitriitti- ja nitraattitypen summa NO_2-N + NO_3-N	µg/l	10	<5	150	35	10	-	-	-	-
Hopea, Ag (*)	µg/l	53	<0,02	0,08	0,215	0,025	263	0,05	-	<0,01
Alumiini, Al (*)	µg/l	90	0,287	689	88,3	18,3	263	2 750	30,1	2,5
Arseeni, As (*)	µg/l	90	0,025	3,7	0,56	0,25	263	23,60	1,00	0,16
Boori, B (*)	µg/l	8	3	12,3	6,54	4,85	263	478	54,6	27,0
Barium, Ba (*)	µg/l	90	4,36	341	72,9	55,0	-	-	-	-
Beryllium, Be (*)	µg/l	88	<0,001	0,375	0,039	0,006	263	1,52	-	<0,1
Kalsium, Ca (*)	mg/l	90	7,2	8 390	475	165	263	1 310	28	16
Kadmium, Cd (*)	µg/l	90	<0,002	0,61	0,07	0,02	263	0,56	-	0,02
Kloridi, Cl^-	mg/l	89	1,8	104 000	2735	494	263	3 680	54	9
Koboltti, Co (*)	µg/l	90	0,0189	34,3	1,60	0,458	263	33,5	0,42	0,04
Kromi, Cr (*)	µg/l	90	<0,01	60,2	5,2	0,4	263	2,50	-	<0,2
Kromi, Cr^{6+}	µg/l	66	<0,4	<40	1,9	0,2	-	-	-	-

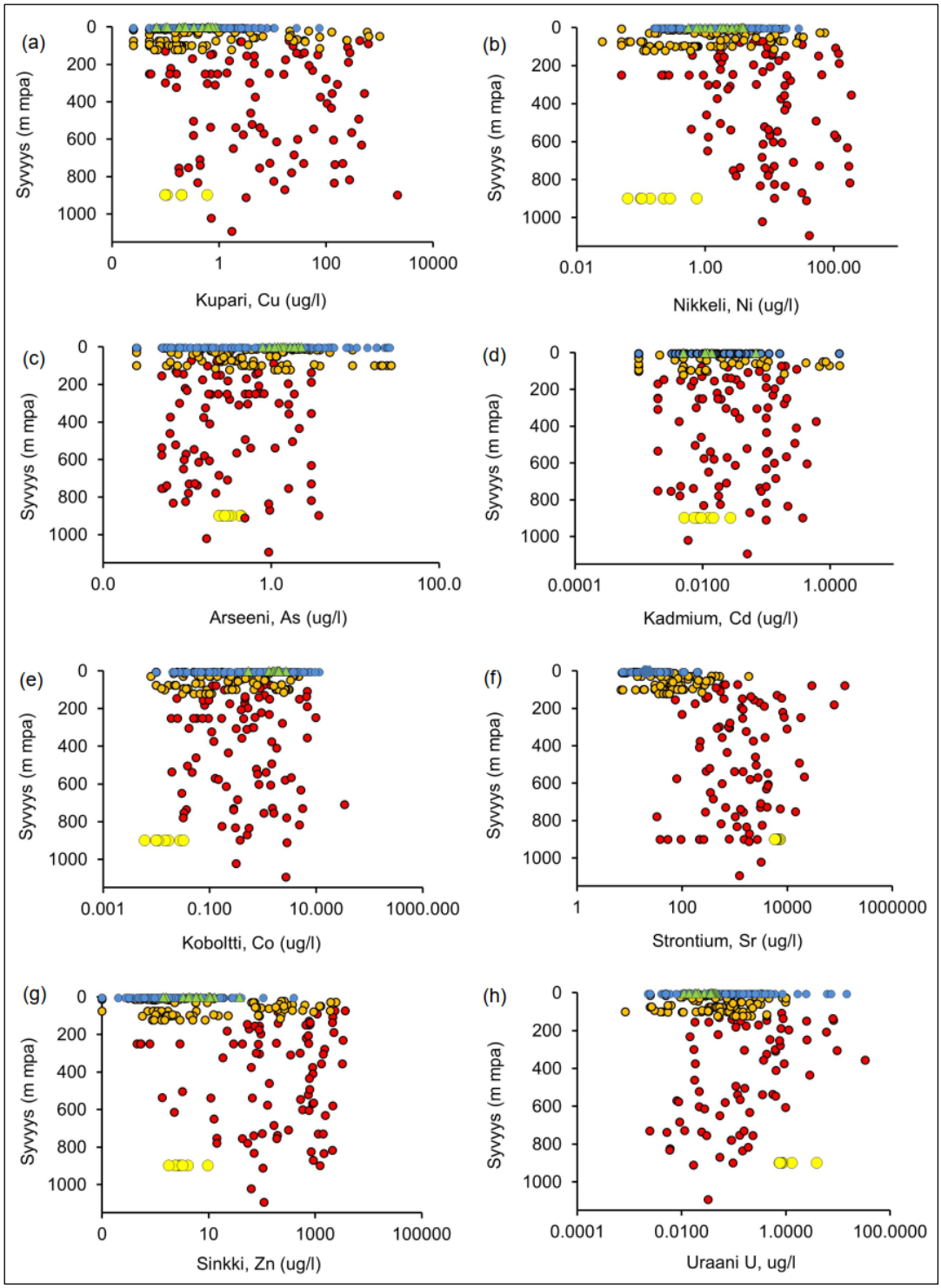
	AASM Oy:n tarkkailuohjelma Syvä kalliopohjavesi						Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Porakaivot			
Parametri	**Yksikkö**	**n**	**Min**	**Max**	**ka**	**Mediaani**	**n**	**Max**	**ka**	**Mediaani**
Kupari, Cu (*)	µg/l	90	0,025	2 170	90	6	263	917	32	9
Fluoridi, F^-	mg/l	89	<0,1	1	0,21	0,10	253	6,01	0,71	0,15
Rauta, Fe (*)	µg/l	90	<0,4	77 200	6 306	119,5	263	39 900	492	30
Elohopea, Hg (*)	µg/l	90	<0,002	0,054	0,003	0,001	-	-	-	-
Kalium, K (*)	mg/l	90	2,8	2 420	57	18,75	263	40	4	3
Magnesium, Mg (*)	mg/l	90	2,3	12 800	434	72,35	263	92	6,7	4,5
Mangaani, Mn (*)	µg/l	90	11,4	15 300	511	251,5	263	4 140	106	16,3
Molybdeeni, Mo (*)	µg/l	90	0,6	291	41	7,6	263	54	2,3	0,5
Typpi, N	µg/l	8	300	690	530	525	-	-	-	-
Natrium, Na (*)	mg/l	90	4,3	27 300	631	198	263	1 040	36	9
Nikkeli, Ni (*)	µg/l	90	<0,05	188	24,0	8,6	263	67,5	1,8	0,6
Fosfori, P	µg/l	90	<1	22 300	285	12,7	-	-	-	-
Lyijy, Pb (*)	µg/l	90	<0,01	7,58	0,82	0,06	263	6,96	0,42	0,15
Antimoni, Sb (*)	µg/l	88	<0,01	2,22	0,38	0,21	263	1,46	0,04	0,02
Seleeni, Se (*)	µg/l	88	<0,2	30,6	2,85	0,25	263	4,59	-	<0,5
Pii, Si (*)	mg/l	84	0,3	4 300	55,3	3,6	-	-	-	-
Tina, Sn (*)	µg/l	80	<0,05	26,9	1,45	0,08	254	1,9	-	<0,5
Sulfaatti, SO_4	mg/l	89	0,9	2 600	424	230	263	240	20	12
Strontium, Sr (*)	µg/l	90	33,1	124 000	5 077	1 400	263	13 300	190	81
Titaani, Ti (*)	µg/l	88	<0,001	23	3,3	0,756	-	-	-	-
Tallium, Tl (*)	µg/l	88	<0,01	<0,5	-	-	263	0,12	-	<0,02
Uraani, U (*)	µg/l	88	0,0025	33,4	1,15	0,16	263	643	13,7	0,6
Vanadiini, V (*)	µg/l	88	<0,005	2,51	0,32	0,08	263	13,60	0,49	0,16
Sinkki, Zn (*)	µg/l	90	<0,2	3 650	658	198	263	2 810	85	22

< pitoisuus alle määritysrajan. Laskennassa alle määritysrajan olevat tulokset on otettu huomioon arvolla määritysraja/2.
**määritetty liukoisena*

Kaavio 16-10 Sähkönjohtavuudet (a), pH, (b), liuenneiden aineiden kokonaispitoisuudet (c), sulfaatti- (d), kloridi- (e), natrium- (f), rauta- (g) ja mangaanipitoisuudet (h) esitettyinä logaritmisella akselilla syvyyttä vasten turpeen huokosvedelle (vihreät kolmiot), maaperän pohjavedelle (siniset pallot), matalalle kalliopohjavedelle (oranssit pallot), syvälle kalliopohjavedelle (punaiset pallot) ja pohjaruhjeen vedelle (keltaiset pallot). Käytetty aineisto on vuosilta 2017–2020.



Kaavio 16-11 Kupari (a)-, nikkeli (b)-, arseeni (c)-, kadmium (d)-, koboltti (e)-, strontium (f)-, sinkki (g)- ja uraanipitoisuudet (h) esitettyinä logaritmisella akselilla syvyyttä vasten turpeen huokosvedelle (vihreät kolmiot), maaperän pohjavedelle (siniset pallot), matalalle kalliopohjavedelle (oranssit pallot), syvälle kalliopohjavedelle (punaiset pallot) ja pohjaruhjeen vedelle (keltaiset pallot). Käytetty aineisto on vuosilta 2017–2020.



Pohjaruhjeen veden laatu

Pohjaruhjeen vedestä on kerätty vesinäytteitä pitkäkestoisen pumppauskokeen yhteydessä keväällä 2018 (Taulukko 16-12). Pohjaruhjeen vedenlaadussa on samankaltaisuuksia syvän kalliopohjaveden koostumuksen kanssa poiketen muista pohjavesiryhmistä (Kaavio 16-10 ja Kaavio 16-11). Laskennallisen liuenneiden aineiden kokonaispitoisuuden perusteella pohjaruhjeen vesi edustaa murtovettä. Pohjaruhjeen veden pH vaihteli pitkäkestoisen pumppauskokeen aikana välillä 7,2…8,8 ja pH:n mediaaniarvo on hieman koholla verrattaessa suomalaisten kallioporakaivojen mediaaniarvoon (Lahermo ym. 2002).

Taulukko 16-12 Pohjaruhjeen veden fysikaalis-kemialliset tutkimukset ja alkuaineet vuodelta 2018. Seurantatuloksien esitettävät tunnusarvot ovat: minimiarvo, maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo ja näytemäärä (n). Taulukossa on esitetty vertailuarvoina Lahermo ym. (2002) esittämät pohjaveden laatutiedot porakaivoista (maksimiarvo, aritmeettinen keskiarvo ja näytemäärä (n)). Syvän kalliopohjaveden muuttujien (ei pH) maksimi- ja keskiarvot, jotka ylittävät porakaivojen vastaavat arvot on korostettu sinisellä värillä.

	AASM Oy:n tarkkailuohjelma Pohjaruhjeen vesi					Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Porakaivot				
Parametri	Yksikkö	n	Min	Max	ka	Mediaani	n	Max	ka	Mediaani
pH		8	7,2	8,8	7,7	7,5	262	9,5	7,1	7,2
Alkaliniteetti	mmol/l	8	1,2	1,5	1,3	1,3	261	5,8	1,7	1,4
Sähkönjohtavuus	mS/m	8	951	1 230	1067	1 040	261	714	34	23
Kovuus	mmol/l	8	24,7	27,9	25,8	25,2	258	35,2	1,0	3,4
Sameus	FTU	8	<0,2	2,1	0,6	0,37	-	-	-	-
Kemiallinen hapenkulutus, CODMn	mg O_2/l	8	2,1	25	9,0	5,2	263	65,0	6,4	3,8
Ammonium, NH_4	µg/l	8	92	160	114	102	262	80	11	-
Ammonium-typpi, NH_4-N	µg/l	8	72	124	88	79	-	-	-	-
Fosfaatti, PO_4	µg/l	8	<40	<40	-	-	263	900	-	<20
Fosfaattifosfori, PO_4-P	µg/l	8	<10	<10	-	-	-	-	-	-
Nitriitti, NO_2	µg/l	8	<5	<600	-	-	-	-	-	-
Nitriittityppi, NO_2-N	µg/l	8	<2	<150	-	-				-
Nitraatti, NO3	µg/l	8	<500	1120	465	400	263	88 300	5430	260
Nitraattityppi, NO_3-N	µg/l	8	<100	250	96	80	-	-	-	-
Hopea, Ag (*)	µg/l	8	<0,05	<0,1	-	-	-	-	-	-
Alumiini, Al (*)	µg/l	8	6,6	44,3	18,9	16,6	263	2750	2,47	2,5
Arseeni, As (*)	µg/l	8	0,24	0,44	0,32	0,30	263	23,60	1,00	0,16
Barium, Ba (*)	µg/l	8	6,18	13,8	8,11	7,35	-	-	-	-
Beryllium, Be (*)	µg/l	8	<0,001	0,004	0,003	0,003	263	1,52	-	<0,1
Kalsium, Ca (*)	mg/l	8	574	657	597	580	263	1 310	28	16
Kadmium, Cd (*)	µg/l	8	0,005	0,028	0,012	0,009	263	0,56	-	0,02
Kloridi, Cl^-	mg/l	8	1 690	2 840	2 248	2 200	263	3 680	54	9

	AASM Oy:n tarkkailuohjelma Pohjaruhjeen vesi					Vertailuaineisto Lahermo ym. (2002) Porakaivot				
Parametri	Yk-sikkö	n	Min	Max	ka	Medi-aani	n	Max	ka	Mediaani
Koboltti, Co (*)	µg/l	8	<0,01	0,032	0,015	0,013	263	33,50	0,42	0,04
Kromi, Cr (*)	µg/l	8	0,22	1,08	0,47	0,42	263	2,50	-	<0,2
Kromi, Cr^{6+}	µg/l	8	<4	<20	-	-	-	-	-	-
Kupari, Cu (*)	µg/l	8	<0,1	0,61	0,15	0,1	263	917	32	9
Fluoridi, F^-	mg/l	8	<0,4	<0,5	-	-	253	6,01	0,71	0,15
Rauta, Fe (*)	µg/l	8	318	873	434	365	263	39 900	492	30
Elohopea, Hg (*)	µg/l	8	<0,002	-	-	-	-	-	-	-
Kalium, K (*)	mg/l	8	44	53	47	45	263	40	4,4	3,0
Magnesium, Mg (*)	mg/l	8	256	283	266	260,5	263	92	7	4
Mangaani, Mn (*)	µg/l	8	138	179	149	142	263	4 140	106	16,3
Molybdeeni, Mo (*)	µg/l	8	9,51	18,9	11,1	9,6	263	54	2,3	0,5
Natrium, Na (*)	mg/l	8	1 700	2 200	1 849	1 740	263	1 040	36,2	9,0
Nikkeli, Ni (*)	µg/l	8	0,06	0,75	0,21	0,12	263	68	1,8	0,6
Fosfori, P	µg/l	8	3,66	207	37,3	6,6	-	-	-	-
Lyijy, Pb (*)	µg/l	8	0,02	0,11	0,07	0,06	263	6,96	0,42	0,15
Antimoni, Sb (*)	µg/l	8	0,014	0,036	0,015	0,012	263	1,46	0,04	0,02
Seleeni, Se (*)	µg/l	8	<0,5	<1	-	-	263	4,59	-	<0,5
Pii, Si (*)	mg/l	8	7,8	8,5	8,1	8,1	-	-	-	-
Tina, Sn (*)	µg/l	8	<0,05	<0,1	-	-	254	1,92	-	<0,5
Sulfaatti, SO_4	mg/l	8	2 520	3 300	2 973	2 955	263	240	20	12
Strontium, Sr (*)	µg/l	8	5 860	7400	6 399	6 180	263	13 300	190	81,2
Titaani, Ti (*)	µg/l	8	<0,002	1,660	0,274	0,082	-	-	-	-
Tallium, Tl (*)	µg/l	8	<0,02	<0,02	-	-	263	0,12	-	<0,02
Uraani, U (*)	µg/l	8	0,8	4,0	1,3	0,8	263	643	14	1
Vanadiini, V (*)	µg/l	8	0,044	0,2	0,1	0,1	263	14	0,5	0,2
Sinkki, Zn (*)	µg/l	8	1,8	9,8	3,7	2,9	263	2 810	85	22

< pitoisuus alle määritysrajan. Laskennassa alle määritysrajan olevat tulokset on otettu huomioon arvolla määritysraja/2.
**määritetty liukoisena*

Yhteenveto ja johtopäätökset veden laatuaineistosta

Veden laatuaineiston perusteella voidaan erottaa toisistaan kolme eri vesityyppiä: matalan ympäristön vedet (lähdevesi, turpeen huokosvesi, kaivovesi ja maaperän pohjavesi), matala kalliopohjavesi sekä syvä kalliopohjavesi, johon kuuluu myös pohjaruhjeen vesi. Matalan ympäristön vedet ja matala kalliopohjavesi ovat laadultaan keskenään enemmän samankaltaisia kuin matala kalliopohjavesi ja syvä kalliopohjavesi. Matalan ympäristön vedet ovat kuitenkin laimeampia kuin matala kalliopohjavesi.

Vesien kemiallisten pääkomponenttien määräsuhteiden vertailun perusteella matalan ympäristön vedet (lähdevesi, turpeen huokosvesi, kaivovesi ja maaperän pohjavesi) sekä matalan kallioperän vedet edustavat saman tyyppisiä vesiä. Matalan ympäristön vedet ovat kuitenkin laimeampia kuin matalan kallioperän vedet. Pääosin syvä kalliopohjavesi poikkeaa selvästi sekä matalan ympäristön

vesistä että matalasta kalliopohjavedestä. Pohjaruhjeen veden koostumus poikkeaa selvästi matalan ympäristön vesistä ja matalasta kalliopohjavedestä.

Matalan ympäristön vedet (lähdevesi, turpeen huokosvesi, kaivovesi ja maaperän pohjavesi) sekä matalan kallioperän vedet edustavat liuenneiden aineiden pitoisuuksien perusteella makeaa vettä. Matalan ympäristön vedet ovat kuitenkin laimeampia kuin matalan kallioperän vedet. Syvän kallioperän vesi ja pohjaruhjeen vesi edustavat liuenneiden aineiden pitoisuuksien perusteella murtovettä. Kolmessa syvän kalliopohjaveden kairareiässä vesi edustaa suolaista vettä.

Alueen matalien maaperän pohjavesien vaihteleva koostumus osoittaa, että alueella ei ole laajoja toisiinsa yhteydessä olevia yhtenäisiä pohjavesivarastoja. Turpeen huokosveden liuenneiden aineiden ja perusparametrien mediaanipitoisuudet ovat pääsääntöisesti alhaisempia kuin vastaavat maaperän pohjaveden pitoisuudet, mutta poikkeuksiakin on. Metallipitoisuudet ovat maaperän pohjavedessä selvästi korkeammat kuin lähdevesissä. Lähdevesien laatu poikkeaa selvästi syvän kalliopohjaveden laadusta ja näin ollen lähteiden vesi ei ole peräisin syvemmästä kallioperästä. Syvän kalliopohjaveden laatu poikkeaa selkeästi muista pohjaveden ryhmistä ja syvässä kalliopohjavedessä on muihin pohjavesiryhmiin verrattuna pääosin korkeammat liuenneiden metallien pitoisuudet. Pohjaruhjeen vesi on samankaltaista kuin syvä kalliopohjavesi, mutta eroaa kaikista muista pohjavesiryhmistä.

Vesien stabiilien isotooppien koostumus

Perustilatarkkailun yhteydessä on aloitettu hapen ($\delta^{18}O$) ja vedyn ($\delta^{2}H$) stabiilin isotooppikoostumuksen tarkkailu vuonna 2015, aluksi Helsingin yliopiston tutkimusprojekteihin liittyen (Salonen ym. 2015, Korkka-Niemi ym. 2017) ja vuodesta 2018 alkaen AASM Oy:n tarkkailuohjelmana. Stabiilien isotooppien tarkkailuohjelman tavoitteena on saada tietoa eri vesiryhmien koostumusvaihteluista ja vuorovaikutuksista sekä veden kiertokulusta Viiankiaavalla ja sen lähiympäristössä. Hydrologinen kiertokulku tuottaa veden stabiilien isotooppien määräsuhteisiin muutoksia, joiden perusteella on mahdollista jäljittää pohjaveden alkuperää sekä tutkia hydrologisen kiertokulun prosesseja ja vuorovaikutuksia. Sadannan $\delta^{18}O$ ja $\delta^{2}H$ -arvojen välillä on lineaarinen yhteys, jota kuvataan globaalilla meteoristen vesien suoralla (GMWL, Dansgaard 1964) sekä paikallisella meteoristen vesien suoralla (LMWL, Kortelainen 2007) Suomen alueella (Kaavio 16-12).

Lauhkeilla ja arktisilla alueilla hapen ja vedyn isotooppikoostumukset pohjavesissä seuraavat hyvin tarkasti alueen sadannan vastaavia keskimääräisiä arvoja (esimerkiksi Kortelainen & Karhu 2004). Pohjavesien isotooppiarvot $\delta^{18}O$ ja $\delta^{2}H$ -diagrammilla yleensä osuvat GMWL tai LMWL-suoralle. Pintavesien eriasteinen haihtuminen vaikuttaa veden isotooppikoostumukseen. Haihtuminen suosii kevyempiä isotooppeja ^{16}O ja ^{1}H, minkä seurauksena jäljelle jäänyt vesi rikastuu raskaampien isotooppilajien suhteen, jolloin veden $\delta^{18}O$ ja $\delta^{2}H$-arvot kasvavat alkuperäiseen koostumukseen verrattuna. Tämä haihtumisvaikutus on havaittavissa Viiankiaavan vesistöjen ja soiden vesien isotooppikoostumuksissa. Haihtumista indikoivat näytteet sijaitsevat $\delta^{18}O$ ja $\delta^{2}H$-diagrammille GMWL- ja LMWL-suorien alapuolella (Kaavio 16-12). Suotuisissa olosuhteissa pintaveden imeytymisen ollessa hidasta vesistöjen ja soiden ns. haihtunut seisova vesi voi paikallisesti imeytyä pohjaveteen, ja aiheuttaa haihtumista ilmentävän isotooppikoostumuksen pohjavedessä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on sadanta-asemien pitkäaikaisen seurannan perusteella osoitettu (Kortelainen 2007) hapen ja vedyn isotooppikoostumuksien systemaattinen vaihtelu sadannassa alueen keskilämpötilan mukaan. Sadannan vuotuinen keskimääräinen isotooppikoostumus säilyy paikallisesti suunnilleen samanlaisena vuodesta toiseen vaihdellen säännöllisesti vuodenaikojen mukaan (Kortelainen 2007). Tarkkailuaineiston perusteella Viiankiaavan laajat suoalueet tuottavat turvemaassa ja avoimissa vesialtaissa tapahtuvan haihtumisen vaikutuksesta pintavettä, joka on tunnistettavissa haihtuneiden $\delta^{18}O$ ja $\delta^{2}H$ arvojen perusteella. Kyseiset Viiankiaavan ns. haihtuneet pintavedet ovat merkittävä muodostumislähde Viiankiaavan ja lähiympäristön pohjavesille (Karhu ym. 2020). Haihtuneen pohjaveden virtaus alueella ei rajoitu maaperän pohjaveteen vaan ulottuu paikoin myös kallion rikkonaiseen yläosaan (Karhu ym. 2020). Viiankiaavalta kerätyn maaperän pohjaveden tarkkailuaineiston hapen ja vedyn isotooppikoostumuksen paikallinen vaihtelevuus ja haihtumisen leimaama koostumus ovat poikkeavaa verrattaessa aineistoa aikaisempiin tutkimuksiin muilta alueilta (Kortelainen 2007, Rautio 2015).

Viiankiaavalta ja lähiympäristöstä otettujen lähdevesinäytteiden hapen ja vedyn isotooppikoostumuksessa on huomattavaa paikallista vaihtelua sekä haihdunnan leimaama koostumus, mikä nähdään isotooppikoostumuksen poikkeamisena GMWL ja LMWL suorien alapuolelle $\delta^{18}O$-$\delta^{2}H$ kuvaajassa (Kaavio 16-12) sekä isotooppikoostumuksen suurena vaihteluna. Kuusivaaran ja Moskuvaaran alueilta otetuissa lähdevesinäytteissä havaitaan vain vähäistä hapen ja vedyn isotooppikoostumuksen vaihtelua. Moskuvaaran ja Kuusivaaran lähteistä otettujen vesinäytteiden isotooppikoostumus (Taulukko 16-13) ei analyyttisissä virherajoissa eroa toisistaan eikä Siurunmaan lähteen arvoista ($\delta^{18}O$ arvojen mediaani ja keskihajonta -14,7 ± 0,7 ‰ ja $\delta^{2}H$ -107,1 ± 5,4 ‰). Kuusivaaran ja Moskuvaaran lähdevedet ovat muodostuneet suoraan sadannasta vailla haihtumisen vaikutusta, mikä nähdään isotooppikoostumuksen sijoittumisena GMWL ja LMWL suorille $\delta^{18}O$-$\delta^{2}H$ kuvaajassa lähelle Siurunmaan lähteen koostumusta, joka edustaa parasta arviota alueen keskimääräisestä vuotuisesta sadannan isotooppikoostumuksesta sekä keskimääräisestä maaperän pohjaveden isotooppikoostumuksesta (Kaavio 16-12). Viiankiaavan länsireunassa Kitisen itärannalla sijaitsevien lähteiden (Kit-L3, Kit-L4 ja Kit-L5) veden isotooppikoostumus sijoittuu $\delta^{18}O$-$\delta^{2}H$ kuvaajassa GMWL ja LMWL suorien alapuolelle, mikä viittaa haihdunnan vaikutukseen muodostumisvedessä (Taulukko 16-13, Kaavio 16-12). Lisäksi Kitisen itärannalla sijaitsevien lähteiden veden isotooppikoostumuksessa havaitaan suurehko vaihtelu.

Paikallisesti Viiankiaavan Kiimakuusikon sekä Pahanlaaksonmaan alueilla haihdunnan vaikutus pohjavedessä on vähäinen ja isotooppikoostumus on lähellä keskimääräisestä vuotuista sadannan isotooppikoostumusta sekä keskimääräisestä maaperän pohjaveden isotooppikoostumusta. Viiankiaavan ulkopuolella Kuusivaarassa ja Moskuvaarassa vallitsevat omat erilliset pohjavesisysteeminsä, missä pohjaveden happi- ja vetyisotooppiarvot heijastavat normaalilla tavalla paikallisen sadannan isotooppikoostumusta (Karhu ym. 2020) (Kaavio 16-12).

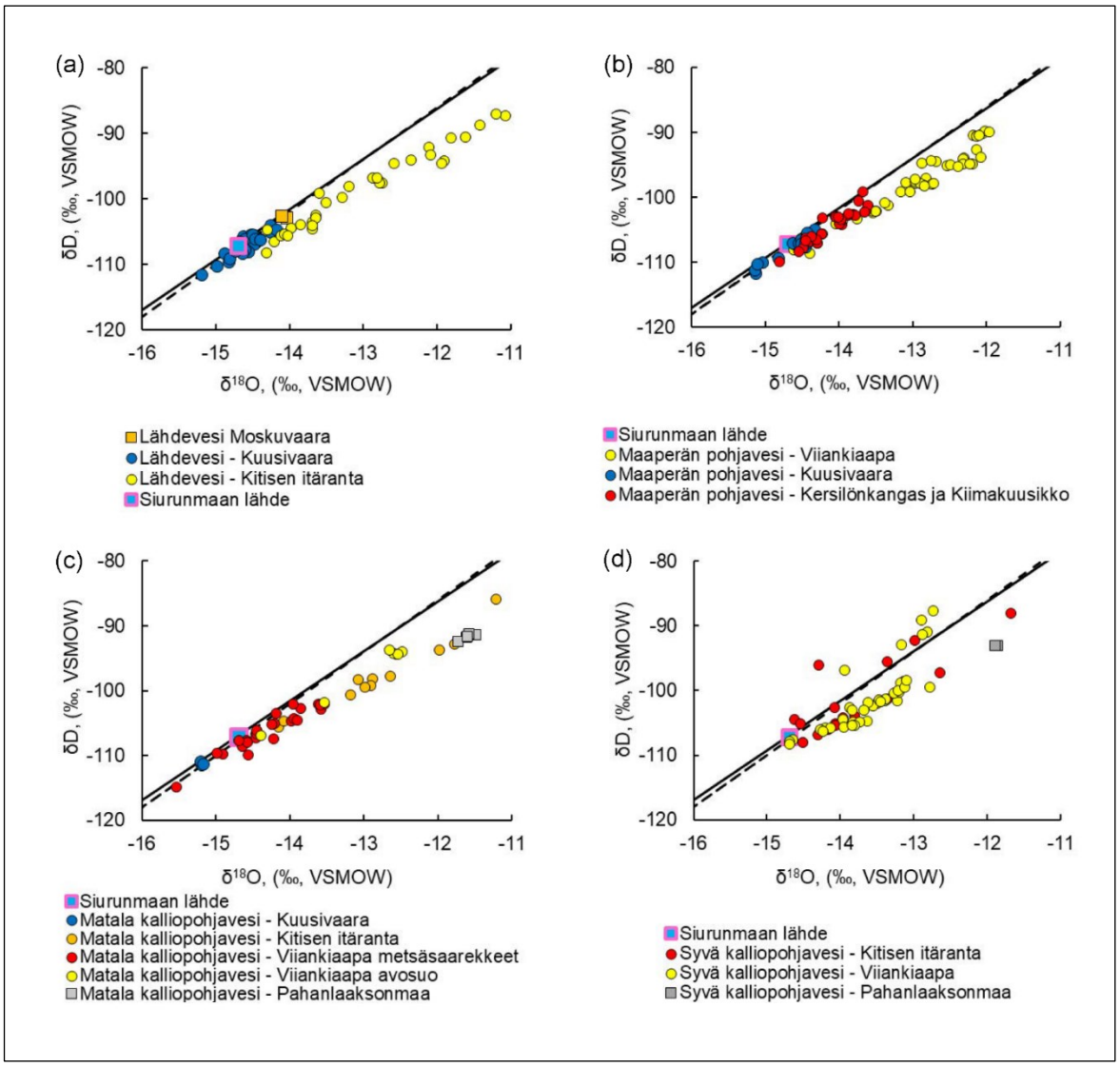
Tarkasteltaessa matalan kalliopohjaveden ja syvän kalliopohjaveden isotooppikoostumusta havaitaan haihtumisen leimaavien matalien ja syvien kalliopohjavesien levinneisyyden poikkeavan Pahanlaaksonmaan ja Kiimakuusikon alueilla haihtuneiden maaperän pohjavesien levinneisyydestä. Tämä havainto viittaa siihen, ettei maaperän pohjavedellä ja kalliopohjavedellä ole näillä alueilla suoraa yhteyttä. Viiankiaavan alueella matalan ja syvän kalliopohjaveden koostumuksessa ja haihtumista

ilmentävän komponentin esiintymisessä havaitaan yleisesti suuria alueellisia eroja ja syvyyssuuntaisia vaihtelevuuksia (Kaavio 16-12, Taulukko 16-13). Haihtuneen vesityypin huomattava paikallinen syvyysulottuvuus liittyy mahdollisesti vettä johtavien rakenteiden esiintymiseen kallioperässä tai epäedustaviin näytteisiin. Kuusivaaran alueella matala kalliopohjavesi on lähellä alueen keskimääräistä maaperän pohjaveden isotooppikoostumusta (Kaavio 16-12).

Taulukko 16-13 Viiankiaavan ja lähialueiden lähdevesien, maaperän pohjaveden, matalan kalliopohjaveden ja syvän kalliopohjaveden hapen ja vedyn isotooppikoostumus $\delta^{18}O$ ja $\delta^{2}H$ arvoina, jotka ilmaisevat vesinäytteen $^{2}H/^{1}H$- ja $^{18}O/^{16}O$-isotooppisuhteiden promillepoikkeaman kansainvälisestä VSMOW-standardista (Vienna Standard Mean Ocean Water). (näytemäärä = n, keskihajonta = SD).

Pohjavesiryhmä ja alue	n	Mediaani $\delta^{18}O$, ‰ (VSMOW)	Mediaani δD, ‰ (VSMOW)	SD $\delta^{18}O$	SD δD
Lähdevesi - Moskuvaara ja Kuusivaara	31	-14,6	-106,6	0,2	2,0
Lähdevesi - Kitisen Itäranta	36	-12,8	-97,6	1,3	8,3
Maaperän pohjavesi - Kuusivaara	17	-14,5	-107,2	0,3	2,0
Maaperän pohjavesi - Viiankiaapa	45	-12,84	-97,57	0,7	5,0
Maaperän pohjavesi - Kersilönkangas ja Kiimakuusikko	29	-14,0	-103,4	0,3	2,6
Matala kalliopohjavesi - Kuusivaara	9	-14,6	-107,1	0,3	2,5
Matala kalliopohjavesi - Kitisen itäranta	11	-12,9	-98,3	0,9	5,5
Matala kalliopohjavesi - Viiankiaapa metsäsaarekkeet	27	-14,5	-106,6	0,5	3,1
Matala kalliopohjavesi - Viiankiaapa suo-alueet	11	-12,65	-94,41	0,6	4,2
Matala kalliopohjavesi - Pahanlaakson-maa	6	-11,6	-91,5	0,1	0,4
Syvä kalliopohjavesi - Kitisen itäranta	19	-14,07	-103,9	1,0	6,9
Syvä kalliopohjavesi - Viiankiaapa	35	-13,5	-101,7	0,5	7,9

Kaavio 16-12 Viiankiaavan ja lähialueiden lähdevesien (a), maaperän pohjaveden (b), matalan kalliopohjaveden (c) ja syvän kalliopohjaveden (d) hapen ja vedyn isotooppikoostumus $\delta^{18}O$-$\delta^{2}H$ kuvaajassa. LMWL kuvaa paikallisen sadannan isotooppikoostumuksen vaihtelua (yhtenäinen musta suora) ja GMWL kuvaa globaalin sadannan isotooppikoostumuksen vaihtelua (musta katkoviiva). Lisäksi on esitetty sadannan Siurunmaan lähdeveden $\delta^{18}O$ ja $\delta^{2}H$ arvot, joka on paras arvio keskimääräisen maaperän pohjaveden isotooppikoostumuksesta.



Yhteenveto ja johtopäätökset isotooppikoostumuksen tarkkailusta

Veden stabiilien isotooppien koostumusta tutkimalla voidaan selvittää, muodostuuko pohjavesi suoraan sadannasta vai haihdunnalle alttiina olleista vesistä (turvemaiden ja avoimien vesialtaiden vedet).

Yhteenvetona isotooppikoostumuksen tarkkailutuloksista voidaan todeta Viiankiaavan märkien alueiden ja Viiankiaavan lähiympäristön (esimerkiksi Kitisen itärannan lähteet, osa Pahanlaaksonmaasta) maaperän pohjaveden olevan poikkeuksellista siinä suhteessa, että isotooppituloksissa on

muilla alueilla tehtyihin tutkimuksiin verrattuna runsaasti paikallista vaihtelevuutta ja monin paikoin maaperän pohjavesi muodostuu merkittäviltä osin haihdunnalle alttiina olleista vesistä. Tämä tukee käsitystä, että Viiankiaavan ja sen lähiympäristön alueella maaperän pintakerroksissa on monin paikoin vettä pidättävä tai heikosti vettä johtava maakerros (turpeen tiivis pohjakerros), joka pidättää vesiä maan pinnalla tai pintakerroksissa ja hidastaa veden suotautumista alapuolisiin kerroksiin.

Viiankiaavan kuivilla alueilla ja Viiankiaavan ulkopuolella Kiimakuusikossa, Kersilönkankaalla, Kuusivaarassa ja Moskuvaarassa tällaista tiivistä turpeen pohjakerrosta ei esiinny ja maaperän pohjavesi ja matala kalliopohjavesi muodostuvat isotooppitulosten perusteella suoraan sadannasta peräisin olevasta vedestä. Lähdevesinäytteiden isotooppitulokset tukevat samaa käsitystä: Viiankiaavan länsireunassa, Kitisen itärannalla lähdevedestä otetuissa isotooppinäytteissä on todettavissa vesien muodostuneen haihdunnalle alttiina olevista vesistä, kun taas Kuusivaaran ja Moskuvaaran lähdevedet ovat muodostuneet suoraan sadannasta.

Haihdunnalle alttiina olleet vedet ovat paikoin myös merkittävä rikkonaisen kallioperän yläosan pohjavesien muodostumislähde Viiankiaavalla ja sen lähiympäristössä. Haihdunnalle alttiina olevasta vedestä muodostuneiden pohjavesien esiintyvyys Viiankiaavan alueella vaihtelee alueellisesti ja syvyyssuuntaisesti. Kun vertaillaan haihdunnalle alttiina olleista vesistä muodostuneiden maaperän pohjaveden ja kalliopohjaveden alueellista jakaumaa, voidaan todeta, ettei niillä ole kaikkialla suoraa yhteyttä.

16.2.10 Viiankiaavan hydrogeologia

Kooste Viiankiaavan hydrogeologiaan vaikuttavista tekijöistä on laadittu Salosen toimesta (2020). Kitisen kevättulvien merkityksen vähennyttyä, joen säännöstelyn alettua, nykyisen Viiankiaavan hydrologian tärkein tapahtumasarja koostuu sadannasta, veden talviaikaisesta varastoitumisesta lumipeitteeseen, pintavalunnasta ja imeytymisestä turpeeseen, maavesivyöhykkeeseen tai monimuotoiseen pohjavesien kiertoon. Pohjaveden pintojen vuotuinen vaihtelu on Viiankiaavan suoalueella puolen metrin luokkaa, mutta moreenialueilla ja joen itäreunoilla olevissa moreenivälikerroksia sisältävissä hiekka- ja sorakerrostumissa vuotuinen korkeusvaihtelu on noin kahden metrin luokkaa. Korkeimmillaan pohjavedenpinnat ovat touko–kesäkuussa lumien sulettua, minkä jälkeen niiden painetasot laskevat tasaisesti vuoden mittaan ollen alimmillaan lopputalvesta, maalis–huhtikuussa. (Salonen 2020.)

Pohjavesien virtaus tapahtuu Viiankiaavan alueella pääosin horisontaalisena, suon pinnan suuntaisena virtauksena suon turvekerroksen alla olevissa pääosin hiekka- ja soravaltaisissa maakerrostumissa. Paikoin tapahtuu pienipiirteistä pohjaveden purkautumista ja paikoin vesien imeytymistä alempaan maakerrokseen. Pohjavesi/pintavesi -vuorovaikutus on Viiankiaavalla varsin vaihteleva ilmiö, jossa imeytymistä on etupäässä suon keskusosissa sekä kivennäismaalajeista muodostuneilla kohoumilla (ks. Kuva 19-13). Pohjaveden purkautuminen keskittyy kivennäismaalajeista muodostuvien saarekkeiden reuna-alueille, Kitisen ranta-alueille sekä ohuen turvepeitteen alueille, joissa ei ole kehittynyt tiivistä turpeen pohjakerrosta, ja virtausolosuhteet ovat otolliset pohjaveden purkautumiselle. Viiankiaavan alueella purkautuva pohjavesi on pääasiassa suon alueella imeytynyttä melko nuorta vettä, joka on vesikemialtaan maaperän pohjavettä vastaavaa. Vesikemiallisesti lähteisiin purkautuva vesi poikkeaa syvän kallioperän vedestä ja näin ollen lähteiden vesi ei ole peräisin

syvemmistä kallioperän kerroksista. Kalliopohjaveden on mahdollista purkautua Kitiseen kallioperän vertikaalirakoja pitkin. (Luukas 2017, Salonen 2020.)

Pohjaveden päävirtaussuunta Viiankiaavalla on idästä länteen, suoalueilta kohti Kitistä. Maaperän pohjaveden pinta (kivennäismaakerrokset) on tavallisesti 2–4 metrin syvyydellä maanpinnasta. Suon alueella huokosveden pinta on yleensä lähellä maan pintaa.

16.2.11 Vaikutuskohteiden herkkyys

Hankealueella sijaitsee Pahalaksonmaan 2-luokan pohjavesialue ja osa Kersilönkankaan 2-luokan pohjavesialueesta. Näillä pohjavesialueilla ei ole vedenottamoita. Mahdollisella vaikutusalueella on kaksi talousvesikaivoa. Pahanlaaksonmaalla, Kenttäaavalla Kuusivaaran pohjoispuolella, Porokodanjängällä, Eliasaavalla, Viiankiaavalla sekä Kuusivaaran ja Kitisen välisellä alueella on lukuisia lähteitä ja tihkupintoja. Pohjaveden laatu on luonnollisista tekijöistä johtuen paikoitellen heikentynyt, lähinnä kohonneiden metallipitoisuuksien johdosta. Maaperän vedenjohtavuus on paikoitellen suuri ja alueen kallioperässä on paikallisesti ruhjeita ja siirroksia, jotka lisäävät herkkyyttä.

Pohjavesivaikutusten kannalta vaikutuskohteiden herkkyys on, kaikki kriteerit huomioiden, kaikissa hankevaihtoehdoissa suuri.

16.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys

16.3.1 Pohjavesimallinnukset

Steady state -mallilla tarkoitetaan tasapainotilanteeseen kalibroitua mallia ja transient -mallilla ajasta riippuvaista, dynaamista virtausmallia, joka kalibroidaan vertaamalla pohjaveden pinnankorkeuden vuodenaikaisvaihteluita mallin laskemiin vastaaviin pinnankorkeuksiin.

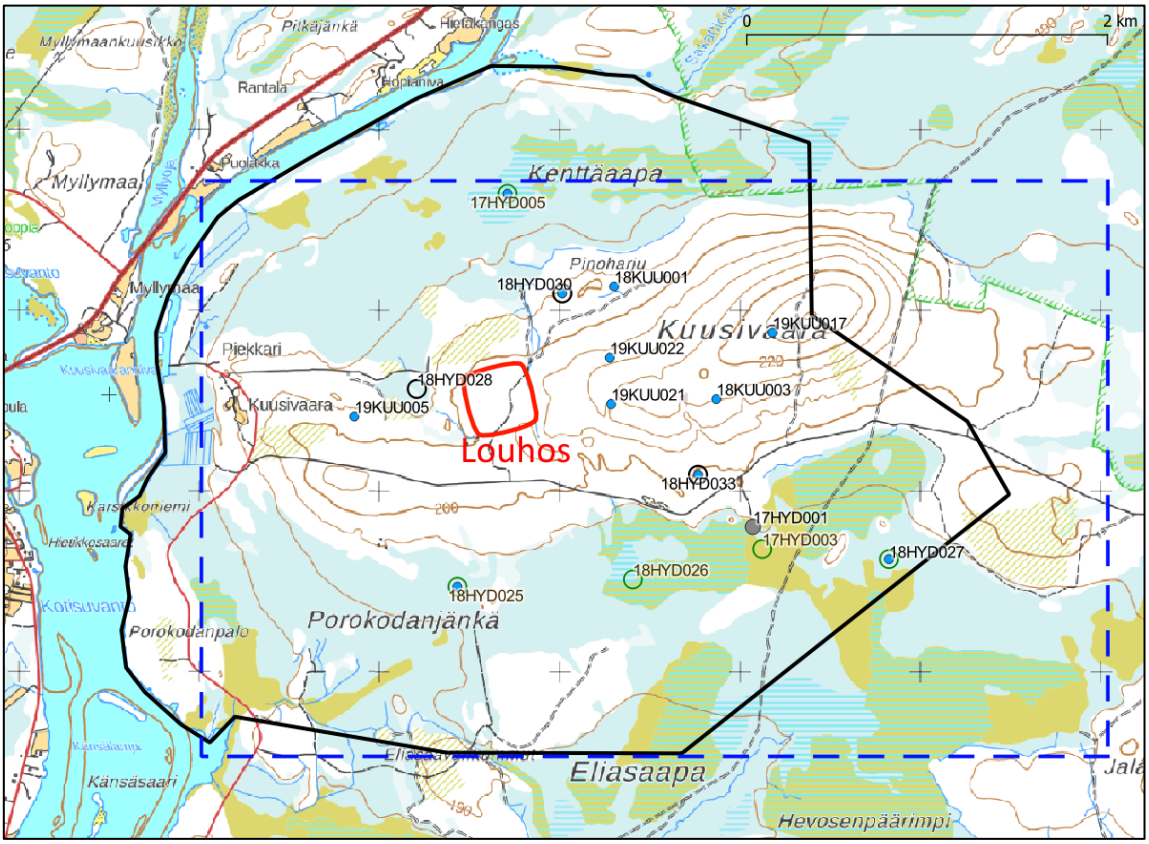
Tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus

Kuusivaaralle suunnitellun tarvekivilouhoksen vaikutusta pohjavesivirtauksiin ja pohjaveden pintoihin on mallinnettu AFRY Finland Oy:n (2022a) toimesta. Mallinnus on tehty FEFLOW:n versiolla 7.3, joka on kolmiulotteinen elementtimenetelmään perustuva pohjaveden virtauslaskentaan tarkoitettu ohjelma.

- Mallinnusohjelmisto FEFLOW 7.3
- Laskentamallissa 15 päällekkäistä kerrosta
- Mallinnusalue noin 13 km^2, malli ulottuu maan pinnalta noin 200 metrin syvyyteen
- Kolmioverkon koko vaihtelee ollen tarkin louhoksen ja ojien alueella
- Mallin vedenjohtavuudet (horisontaalinen): 10^{-4} m/s (moreeni), $2x10^{-4}$ m/s (turve), $8x10^{-6}$ m/s (rikkonainen kallio), $3x10^{-7}$ m/s (ehjä kallio)
- Steady state -mallissa käytetty keskimääräisiä pohjavedenpinnan tasoja
- Transient -malli kalibroitu kevään 2020 olosuhteiden mukaan
- Transient -malli kattaa kaivoksen eliniän (23 kaivosvuotta)
- Mallinnus on jaettu kolmeen ajanjaksoon: vuosi 2; vuosi 9; vuosi 22
- Lisäksi mallinnettu louhoksen täyttyminen, 20 vuotta
- Mallinnettu vaihtoehto on VE1

Tarvekivilouhos on suunniteltu louhittavaksi kymmenen metriä korkeina tasoina, taso kerrallaan. Mallinnusta varten louhinta-aika on jaettu kolmeen vaiheeseen, joista jokaisessa noin kolmasosa louhoksen suunnitellusta tilavuudesta muuttuu avoimeksi tilaksi samalla hetkellä. Mallinnusvaiheet on esitetty kuvassa (Kuva 4-11) luvussa 4 Tekninen kuvaus. Ajallisesti louhinnan on oletettu etenevän siten, että ensimmäinen mallinnusvaihe saavutetaan kahdessa vuodessa toiminnan alkamisesta, toinen vaihe yhdeksännen vuoden lopussa ja kolmas vaihe vuoden 23 jälkeen. (AFRY Finland Oy 2022a)

Tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnuksen mallinnusalue on esitetty kuvassa (Kuva 16-11). Alueen geologinen rakennemalli pohjautuu alueelta tehtyyn tutkielmaan (Puumalainen 2021), jossa esitettyä geologista rakennemallia on yksinkertaistettu yhdistämällä turvekerroksen ja rapakallion väliset moreeni- ja lajittuneet kivennäismaalajikerrokset yhdeksi, moreenimaiseksi kerrokseksi. Rakennemallin ulkopuolelle jäävillä alueilla on käytetty rakennemallista ekstrapoloituja kerrospaksuuksia.



Kuva 16-10 Mallinnusalue. Kuusivaaran tarvekivilouhoksen suunniteltu sijainti on rajattu punaisella. Musta monikulmio kuvaa pohjavesimallin rajauksen ja sininen katkoviiva geologisen rakennemallin kattaman alueen. Pohjaveden havaintoputkista on merkitty jatkuvatoimisessa pinnankorkeusmittauksessa olleet (vaaleansininen pallo) ja ne, joissa on tehty vedenjohtavuuden slug-mittauksia rapautuneessa kalliossa (musta rengas) tai maaperässä (vihreä rengas). (Lähde: AFRY Finland Oy 2022a.)

Mallin lähtötietoina on käytetty maa- ja kallioperän vedenjohtavuusarvoja, jotka pohjautuvat Kuusivaaran alueella tehtyihin mittauksiin (slug-kokeet maaperässä ja rapakalliossa sekä pumppauskoe kalliossa). Mittaustietoa on alueelta saatavissa yhdeksästä pisteestä, ja mittaukset ovat painottuneet moreeni- ja rapakalliokerroksiin. Osa tuloksista on tulkinnanvaraisia, koska mittausväli sijoittuu kahteen eri kerrokseen (esimerkiksi turve/moreeni).

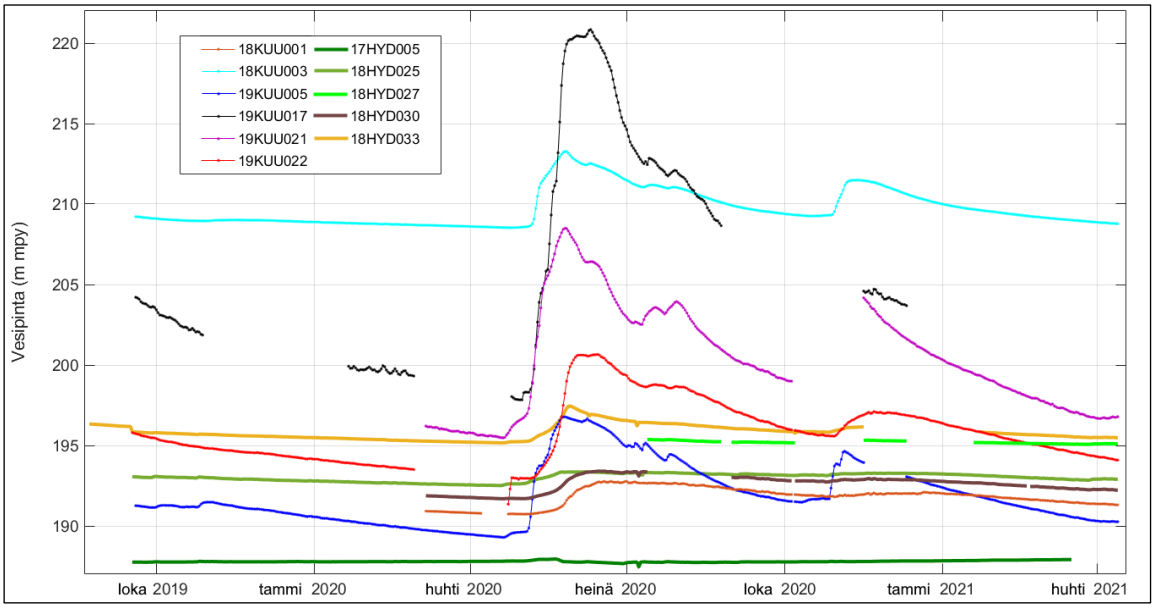
Louhosmallin kalibroinnin tuloksena määritetyt hydrogeologiset parametrit on esitetty alla taulukossa (Taulukko 16-14).

Taulukko 16-14 Kalibroimalla määritetyt pohjavesimallin hydrogeologiset parametrit (AFRY Finland Oy 2022a).

Kerros	Vaakasuora hydraulinen johtavuus (m/s)	Pystysuora hydraulinen johtavuus (m/s)	Huokoisuus	Ominaisvarastokerroin (m^{-1})
Turve	2×10^{-4}	10^{-5}	0,2	0,001
Moreeni	10^{-4}	5×10^{-5}	0,2	0,001
Rapakallio	8×10^{-6}	10^{-6}	0,02	0,001
Kallio	3×10^{-7}	10^{-7}	0,005	10^{-4} (2 ylintä kerrosta) 10^{-6}

Pohjaveden pinnankorkeusaineisto pohjautuu Kuusivaaran alueella sijaitsevilta (ks. Kuva 16-7) 11 pohjaveden havaintopisteeltä saatuihin mittaustuloksiin. Seurantajakso on osalla asemista syksy 2019 – kevät 2021 ja osalla kevät 2020 – kevät 2021. Havaintotulokset on esitetty kaaviossa (Kaavio 16-13).

Kaavio 16-13 Pohjaveden pinnankorkeuden seurantatulokset (jatkuva seuranta) Kuusivaaran alueella syksyn 2021 ja kevään 2021 välillä (Lähde: AFRY Finland Oy 2022a).

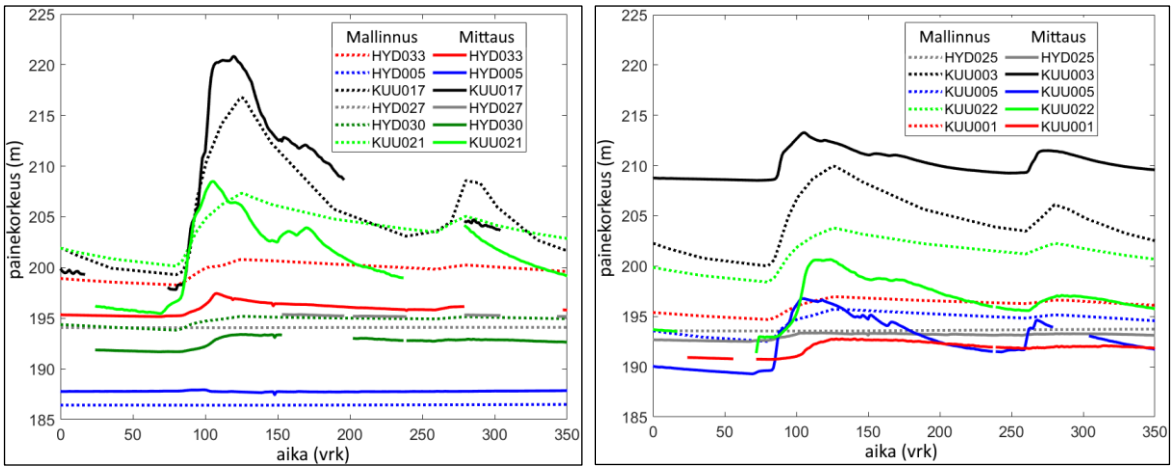


Laskentaverkossa on 15 päällekkäistä kerrosta, joista kaksi ylintä kuvaavat maaperäkerroksia, kolmas rapakalliota ja loput muuta kallioperää. Kalliokerrosten 4–11 paksuudet vastaavat louhintasuunnitelman mukaisia kymmenen metrin tasoja. Louhoksen pohjan tason alapuolella kerrosten paksuudet kasvavat. Mallin pohja on merenpinnan tasolla. (AFRY Finland Oy 2022a)

Mallin kalibrointi

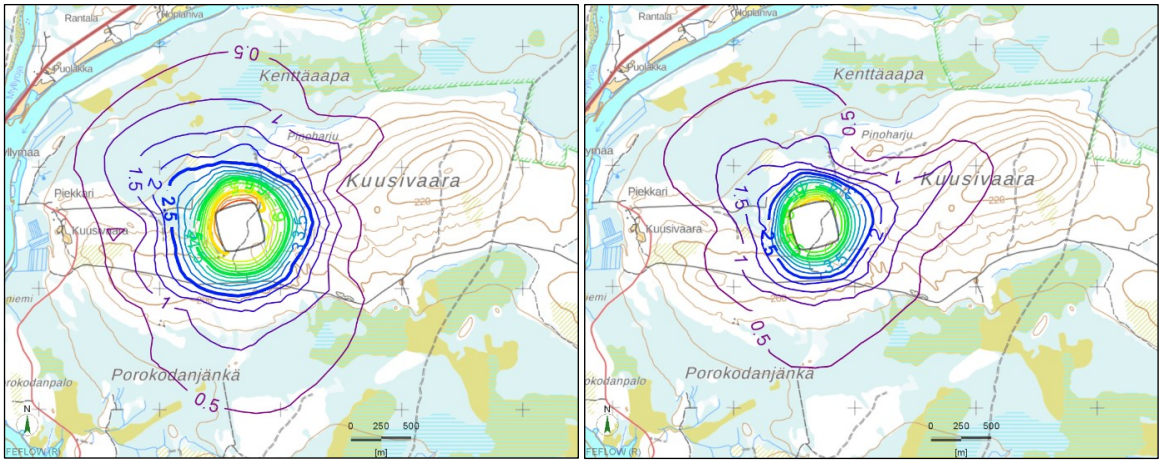
Malli on kalibroitu kahdessa vaiheessa. Ensin steady state -malli on kalibroitu tuottamaan havaittu keskimääräinen pohjavesipinta antamalla vedenjohtavuudelle ja pohjaveden muodostumiselle mittauksiin, kirjallisuuteen tai asiantuntija-arvioon perustuvat arvot. Sen jälkeen transient -mallinnuksella on määritetty sellaiset tehollisen huokoisuuden ja ominaisvarastokertoimen arvot, joilla seuranta-aineiston ainoa voimakas pohjavesipintojen muutos, eli keväällä 2020 runsaslumisen talven jälkeen havaittu vesipintojen nousu lumen sulamisen aikana, pääpiirteittäin toistuu. Molemmat kalibrointivaiheet on tehty säätämällä eri parametriarvoja manuaalisesti, lähtökohtana mittauksiin, kirjallisuuteen tai asiantuntija-arvioon perustuvat alkuarvot. Kaaviossa (Kaavio 16-14) on esitetty transient -mallilla simuloidut pohjaveden painekorkeudet ja mitatut painekorkeudet Kuusivaaran alueen pohjavesiasemilla.

Kaavio 16-14 Kalibroidulla transient -mallilla simuloidut pohjaveden painekorkeudet ja mitatut pinnankorkeudet Kuusivaaran monitoroiduissa pohjavesiasemissa (Lähde: AFRY Finland Oy 2022a).

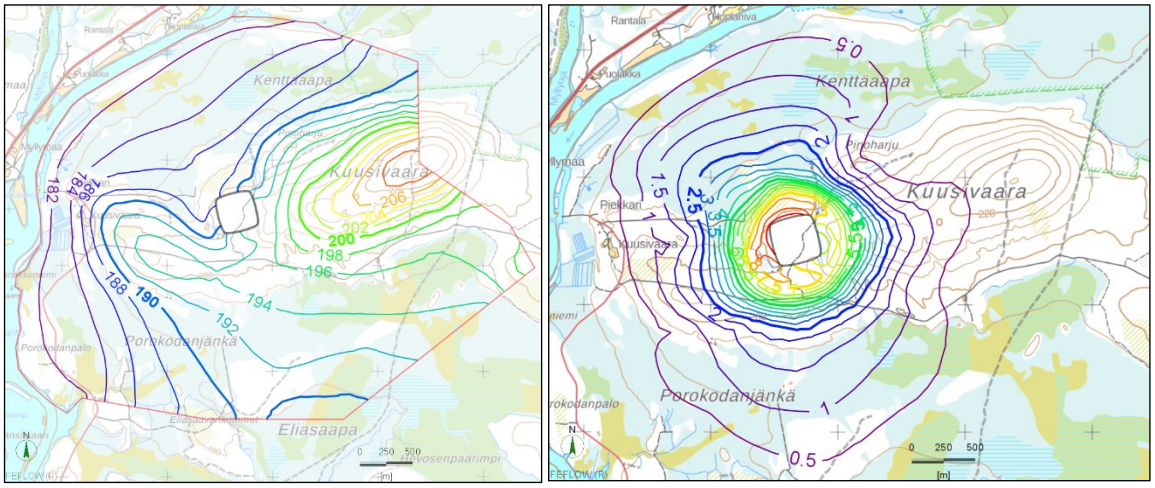


Tulokset

Pohjavesimallilla tehtyjen simulointien tulokset on esitetty alenemien tasa-arvokäyrinä kuvissa (Kuva 16-10 ja Kuva 16-11). Käyrät kuvaavat pohjaveden pinnan alenemaa turve- ja moreenikerrosten rajalla eli käytetyn rakennemallin toiseksi ylimmän ja ylimmän kerroksen rajalla. Steady state -mallin antama keskimääräinen pohjaveden pinnankorkeuden muutos on luotettavampi em. rajavyöhykkeessä, kuin ylimmällä mallinnetulla tasolla eli maanpinnalla, missä ajallinen luonnollinen vaihtelu on voimakkainta (AFRY Finland Oy 2022a). Muualla kuin aivan louhoksen vieressä päällekkäisten kerrosten väliset erot painekorkeudessa ovat hyvin pieniä, joten laskennallinen alenema on oleellisesti kuvien (Kuva 16-11 ja Kuva 16-12) mukainen ainakin moreenin alla olevassa rapakalliossa ja kiinteän kallion yläosassa. Kuvassa (Kuva 16-12) on esitetty myös viimeisen louhintavaiheen osalta pohjaveden painekorkeus moreenikerroksessa.



Kuva 16-11 Pohjavedenpinnan alenema (m) moreeni- ja turvekerrosten rajalla. Vasemmanpuoleisessa kuvassa louhoksen vaihe 1 (kalliota louhittu 20 metrin syvyydeltä) ja oikeanpuoleisessa kuvassa louhoksen vaihe 2 (kalliota louhittu 40 metrin syvyydeltä). (Lähde: AFRY Finland Oy 2022a.)



Kuva 16-12 Pohjavedenpinnan alenema (m) moreeni- ja turvekerrosten rajalla. Vasemmanpuoleisessa kuvassa louhoksen vaihe 3 (kalliota louhittu 70 metrin syvyydeltä) ja oikeanpuoleisessa kuvassa pohjaveden painekorkeus turve- ja moreenikerrosten rajalla vastaavana ajankohtana. (Lähde: AFRY Finland Oy 2022a.)

Louhokseen virtaa pohjavettä ensimmäisessä vaiheessa noin 360 m^3/vrk, toisessa vaiheessa noin 650 m^3/vrk ja kolmannessa vaiheessa noin 1 050 m^3/vrk. Louhinnan päättymisen jälkeen tarvekivilouhos alkaa täyttyä sade- ja pohjavedellä, täyttymisen kestäessä noin 20 vuotta. Pohjavettä virtaa sekä louhokseen että louhoksesta pois. Suurin virtaus louhokseen tapahtuu kaakosta hydraulisen gradientin kaakko-lounas-suunnan mukaisesti (Kuva 16-6), pääasiassa maaperästä ja kallion rapautuneesta pintaosasta. Vastaavasti luoteispuolella louhoksen vettä imeytyy pohjavesikerrokseen. Lopputilanteessa pohjaveden pinta asettuu tasolle noin 195 m mpy. (AFRY Finland Oy 2022a.) Lopputilanne vastaa suunnilleen louhosta lähinnä sijaitsevissa havaintopisteissä havaittua luonnontilaista pohjavedenpinnan tasoa (19KUU022 (kallio) ja 18HYD030 (rapautunut kallio).

Itasca Denver Inc. (2023) on mallintanut maanalaisen kaivoksen vaikutusta pohjaveden pintoihin (ks. jäljempänä kaivoksen numeerinen pohjaveden virtausmallinnus). Siinä yhteydessä on myös mallinnettu vinotunnelien vaikutusta pohjavesipintoihin. Tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnuksessa ei ole huomioitu vinotunnelien vaikutusta ja vastaavasti alkuperäisessä maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksessa ei ole huomioitu tarvekivilouhoksen vaikutusta. Itasca Denver Inc. (2023) laati sittemmin myös yhdistelmämallin Kuusivaaran alueen osalta, jossa sekä vinotunnelit että tarvekivilouhos on huomioitu. Yhteisvaikutusta on käsitelty tarkemmin jäljempänä kaivostilojen pohjaveden virtausmallinnuksen kuvauksen yhteydessä.

Epävarmuustarkastelu

Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksen epävarmuustekijöistä olennaisimmat liittyvät mallinnetun maa- ja kalliotilavuuden hydrogeologisiin parametreihin ja niistä erityisesti vedenjohtavuuteen, joka oleellisesti määrää louhoksen pohjavesivaikutukset tasapainotilassa. Maaperän vedenjohtavuudesta mallinnusalueella on ollut käytettävissä vähänlaisesti mitattuja arvoja. Maaperän kerrospaksuuksiin verrattuna pitkien mittausvälien vuoksi tulokset eivät aina edusta mitään yksittäistä kerrosta. Käytetty mittausmenetelmä mittaa johtavuutta vaakatasossa. Varsinkin kerrostuneissa maalajeissa ja myös kallioperässä on oletettavaa, että pystysuuntainen vedenjohtavuus on

vaakasuuntaista pienempi, ja tämän eron huomioiminen mallissa on jouduttu toteuttamaan mallin kalibroinnin ja yleisen hydrogeologisen käsityksen pohjalta. Mallin kerrosten ominaisuuksien on myös oletettu olevan vakioita. (AFRY Finland Oy 2022a.) Luonnossa ominaisuudet vaihtelevat huomattavan paljon ja havaintotuloksia keskiarvoistettaessa havaintojen lukumäärä vaikuttaa tuloksen edustavuuteen.

Epävarmuutta lisää jonkin verran myös se, että pohjaveden pinnankorkeuden seurantatuloksia on verrattain lyhyeltä ajalta. Niihin on myös saattanut vaikuttaa ilmaston satunnainen vaihtelu, kuten esimerkiksi vuoden 2020 talven keskimääräistä runsaampi lumipeite. (AFRY Finland Oy 2022a.)

Etenkin aivan maaperän pintaosassa, joka Kuusivaaran ympäristössä on yleensä turvetta, numeerisen pohjavesimallin kyky ennustaa pohjaveden pinnan muutoksia on rajallinen, koska vedenjohtavuus ja muut maaperän ominaisuudet sekä olosuhteet (esimerkiksi maaperäkerrosten lajit ja paksuudet, huokoisuus, kasvillisuuden määrä ja laatu, pintavaluntaan vaikuttavat pienet pinnanmuodot, lumen ja roudan kertyminen ja sulamisnopeus) vaihtelevat voimakkaasti sekä paikan että ajan funktiona tavalla, josta ei ole mitattua tietoa.

Kuusivaaran ympäristössä sijaitsevan turpeen maatunut pohjaosa voi estää pienen vedenjohtavuutensa vuoksi pohjaveden virtauksen pintaosasta alaspäin. Tämän seurauksena myös vesipinnan lasku turvekerroksessa voi estyä ja pintakerroksen alapuolisessa moreenikerroksessa ja kalliossa tapahtuva pohjaveden paineen aleneminen ei siten johtaisi pohjaveden keskimääräisen pinnan laskemiseen. Mallinnuksen tulokset, etenkin Kuusivaaran pohjois- ja eteläpuolen suoalueilla, kuvaavat siten suurinta turve- ja moreenikerrosten rajalla odotettavissa olevaa kuin todennäköisintä vaikutusta pohjaveden pintaan. (AFRY Finland Oy 2022f.) Lisäksi käytetyt turpeen vedenjohtavuudet ovat melko korkeita ja mahdollista turpeen alaosan tiivistä kerrosta sekä Kuusivaaran eteläpuolella esiintyvää tiivistä alempaa moreenia tai tiivistä saproliittista kalliorapaumaa ei ole huomioitu mallinnuksessa, mikä todennäköisesti johtaa alenemien yliennustamiseen.

Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksen mukaiset pohjavedenpinnan alenemakäyrät poikkeavat tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten mallinnusten (Itasca Denver Inc. 2023) tuloksista. Yhteisvaikutusten mallinnusta voidaan pitää luotettavampana johtuen mm. laajemmasta mallinnusalueesta sekä runsaammasta ja ajallisesti kattavammasta käytettävissä olleesta mittausaineistosta. Lisäksi yhteisvaikutusten mallinnuksessa käytetty geologinen rakennemalli on yksityiskohtaisempi kuin louhosmallissa käytetty rakennemalli. AFRY Finland Oy:n (2022a) mallinnuksessa alenemat ulottuvat mallinnusalueen ulkopuolelle etelän suunnassa, mikä osaltaan selittää eroja Itasca Denver Inc.:n (2023) mallinnustuloksiin verrattuna.

Herkkyystarkastelu

Tarvekivilouhoksen pohjavesimallille on tehty herkkyystarkastelu kallion vedenjohtavuuden suhteen. Steady state -laskenta ajettiin kallion osalta yhdellä kalibroitua arvoa suuremmalla ja kahdella pienemmällä vedenjohtavuuden arvolla. Lähtötilanteena on käytetty louhoksen toista mallinnusvaihetta. Pohjaveden virtausmäärät louhokseen eri laskentavaihtoehdoissa on esitetty taulukossa (Taulukko 16-15). Tulosten perusteella vedenjohtavuuden kasvattaminen noin kolminkertaiseksi

kalibroituun arvoon nähden kaksinkertaistaa louhokseen virtaavan vesimäärän. Vedenjohtavuuden pienentäminen kolmasosaan puolestaan pienentää vesimäärää noin puoleen.

Taulukko 16-15 Herkkyystarkastelussa käytetyt kallion vedenjohtavuudet ja vastaavat pohjaveden virtausmäärät louhokseen (Lähde: AFRY Finland Oy 2022a).

Tapaus	Vaakasuora johtavuus (m/s)	Pystysuora johtavuus (m/s)	Pohjaveden virtaus louhokseen (m^3/vrk)
Suuri johtavuus	10^{-6}	3×10^{-7}	1 325
Kalibroitu	3×10^{-7}	10^{-7}	590
Pieni johtavuus	$1{,}5\times10^{-7}$	5×10^{-8}	370
Pienin johtavuus	10^{-7}	3×10^{-8}	270

Suurella kallion vedenjohtavuudella pohjaveden alenema on kalibroituun vedenjohtavuuteen verrattuna selvästi suurempi etenkin pohjoisen suunnassa Kenttäaavalla ja etelän suunnassa Porokodanjängällä. Vastaavasti alenema on em. suunnissa selvästi pienempi pienemmillä vedenjohtavuuksilla.

Maanalaisen kaivoksen numeerinen pohjavesimallinnus

Itasca Denver Inc. (2023) on mallintanut suunniteltujen kaivostilojen louhinnan ja niistä tapahtuvan vedenpoiston (eli kaivoksen kuivanapidon) vaikutuksia Viiankiaavan alueen pohjavesien virtaukseen ja pohjaveden pintaan. Pohjavesimallinnuksessa on käytetty lähtöaineistona aikaisempia maaperäselvityksiä ja tutkimuksia Viiankiaavan hydrogeologiasta (mm. Gustavsson ym. 1979, Lappalainen 1970, Helsingin yliopisto 2014–2019 (esim. Salonen ym. 2014 ja 2015, Korkka-Niemi ym. 2017), Golder Associates 2012, 2013 ja 2015), AASM Oy:n keräämää pohjaveden pitkäaikaista pinnankorkeuden seuranta-aineistoa (2012–2021), pohjamoreeniaineistoa (AASM Oy) sekä AASM Oy:n (2019–2021) ja SRK Consulting Ltd. (2016–2019) tuottamaa testausaineistoa. Kallioperän vedenjohtavuusominaisuuksista on saatu tietoja timanttikairausten yhteydessä tehdyillä testauksilla (esimerkiksi vesihävikkikokeet (packer-testaus), pumppauskokeet), ja asennetuista maaperäpohjavesikaivoista kaatotestaus (slug-testit). Kallioperän osalta lähtöaineistona on käytetty mm. Geologian tutkimuskeskuksen tietokantoja alueellisten kallioperärakenteiden (ruhjeet, siirrokset) sijainneista sekä kairasydänten (kivinäytteet) yksityiskohtaiseen tarkasteluun perustuvia havaintoja. Mallinnuksen lähtöarvot perustuvat ajantasaisiin meteorologisiin tietoihin, pohjaveden pintojen pitkäaikaiseen tarkkailuun sekä muuhun pohjavesitutkimusten yhteydessä saatuun huomattavan laajaan tutkimusaineistoon.

Em. lähtöaineiston lisäksi mallinnuksessa on hyödynnetty kolmea geologista mallia:

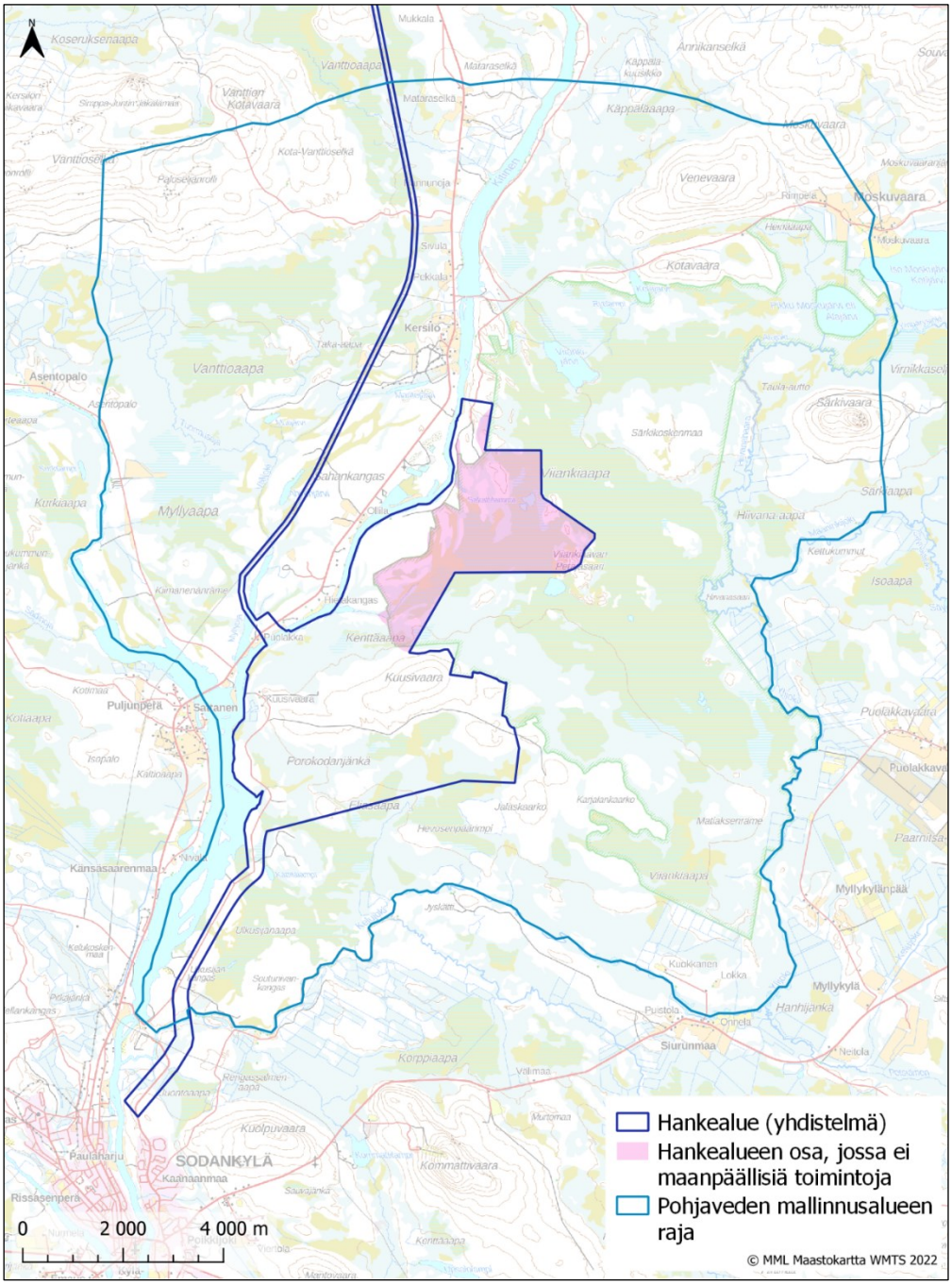
- Matalan vyöhykkeen geologinen malli (Åberg ym. 2021). Malli kattaa Sakatin esiintymän, kaikki maanalaisen kaivoksen toiminnot sekä maanpäällisen tehdasalueen toiminnot. Malli sisältää geologisista yksiköistä eri moreenit, lajittuneet sedimentit (hiekka, sora) ja turpeen sekä rapautuneen ja rikkonaisen kallioperän.
- Vinotunneli- ja malmiesiintymämalli (AASM 2021, julkaisematon). Malli sisältää geologisen tutkimusaineiston vinotunnelilinjauksilta sekä malmiesiintymän alueelta.
- Kuusivaaran geologinen malli (Puumalainen 2021). Malli kuvaa Kuusivaaran alueen matalan vyöhykkeen geologiset yksiköt.

- Mallinnusohjelmisto MINEDEW
- Aktiivisia elementtejä yhteensä 2 666 619
- Mallinnusalue 235 km^2, malli ulottuu maan pinnalta 1 800 metriä pääesiintymän alapuolelle
- Solukoko vaihtelee ollen tarkin vinotunnelien ja esiintymien alueella
- Mallin kalibroidut vedenjohtavuudet (horisontaalinen): $5{,}8x10^{-6}$…$3{,}5x10^{-5}$ m/s (moreeni), $9{,}3x10^{-7}$…$9{,}3x10^{-6}$ m/s (turve), $1{,}2x10^{-6}$…$4{,}6x10^{-5}$ m/s (muut maalajit), $5{,}8x10^{-6}$…$4{,}7x10^{-5}$ m/s (rikkonainen kallio), $1{,}0x10^{-9}$…$2{,}0x10^{-7}$ m/s (ehjä kallio), $1{,}2x10^{-8}$… $8{,}1x10^{-7}$ m/s (pohjaruhje), $1{,}0x10^{-9}$…$1{,}0x10^{-7}$ m/s (muut ruhjeet ja siirrokset)
- Steady state -mallin ajankohta kevät ennen lumien sulamista, käytetty keskimääräisiä pohjavedenpinnan tasoja
- Transient -malli kesäkuusta 2012 kesäkuuhun 2021, kalibroitu mitattujen pohjavedenpintojen vuodenaikaisvaihteluiden mukaan
- Transient -malli kattaa kaivoksen eliniän (22 kaivosvuotta), kuukauden ajallinen resoluutio
- Mallinnus on jaettu viiteen ajanjaksoon: vuosi 1; vuodet 2–3; vuodet 4–8; vuodet 9–15; vuodet 16–22

Seuraavissa kappaleissa on kuvattu tarkemmin Itasca Denver Inc.:n (2023) mallinnuksessa käytettyä käsitteellistä mallia sekä mallin kalibrointia, epävarmuuksia ja mallinnuksen tuloksia. Kuvassa (Kuva 16-13) on esitetty Itasca Denver Inc.:n (2023) mallinnukseen sisällytetty mallinnusalue. Alue rajautuu etelässä, lännessä ja idässä pintavesiuomiin ja pohjoisessa pohjavesivirtauksiin vaikuttaviin vedenjakajiin. Mallinnusalue kattaa esiintymän lisäksi suunnitellut kaivostunnelit ja maanalaiset tilat sekä Viiankiaavan alueen kokonaisuudessaan. Alueen pinta-ala on noin 235 km^2.

Pohjaveden muodostuminen

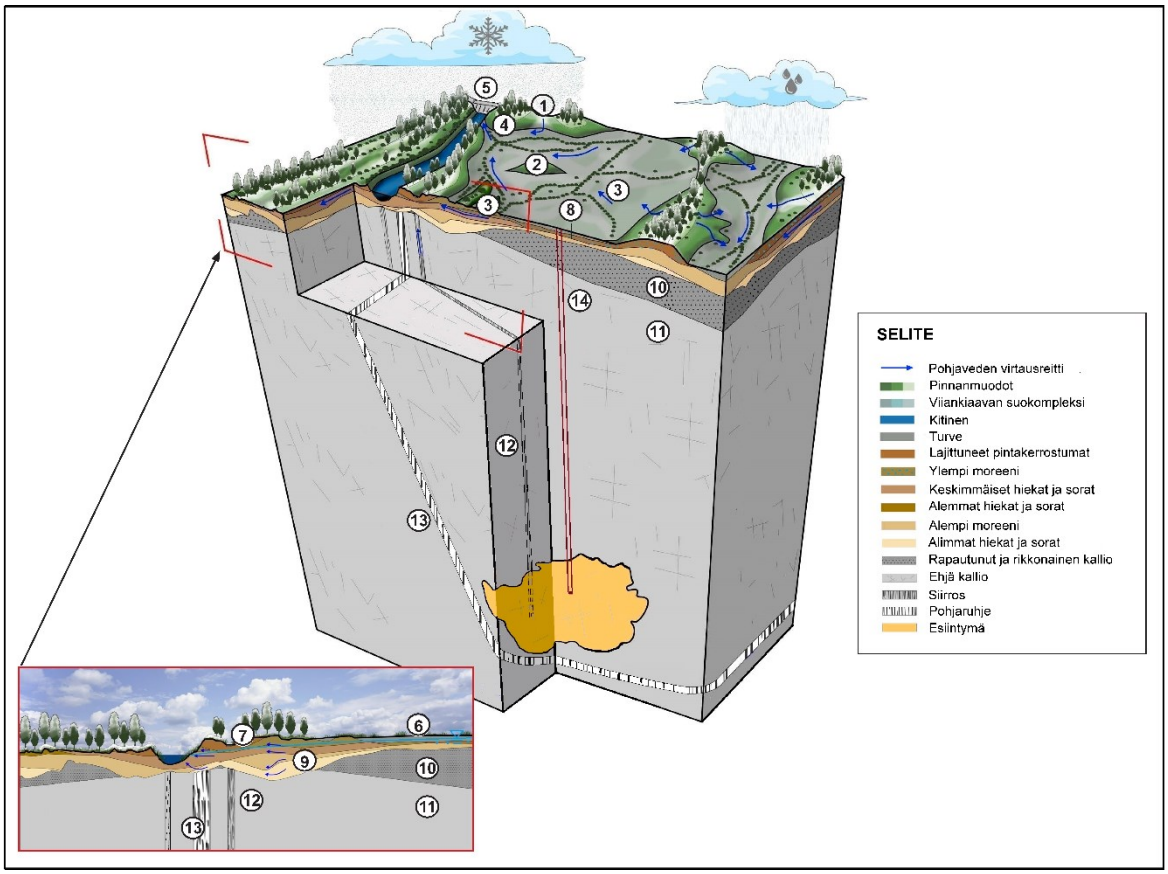
Pohjaveden muodostumista (lumien sulamisvedet, sadanta) on mallinnettu käyttäen DHI:n kehittämää MIKE SHE -mallia (Stantec Consulting Ltd. 2020). Mallinnusalue kattaa hankealueen. Malliin on syötetty lähtötietoina sadanta, lämpötilat, potentiaalinen haihdunta ja lehtialaindeksi. Simuloidut hydrogeologiset yksiköt olivat turve, sora ja moreeni. Yksinkertaistuksena kaikki moreenit saivat saman K-arvojen parametrivyöhykkeen ja vastaavasti lajittuneet sedimentit (sora- ja hiekkayksiköt) saivat saman parametrivyöhykkeen. Lisäksi yksinkertaistettua rikkonaista kallioperää kuvasi kymmenen metrin paksuinen kerros. Mallinnuksen perusteella alueelle on määritetty pohjaveden muodostumis- ja purkautumisalueet. Aineistoa on hyödynnetty Itasca Denver Inc.:n (2023) pohjavesimallinnuksessa.



Kuva 16-13 Itasca Denver Inc.:n laatiman maanalaisen kaivoksen pohjavesimallin mallinnusalue (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).

Käsitteellinen malli

Käsitteellinen malli (Kuva 16-4) luodaan pohjaveden virtausmallinnuksen perustaksi. Siinä esitetään mallinnuksessa käytettävät hydrogeologiset yksiköt, esimerkiksi maakerrokset, kallioperän rakenteet ja pohjaveden virtaukset. Taulukossa (Taulukko 16-16) on esitetty tarkemmin em. mallin ensisijaiset osatekijät.



Kuva 16-14 Käsitteellinen hydrogeologinen malli. Selitteet numeroille: 1. Sulamisvedet ja kevättulva 2. Suoalue 3. Pintaveden ja maapohjaveden virtaus 4. Ihmisen aikaansaamat vaikutukset 5. Kitisen pato 6. Turpeen huokosvesi 7. Maaperän pohjaveden pinnataso 8. Maaperän kerrostumat 9. Maaperän pohjaveden virtaussuunta 10. Kallioperän ylempi rapautunut ja rikkonainen vyöhyke 11. Ehjä kallioperä 12. Pystysuorat ruhjeet kallioperässä 13. Pohjaruhje 14. Kairareiät. Kuvan esittämät yksiköt eivät ole mittakaavassa. (Lähde: Stantec Consulting Ltd. 2020.)

Taulukko 16-16 Käsitteellisen mallin avainosat. # -merkillä on viitattu kuvassa (Kuva 16-11) käytettyyn numerointiin.

Numero	Nimi	Kuvaus
1	Sadanta ja haihdunta # 1	Vuosittainen sadanta on vaihdellut vuosina 2000–2020 välillä 408–646 mm/v., keskimäärin 548 mm/v. Pohjavesivarastot täydentyvät lumien sulamisvesistä ja sadevedestä. Haihduntaa tapahtuu ensisijaisesti kesällä. Haihdunnan määrä on ollut vuosina 2000–2011 keskimäärin 329 mm vuodessa (268–399 mm/v.).
2	Sulamisvedet # 1	Noin 50 % vuotuisesta pintavalumasta ajoittuu lumien sulamisen aikaan. Tällöin maaperän ja matalan kallioperän pohjavesivarastot (turve, glasiaaliset ja fluviaaliset maalajit sekä rikkonainen kallioperä) saavat valtaosan vuotuisesta täydennysvedestään.
3	Pohjaveden muodostuminen sulamisvesistä ja sadannasta # 1, 2, 7, 9	Pohjavettä muodostuu etenkin lumien sulamisvesien vaikutuksesta. Lisäksi pohjavettä muodostuu kesällä ja syksyllä sadevedestä. Muodostuvan pohjaveden määrä riippuu hydrogeologisista olosuhteista ja alueen geologiasta.
4	Ilmastonmuutos	Selvitysten perusteella kohdealueella lämpötilat nousevat ja sadanta sekä haihdunta lisääntyy tulevaisuudessa. Sadannan laatu (vesi, lumi) ja

Numero	Nimi	Kuvaus
		sulamiskauden sijoittuminen saattavat muuttua vaikuttaen siten pohjaveden muodostumiseen ja pohjavedenpintoihin.
5	Suoalue # 2	Suoalueen turvekerros on vedellä kyllästynyt hydrogeologinen yksikkö, joka varastoi huomattavan määrän ekosysteemin käyttämästä vedestä. Pohjavesi esiintyy paikoitellen orsivetenä, sillä alueella esiintyy tiivistä pohjaturvetta, jonka vedenjohtavuus on pieni. Paikoitellen pohjavedellä on yhteys turpeen alapuolisiin lajittuneisiin maakerroksiin. Suoalueella on nähtävissä veden virtausuomia (# 3). Sulamiskaudella ilmenee pintavalumaa suoalueella, osa vedestä jää suoalueelle.
6	Pohjavedenpinnan tasot ja pohjaveden laatu # 1, 2, 7, 9	Pohjavedenpinnan tasot vaihtelevat maaperän pohjavesivyöhykkeessä vuodenaikaisen sadannan ja sulamisvesien vaikutuksesta. Vastaavaa vaihtelua on havaittavissa rapautuneessa ja rikkonaisessa kallioperässä (matala kallioperä). Ehjässä kallioperässä (syvä kallioperä) on vain vähäisessä määrin havaittavissa vastaavaa vaihtelua, mikä viittaa maaperän ja matalan kallioperän pohjavesivyöhykkeiden huonoon yhteyteen syvän kallioperän pohjaveden kanssa. Em. viittaa myös pohjaveden kemiallinen koostumus eri vyöhykkeissä.
7	Pintavedet # 3, 4, 5	Pintavaluntaa (# 3) tapahtuu pääasiassa (>50 % vuotuisesta pintavalunnasta) keväällä sulamisvesien vaikutuksesta. Pintavesivalunta kertyy lukuisiin uomiin ja painanteisiin vesien päätyessä lopulta alueen jokiin ja puroihin. Suurimmat joet ovat Kitinen, Kelujoki ja Ylijoki, joista Kitinen on säännöstelty (# 4, # 5).
8	Geologia # 6, 8, 10, 11	Alueen hydrogeologiaa kuvastaa kaksi erillistä pohjavesivyöhykettä, matala ja syvä. Matalaan vyöhykkeeseen (# 8) kuuluvat ensisijaisesti fluviaaliset ja glasiaaliset maalajit sekä kallioperän ylempi, rapautunut ja rikkonainen osa (matala kallioperä, # 10). Syvä pohjavesivyöhyke koostuu ylemmän rikkonaisen ja rapautuneen kallion ylävyöhykkeen alla olevasta ehjästä kallioperästä (syvä kallioperä, # 11) ja siinä olevista ruhjeista. Fluviaalisten ja glasiaalisten maalajien vedenjohtavuus on kohtalainen tai suuri. Rikkonaisen kallioperän vedenjohtavuus on suurempi kuin syvän kallioperän, jossa pohjaveden virtaus keskittyy kallioperässä oleviin rakenteisiin (esimerkiksi siirrokset).
9	Paikalliset ja alueelliset geologiset rakenteet # 12	Alueella on todettu seuraavat kallioperän päärakenteet: esiintymän jalkapuolelle sijoittuva pohjaruhje (# 3) ja malmiesiintymää lävistävät itäinen siirros, itä-länsisiirros, SENW1- ja SENW2-siirrokset, itä-länsi keskiosa -siirros ja Hanging Wall -siirros (# 12). Pohjaruhjeen vedenjohtavuus on suurempi kuin ehjän kallioperän. Muiden siirrosten vedenjohtavuus vastaa pääosin ehjän kallioperän vedenjohtavuutta. Suuremman vedenjohtavuuden alueet ovat paikallisia ja epäjatkuvia. Alueelliset geologiset kallioperän rakenteet voivat olla vettä johtavia tai tiiviitä, jolloin ne estävät pohjaveden virtausta. Hankealueen ulkopuoliset alueelliset siirrokset eivät ole hydraulisesti yhteydessä hankealueen siirroksiin, eikä niiden ominaisuuksia tunneta.
10	Kaivos, tunnelit ja maanalaiset rakenteet	Malminetsinnän historialliset kairareiät (# 14) malmiesiintymän kohdalla ja ympäristössä ovat osin sulkematta (vuodesta 2017 eteenpäin malminetsintäreiät on tulpattu), tämä voi aiheuttaa hydraulisen yhteyden kaivoksen ja yläpuolisten hydrogeologisten yksiköiden välillä. Avoimet historialliset kairareiät tullaan sulkemaan kaivoksen rakentamisvaiheessa. Vinotunnelien louhiminen/poraaminen Kuusivaaralta malmiesiintymälle tulee vaikuttamaan syvään pohjavesivyöhykkeeseen, josta voi olla yhteys matalaan pohjavesivyöhykkeeseen. Kalliotiloihin vuotaa pohjavettä ja alueilla, joilla vuotovesien määrä on suuri, tullaan toteuttamaan erilaisia tiivistämistoimenpiteitä vuotovesimäärän vähentämiseksi.

Mallin kalibrointi

Pohjaveden virtausmallin kalibrointi on prosessi, jossa vaihdellaan epävarmoja mallin syöttöparametreja todennäköisillä arvoalueilla, kunnes saavutetaan hyväksyttävä vastaavuus simuloidun ja mitatun tiedon välillä. Kalibrointituloksen perusteella voidaan arvioida pohjaveden virtausmallin luotettavuutta. Maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmalli (Itasca Denver Inc. 2023) on toteutettu monikerrosmallina ja se on kalibroitu sekä steady state -tilanteeseen että transient -tilanteeseen.

Seuraavassa kuvattu pohjaveden virtausmallin kalibrointimenettely perustuu Itasca Denver Inc.:n (2023) raporttiin. Tasapainotilanteen kalibroinnissa on käytetty vuosien 2012–2021 pohjavedenpinnan seuranta-aineistoa yhteensä 67 pohjavesiputkesta ja tutkimusreiästä. Kalibrointi on tehty pohjaveden pinnankorkeuden minimitilanteen mukaisesti eli keväällä ennen lumen sulamista. Kalibroinnissa käytetyt pohjaveden havaintoputket on asennettu turvekerrostumiin, jäätikkö- ja jokikerrostumiin, rapautuneeseen kallioperään, kallioperän rakenteisiin sekä ehjään kallioperään. Transient -tilanteen kalibroinnissa on käytetty pohjavedenpinnan seuranta-aineistoa yhteensä 98 pohjavesiputkesta.

Havaittujen ja simuloitujen pohjavedenpintojen välisiä eroja on tarkasteltu erilaisilla hyvin tunnetuilla ja käytetyillä tilastollisilla tunnusluvuilla virtausmallin toimivuuden arvioimiseksi: keskineliövirheen neliöjuuri (*root mean squared error*, RMSE), determinaatiokerroin (*coefficient of determination*, r2), absoluuttinen keskivirhe (*mean absolute error*, MAE) ja keskivirhe (*mean error*, ME).

Steady state -tilanteen mallinnuksessa kalibroidut pohjavedenpinnat vastaavat hyvin mitattuja pinnantasoja. Kalibroinnin lasketut tilastolliset tunnusluvut vastaavat hyvin normaaleja hyvin kalibroidun pohjaveden virtausmallin tunnuslukuja (ME, MAE ja RMSE lähellä nollaa, r2 lähellä yhtä). Massatasapainovirhe steady state -mallinnuksen lopussa on alle 0,001 % eli alle suositellun maksimiarvon (0,5 %).

Transient -mallin kalibrointituloksista voidaan todeta yleisellä tasolla seuraavaa:

- Malli on kalibroitu hyvin kalibroitu kaivoksen sijaintialueella, vinotunnelien alueella sekä Viiankiaavan alueella
- Koko mallinnusalueella pohjaveden virtausmalli on kalibroitu hyvin kalibroitu mitattujen pohjavedenpintojen suhteen maaperän pohjavesivyöhykkeessä, rikkonaisessa kallioperässä sekä ehjässä kallioperässä
- Pohjaveden virtausmalli on kalibroitu hyvin kalibroitu mitattujen pohjavesipintojen suhteen Kuusivaaran alueella kattaen ne alueet, joilla pohjavedenpinnan vuodenaikaisvaihtelut ovat pieniä (<1 m) kuin myös ne alueet, joilla pohjavedenpinnan vaihtelut ovat suuria (>10 m)

Tilastollisten tunnuslukujen perusteella voidaan tehdä seuraavat päätelmät kalibroinnista:

- Transient -malli on hyvin kalibroitu läpi koko kalibrointiajanjakson
- Lasketut tilastolliset tunnusluvut vastaavat kirjallisuudessa esitettyjä hyvin kalibroitujen mallien tunnuslukuja (ME, MAE ja RMSE alle 1,0 metriä)
- Simuloitujen ja mitattujen pohjavedenpinnan korkeustietojen perusteella transient -tilanteen mallinnuksessa ei ole havaittavissa virheitä

- Malli on hyvin kalibroitu pohjavedenpintahavaintoihin sekä talvi- että kesäkuukausina.

Pohjaveden virtausmalli on aina yleistys luonnonolosuhteista ja korkeintaan niin tarkka kuin mallin lähtötiedot ovat. Itasca Denver Inc.:n (2023) laatima pohjaveden virtausmallinnus perustuu laaja-alaisiin selvityksiin ja lähtötietoihin ja mallin kalibrointitulokset ovat hyväksyttäviä. Pohjaveden virtausmalli on riittävän luotettava mallinnetun hankevaihtoehdon VE1a ympäristövaikutusten arviointia varten. Mallin soveltamismahdollisuuksia muiden hankevaihtoehtojen arviointiin on tarkemmin käsitelty luvussa 16.3.2.

Tulokset

Itasca Denver Inc.:n (2023) suorittamien mallinnusten perusteella on todettavissa mallinnusalueen vesitaseen osalta seuraavia huomioita:

- Vesitaseen eri osatekijöiden suuruus vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja se riippuu pohjaveden muodostumisen määrästä
- Mallinnuksessa käytetyt pohjaveden muodostumismäärät vaihtelevat välillä 0–20 000 m^3/h ja ne ovat suurimmillaan keväällä lumien sulamisjakson aikana
- Pintavalunnan määrä vaihtelee välillä 1 000–11 000 m^3/h
- Pohjavesivyöhykkeestä jokiin purkautuvan pohjaveden määrä vaihtelee välillä 350–650 m^3/h, josta Kitiseen purkautuu noin 225–510 m^3/h sekä Kelujokeen ja Ylijokeen noin 105–150 m^3/h
- Järviin purkautuu pohjavettä noin 2–25 m^3/h
- Pohjaveden virtaus mallinnusalueelta pois vaihtelee välillä 50–100 m^3/h.

Mallinnustulosten perusteella Kitiseen purkautuvan pohjaveden määrä vähenee enimmillään noin 20 m^3/h kaivoksen eliniän aikana, mikä vastaa noin 4–6 %:n osuutta mallinnusalueelta Kitiseen purkautuvan pohjaveden simuloidusta kokonaismäärästä. Mallinnuksessa ei ole huomioitu kaivokselta Kitiseen purettavia puhdistettuja ylijäämävesiä, joiden määrä on todennäköisesti suurempi kuin muutos purkautuvan pohjaveden määrässä. Arvioitu muutos on suuruudeltaan vain noin 0,01 % koko Kitisen virtaamasta.

Ympäristövaikutusten arviointia varten mallinnettiin kaivostoiminnasta aiheutuvia pohjavedenpinnan alenemia kaivoksen eliniän aikana. Mallinnukset on tehty kahdella eri skenaariolla:

80 % tiivistysskenaario (injektointitehokkuus 80 %)

Skenaariossa oletetaan, että vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenteet injektoidaan. Injektointitehokkuuden on oletettu olevan 80 %. Kaivostäytön vedenjohtavuutena on käytetty maltillista vedenjohtavuusarvoa (5,0 x 10^{-8} m/s). (AA Sakatti Mining Oy ja Mitta Engineering Oy 2022.)

65 % tiivistysskenaario (injektointitehokkuus 65 %)

Skenaariossa oletetaan, että vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenteet injektoidaan. Injektointitehokkuuden on oletettu olevan 65 %. Kaivostäytön vedenjohtavuutena on

käytetty korkeaa vedenjohtavuusarvoa (1,0 x 10^{-7} m/s). (AA Sakatti Mining Oy ja Mitta Engineering Oy 2022.)

80 % tiivistysskenaario vastaa tilannetta, joka valituilla tiivistysmenetelmillä voidaan katsoa olevan realistisesti toteutettavissa ja todennäköisin nykytietoon perustuen. 65 % tiivistysskenaario vastaa tilannetta, joka voitaisiin turvallisuusnäkökulmista ja vuotovesien hallinnan kannalta hyväksyä.

Molemmissa skenaariossa kaivostäytön on oletettu kutistuvan täytön kovettuessa. Kutistumisen seurauksena kallion ja täytön väliin jää vettä johtava kanava, mikä on huomioitu mallinnuksessa.

Pohjaveden virtausmallissa injektointitehokkuudella (%) tarkoitetaan tunnelilinjalle vuotamaan jäävien laskentasolujen suhteellista osuutta. Injektointitehokkuus ei siis suoraan kuvaa injektoinnin suunnittelussa käytettävien olennaisten muuttujien ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi tunnelia ympäröivä injektoitu alue, sen paksuus ja vedenjohtavuus sekä injektointimassan tyyppi ja tunkeuma. Hankesuunnittelun seuraavissa vaiheissa pohjavesimallin oletuksista tullaan luomaan tekniset tavoitteet vuotovesien hallinnalle. (AA Sakatti Mining Oy ja Mitta Engineering Oy 2022.)

Lisäksi mallinnuksia on tehty useilla muilla vaihtoehtoisilla skenaarioilla herkkyystarkastelua varten.

80 % tiivistysskenaario

Kaivokseen purkautuvan vuotoveden määrä alkaa kasvaa vuosina 1 ja 2 kaivoksen rakentamisen aloittamisesta. Tällöin louhitaan (VE1a) vinotunneleita (4 kpl). Vuoden 2 lopussa purkautuvan vuotoveden määrä saavuttaa pohjaruhjeen vaikutuksesta huippunsa ollen noin 118 m^3/h (2 830 m^3/vrk). Tämän jälkeen vuotoveden määrä laskee vähitellen vuoteen 6 saakka (määrään 100 m^3/h, 2 400 m^3/vrk) louhintojen edetessä syvemmälle tiiviiseen kallioperään. Vuotovesimäärä pysyy tasolla 100 m^3/h aina vuoteen 10 saakka, jonka jälkeen purkautuvan vuotoveden määrä alkaa hieman kasvaa louhinnan edetessä lähemmäs maanpintaa pääesiintymän yläosan ja NE-satelliittiesiintymän louhinnan alkaessa. Vuotovesimäärä saavuttaa tason 110 m^3/h (2 640 m^3/vrk) vuoden 10 jälkeen pysyen sen jälkeen suunnilleen saman tasoisena koko kaivoksen loppuiän ajan. Arvioitu kaivostiloihin purkautuvan vuotoveden määrä vastaa suuruusluokaltaan hankealueella muodostuvan (0–100 m^3/h) pohjaveden määrää. Koko mallinnusalueella muodostuvan pohjaveden määrä vaihtelee välillä 0–20 000 m^3/h.

65 % tiivistysskenaario

Kaivokseen purkautuvan vuotoveden määrä alkaa kasvaa vuosina 1 ja 2 kaivoksen rakentamisen aloittamisesta. Tällöin louhitaan (VE1a) vinotunneleita (4 kpl). Vuoden 3 alussa purkautuvan vuotoveden määrä saavuttaa läpäistävän pohjaruhjeen vaikutuksesta huippunsa ollen noin 122 m^3/h (2 930 m^3/vrk). Tämän jälkeen vuotovesimäärä laskee vähitellen vuoteen 6 saakka (määrään 107 m3/h, 2 570 m^3/vrk) louhintojen edetessä syvemmälle tiiviiseen kallioperään. Vuotovesimäärä pysyy tasolla 107 m^3/h aina vuoteen 10 saakka, jonka jälkeen purkautuvan vuotoveden määrä alkaa hieman kasvaa louhinnan edetessä lähemmäs maanpintaa pääesiintymän yläosan ja NE-satelliittiesiintymän louhinnan alkaessa. Vuotovesimäärä saavuttaa tason noin 118 m^3/h (2 830 m^3/vrk) vuonna 11 pysyen suunnilleen saman tasoisena koko kaivoksen loppuiän ajan. Arvioitu kaivostiloihin purkautuvan vuotoveden määrä vastaa suuruusluokaltaan hankealueella muodostuvan (0–100

m^3/h) pohjaveden määrää. Koko mallinnusalueella muodostuvan pohjaveden määrä vaihtelee välillä 0–20 000 m^3/h.

Kaivostiloihin purkautuvan vuotoveden määrä noudattelee 65 % tiivistysskenaariossa samaa ajallista mallia kuin 80 % tiivistysskenaariossa, kaivostiloihin purkautuvan vuotoveden määrän ollessa noin 5–8 % korkeampi.

Pohjavedenpinnan alenema

Itasca Denver Inc.:n (2023) mallinnus osoittaa, että kallioperän heikkousvyöhykkeet, rapautunut ja rikkonainen kallion yläosa sekä maakerrosten alimpana olevat lajittuneiden ainesten kerrostumat johtavat pohjavettä kaivostiloihin siten, että maaperän pohjavedenpinnassa tapahtuu enimmillään noin 0,6 metrin alenema pääesiintymän yläpuolella, noin yhden metrin alenema vinotunnelin alueella Pahanlaaksonmaan alueella ja noin neljän metrin alenema Kuusivaarassa maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin alueella (65 % tiivistysskenaario).

Pohjavedenpinta alenee erityisesti Kuusivaaran tehdasalueella ja pääesiintymän alueella Viiankiaavalla sekä Pahanlaaksonmaalla, jonka alla sijaitsevat suunnitelmien mukaiset esiintymään johtavat vinotunnelit (vaihtoehto VE1a). Alenemat kohdistuvat myös Kenttäaavan keski- ja pohjoisosaan. Seuraavissa taulukoissa (Taulukko 16-17 ja Taulukko 16-18) on esitetty yhteenveto pohjavedenpinnan alenemista kaivoksen eri vaiheissa. Tarkastelu koskee vaihtoehtoa VE1a. Kuvissa (Kuva 16-5 – Kuva 16-22) on esitetty pohjavedenpinnan alenemakäyrät karttapohjalla sekä 80 % että 65 % tiivistysskenaariolle. Alenemat on esitetty vuosille 1, 3, 8 ja 15 kaivoksen rakentamisen aloittamisesta.

Mallinnettu maaperän pohjaveden alenema vaihtelee vuodenajoittain. Se on suurimmillaan lopputalvella ja pienimmillään lumien sulamisvesien täydentäessä pohjavesivarastoja keväällä touko-kesäkuussa. Vuodenajoista johtuvat alenemien vaihtelut ovat suuruusluokassa 0,01–0,4 metriä (80 % tiivistysskenaario) ja 0,01–0,8 metriä (65 % tiivistysskenaario). Kuvissa Kuva 16-23 – Kuva 16-28) on esitetty pohjavedenpinnan alenemat toimintavuoden 22 tammi-, kesä- ja joulukuussa molemmille tiivistysskenaarioille.

Taulukko 16-17 Pohjavedenpinnan alenema kaivoksen eliniän aikana, 80 % tiivistysskenaario, vaihtoehto VE1a (matala pohjavesivyöhyke). Sanallinen arvio alenemasta perustuu kuvissa (Kuva 16-15, Kuva 16-17, Kuva 16-19, Kuva 16-21, Kuva 16-23, Kuva 16-25 ja Kuva 16-27) esitettyihin alenemakarttoihin ja Kuusivaaran osalta sekä vinotunneleista aiheutuvan aleneman että tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten mallinnustuloksiin.

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaaksonmaa
0–2 Alenemakuvaus vastaa vuotta 1 (Kuva 16-15)	Viisi kilometriä pitkien vinotunneleiden (4 kpl) rakentaminen, maanalaisten kaivosrakenteiden rakentamisen aloitus, tarvekivilouhoksen vaiheen 1 toteutus	Vinotunnelit: Enimmillään 1,3 metrin pohjavedenpinnan alenema kaivoksen sisäänkäynnin kohdalla, 0,1 metrin alenemakäyrä kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella, ei ulotu Natura-alueelle	Ei vaikutusta **Yhteisvaikutus:** Enimmillään 0,1 metrin alenema, ei ulottu Natura-alueelle	Ei vaikutusta

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaakson-maa
		Yhteisvaikutus: Maksimialenema 25 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella, ei ulotu Natura-alueelle		
3 Alenemakuvaus vastaa vuotta 3 (Kuva 16-17)	Maanalaisen kaivoksenrakentaminen jatkuu tason -400 m mpy alapuolella, malmin louhinta alkaa keskittyen vuosina 3-8 kaivoksen syvimpiin osiin	Vinotunnelit: Aleneman vaikutusalue kasvaa vinotunnelilinjan molemmin puolin ulottuen Kuusivaaran korkeimman kohdan itäpuolelle, enimmillään 2,3 metrin alenema kaivoksen sisäänkäynnin kohdalla, Natura-alueella pienialainen 0,1 metrin alenema **Yhteisvaikutus**: Maksimialenema 25 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella, ei ulotu Natura-alueelle	Enimmillään 0,8 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Enimmillään 0,5 metrin alenema, laaja 0,1 metrin alenema, ulottuu Natura-alueelle enimmillään 0,5 metrin alenema	Enimmillään 0,6 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, Pahalaksonmaan pohjavesialueella- ja Natura-alueella enimmillään 0,6 metrin alenema
4–8 Alenemakuvaus vastaa vuotta 8 (Kuva 16-19)	Maanalaisen kaivoksen rakentaminen jatkuu tason -400 m mpy alapuolella, pääesiintymän louhinta jatkuu	Vinotunnelit: Enimmillään 2,6 metrin alenema, vaikutusalue melkein ennallaan kattaen melkein koko Kuusivaaran, Natura-alueella pienialainen 0,2 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 25 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta	Enimmillään 1,0 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, vaikutusalue likimain ennallaan, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Aleneman suuruus max. yksi metri,	Enimmillään 1,1 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut ja alenema kasvanut, Natura-alueella vaikutusalue ja alenema kasvanut, enimmillään 1,1 metrin alenema,

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaakson-maa
		alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella (luoteessa ulottuu hieman Kenttäaavalle), Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	vaikutusalue suunnilleen sama kuin vuonna 3, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema	Pahalakson-maan pohjavesialueella enimmillään 1,1 metrin alenema
9–15 Alenemakuvaus vastaa vuotta 15 (Kuva 16-21)	Vuosien 9–10 aikana vinotunneli on rakennettu NE-satelliittiesiintymälle ja malmin louhinta aloitetaan tason -150 m mpy yläpuolella. Vuodesta 11 alkaen malmin louhinta jatkuu kaivoksen ylemmillä tasoilla, pääesiintymän louhinta tasovälillä -400…-70 m mpy ja satelliittiesiintymän louhinta tasovälillä -170…+112 m mpy, tarvekivilouhoksen vaihe 2 saadaan päätökseen vuoden 9 lopussa	Enimmillään 2,8 metrin alenema, vaikutusalue melkein ennallaan kattaen melkein koko Kuusivaaran, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema **Yhteisvaikutus**: Maksimialenema 50 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella (luoteessa ulottuu hieman Kenttäaavalle ja lounaassa Porokodanjängälle), Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	Enimmillään 1,0 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, vaikutusalue likimain ennallaan, Natura-alueella enimmillään 0,6 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Aleneman suuruus enimmillään yksi metri, vaikutusalue suunnilleen sama kuin vuonna 8, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema	Enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut selvästi koilliseen, Natura-alueella enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut selvästi, Pahalakson-maan pohjavesialueella enimmillään 1,2 metrin alenema
15–22 (tammikuu) Alenemakuvaus vastaa vuoden 22 tammikuuta (Kuva 16-23)	Pääesiintymän louhinta tasovälillä -400…-70 m mpy jatkuu ja NE-satelliittiesiintymän louhinta tasovälillä -170…+112 m mpy jatkuu, malmin louhinta ja tarvekivilouhoksen vaihe 3 päättyy vuonna 22, kaivostoiminta päättyy (vuosi 22) ja kaivoksen sulkeminen alkaa	Enimmillään 3,8 metrin alenema, vaikutusalue kasvaa hieman idän ja lännen suunnissa, Natura-alueella enimmillään 0,3 metrin alenema pienellä alueella **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 50 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä,	Enimmillään 1,2 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, vaikutusalue laajentunut kaikissa ilmansuunnissa, Natura-alueella enimmillään 0,6 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Aleneman suuruus enimmillään yksi metri, vaikutusalue	Enimmillään 1,3 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut koilliseen, Natura-alueella enimmillään 1,3 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut selvästi, Pahalakson-maan pohjavesialueella enimmillään

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaakson-maa
		0,1 metrin alenema-käyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella (luoteessa ulottuu Kenttäaavalle ja lounaassa Porokodanjängälle), Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	laajentunut länteen ja itään, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema	1,3 metrin alenema
heinäkuu 22 Alenemakuvaus vastaa vuoden 22 heinäkuuta (Kuva 16-25)	Malmin louhinta ja tarvekivilouhoksen vaihe 3 päättyy vuonna 22, kaivostoiminta päättyy ja kaivoksen sulkeminen alkaa	Enimmillään 2,1 metrin alenema, vaikutusalue hieman pienempi kuin tammikuun tilanteessa, Natura-alueella pienialainen 0,2 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 75 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenema-käyrän alue hieman pienentynyt idän, etelän ja lännen suunnissa tammikuuhun verrattuna, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	Enimmillään 1,0 metrin alenema, vaikutusalue pienentynyt hieman kaikissa ilmansuunnissa, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema, vaikutusalue pienentynyt hieman **Yhteisvaikutus:** Aleneman suuruus max. yksi metri, voimakkaimman aleneman alue pienentynyt, vaikutusalue hieman pienentynyt etenkin idän suunnassa, Natura-alueella enimmillään 0,4 metrin alenema	Enimmillään 1,1 metrin alenema, vaikutusalue paikoin hivenen pienentynyt, Natura-alueella enimmillään 1,1 metrin alenema, vaikutusalue hivenen pienentynyt, Pahalaksonmaan pohjavesialueella enimmillään 1,1 metrin alenema
joulukuu 22 Alenemakuvaus vastaa vuoden 22 joulukuuta (Kuva 16-27)	Malmin louhinta ja tarvekivilouhoksen vaihe 3 päättyy vuonna 22, kaivostoiminta päättyy ja kaivoksen sulkeminen alkaa	Enimmillään 2,8 metrin alenema, vaikutusalue hieman laajempi idän ja etelän suunnassa kesäkuun tilanteeseen verrattuna, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 75 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenema-käyrän alue hieman kasvanut idän, kaakon	Enimmillään 1,0 metrin alenema, vaikutusalue hieman laajentunut idässä ja lännessä, Natura-alueella enimmillään 0,6 metrin alenema, vaikutusalue hieman laajentunut **Yhteisvaikutus:** Aleneman suuruus enimmillään yksi metri, vaikutusalue hieman kasvanut etenkin idän suunnassa, Natura-alueella	Enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue suunnilleen ennallaan, Natura-alueella enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue ennallaan, Pahalaksonmaan pohjavesialueella enimmillään 1,2 metrin alenema

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaakson-maa
		ja etelän suunnissa kesäkuuhun verrattuna, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	enimmillään 0,5 metrin alenema	

Taulukko 16-18 Pohjavedenpinnan alenema kaivoksen eliniän aikana, 65 % tiivistysskenaario, vaihtoehto VE1a (matala pohjavesivyöhyke). Sanallinen arvio alenemasta perustuu kuvissa (Kuva 16-16, Kuva 16-18, Kuva 16-20, Kuva 16-22, Kuva 16-24, Kuva 16-26 ja Kuva 16-28) esitettyihin alenemakarttoihin ja Kuusivaaran osalta sekä vinotunneleista aiheutuvan aleneman että tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten mallinnustuloksiin.

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaak-sonmaa
0–2 Alenemakuvaus vastaa vuotta 1 (Kuva 16-16)	Viisi kilometriä pitkien vinotunneleiden (4 kpl) rakentaminen, maanalaisten kaivosrakenteiden ja kulkuyhteyksien rakentamisen aloitus, tarvekivilouhoksen vaiheen 1 toteutus	Vinotunnelit: Enimmillään 2,0 metriä pohjavedenpinnan alenema kaivoksen sisäänkäynnin kohdalla, 0,1 metrin alenemakäyrä kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella, ei ulotu Natura-alueelle **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 25 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella, ei ulotu Natura-alueelle	Ei vaikutusta **Yhteisvaikutus:** Enimmillään 0,1 metrin alenema, ei ulottu Natura-alueelle	Ei vaikutusta
3 Alenemakuvaus vastaa vuotta 3 (Kuva 16-18)	Maanalaisen kaivoksenrakentaminen jatkuu tason -400 m mpy alapuolella, malmin louhinta alkaa keskittyen vuosina 3-8 kaivoksen syvimpiin osiin	Vinotunnelit: Aleneman vaikutusalue kasvaa vinotunnelilinjan molemmin puolin ulottuen Kuusivaaran korkeimman kohdan itäpuolelle, enimmillään 3,3 metrin alenema kaivoksen sisäänkäynnin kohdalla, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 25 metriä tarvekivi-louhoksen kohdalla, jyrkän	Enimmillään 0,8 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Enimmillään yhden metrin alenema, vaikutusalue kasvanut selvästi vuoteen 1 verrattuna, Natura-alueella enimmillään 0,4 metrin alenema	Enimmillään 0,7 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, Pahalaksonmaan pohjavesialueella- ja Natura-alueella enimmillään 0,7 metrin alenema

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaak-sonmaa
		gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella, vaikutusalue kasvanut etelää lukuun ottamatta kaikissa ilmansuunnissa, pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema Natura-alueella		
4–8 Alenemakuvaus vastaa vuotta 8 (Kuva 16-20)	Maanalaisen kaivoksen rakentaminen jatkuu tason -400 m mpy alapuolella, pääesiintymän louhinta jatkuu	Vinotunnelit: Enimmillään 3,8 metrin alenema, vaikutusalue melkein ennallaan kattaen melkein koko Kuusivaaran, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,3 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 25 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella (luoteessa ulottuu hieman suoalueelle), vaikutusalue ennallaan, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	Enimmillään 1,0 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, vaikutusalue likimain ennallaan, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Enimmillään yhden metrin alenema, vaikutusalue suunnilleen ennallaan vuoteen 3 verrattuna, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema	Enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut ja alenema kasvanut, Natura-alueella vaikutusalue ja alenema kasvanut, enimmillään 1,1 metrin alenema, Pahalaksonmaan pohjavesialueella enimmillään 1,2 metrin alenema
9–15 Alenemakuvaus vastaa vuotta 15 (Kuva 16-22)	Vuosien 9–10 aikana vinotunneli on rakennettu NE-satelliittiesiintymälle ja malmin louhinta aloitetaan tason -150 m mpy yläpuolella. Vuodesta 11 alkaen malmin louhinta jatkuu kaivoksen ylemmillä tasoilla, pääesiintymän louhinta tasovälillä -400…-70 m mpy ja satelliittiesiintymän louhinta tasovälillä -170…+112 m mpy, tarvekivilouhoksen vaihe 2 saadaan päätökseen vuoden 9 lopussa	Enimmillään 3,8 metrin alenema, vaikutusalue melkein ennallaan kattaen melkein koko Kuusivaaran, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,3 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 50 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta	Enimmillään 1,0 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, vaikutusalue likimain ennallaan, Natura-alueella enimmillään 0,6 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Enimmillään yhden metrin alenema, vaikutusalue	Enimmillään 1,3 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut selvästi koilliseen, Natura-alueella enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut

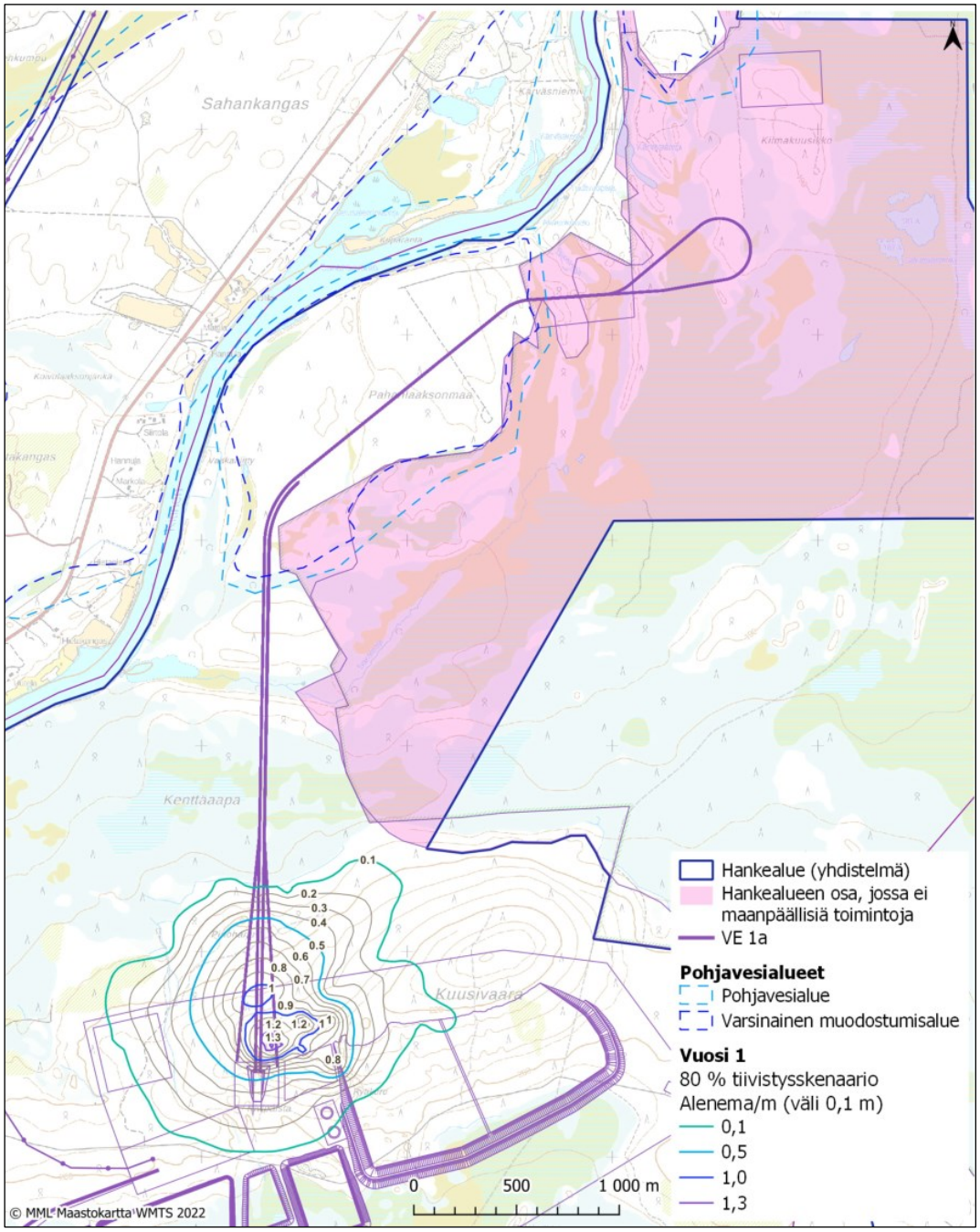
Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaaksonmaa
		alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella (luoteessa ulottuu hieman Kenttäaavalle ja lounaassa Porokodanjängälle), vaikutusalue hieman kasvanut, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	suunnilleen ennallaan vuoteen 8 verrattuna, Natura-alueella max. 0,5 metrin alenema	selvästi, Pahalaksonmaan pohjavesialueella enimmillään 1,3 metrin alenema
15–22 (tammikuu) Alenemakuvaus vastaa vuoden 22 tammikuuta (Kuva 16-24)	Pääesiintymän louhinta tasovälillä -400…-70 m mpy jatkuu ja NE-satelliittiesiintymän louhinta tasovälillä -170…+112 m mpy jatkuu, malmin louhinta ja tarvekivilouhoksen vaihe 3 päättyy vuonna 22, kaivostoiminta päättyy (vuosi 22) ja kaivoksen sulkeminen alkaa	Enimmillään 5,6 metrin alenema, vaikutusalue kasvaa hieman koillisen, idän ja lännen suunnissa, Natura-alueella max. 0,4 metrin alenema pienellä alueella **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 50 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrä lähes tulkoon kokonaisuudessaan Kuusivaaran alueella (luoteessa ulottuu Kenttäaavalle ja lounaassa Porokodanjängälle), Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	Enimmillään 1,2 metrin alenema vinotunnelilinjan molemmin puolin, vaikutusalue laajentunut kaikissa ilmansuunnissa, Natura-alueella enimmillään 0,6 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Enimmillään yhden metrin alenema, vaikutusalue hieman laajentunut lännen suuntaan vuoteen 15 verrattuna, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema	Enimmillään 1,4 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut koilliseen, Natura-alueella enimmillään 1,3 metrin alenema, vaikutusalue laajentunut selvästi, Pahalaksonmaan pohjavesialueella enimmillään 1,4 metrin alenema
heinäkuu 22 Alenemakuvaus vastaa vuoden 22 heinäkuuta (Kuva 16-26)	Malmin louhinta ja tarvekivilouhoksen vaihe 3 päättyy vuonna 22, kaivostoiminta päättyy ja kaivoksen sulkeminen alkaa	Enimmillään 2,8 metrin alenema, vaikutusalue hieman pienempi kuin tammikuun tilanteessa, Natura-alueella pienialainen 0,1 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 75 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta	Enimmillään 1,0 metrin alenema, vaikutusalue pienentynyt hieman kaikissa ilmansuunnissa, Natura-alueella enimmillään 0,4 metrin alenema, vaikutusalue pienentynyt hieman **Yhteisvaikutus:** Enimmillään yhden metrin alenema,	Enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue paikoin hivenen pienentynyt (etelän suunta), Natura-alueella enimmillään 1,1 metrin alenema, vaikutusalue

Vuosi	Vaihe	Kuusivaara	Kenttäaapa	Pahanlaaksonmaa
		alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrän alue hieman pienentynyt idän, etelän ja lännen suunnissa tammikuuhun verrattuna, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	vaikutusalue hieman laajentunut lännen suuntaan ja pienentynyt idän suuntaan tammikuuhun verrattuna, Natura-alueella enimmillään 0,4 metrin alenema	hivenen pienentynyt, Pahalaksonmaan pohjavesialueella enimmillään 1,2 metrin alenema
joulukuu 22 Alenemakuvaus vastaa vuoden 22 joulukuuta (Kuva 16-28)	Malmin louhinta ja tarvekivilouhoksen vaihe 3 päättyy vuonna 22, kaivostoiminta päättyy ja kaivoksen sulkeminen alkaa	Enimmillään 3,9 metrin alenema, vaikutusalue hieman laajempi idän ja etelän suunnassa kesäkuun tilanteeseen verrattuna, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema **Yhteisvaikutus:** Maksimialenema 75 metriä tarvekivilouhoksen kohdalla, jyrkän gradientin johdosta alenema pienenee nopeasti louhokselta kauemmas siirryttäessä, 0,1 metrin alenemakäyrän alue hieman kasvanut idän, kaakon ja etelän suunnissa kesäkuuhun verrattuna, Natura-alueella pienialainen 0,1–0,2 metrin alenema	Enimmillään 1,0 metrin alenema, vaikutusalue hieman laajentunut idässä ja lännessä, Natura-alueella enimmillään 0,6 metrin alenema, vaikutusalue hieman laajentunut **Yhteisvaikutus:** Enimmillään yhden metrin alenema, vaikutusalue hieman laajentunut idän suuntaan heinäkuuhun verrattuna, Natura-alueella enimmillään 0,5 metrin alenema	Enimmillään 1,3 metrin alenema, vaikutusalue suunnilleen ennallaan, Natura-alueella enimmillään 1,2 metrin alenema, vaikutusalue ennallaan, Pahalaksonmaan pohjavesialueella enimmillään 1,3 metrin alenema

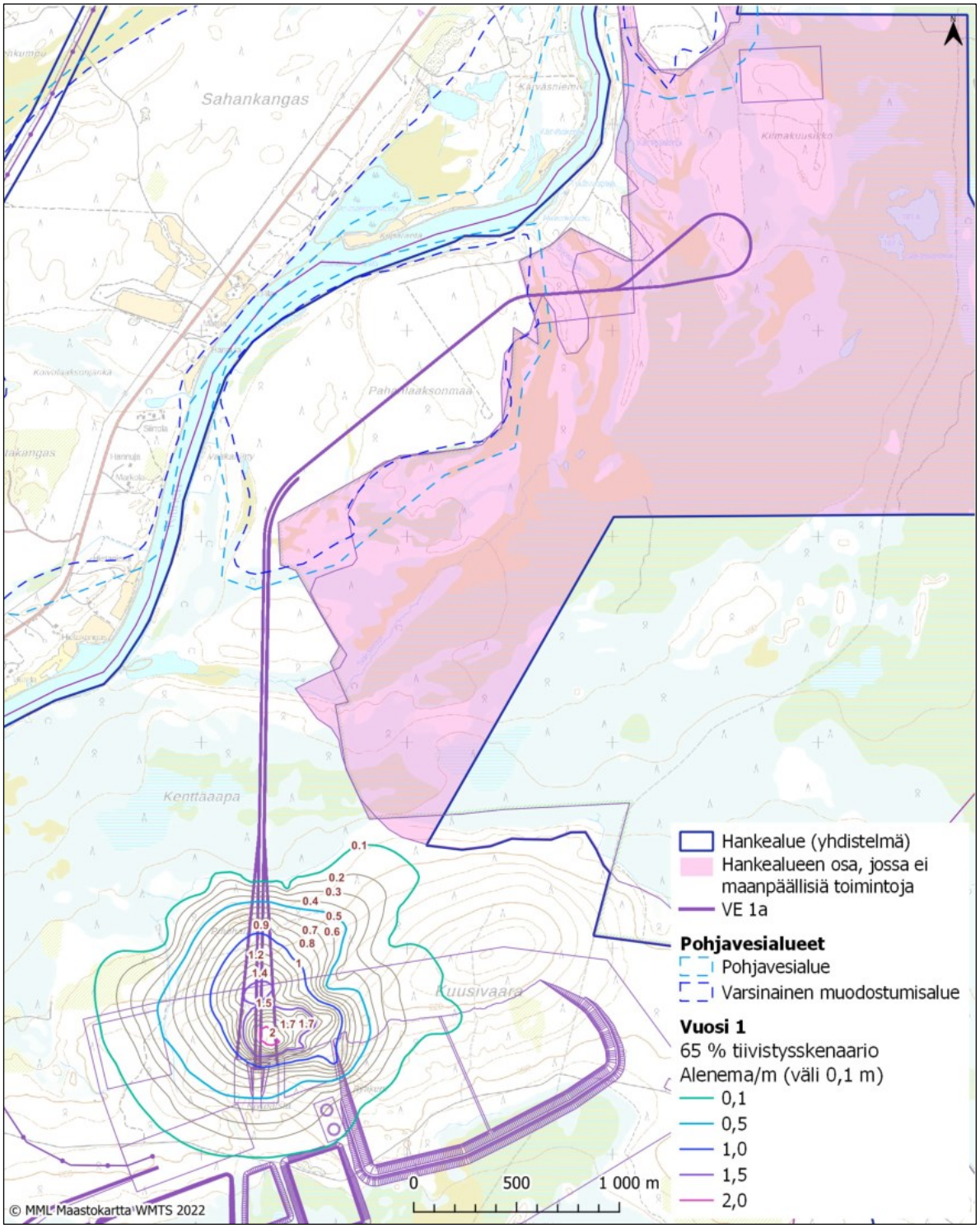
Kaivoksen toiminnan loputtua pohjavedenpinta alkaa vähitellen palautua ennen kaivostoiminnan alkua vallinneen tilanteen mukaiseksi. 80 % tiivistysskenaariossa maaperän pohjavesivyöhykkeessä pohjavedenpinta palautuu lähestulkoon ennen kaivostoimintaa vastaavalle tasolle (enintään 0,1 metrin ero) viiden vuoden kuluessa toiminnan loppumisesta ja samalle tasolle (<0,01 metrin ero) 75 vuoden kuluessa. Ehjässä kallioperässä palautuminen alkaa vasta kaivostilojen täytyttyä pohjavedellä eli noin 20 vuoden kuluttua kaivostoiminnan lopettamisesta. Noin 400 vuoden kuluttua syvän kalliopohjaveden painetasot ovat palautuneet lähes ennalleen (enintään yhden metrin ero).

65 % tiivistysskenaariossa maaperän pohjavesivyöhykkeessä pohjavedenpinta palautuu lähestulkoon ennen kaivostoimintaa vastaavalle tasolle (enintään 0,1 metrin ero) kymmenen vuoden kuluessa toiminnan loppumisesta ja samalle tasolle (<0,01 metrin ero) 75 vuoden kuluessa. Ehjässä kallioperässä palautuminen alkaa vasta kaivostilojen täytyttyä pohjavedellä eli noin 20 vuoden kuluttua

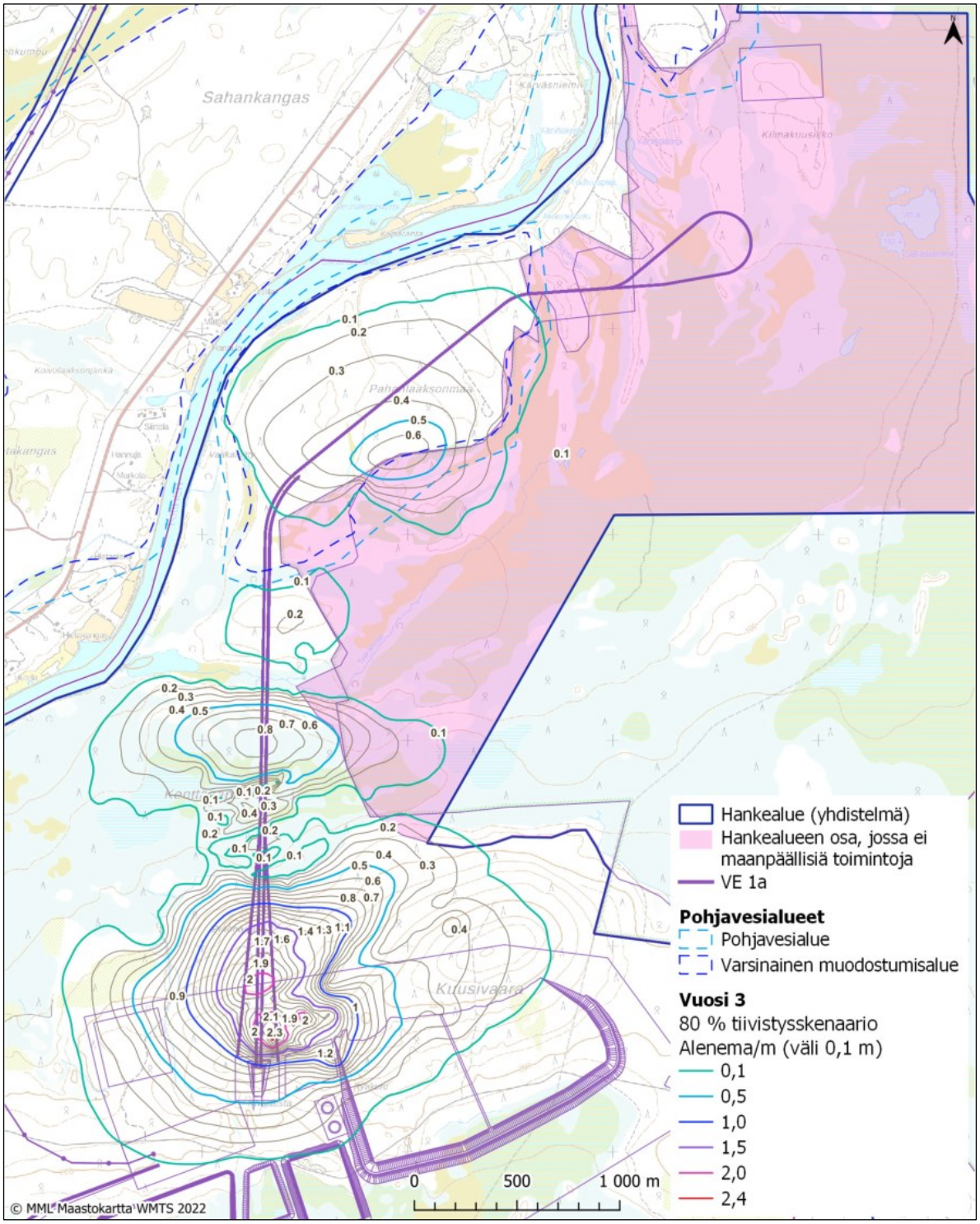
kaivostoiminnan lopettamisesta. Noin 400 vuoden kuluttua syvän kalliopohjaveden painetasot ovat palautuneet lähes ennalleen (enintään 2,5 metrin ero).



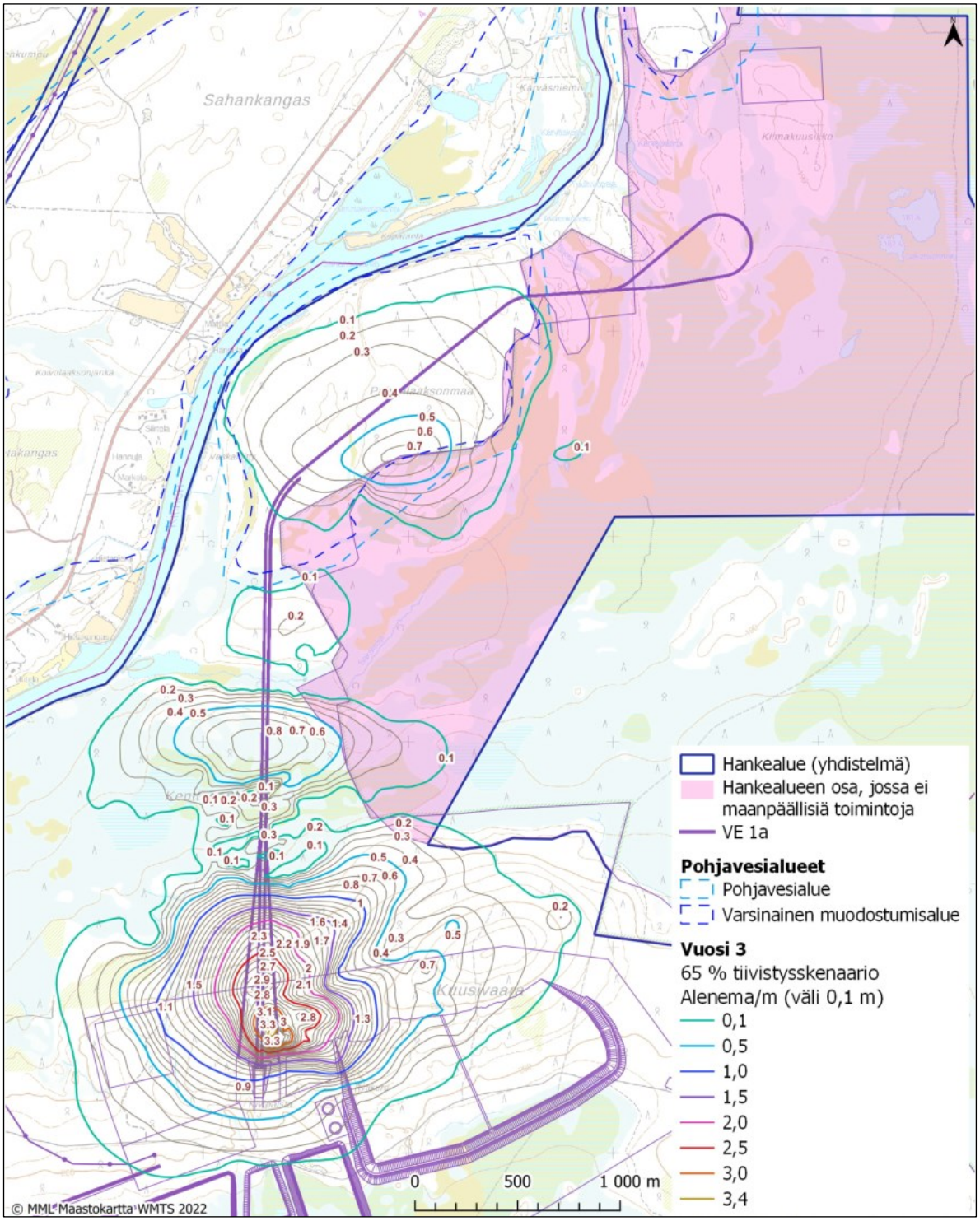
Kuva 16-15 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 1 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



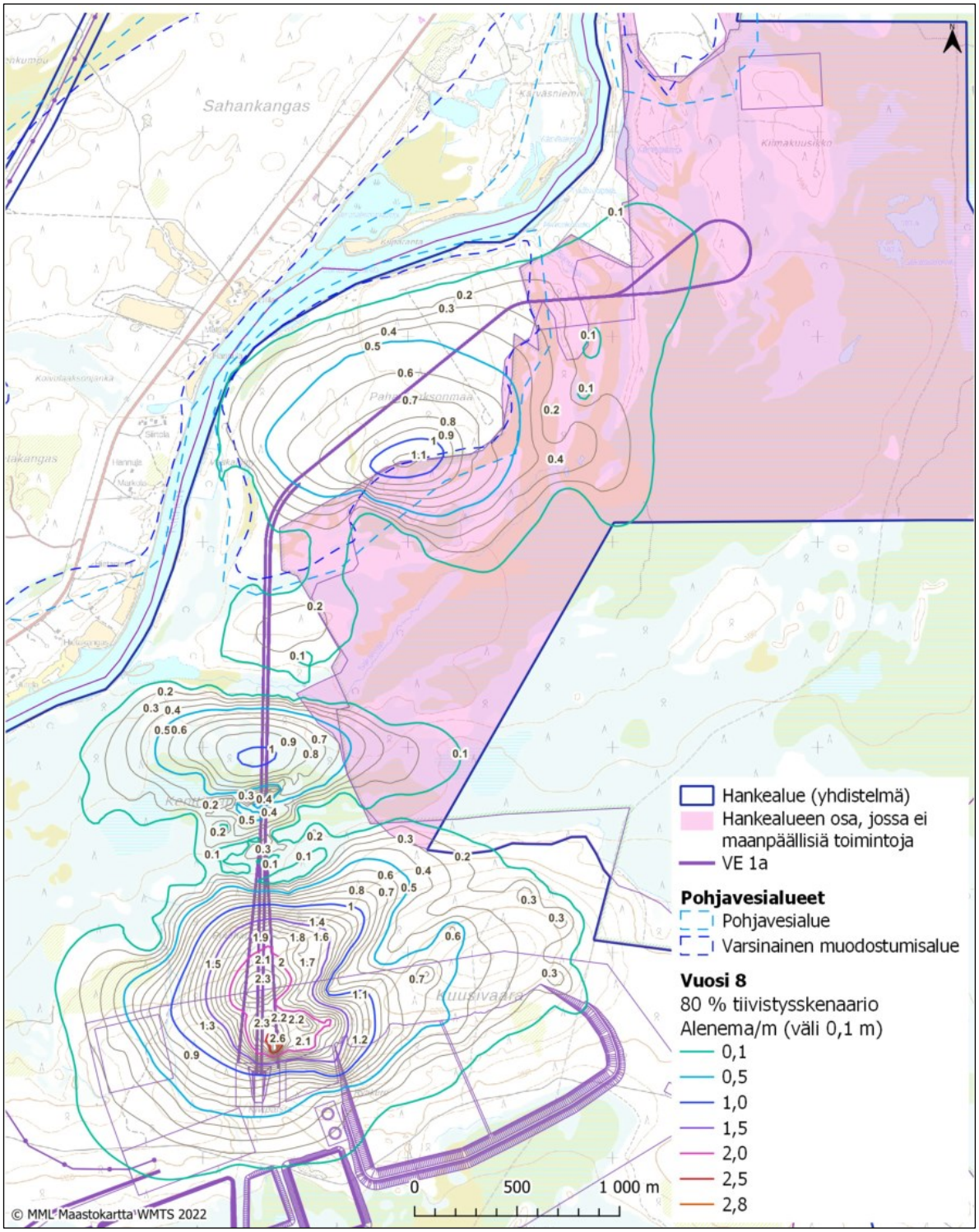
Kuva 16-16 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 1 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



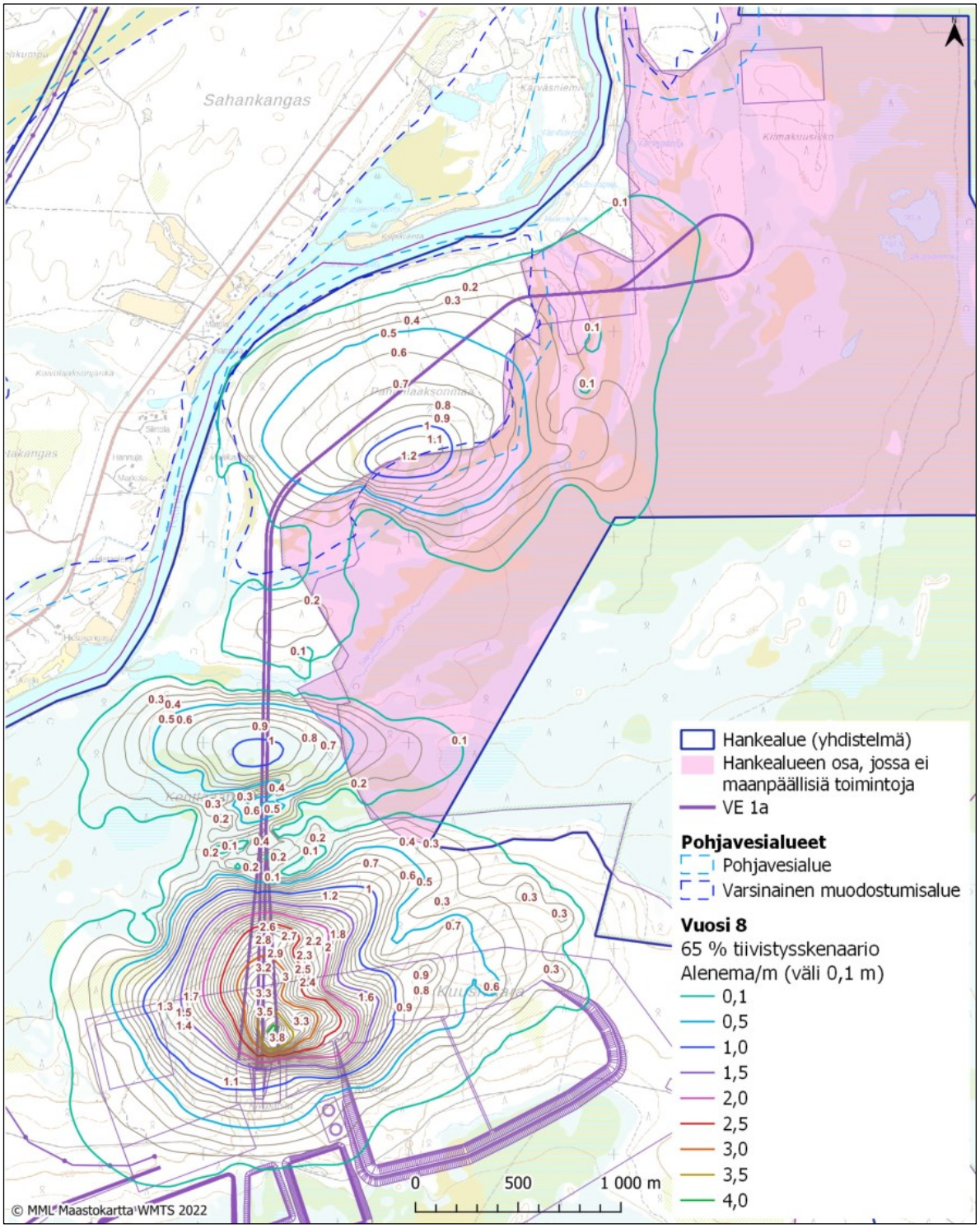
Kuva 16-17 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 3 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



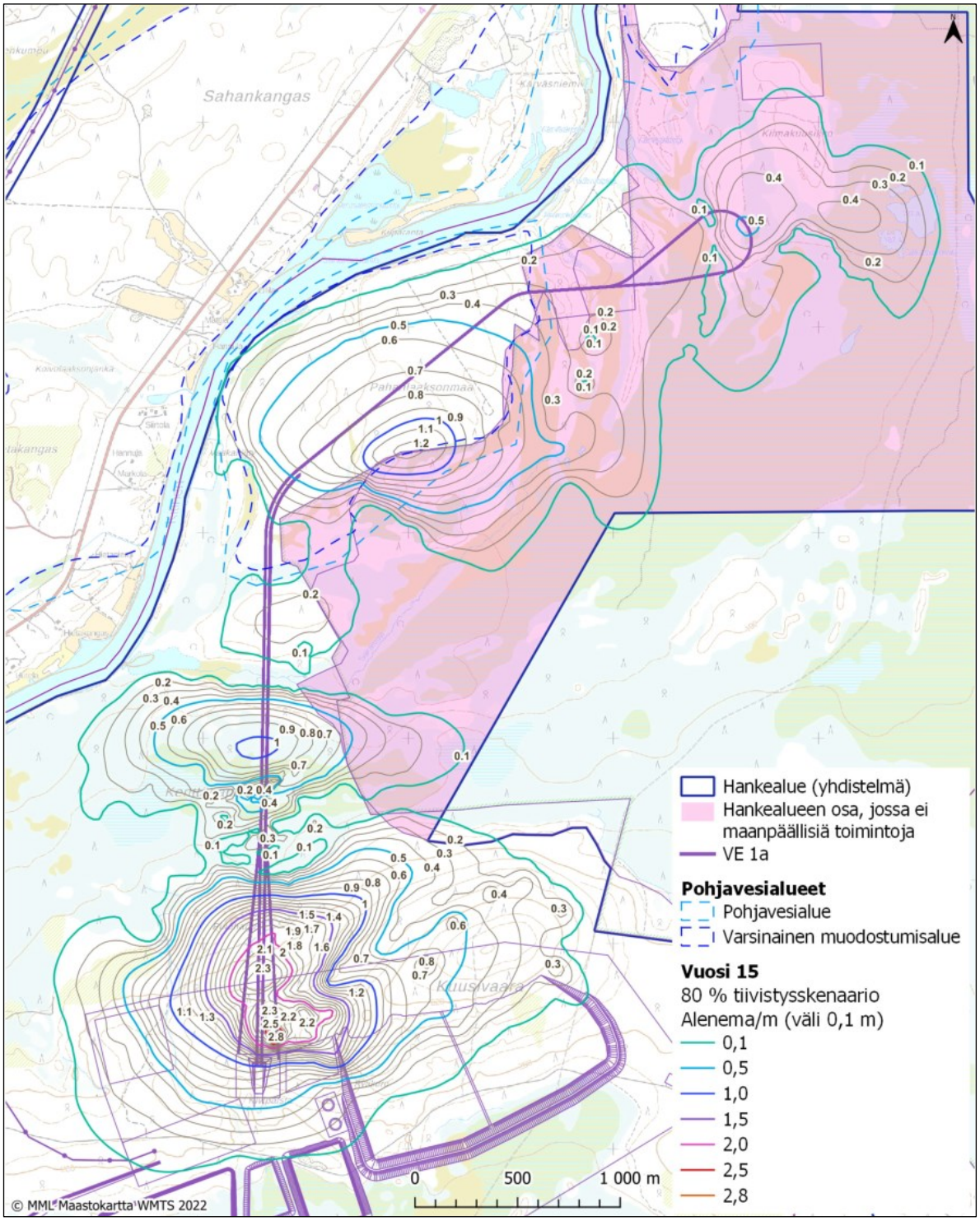
Kuva 16-18 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 3 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



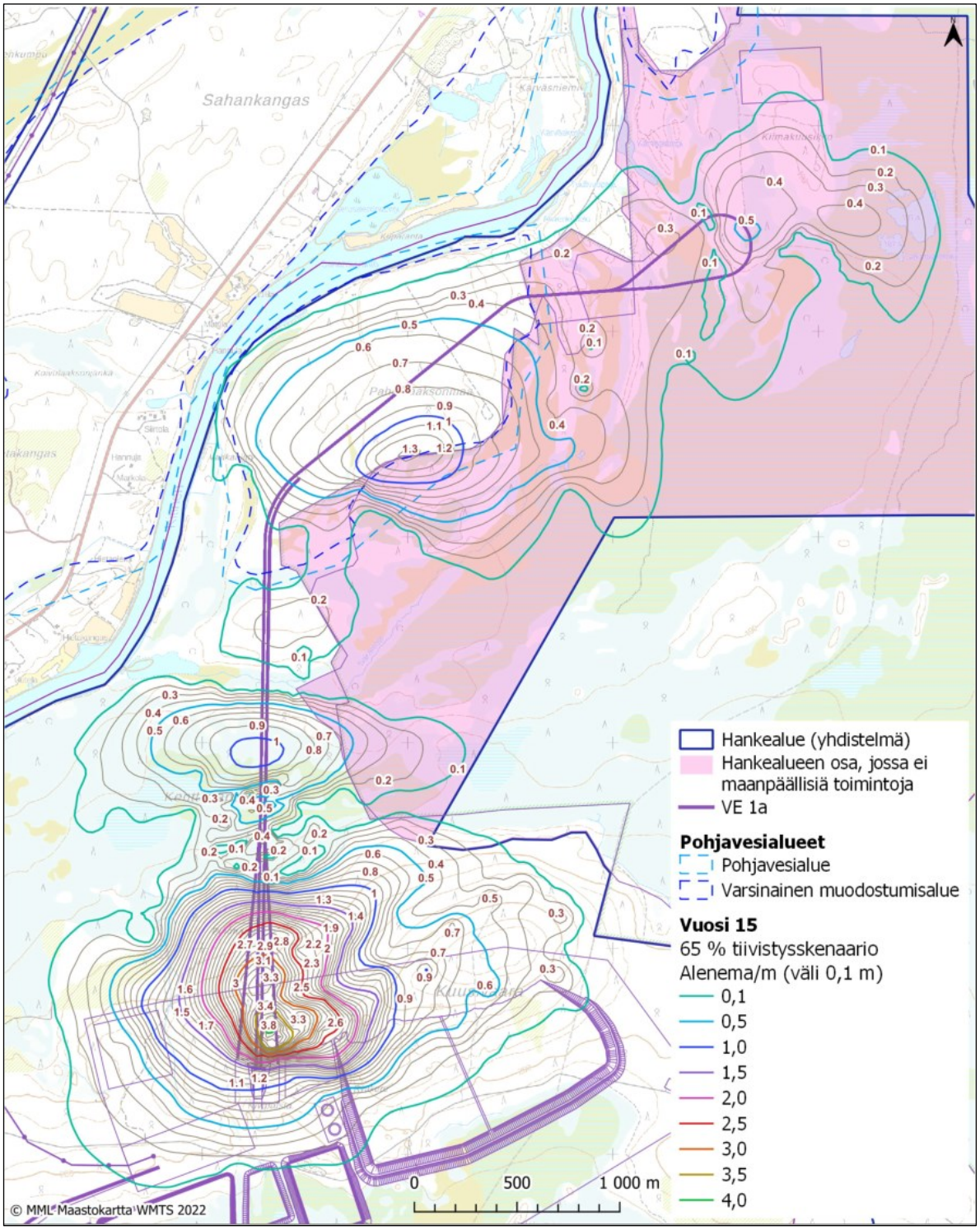
Kuva 16-19 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 8 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



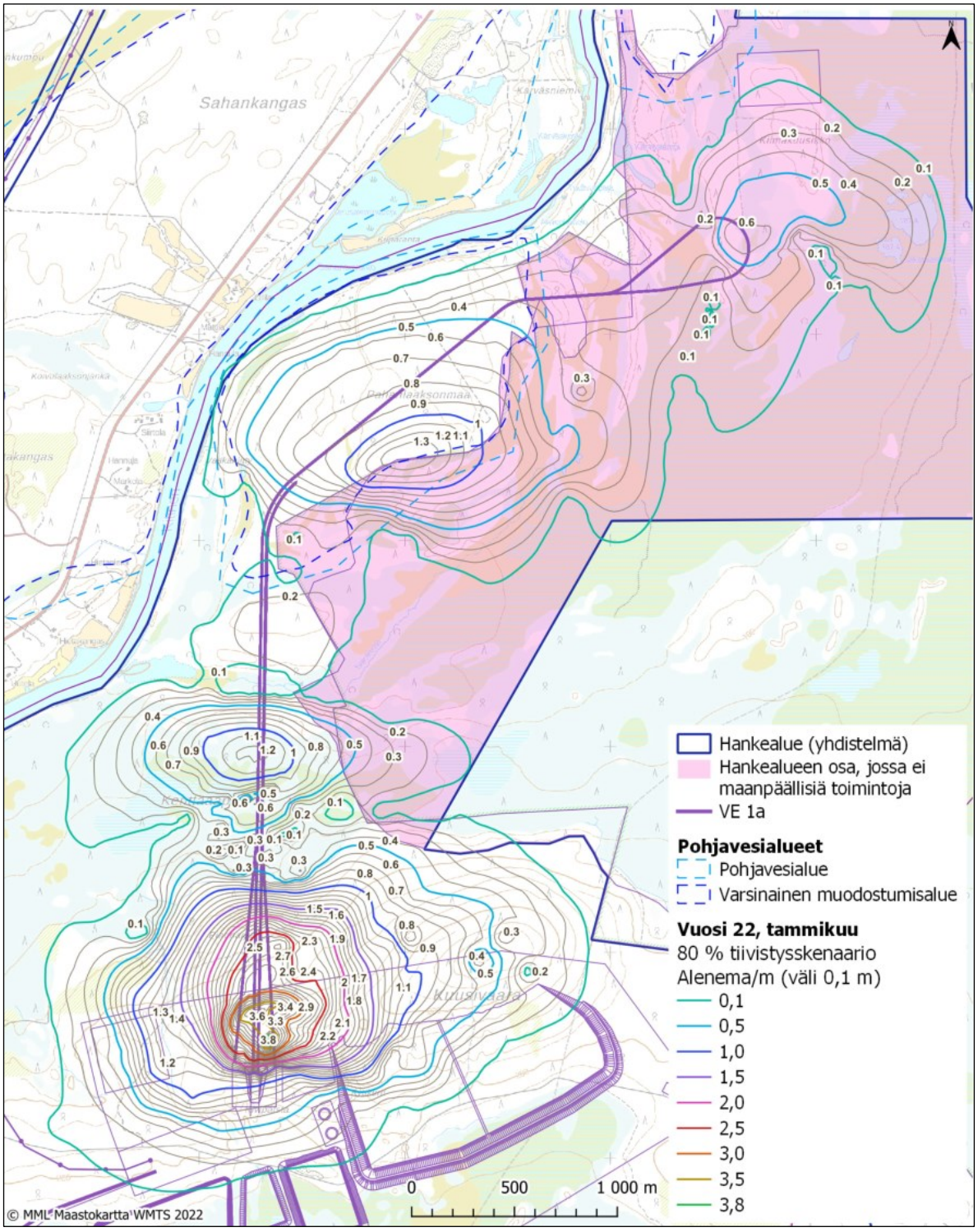
Kuva 16-20 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 8 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



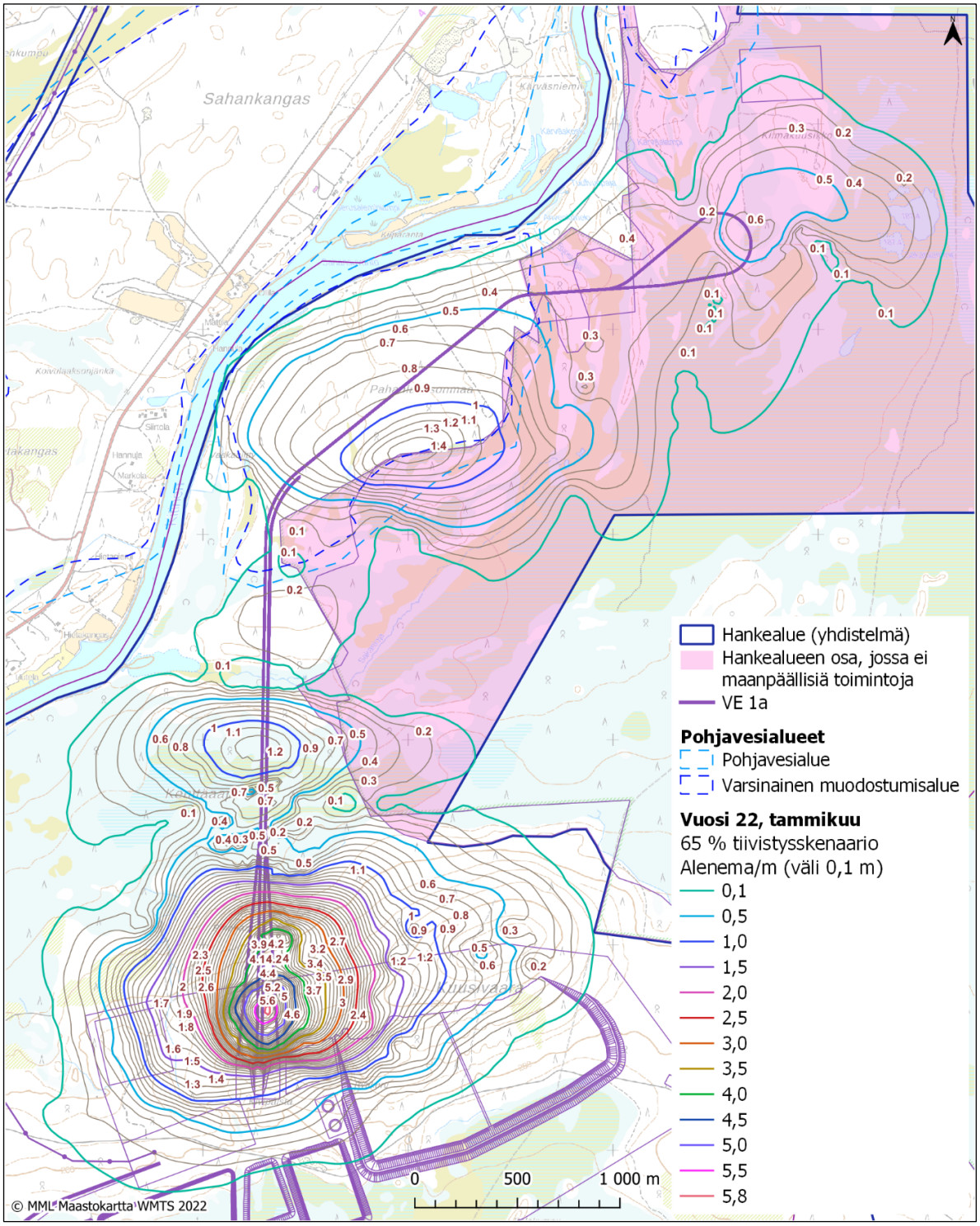
Kuva 16-21 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 15 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



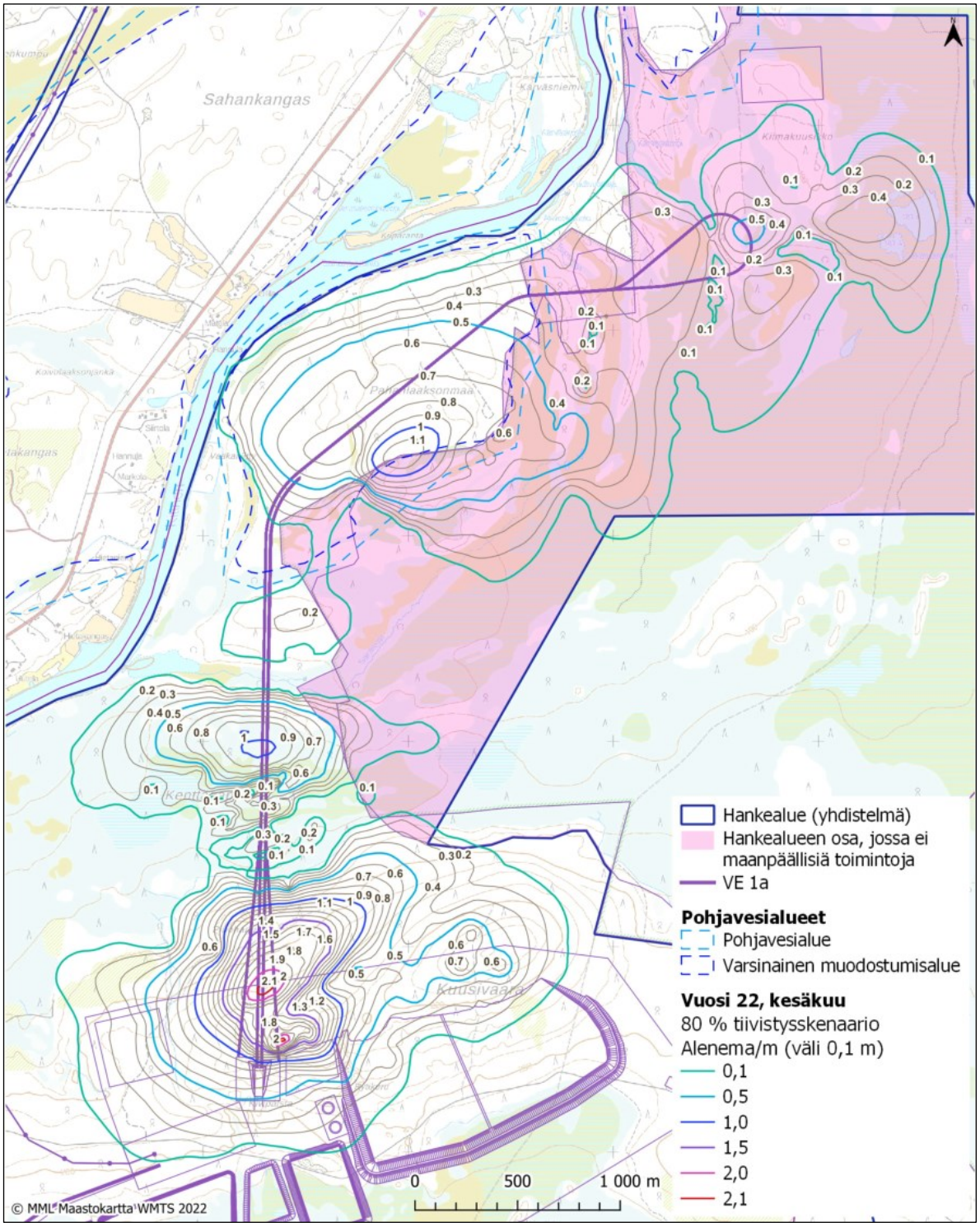
Kuva 16-22 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 15 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



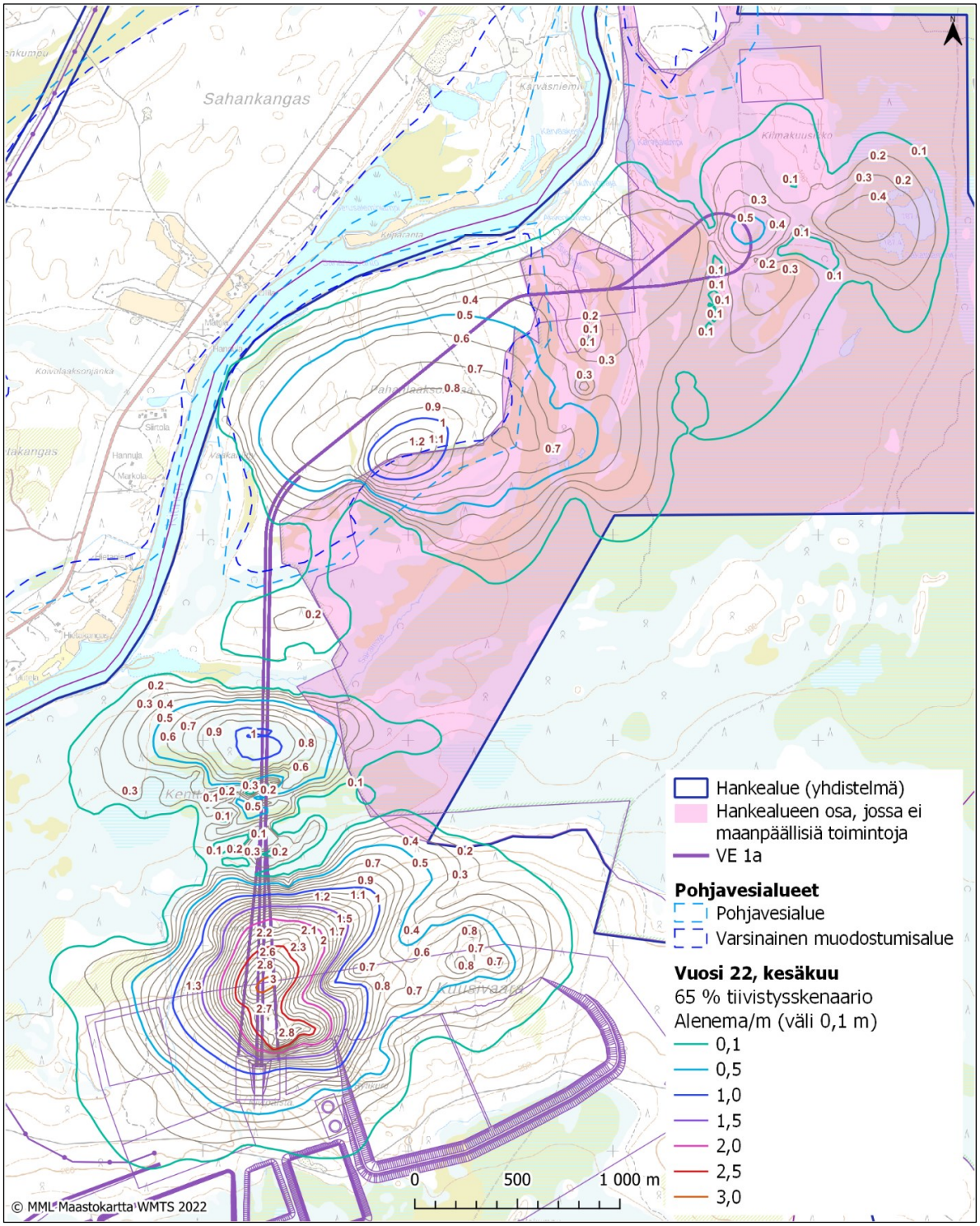
Kuva 16-23 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 tammikuu (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



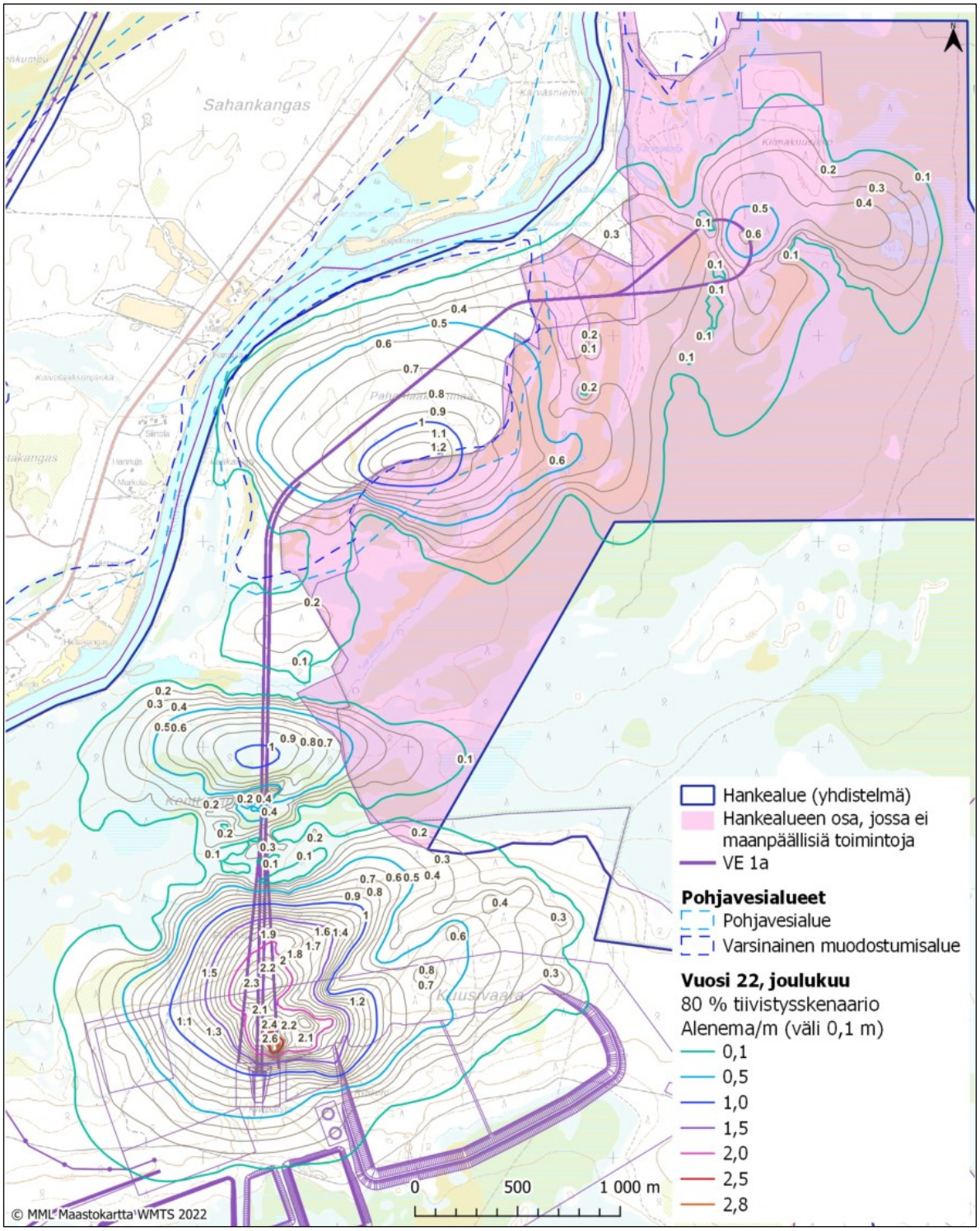
Kuva 16-24 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 tammikuu (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



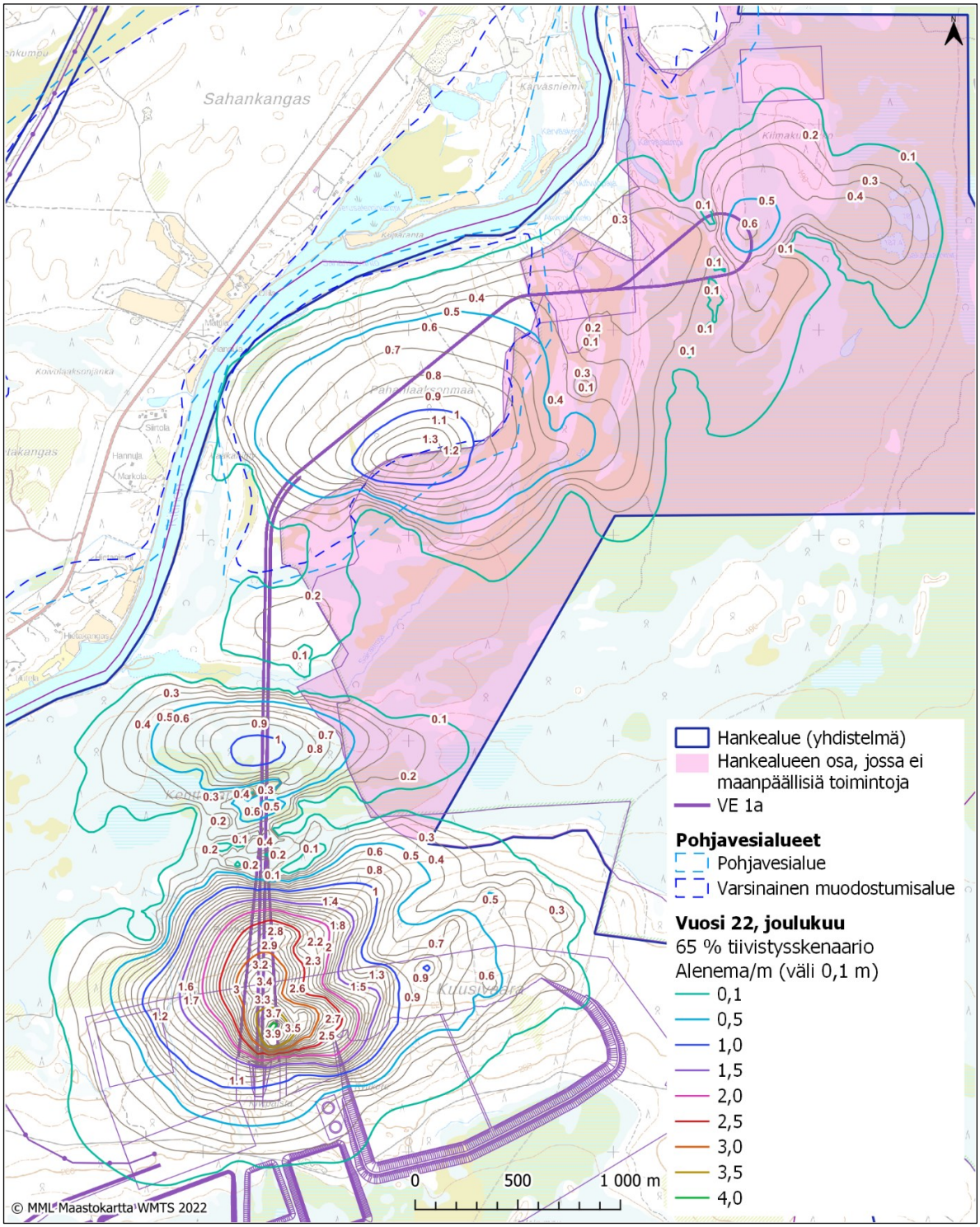
Kuva 16-25 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 kesäkuu (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



Kuva 16-26 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 kesäkuu (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



Kuva 16-27 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 joulukuu (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



Kuva 16-28 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 joulukuu (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).

Epävarmuustarkastelu

Itasca Denver Inc.:n (2023) pohjaveden virtausmallinnuksen epävarmuustekijöistä olennaisimmat liittyvät mallinnettujen maa- ja kalliokerrosten hydrogeologisiin parametreihin ja niistä erityisesti vedenjohtavuuteen, joka on olennainen tekijä kaivoksen pohjavesivaikutusten määräytymisessä. Toinen merkittävä epävarmuustekijä on mitattujen pohjavedenpintojen oikeellisuus sekä havaintoputkien riittävä kattavuus niin alueellisesti kuin myös syvyyssuunnassa. Kolmas mainittava epävarmuutta lisäävä tekijä on lähtötietona käytetty muodostuvan pohjaveden määrä (huomioitava myös ilmastonmuutoksen vaikutus). Pohjaveden virtausmalli on aina yleistys luonnon olosuhteista ja korkeintaan niin tarkka kuin mallin lähtötiedot ovat. Taulukossa (Taulukko 16-19) on esitetty kooste epävarmuustekijöistä.

Taulukko 16-19 Yhteenveto pohjaveden virtausmallin epävarmuuksista (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, muokattu).

Tekijä	Vaikutus	Luotettavuus	Mahdollinen vaikutus mallinnuksen tuloksiin
Geologisten yksikköjen vedenjohtavuudet (K_h ja K_v)	1. Mallin kalibrointi mitattuihin pohjavedenpintoihin 2. Kaivokseen purkautuvan vuotoveden määrä 3. Pohjavedenpinnan alenema	Korkea	+/- 25 %
Siirrosten vedenjohtavuudet (K_h ja K_v)	1. Mallin kalibrointi mitattuihin pohjavedenpintoihin 2. Kaivokseen purkautuvan vuotoveden määrä 3. Pohjavedenpinnan alenema	Keskinkertainen	+/- 25 %
Mitatut pohjavedenpinnat	Mallin kalibrointi	Korkea	+/- 10 %
Mitatut pohjavedenpinnat kallioperässä	Mallin kalibrointi	Keskinkertainen	+/- 10 %
Muodostuvan pohjaveden määrä ja ilmastonmuutoksen vaikutus	Pohjavedenpinnan kalibrointi	Keskinkertainen	+/- 20 %

Kalliotilojen tiivistäminen täysin vesitiiviiksi ei ole käytännössä mahdollista. Saavutettava tiiviysaste voi todellisuudessa vaihdella, mikä on huomioitu epävarmuustekijänä pohjaveden virtausmallinnuksessa suorittamalla mallinnus kahdella eri tiivistysskenaariolla (65 % ja 80 %). Itasca Denver Inc.:n ja AA Sakatti Mining Oy:n käyttämien asiantuntijoiden kaivos- ja hydrogeologisen kokemuksen ja käytettävissä olevan teknisen tietämyksen perusteella 80 % tiivistysskenaario on todennäköisimmin saavutettavissa oleva skenaario ja se asetetaan toiminnan tavoitteeksi.

Kaivostiloihin tulevasta vesimäärästä aiheutuva pohjaveden pinnankorkeuden aleneminen kaivosalueella lisää todennäköisesti pohjaveden muodostumista. Kun pohjaveden painetaso maaperässä alenee kaivostiloihin purkautumisen seurauksena, saattaa se lisätä maakerrosten läpi suotautuvan veden määrää kasvattaen pohjaveden muodostumismääriä. Pohjaveden muodostumismäärä on

laskettu erillisellä mallilla ja tuotu lähtötietona Itasca Denver Inc.:n (2023) pohjaveden virtausmalliin, jossa ei ole huomioitu tätä korvaavaa kasvanutta pohjaveden muodostumisen vaikutusta. Tällöin todelliset alenemat saattavat olla mallin ennustamia pienempiä.

Mallinnuksessa ei ole huomioitu tiheän kasvillisuuden vaikutusta, juurien imuvaikutusta eikä turpeen suurta vedenpidätyskapasiteettia. Näiden tekijöiden vaikutuksesta todelliset alenemat saattavat olla mallin ennustamia pienempiä. (Itasca Denver Inc. 2023.)

Turpeessa tapahtuvaa vedenpinnan alenemista ennustettaessa on oletettu, että turpeella on hydraulinen yhteys alapuolisiin kivennäismaalajeihin (moreeni, sora- ja hiekkakerrokset) ja pohjavesivyöhykkeeseen ja että turve käyttäytyy huokoisen väliaineen tavoin. Käytettävissä olevien tietojen perusteella on kuitenkin perusteltua olettaa turvekerrosten olevan vain osittain hydraulisesti yhteydessä alapuolisiin kivennäismaalajeihin. Tästä johtuen todellinen kentällä havaittavissa oleva vedenpinnan lasku turvekerroksessa tulee todennäköisesti olemaan vähäisempi kuin pohjaveden virtausmallinnuksen perusteella ennustettu alenema. (Itasca Denver Inc. 2023.)

Herkkyystarkastelu

Itasca Denver Inc. (2023) on toteuttanut pohjaveden virtausmallille herkkyysanalyysin, joka sisälsi useita erilaisia herkkyystarkastelusimulointeja. Lisäksi Itasca Denver Inc. (2023) on toteuttanut erillisen herkkyysanalyysin, joka sisältää malliskenaarion ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioimiseksi, yhdellä kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kehityskulun ilmastoskenaariolla (*Representative Concentration Pathway*, RCP) molemmille tiivistysskenaarioille (65 % ja 80 %) sekä pohjaveden palautumiselle kaivostoiminnan päätyttyä molemmille tiivistysskenaarioille (65 % ja 80 %). Käytetty RCP4.5-skenaario vastaa noin 2–3 °C globaalin keskilämpötilan nousua ja on yksi IPCC:n käyttämistä keskitason päästöskenaarioista.

Pohjaveden muodostumismäärät on mallinnettu Suomen ympäristökeskuksen hydrologisen lumimallin ja MIKE SHE -mallin avulla, ja tuloksena saatua aineistoa on käytetty varsinaisen pohjavesimallin lähtöaineistona. Herkkyysanalyysin perusteella mallissa käytetyllä pohjaveden muodostumismäärällä on suuri vaikutus mallinnettuun alenemaan niin, että kuivina vuosina mallinnetut alenemat ovat suurempia ja sateisina vuosina pienempiä.

Herkkyystarkastelusimulointeja on myös tehty injektointitehokkuutta muuttamalla (tiivistysskenaariot 90 % ja 100 %) sekä vaihtelemalla kaivostäytön vedenjohtavuutta (skenaariot A ja B). Lisäksi on tehty mallinnus olettamalla, että louhinnan edetessä louhokset täytetään kovettuvalla täytöllä ja niistä tulee tiiviitä ilman täytön kutistumisesta aiheutuvaa vettä johtavaa kanavaa. Mallinnus on tehty 80 % tiivistysskenaariolla. Lisäksi herkkyystarkastelusimulaatio tehtiin tilanteelle, jossa NE-satelliittiesiintymän kolme ylintä tasoa jätetään louhimatta. Tällöin ylin louhintataso olisi tasolla +52 m mpy nykyisessä kaivossuunnitelmassa esitetyn tason +112 m mpy sijaan (mallinnettu 80 % tiivistysskenaarion mukaisesti). Seuraavassa esitetään yhteenveto herkkyystarkastelujen johtopäätöksistä.

Ilmastonmuutoksen vaikutus

Mallinnetut pohjavedenpinnan alenemat vaihtelevat suuresti riippuen sääolosuhteista. Pitkän ajan suuntaus alenemissa on kasvava kivennäismaakerroksissa (suuremmat alenemat). Turpeella suuntaus on nouseva (pienemmät alenemat) tai vastaava kuin 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioissa. Vuodenaikaisvaihtelut eroavat voimakkuudeltaan ja ajankohdiltaan 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioista.

Tiivistystehokkuuden merkitys

Mallinnetut pohjavedenpinnan alenemat pienenevät tiivistystehokkuuden kasvaessa. Vaikutus on suurin pohjaruhjeen ja vinotunnelin alkupään ympäristössä. Pohjaruhjeen ympäristössä alenema pienenee 20–30 % tiivistystehokkuuden kasvaessa 65 %:sta 100 %:iin. Kaivoksen kuivanapitovesien määrä alenee 15–25 % tiivistystehokkuuden kasvaessa.

Täysin tiiviin kaivostäytön vaikutus

Jos louhokset oletetaan täysin tiiviiksi eli täytetyn louhoksen kautta ei tule vuotovesiä kaivokseen, kaivokseen tuleva vesimäärä pienenee hieman. Tällä on kuitenkin vain vähäinen vaikutus pitkällä aikavälillä kaivoksen vesimäärään (vähemmän kuin 48 m^3/vrk). Täysin tiiviin kaivostäytön myötä pohjaveden pinnan alenema NE-satelliittiesiintymän alueella pienenee hieman (alle 0,05 metriä). Tämä johtuu siitä, että suurin osa kaivokseen tulevista vuotovesistä on peräisin louhosten ympärillä olevista kaivostiloista (tunnelit).

Täytön vedenjohtavuuden vaikutus

Kaivostäytön eri vedenjohtavuusarvoilla on vain vähäinen vaikutus kaivokseen pitkällä aikavälillä tulevaan vesimäärään (alle 48 m^3/vrk), koska suurin osa kaivokseen tulevasta vuotovedestä tulee kaivostilojen (tunnelit) kautta, ei louhosten. Lisäksi kaivostäytön vedenjohtavuus on suurempi kuin ympäröivän kallioperän. Vaikutus pohjaveden pinnan alenemaan on erittäin pieni.

Vaihtoehtoisen kaivossuunnitelman vaikutus

Ylimpien louhintatasojen poistaminen NE-satelliittiesiintymän alueelta vaikuttaa pohjavedenpinnan aleneman pienenemiseen noin 0,1–0,2 metriä NE-satelliittiesiintymän yläpuolisella alueella. Vaikutus kaivokseen tulevien vesien määrään on pieni, alle 120 m^3/vrk.

Yhteenveto MINEDW mallinnuksen vahvuuksista

Pohjaveden virtausmallinnusta on kehitetty mittavasti edellisestä mallinnuksesta (Stantec Consulting Ltd. 2020). Kaivostoimintojen alue ja sen ympäristö tunnetaan hyvin ja mallinnustyö on tehty huolellisuutta ja varovaisuutta noudattaen. Pohjaveden virtausmallin pohjana oleva käsitteellinen malli on päivitetty ja geologista kuvausta on tarkennettu. Laajan uusimman tutkimustiedon lisäksi mallinnuksessa on hyödynnetty uusimpia geologisia malleja vuodelta 2021. MINEDW-mallinnusohjelmalla tehdyn pohjaveden monikerroksisen virtausmallin huomattavan suuri kerrosmäärä ja aktiivisten elementtien määrä mahdollistavat tarkan geologisen kuvauksen. Mallinnusaluetta on laajennettu merkittävästi noin 20 neliökilometristä lähes 250 neliökilometriin kattaen koko luonnollisen vedenjakaja-alueen ja mallin simuloimat alenema-alueet ovat kokonaisuudessaan mallinnetun

alueen sisällä. Mallinnusalueen alueellisen laajuuden vuoksi mallin reunaehdot eivät vaikuta mallin laskemiin tuloksiin.

Pohjaveden muodostumisen kuvaus on tarkentunut huomattavasti aikaisemmasta. Pohjaveden muodostumista on mallinnettu käyttäen MIKE SHE -mallia, jonka perusteella pohjaveden virtausmalliin on määritetty pohjaveden muodostumis- ja purkautumisalueet sekä ajallisesti muuttuvat pohjaveden muodostumisnopeudet eri maalajiyksiköille.

Mallinnusraportissa (Itasca Denver Inc. 2023) on kuvattu laajasti hankkeen havaintopisteistä mitattuja ja mallin lähtötietona käytettyjä vedenjohtavuusarvoja. Raporttiin on myös liitetty taulukko, jossa on esitetty mitattujen ja mallin kalibroimien vedenjohtavuuksien arvot. Kalibroidut K-arvot ovat mitattujen sekä kirjallisuudessa esitettyjen K-arvojen vaihteluvälien sisällä. Eri litologisten kerrosten hydrauliset parametrit poikkeavat toisistaan edelleen kalibroinnin jälkeenkin, kuten luonnontilassa.

Pohjaveden virtausmalli on kalibroitu numeerisesti sekä keskiarvotilanteeseen (*steady state*) että vuodenaikaisvaihtelut sisältävän dynaamiseen (*transient*) -tilanteeseen. Havaittujen ja simuloitujen pohjavedenpintojen välisiä eroja on tarkasteltu hyvin tunnetuilla ja käytetyillä tilastollisilla tunnusluvuilla virtausmallin toimivuuden arvioimiseksi. Tunnuslukujen perusteella sekä steady state- että transient -tilanteen mallit on hyvin kalibroitu.

Kalibroidulla pohjaveden virtausmallilla on simuloitu kaksi erilaista skenaariota, joissa on käytetty erilaisia injektointitehokkuuksia. Injektointitehokkuusluvuilla kuvataan sitä, miten hyvin injektoinnilla saadaan suljettua ja tiivistettyä vettä johtavia rakenteita, kuten ruhjeita ja rakoja, ja valitut skenaariot ovat 80 %, joka vastaa normaalia injektointitilannetta ja 65 %, joka vastaa selvästi tavoitteista jäävää injektointia ja sellaista tilannetta, joka vielä voitaisiin hyväksyä turvallisuusnäkökulmasta. Lisäksi mallilla on tehty lukuisia simulointeja, sisältäen ilmastonmuutosskenaarion, herkkyystarkastelua varten. Jokaisesta skenaariosta ja simuloinnista on esitetty pohjaveden virtausmallin tuottama ennuste pohjaveden pinnankorkeuden alenemista, kaivokseen purkautuvan vuotoveden määrästä ja vaikutuksista Kitisen vesitaseeseen sekä arvio pohjaveden pinnankorkeuden palautumisesta kaivostoiminnan päättymisen jälkeen. Herkkyystarkastelun lisäksi mallinnusraportissa on käsitelty laajasti mallinnuksen epävarmuustekijöitä.

Pohjaveden virtausmalli pystyy ennustamaan tarkasti alenemien sijainnit ja suuruudet. On selvää, että mallin ennustamiin tuloksiin sisältyy aina epävarmuutta. Epävarmuuden suuruus riippuu kuitenkin paikallisten olosuhteiden ymmärtämisestä. Alueella on tehty suunnitteluvaiheeseen nähden Suomen mittakaavassa erittäin laajat selvitykset, ja alueen olosuhteista on syntynyt kattava ymmärrys. Tämän vuoksi ennusteiden epävarmuudet ovat vähäisiä.

Toteutettu pohjaveden virtausmallinnus on hyvin varovainen ja konservatiivinen geologisten ominaisuuksien kuvausten suhteen ja tästä johtuen malli yliarvioi pohjaveden pinnankorkeuden alenemia ja kaivokseen tulevien vuotovesien määrää.

Pohjaveden virtausmallinnuksen varovaisuus ja konservatiivisuus johtuu seuraavista mallinnuksessa käytettyihin parametreihin liittyvistä seikoista:

- Vedenjohtavuusarvot ovat maltillisia ja ne perustuvat mittausaineistoon. Varovaisuussyistä valitut vedenjohtavuusarvot ovat mittaushajonnan keskiväliin tai korkeampaan päähän sijoittuvia, ja mittaushajonnan alapäähän sijoittuvia matalia vedenjohtavuuslukuja ei ole käytetty.
- Turve on kuvattu konservatiivisesti selvästi todellisuutta vedenjohtavampana, sillä tiivis pohjakerros on jätetty varovaisuussyistä pois. Aikaisempaan tutkimuksiin ja mittauksiin perustuen turpeen pohjaosassa esiintyy vettä pidättävä ja veden virtausta estävä tiivis hyvin maatunut pohjakerros suuressa osassa turvekerrosta.
- Rakenteiden hydrauliset ominaisuudet ovat konservatiivisia ja ne esitetään todellisuutta jatkuvampina vyöhykkeinä pohjavesimallissa. Mittaustiedon perusteella tiedetään, että geologisista rakenteista lukumääräisesti kuusi eivät ole jatkuvia, kuten ne on nyt mallissa kuvattu. Todellisuudessa ko. rakenteiden ominaisuudet vaihtelevat eikä niillä ole yhteyksiä toisiinsa.
- Pohjaruhje on syvän kallioperän merkittävin rakenne ja sille on annettu mallinnuksessa mittauksiin perustuvat vedenjohtavuusarvot. Kairaustietoon perustuen tiedetään, että pohjaruhjeessa on hyvin savipitoisiakin osuuksia, joissa veden liike on rajoittuneempaa kuin malliin kuvatussa pohjaruhjeessa.
- Alueella esiintyvän savisen rapauman toimimista veden virtausta estävänä tai hidastavana tekijänä ei ole huomioitu pohjavesimallissa.
- Pohjaveden virtausmallissa ei ole huomioitu pohjaveden pinnankorkeuden alenemisen lisäävää vaikutusta pohjaveden muodostumiseen. Kun pohjaveden painetaso maaperässä alenee, periaatteellisesti katsoen se lisää maakerrosten läpi suotautuvan veden määrää kasvattaen pohjaveden muodostumismääriä.

Lisäksi tiedetään, että ennen Kitisen säännöstelyä Viiankiaapa on ollut kuivempi ja pohjaveden pinnankorkeudet nykyistä alempana. Tästä huolimatta Viiankiaapa on selvinnyt historiallisesti pitkän ajan nykyistä pohjavedenpinnantasoa alempien olosuhteiden vallitessa ja nykytilanne suosii kasveja, jotka pärjäävät Viiankiaavan lisääntyvässä märkyydessä aikaisempaa korkeampien pohjavesipintojen vallitessa.

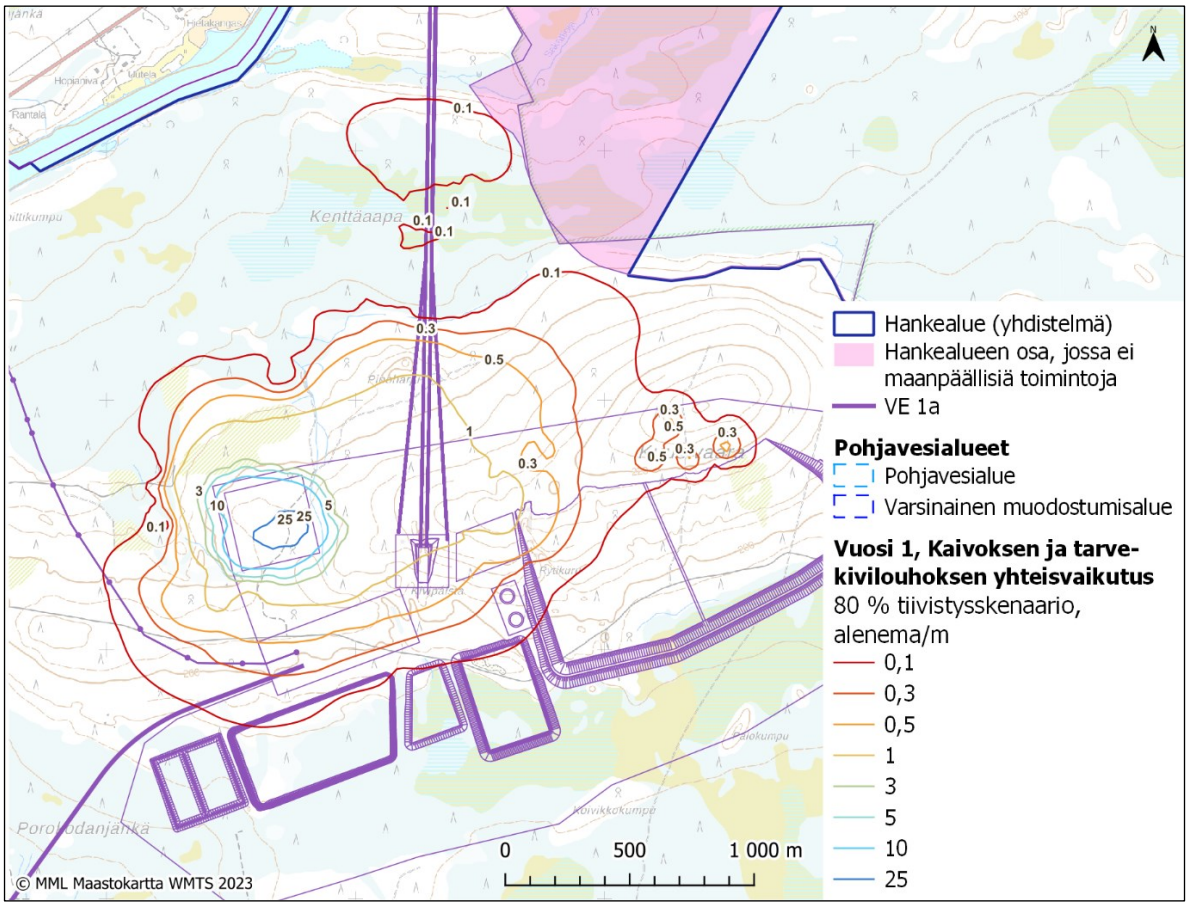
Maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutukset

Edellä esitetyssä Itasca Denver Inc.:n (2023) laatimassa maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksessa ei ole huomioitu yhteisvaikutuksia tarvekivilouhoksen aiheuttamien pohjavedenpintojen alenemien kanssa. Tästä johtuen mallinnuksia täydennettiin yhteisvaikutusten osalta hyödyntäen sekä tarvekivilouhoksen tarkentuneita suunnittelu- ja toteutuslähtökohtia että maanalaisen kaivoksen mallinnuksia. Yhteisvaikutusten mallinnus on tehty vastaaville vuosille erikseen molemmilla tiivistysskenaarioilla (65 % ja 80 %) kuin maanalaisen kaivoksen edellä esitetyt mallinnukset (vuodet 1, 3, 8, 15 ja 22 tammi-, heinä- ja joulukuu). Mallinnuksissa on lisäksi huomioitu lievennyskeinona (välttämistoimenpide) NE-satelliittiesiintymän poisjääntä, mikä muuttaa pohjavedenpinnan alenemia esiintymän ympäristössä. Vinotunnelin ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutus ei kuitenkaan ulotu Kenttäaavan pohjoisosaa pidemmälle pohjoisen suuntaan. NE-satelliittiesiintymän poisjääntiä on käsitelty tarkemmin luvussa 16.3.9.

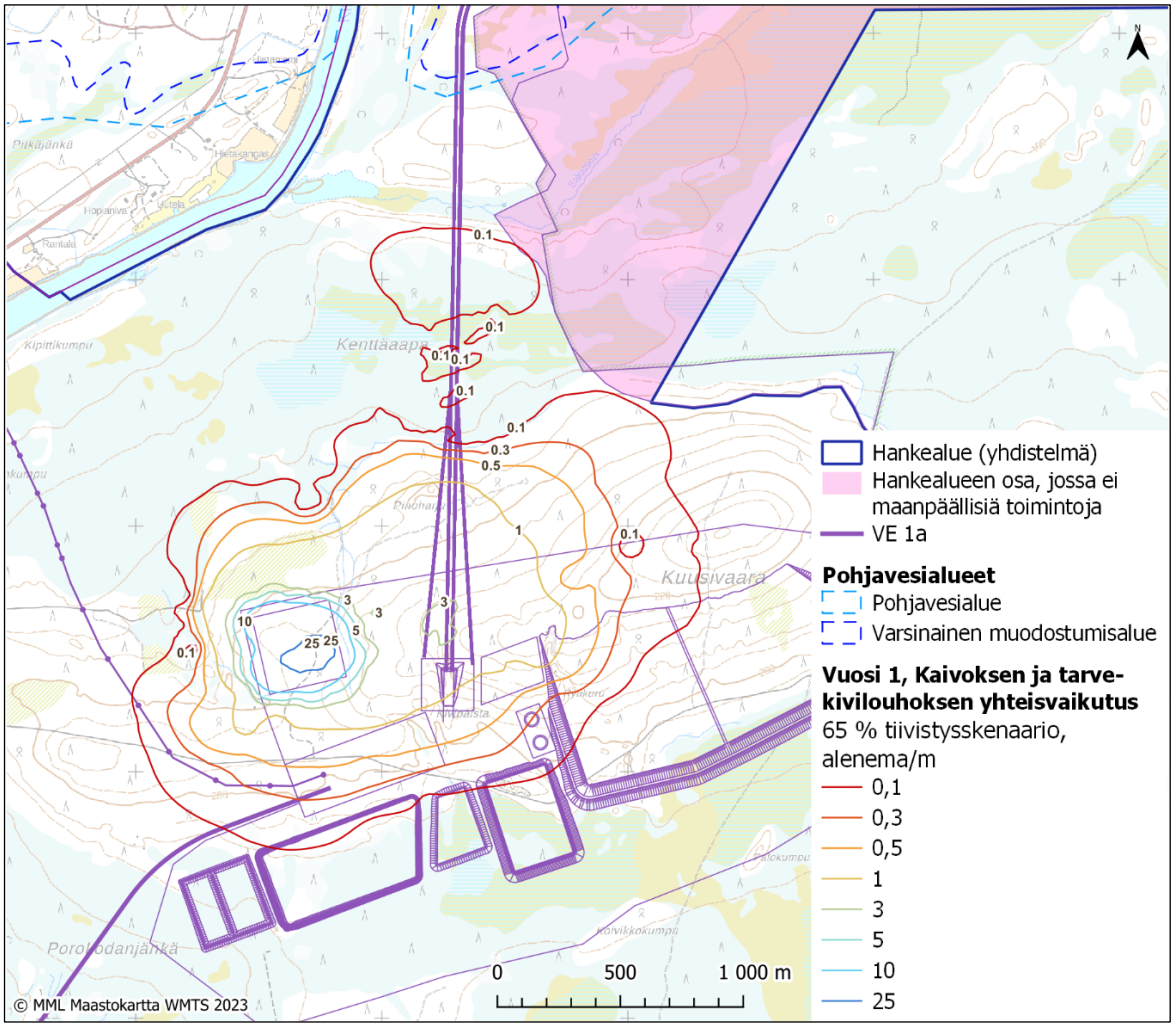
Kuvissa (Kuva 16-29 – Kuva 16-42) on esitetty Kuusivaaran ympäristössä tapahtuvat pohjavedenpinnan alenemat toimintavuosina 1, 3, 8, 15, 22 tammikuu, 22 kesäkuu ja 22 joulukuu 80 % ja 65 % tiivistysskenaariossa.

Yhteisvaikutuksesta aiheutuva pohjavedenpinnan alenema ei poikkea merkittävästi pelkästä vinotunnelien aiheuttamasta alenemasta lukuun ottamatta louhoksen välitöntä lähiympäristöä, jossa pohjavedenpinta alenee louhoksen pohjan tasolle. Vaikutusalueen osalta muutosta on lähinnä havaittavissa etelän, lännen ja koillisen suunnissa, joissa 0,1 metrin alenemakäyrän rajaama alue on laajempi. Lisäksi kaivoksen sisäänkäynnin ja tarvekivilouhoksen lähiympäristössä pohjavedenpinnan alenema on yhteisvaikutuksen johdosta suurempi, toisin sanoen pohjavedenpinnan gradientti on jyrkempi Kuusivaaran alueella.

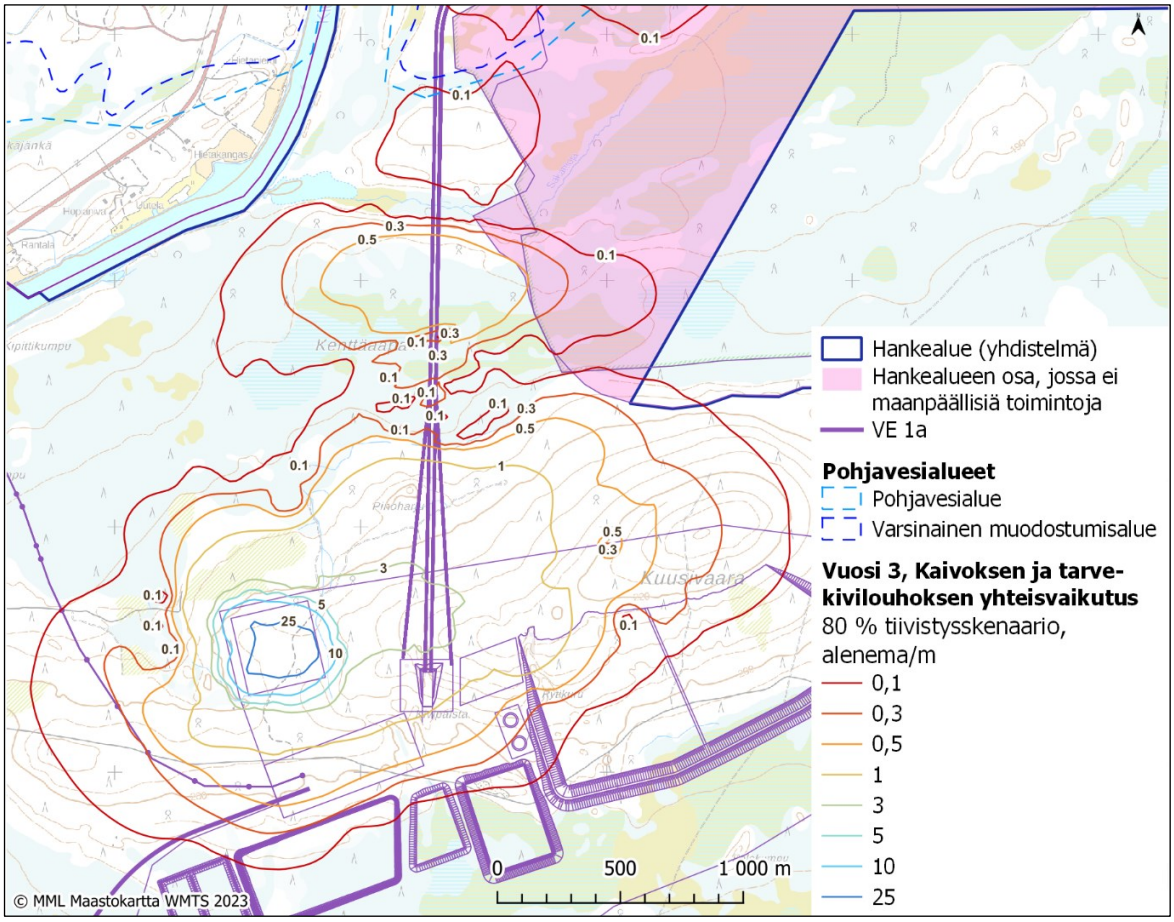
Eri tiivistysskenaarioiden (80 % ja 65 %) vaikutus on havaittavissa lähinnä pohjavedenpinnan gradientissa tarvekivilouhoksen ja kaivoksen sisäänkäynnin lähiympäristössä, etenkin idän suunnassa. Myös vaikutusalue on hieman laajempi idän suunnassa 65 % tiivistysskenaariossa verrattuna 80 % tiivistysskenaarioon.



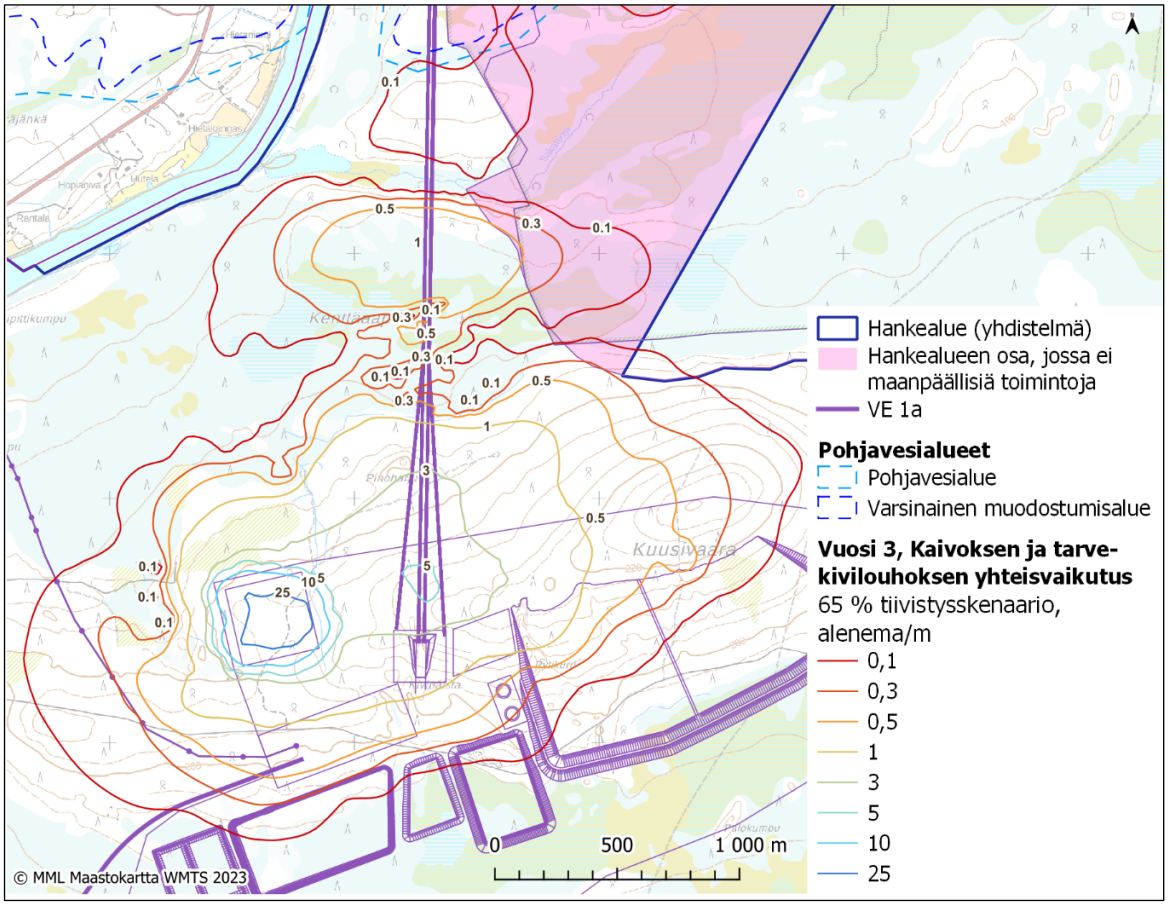
Kuva 16-29 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 1 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



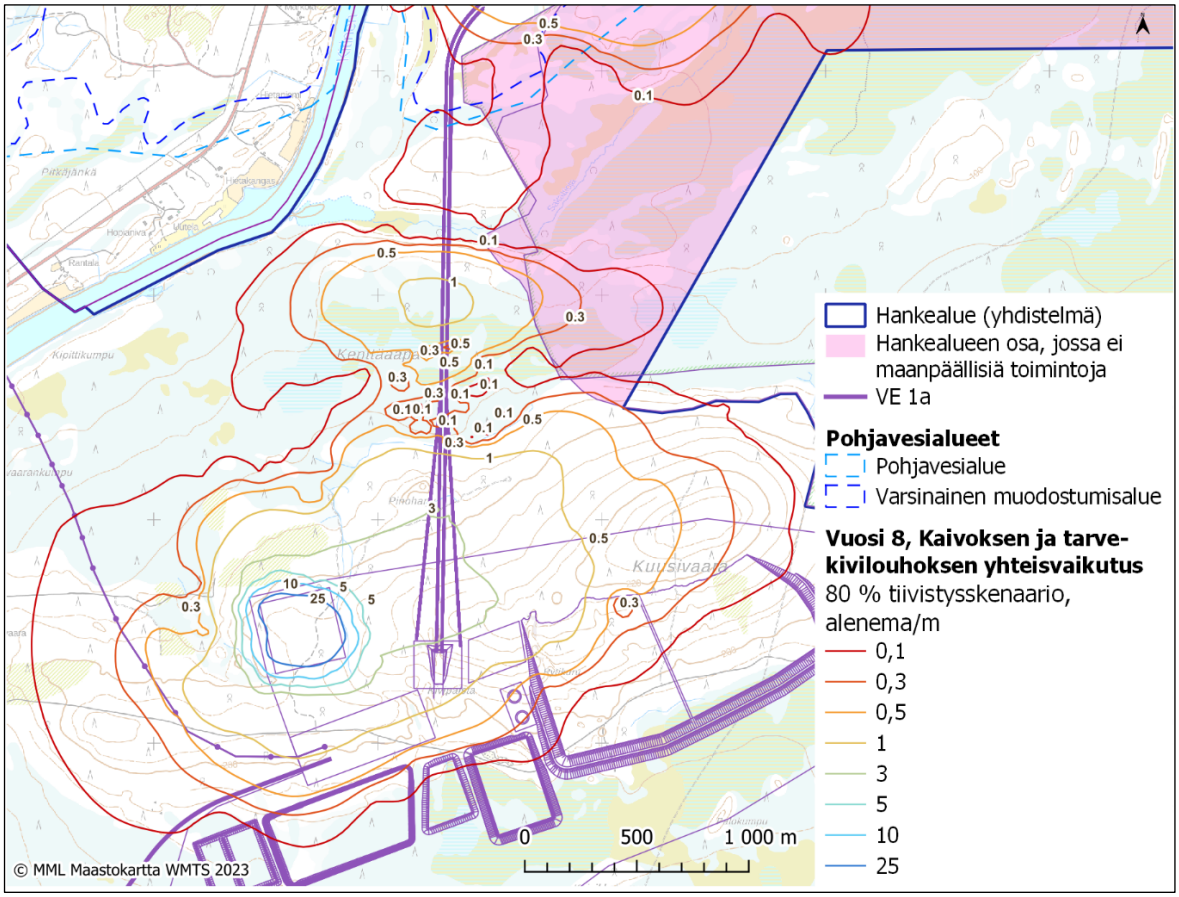
Kuva 16-30 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 1 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



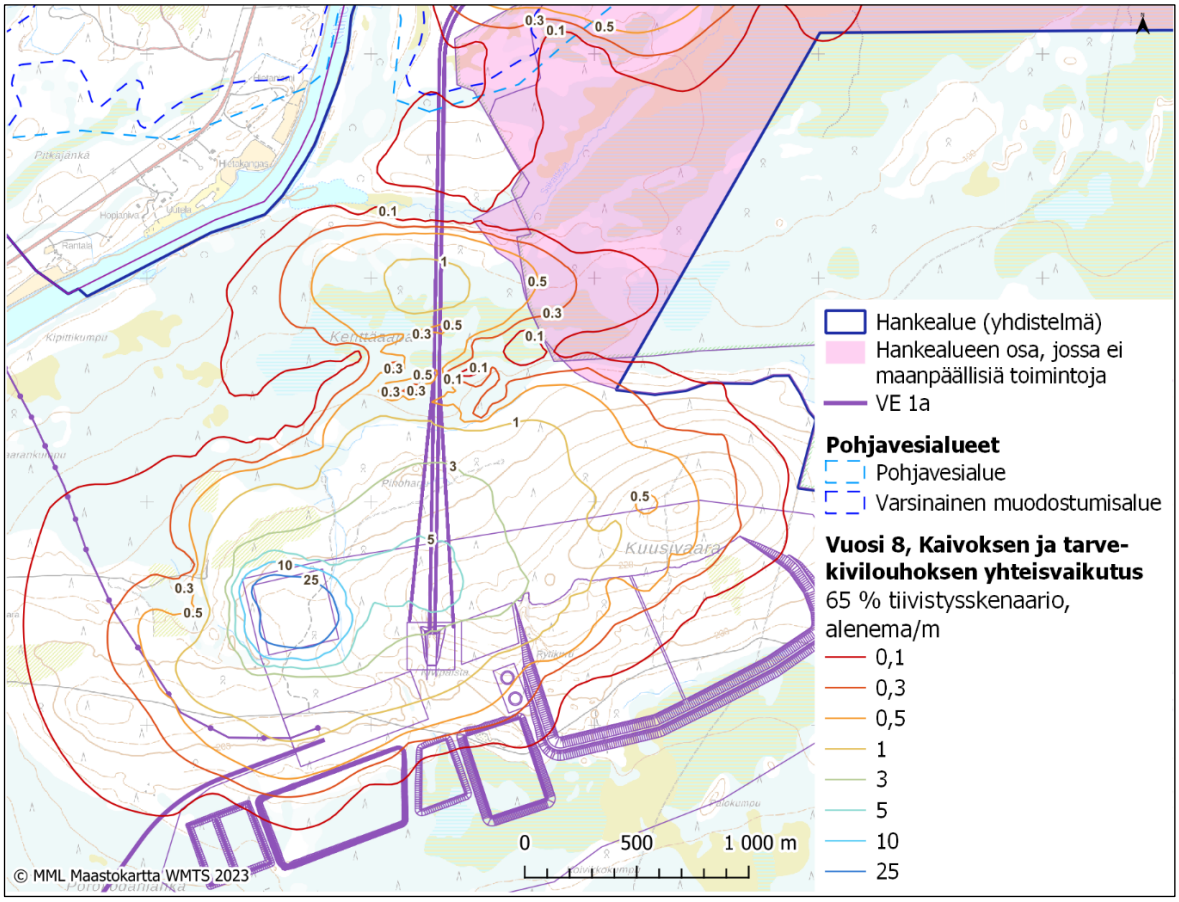
Kuva 16-31 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 3 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



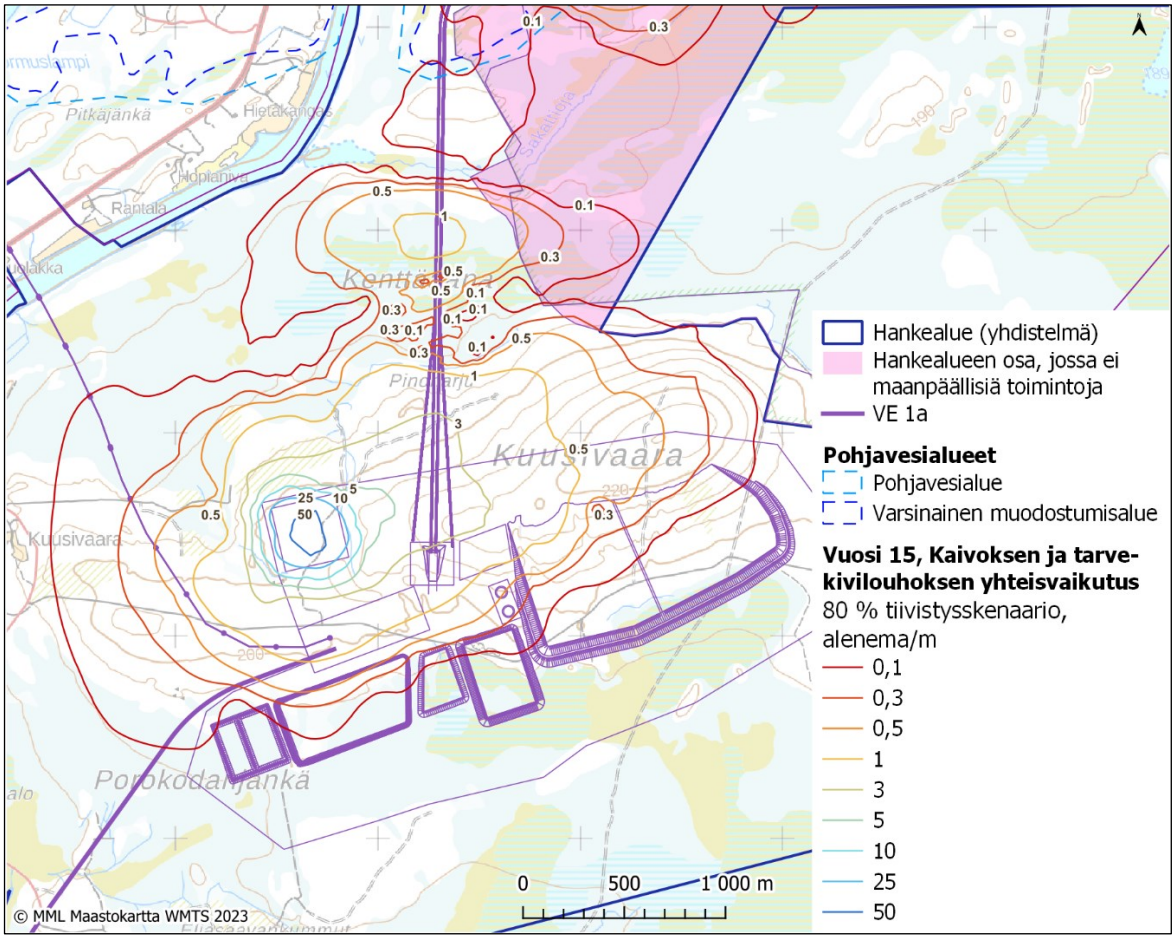
Kuva 16-32 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 3 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



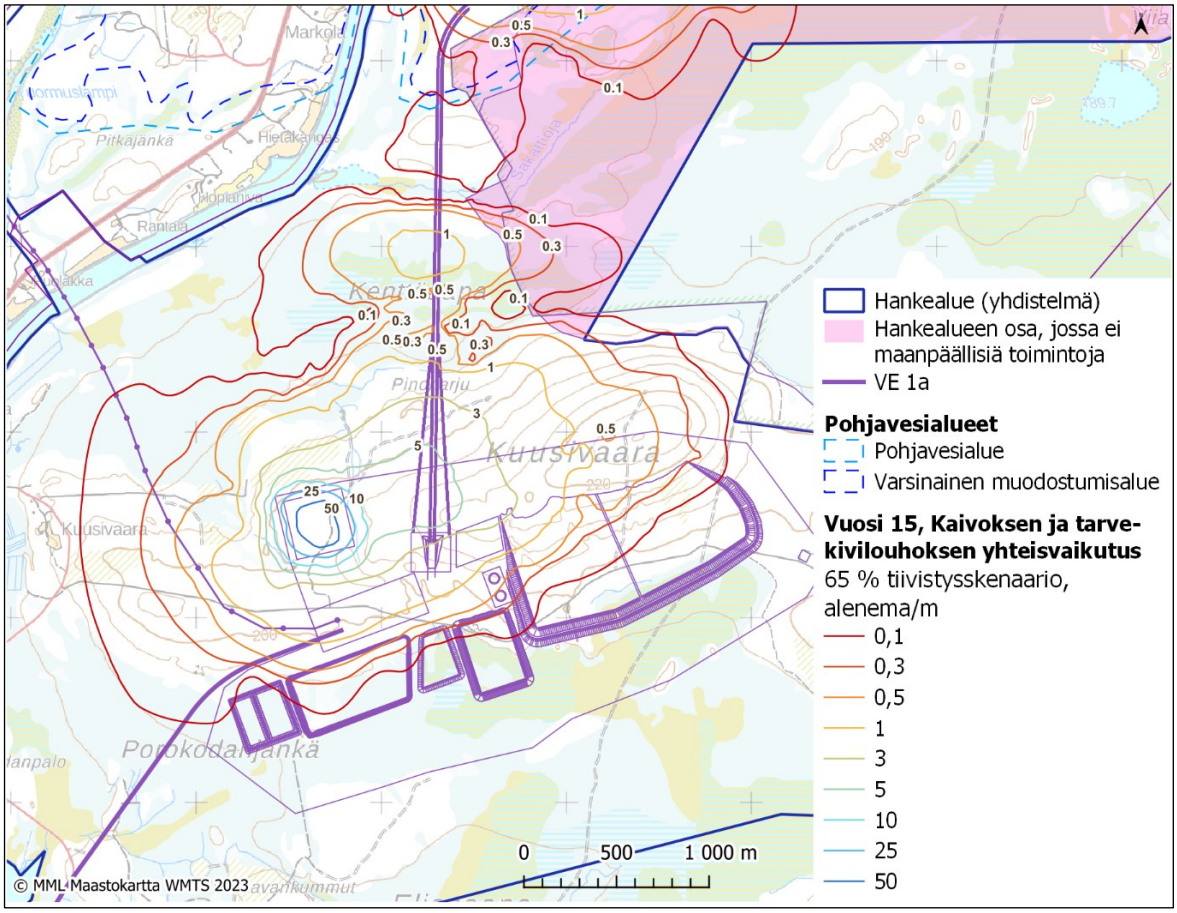
Kuva 16-33 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 8 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



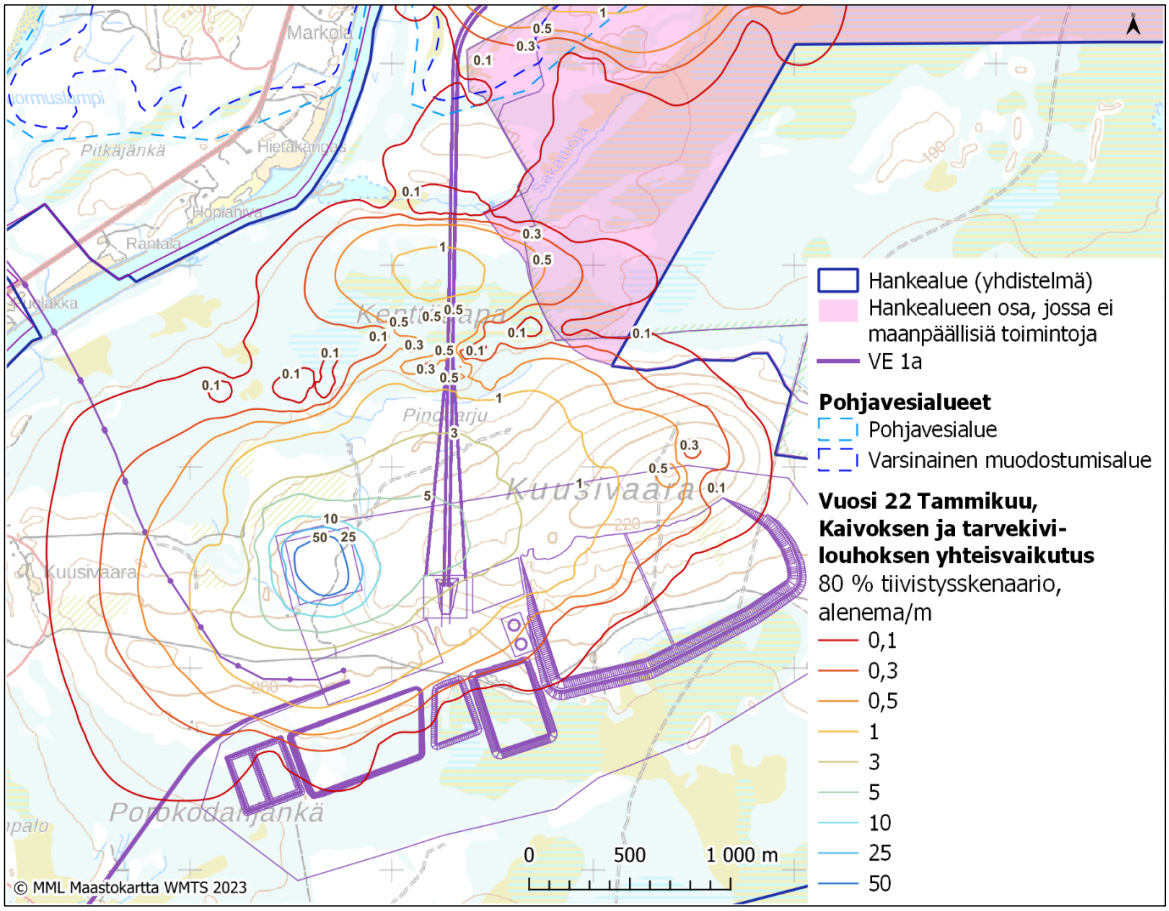
Kuva 16-34 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 8 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



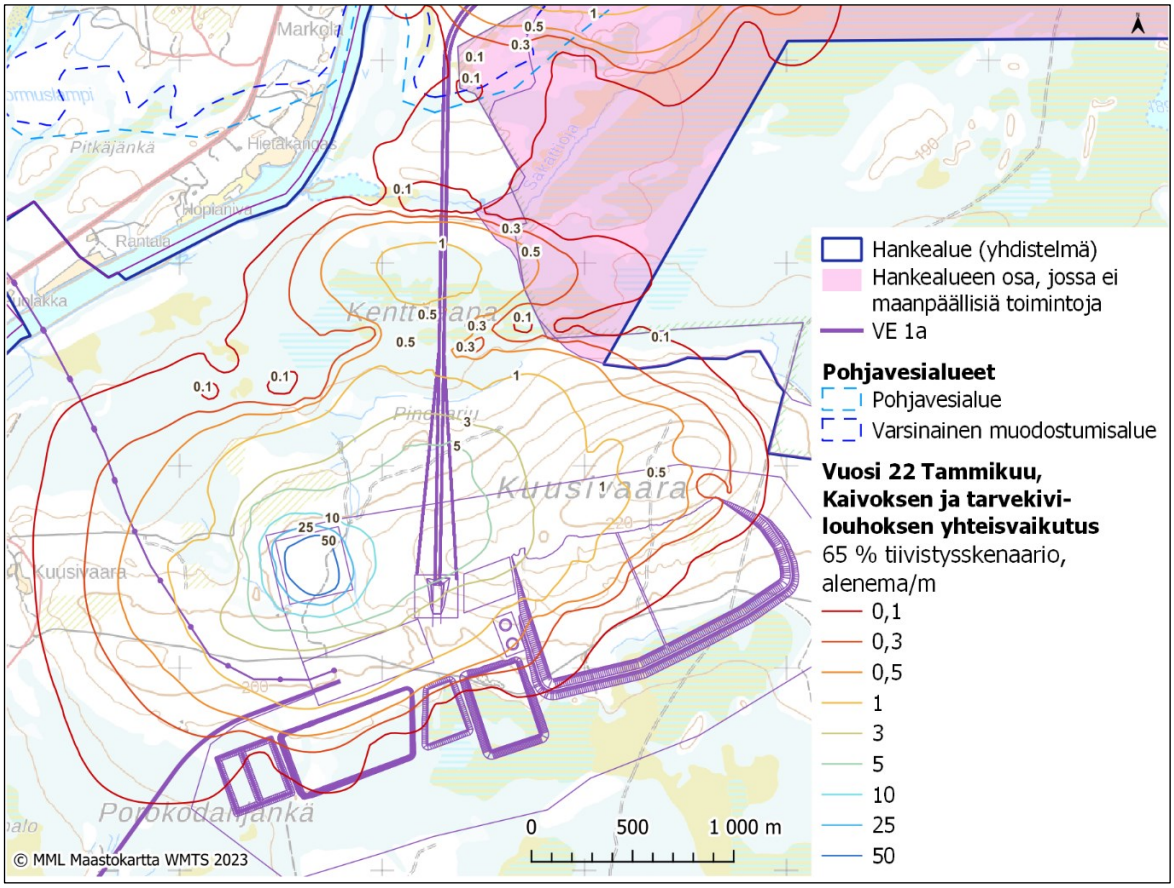
Kuva 16-35 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 15 (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



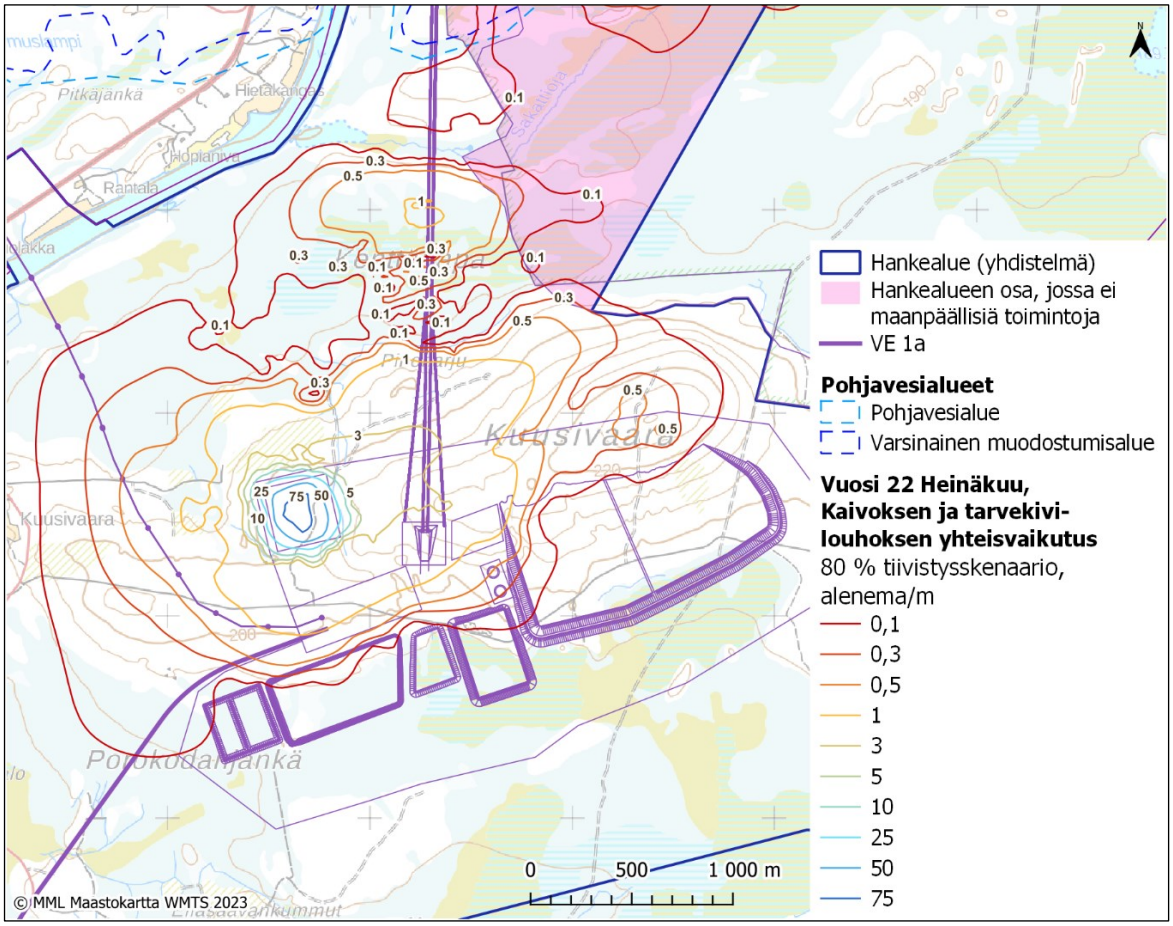
Kuva 16-36 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 15 (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



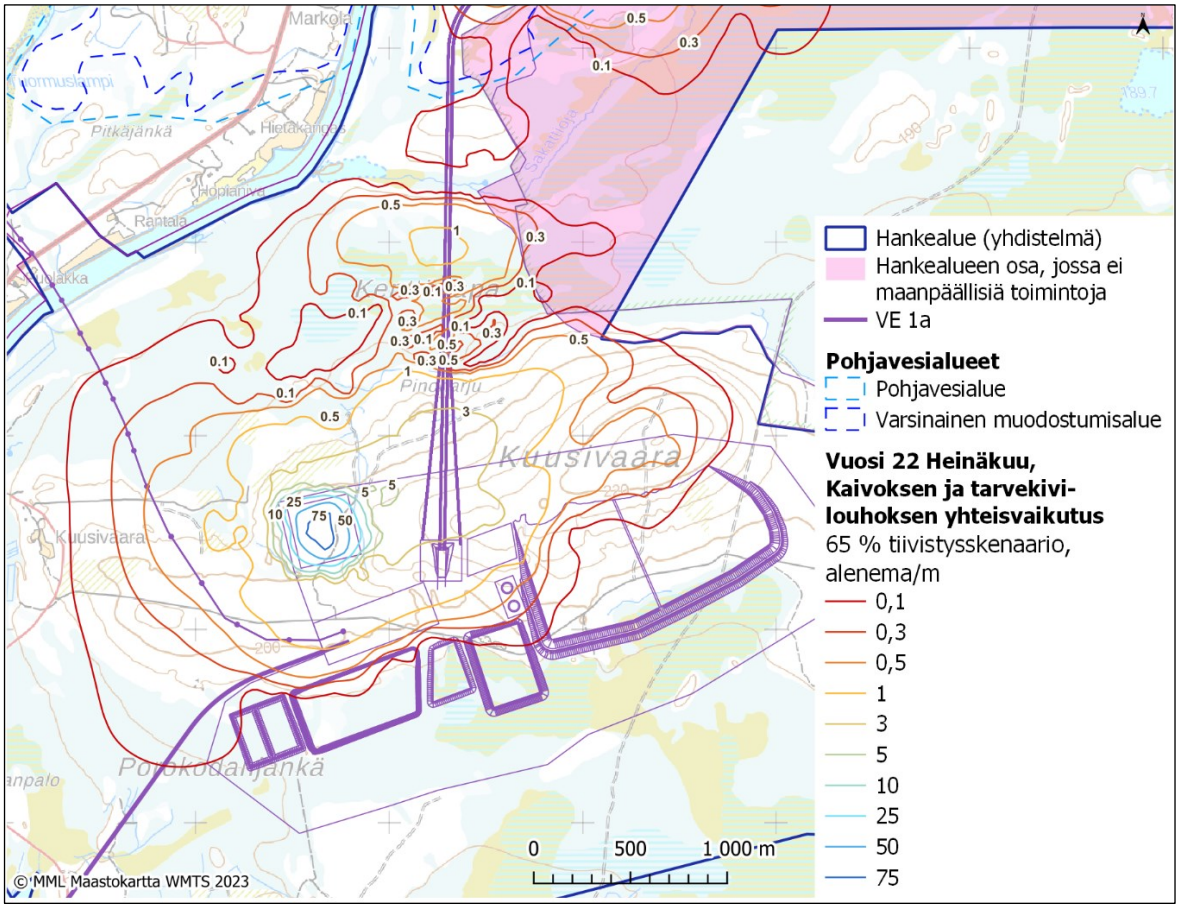
Kuva 16-37 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 22 tammikuu (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



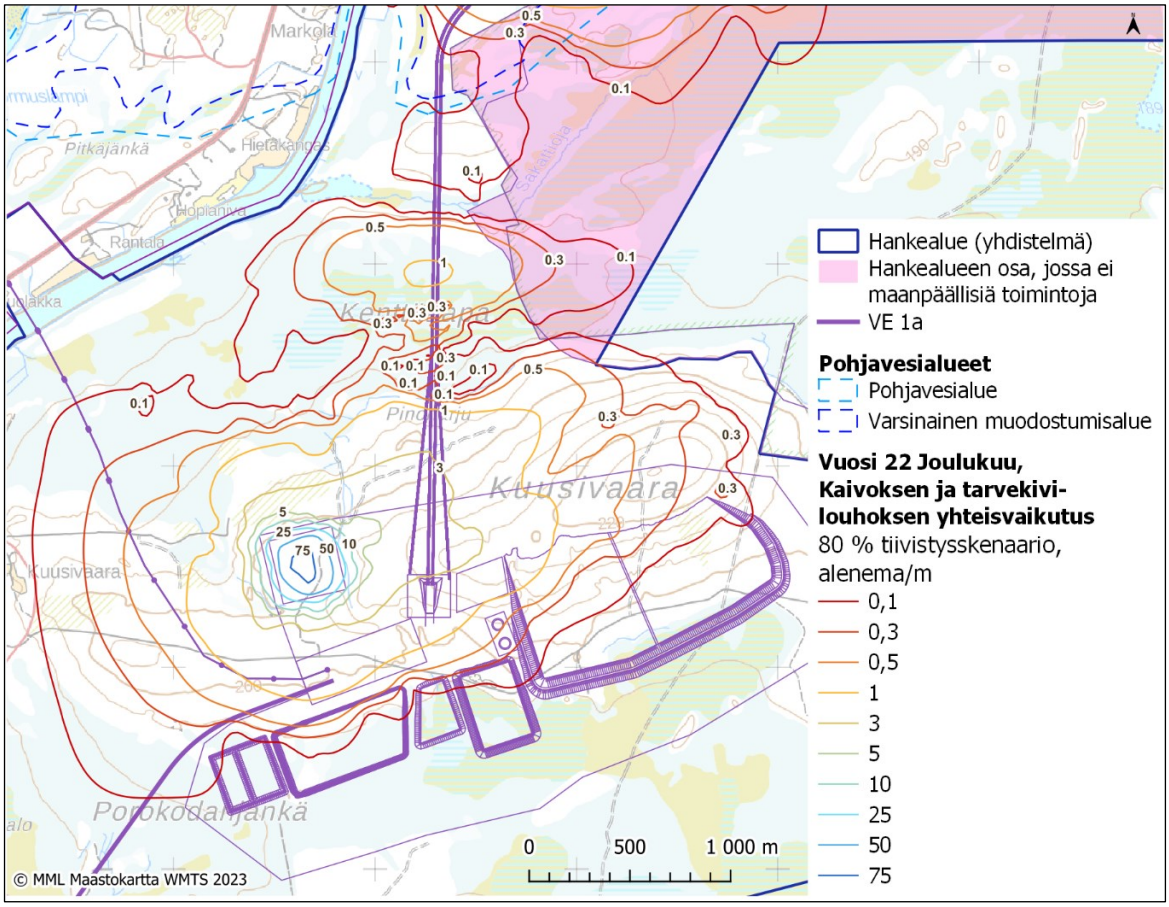
Kuva 16-38 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 22 tammikuu (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



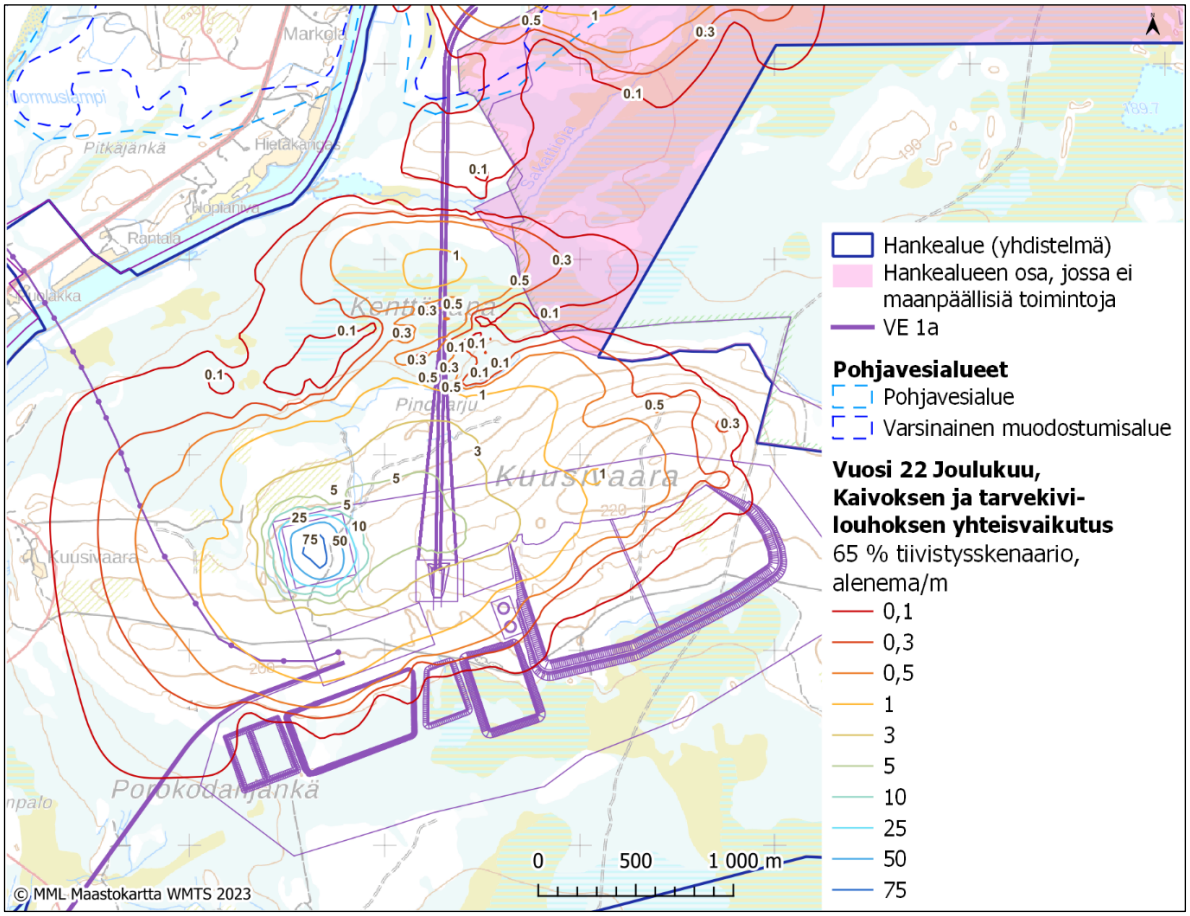
Kuva 16-39 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 22 heinäkuu (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



Kuva 16-40 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 22 heinäkuu (65 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



Kuva 16-41 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 22 joulukuu (80 % tiivistysskenaario) (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).



Kuva 16-42 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutuksesta kaivostoiminnan vuonna 22 joulukuu (65 % tiivistysskenaario. (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot).

Verrattaessa yhteisvaikutusten mallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineistot) tuloksia tarvekivilouhoksen mallinnustuloksiin, on huomioitava alenemakäyrissä ilmenevä huomattava ero Kuusivaaran eteläpuolella Porokodanjängällä ja Eliasaavalla. Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksen perusteella alenemat ovat suuremmat. Tämä eroavaisuus johtuu seuraavista syistä:

1. Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmalliin verrattuna Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten malli on kalibroitu pitempikestoiseen mitattuun pohjaveden pinnan havaintojaksoon (kymmenen vuotta vs. yksi vuosi). Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten malli on siten kalibroitu paljon suuremmalle tietojoukolle, koska saatavilla on ollut enemmän mitattuja pohjaveden korkeustietoja. Tästä johtuen Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten mallin katsotaan olevan hyvin kalibroitu pitkällä aikavälillä mitattuihin pohjaveden korkeustietoihin.
2. Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnusalue on paljon pienempi kuin Itasca Denver Inc.:in yhteisvaikutusten mallinnusalue. Louhosmallin raportissa esitettyjen alenemakäyrien perusteella alenemat ovat saavuttaneet mallin ulkorajan, eivätkä tarvekivilouhoksen alenemakäyrät mahdu mallinnusalueen sisään. Tästä syystä tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnusalueen sisällä tapahtuvan aleneman suuruus on todennäköisesti suurempi

verrattuna Itasca Denver Inc.:in laajempaan mallialueeseen, jossa alenema ei saavuta mallin rajaa.

3 Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnusalueen pienestä koosta johtuen reunaehdoilla voi olla vaikutusta mallinnettuihin tuloksiin. Itasca Dever Inc.:in yhteisvaikutuksien mallinnusalue on huomattavasti suurempi ja mallinnetut alenemat eivät tule mallialueen reunojen läheisyyteen eikä reunaehtojen katsota vaikuttavan mallinnettuihin tuloksiin.

4 Turpeen simuloidut vedenjohtavuusarvot (K) ovat tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallissa kaksi suuruusluokkaa suurempia (2×10^{-4} m/s) verrattuna Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten malliin ($9{,}3 \times 10^{-7}$ – $9{,}3 \times 10^{-6}$ m/s). Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten mallin simuloidut turpeen K-arvot ovat mitattujen K-arvojen sisällä, kun taas louhosmallin simuloidut K-arvot ovat suurempia kuin mitatut K-arvot ($1{,}0 \times 10^{-7}$ – $1{,}0 \times 10^{-5}$ m/s). Turpeen K-arvot perustuvat tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallissa kalibroituihin arvoihin.

5 Moreenin simuloidut vedenjohtavuusarvot (K) ovat yhtä suuruusluokkaa suuremmat tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallissa (1×10^{-4} m/s) verrattuna Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten malliin ($5{,}8 \times 10^{-6}$ – $3{,}5 \times 10^{-5}$ m/s). Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten mallin simuloidut moreenin K-arvot ovat mitattujen K-arvojen aineiston keskellä, kun taas louhosmallin simuloidut K-arvot ovat mitattujen K-arvojen aineiston yläpäässä ($5{,}0 \times 10^{-8}$ – $4{,}3 \times 10^{-3}$ m/s). Moreenin K-arvot perustuvat tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallissa kalibroituihin arvoihin.

6 Kiinteän kallion K-arvo on tarvekivilouhosmallissa 1×10^{-7} m/s luokkaa, kun se on Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten mallissa suurusluokkaa pienempi (1×10^{-7} – 1×10^{-9} m/s) pienentyen syvyyden kasvaessa.

7 Itasca Denver Inc.:n yhteisvaikutusten mallin simuloidut tulevaisuuden pohjaveden muodostumismäärät perustuvat vuonna 2022 päivitettyyn lähtöaineistoon verrattuna louhosmallissa käytettyyn vanhempaan lähtöaineistoon. Itasca Denver Inc.:n malli simuloi enemmän kausivaihtelua pohjaveden muodostumisessa ja suurempaa muodostumisen määrää ajan myötä.

Edellä kerrotun perusteella Itasca Denver Inc.:in yhteisvaikutusten mallinnustuloksia voidaan siten pitää luotettavampana lähtökohtana vaikutusten arvioinnissa.

16.3.2 Pohjaveden virtausmallinnusten soveltamismahdollisuudet eri hankevaihtoehdoissa

Maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnus

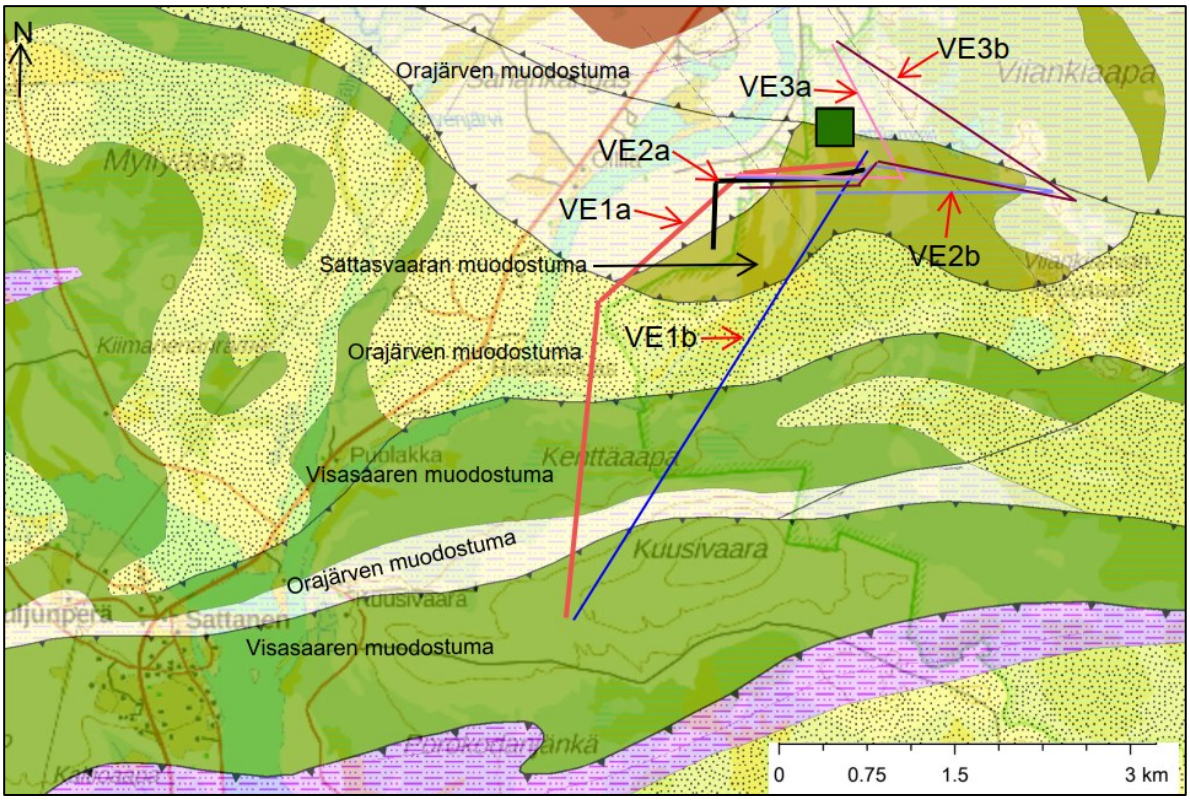
Numeerista maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnusta on käytetty yhtenä hankkeen pohjavesivaikutusten arvioinnin apuvälineenä (Itasca Denver Inc. 2023).

Pohjaveden virtausmallinnuksen kattama alue on esitetty edellä kuvassa (Kuva 16-13). Maanalaisten rakenteiden (tunnelit, maanalaiset toiminnot) ja louhintojen osalta mallinnuksessa on huomioitu VE1a:n mukainen vinotunnelilinjaus ja kaikille vaihtoehdoille yhteinen esiintymän louhinta. Koska vinotunnelien lukumäärä, sijainti ja muoto ovat erilaisia eri vaihtoehdoissa, on syytä tarkastella tehdyn pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) yleistettävyyttä kattamaan kaikki hankevaihtoehdot. Edellä esitetyistä mallinnetuista geologisista yksiköistä maaperäkerrokset ja

kallioperän rapautunut yläosa ovat yleistettävissä kaikkiin hankevaihtoehtoihin. Tämä perustuu maalajien osalta siihen, että pääpiirteissään maalajit ovat eri hankevaihtoehtojen alueella saman tyyppiset niin ominaisuuksiltaan kuin koostumukseltaan. Luonnollisesti maalajikerroksien esiintyminen ja kerrospaksuudet vaihtelevat alueittain, mutta alueellisessa tarkastelussa nämä erot tasoittuvat osin ja mallinnuksen mahdollistamassa tarkkuudessa erojen merkitys pienenee. Toisaalta kerrosjärjestyksellä on suurikin merkitys etenkin heikosti vettä johtavien kerrosten osalta. Viiankiaavan alueella tiiviin turvekerroksen esiintymisellä ja kallion yläpuolisen maakerroksen laadulla on merkittävä vaikutus pohjavesiolosuhteisiin.

Kallioperän rapautuneen yläosan osalta asia on vastaava kuin maaperän osalta. Rapautunutta kalliota esiintyy kaikkien hankevaihtoehtojen alueilla, mutta vaihtelevan paksuisena. Myös rapakallion vedenjohtavuusominaisuudet vaihtelevat. Yleisesti paksuimmat rapakalliokerrokset sijaitsevat kallioperän ruhjevyöhykkeiden kohdilla.

Rapautuneen ja rikkonaisen kerroksen alapuolella on mallinnuksessa ehjän kallion yksikkö. Sakatin alueella pääkivilajivyöhykkeet ovat itä-länsisuuntaisia muodostumia, jotka koostuvat eri kivilajeista (Geological Survey of Finland 2018). Geologian tutkimuskeskuksen laatima Sakatin alueen kallioperäkartta on esitetty alla (Kuva 16-43).



Kuva 16-43 Sakatin alueen yksinkertaistettu kallioperäkartta. Kartassa on esitetty eri väreillä suuntaa antavat vinotunnelien sijainnit eri hankevaihtoehdoissa. Sakatin pääesiintymän suuntaa antava sijainti on merkitty vihreällä neliöllä. (Lähde: Geologian tutkimuskeskus 2023, muokattu.)

Mallinnettu vinotunnelivaihtoehto VE1a läpäisee samat kivilajivyöhykkeet kuin vaihtoehto VE1b. Vaihtoehdot VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b sijoittuvat mallinnetun vaihtoehdon läpäisemistä kivilajivyöhykkeistä ainoastaan pohjoisimpana sijaitsevien ultraemäksisen vulkaniitin (Sattasvaaran muodostuma) ja silttikiven (Orajärven muodostuma) vyöhykkeille. Kivilajikoostumus vaihtelee myös esitettyjen päävyöhykkeiden sisällä. Malli on tarkimmillaan esiintymän ympäristössä, johon valtaosa eri hankevaihtoehtojen vinotunneleista sijoittuu.

Kalliota halkovat erilaiset rakenteet, kuten siirrokset ja ruhjeet, joiden laajuudet, vedenjohtavuus- ja vedenvarastointikykyominaisuudet ovat mallintamisen kannalta oleellisia. Kuvassa (Kuva 11-5) (Luku 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään) on esitetty Sakatin alueen kallioperän päärakenteiden (siirrokset) sijainti. Kallio on myös rakoillutta. Kivilajien rakoilu on lähtökohtaisesti kivilajista riippuvaista, esimerkiksi graniitilla rakoilu on kuutiomaista ja liuskeilla yhdensuuntaista. Ehjässä kalliossa pohjavesi voi liikkua ainoastaan em. rakenteissa ja raoissa, edellyttäen, että ne ovat avoimia tai rakotäytteet ovat vettä johtavia. SRK Consulting Ltd.:n (2019c) tutkimusten mukaan hankealueella kallion rakenteet ovat huonosti yhteydessä toisiinsa ja rakenteiden vedenjohtavuusominaisuudet vaihtelevat huomattavasti sekä rakenteiden sisällä että eri rakenteiden välillä. Kallion vedenjohtavuus on suurempi kallion rapautuneessa ja rikkonaisessa ylemmässä osassa kuin syvemmällä ehjässä kalliossa. Tutkimusten mukaan kallion vedenjohtavuus pienenee syvemmälle mentäessä ja noin 150–200 metrin syvyydessä vedenjohtavuus alenee selkeästi. Ruhjeiden vedenjohtavuus vaihtelee huomattavasti vastaten pienimmillään saven ja suurimmillaan hiekan vedenjohtavuutta. (SRK Consulting Ltd 2019c.) Siirroksissa on todettavissa suuremman vedenjohtavuuden alueita, jotka kuitenkin ovat tyypillisesti paikallisia ja epäjatkuvia. Siirrosten vedenjohtavuuden arvot eivät poikkea niitä ympäröivästä kallioperästä. (Itasca Denver Inc. 2023.)

Alueen kalliorakenteista merkittävin on pohjaruhje, joka tutkimusten perusteella on hyvin vettä johtava ja siihen varastoituneen veden määrä on huomattava. Pohjaruhje on huomioitu mallinnuksessa omana yksikkönään. Pohjaruhje vaikuttaa niissä hankevaihtoehdoissa, joissa vinotunneli läpäisee pohjaruhjeen (vaihtoehdot VE1a ja VE1b). Kaivostoiminnan aikana pohjaruhjeeseen pidetään etäisyyttä. Pohjaruhjeella ei ole todennettua yhteyttä muihin ruhjeisiin, joten näin ollen voidaan sanoa, että se ei vaikuta Sakatin esiintymän ympäristössä kaivostiloihin purkautuvan vuotoveden määrään.

Vaihtoehtojen VE1a ja VE1b vinotunnelit läpäisevät samat kallioperän alueelliset suurrakenteet (Luku 11 Vaikutukset maa- ja kallioperään). Läpäisykohdan sijainti on eri, mutta alueellisessa tarkastelussa rakenteiden pienipiirteisellä ominaisuuksien vaihtelulla ei ole merkitystä mallinnuksen tulosten kannalta. Muissa vaihtoehdoissa vinotunnelit läpäisevät osin samat alueelliset rakenteet kuin vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b. Valtaosa vinotunneleista sijoittuu Sakatin esiintymän lähiympäristön siirrosten alueelle, jossa pohjavesimallin tarkkuus on suurin. Vaihtoehtojen olosuhteet verrattuna pohjaveden virtausmallinnuksen lähtökohtiin on esitetty taulukossa (Taulukko 16-20).

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu lähemmäs Sakatin esiintymää, mistä johtuen vinotunneliverkosto tulee jäämään lyhyemmäksi kuin vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b. Lisäksi VE1a:ssa ja VE1b:ssä vinotunneleita on yhteensä neljä kappaletta kummassakin. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b vinotunneleita on yksi ja lisäksi niissä tehdään pystynousut. VE1a:ssa ja VE1b:ssa louhittavan tunnelitilan määrä on kuitenkin suurempi kuin muissa vaihtoehdoissa ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesien muodostumisen ja sitä kautta myös

pohjavesivaikutusten näkökulmasta vaihtoehdot VE1a ja VE1b kuvaavat siten laajinta tilannetta. Taulukossa (Taulukko 16-20) on esitetty eri vaihtoehtojen vertailu mallinnuksen lähtökohtiin nähden.

Taulukko 16-20 Vaihtoehtojen olosuhteiden vertailu pohjaveden virtausmallinnuksen lähtökohtiin.

Mallinnuksen lähtökohdat	Vaihtoehto VE1a	Muut vaihtoehdot
Maaperä	Moreeni vallitseva maalaji, Viiankiaavalla ja soistuneilla alueilla turvekerroksia moreenin päällä, lajittuneita maalajeja paikoitellen, vanhoja jokiuomia turvekerrosten alla, maakerrosten paksuus vaihtelee ollen keskimäärin seitsemän metriä	Vastaavat olosuhteet kuin VE1a:ssa
Rapautunut kallio	Keskimäärin 10—20 metriä paksu, ruhjeiden kohdalla paksuin	Vastaavat olosuhteet kuin VE1a:ssa
Ehjä kallio	Emäksinen vulkaniitti, kvartsiitti, silttikivi, ultraemäksinen vulkaniitti	VE1b: vastaavat kivilajit kuin VE1a:ssa. VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b: silttikivi, ultraemäksinen vulkaniitti
Siirrokset	Siirroksia ja ylityöntösiirroksia	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b: vinotunnelit läpäisevät osin samoja ja osin eri rakenteita kuin vaihtoehdon VE1a vinotunneli. Rakenteilla on vaihtelevat ominaisuudet.
Pohjaruhje	Sijaitsee esiintymän alapuolella eikä ole suoraan yhteydessä esiintymään, vinotunneli läpäisee pohjaruhjeen kauempana esiintymästä	VE1b: tunneli läpäisee pohjaruhjeen kuten VE1a:ssa. Vaihtoehdot VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b eivät läpäise pohjaruhjetta.

Johtopäätökset

Maaperän monimuotoisuus ja rapakallion paksuusvaihtelu ovat pohjaveden virtausmallinnuksen kannalta haasteellisia. Kuitenkin voidaan sanoa, että kaivossuunnitelman pysyessä samana voidaan myös kaivoksen louhimisen vaikutusta pitää samana kaikille vaihtoehdoille maaperän ja rapakallion osalta. Ehjän kallion osalta on todettavissa, että vedenjohtavuuden vaihtelu ei ole niinkään riippuvainen kivilajikoostumuksesta vaan kallion rakenteiden vedenjohtavuuksilla on ratkaiseva merkitys. Vinotunnelien osalta on ratkaisevaa mitä rakenteita vinotunnelit leikkaavat ja millaiset yhteydet ko. rakenteilla on rapakallioon. Tehtyjen selvitysten perusteella siirrosten vedenjohtavuudet eivät kuitenkaan poikkea niitä ympäröivän kallioperän vedenjohtavuudesta. Mallinnetun vaihtoehdon VE1a:n tuloksia voidaan siten soveltaa myös muiden vaihtoehtojen vaikutusten arviointiin esiintymän louhinnan osalta. Vaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b vinotunnelin louhinnan vaikutusten arviointi voidaan tehdä vain sanallisena arviona.

Tarkentavat tutkimukset

Vaihtoehdon VE1a osalta tarkentavia tutkimuksia tullaan edelleen jatkamaan hankkeen edetessä, koska tämän vaihtoehdon osalta on jo huomattavan paljon tietoa olemassa verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Jos vaihtoehdon VE1a mukainen vinotunnelilinjaus valitaan toteutettavaksi, niin

olemassa oleva pohjaveden virtausmallinnus tullaan päivittämään uudella aineistolla ennen kaivostoiminnan aloittamista.

Tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus

Tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus on tehty vaihtoehdolle VE1a (vastaa myös vaihtoehtoa VE1b). Tuloksia on sovellettu koskemaan myös päävaihtoehtoja VE2 ja VE3, joissa tarvekivilouhos sijaitsee eri paikassa kuin päävaihtoehdossa VE1. Mallinnuksen laatijan (AFRY Finland Oy 2022a) näkemyksen mukaan pohjavesimallissa on käytetty yleistettyjä, koko mallinnusaluetta koskevia vedenjohtavuuden ja muiden hydrogeologisten parametrien arvoja, ja tämän vuoksi simuloidun louhoksen pohjavesivuodon määrän ja louhoksen ympärille muodostuvan pohjaveden aleneman voi olettaa pätevän myös tarvekivilouhoksen vaihtoehtoisille sijainneille. Itasca Denver Inc.:n (2023) laatiman tarvekivilouhoksen ja vinotunnelien yhteisvaikutusten mallinnuksen perusteella tarvekivilouhoksesta aiheutuva pohjavedenpinnan alenema ei ulotu kovin etäälle etelän suuntaan. Mallinnustulosta voidaan soveltaa myös vaihtoehtoisten tarvekivilouhoksen sijaintipaikkojen osalta.

16.3.3 Pohja- ja suotovesien geokemiallinen mallinnus

Geokemialliset mallinnukset on tehty maanalaisen kaivoksen toiminta- ja sulkemisvaiheelle sekä tarvekivilouhoksen toiminta- ja sulkemisvaiheelle. Lisäksi on tehty suotovesimallinnukset sivukivien sijoitusalueelle sekä matalarikkiselle rikastushiekka-alueelle.

Maanalainen kaivos

Maanalaisen kaivoksen tuotantovaiheen aikaista kuivanapitoveden laatua sekä sulkemisen jälkeistä vedenlaatua on mallinnettu kahdella eri tarkastelutilanteella. Tarkastelujen keskeisin ero on mallinnuksissa käytetty kaivostäyttömateriaali. Tarkastelujen tuloksia on käsitelty jäljempänä vaikutusten arvioinnin yhteydessä.

Tarkastelussa 1 mallinnuksen on tehnyt SRK Consulting Ltd. (2019a). Vesimäärien osalta mallinnus pohjautuu kannattavuuden esiselvitysvaiheeseen A (SRK Consulting Ltd. 2019a). Lähtötietoina mallinnuksessa on käytetty kosteuskammiokokeiden tuloksia kaivoksen seinämäkivistä ja louhoksen sivukivitäytöistä. Lisäksi pitoisuussyötteenä on käytetty rikastushiekasta valmistetun pastan monoliitin pitkäaikaisuuttokokeen tuloksia. Tarkastelussa käytetty monoliitti on valmistettu prosessivaihtoehdon 1 korkea- ja matalarikkisestä rikastushiekasta. Lähtötietoja on käytetty massatase- ja olosuhdeskaalattuna sekä tasapainotettuna mineraali- ja kaasufaaseihin PHREEQC-mallinnusohjelman (United States Geological Survey, USGS) avulla, jota käytetään standardimenetelmänä kaivosten pohjaveden laadun mallintamiseen. Mallinnuksessa saostuvaksi sallittavaksi kiinteiksi yhdisteiksi valittiin paikallisen geologian perusteella: $PbSO_4$, $CaSO_4$, $BaSO_4$, $CaCO_3$, $PbCO_3$, $CaCuAsO_4(OH)$, $Cr(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $CaSO_4{:}2H_2O$, $MgCO_3$, $Cu_2(OH)_2CO_3$, $CaHAsO_4{:}2H_2O$, $Pb_5(PO_4)3Cl$, SiO_2, $MnCO_3$ ja $CaAl_2Si_3O_{10}{:}3H_2O$.

Maanalaisen kaivoksen tuotantovaiheen vedenlaatumallin konseptualisointi eli käsitteellistäminen sisältää mm. seuraavat keskeiset asiat (AFRY Finland Oy 2023b):

- Varsinaisen kaivoksen seinämän reaktiivinen massa muodostuu kahdesta eri tavoin määritellystä kerroksesta. Erillisinä kerroksina on tarkasteltu hapettunutta ”kuorikerrosta” (0,012 metriä) sekä louhosseinämästä pidemmälle kallioon ulottuvaa räjäytystyön rikkomaa vyöhykettä.
- Louhostäytön reaktiivisen massan määrittely vastaa sivukivialueen reaktiivisen massan määrittelyä.
- Pastatäytön reaktiivisena massana on mallissa käsitelty pastatäytön pinta ja reaktiivinen massa ulottuu noin 0,01 metrin syvyyteen.
- Tasapainomallinnuksessa on konservatiivisesti oletettu, että adsorptiota tapahtuu vain juuri muodostuvaan pintaan, kuten raudan oksideihin ja sorptiopintana mallinnuksessa käytettiin ferrihydriittiä ($5Fe_2O_3 \cdot 9H_2O$).
- Sulkemisen jälkeen maanalainen kaivos täyttyy vähitellen vedellä ja sulfidimineraalien hapettumiselle alttiina oleva osa kaivoksesta pienenee vähitellen.
- Maanalaisen kaivoksen täytyttyä vedellä kokonaan kaivoksessa on valmiiksi hapettuneita seinämiä, mutta uusi hapettuminen on vähäistä ja hidasta.

Tarkastelussa 2 mallinnuksen on tehnyt Stantec Consulting Ltd. (2023), ja pohjaveden virtausmallina on käytetty Itasca Denver Inc.: n (2023) laatiman maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksen tuloksia. Pitoisuussyötteenä mallinnuksessa on käytetty kosteuskammiokokeiden tuloksia kaivoksen seinämäkivistä sekä prosessivaihtoehdon 1 rikastushiekasta valmistetun pastan monoliitin uuttokokeesta. Kosteuskammiokokeen ja monoliitin uuttokokeen tuloksia on käytetty massatase- ja olosuhdeskaalattuna sekä tasapainotettuna mineraali- ja kaasufaaseihin.

Geokemiallisessa mallissa (Stantec Consulting Ltd. 2023) kaivos jaetaan kuuteen (~200 metriä syvään) osaan, joille kullekin on saatu virtauksen määrä ajan funktiona pohjaveden virtausmallista (Itasca Denver Inc. 2023). Geokemiallisessa mallissa on tarkasteltu kaivokseen tulevaa pohjaveden virtausta vastaaville skenaariolle kuin pohjaveden virtausmallissa.

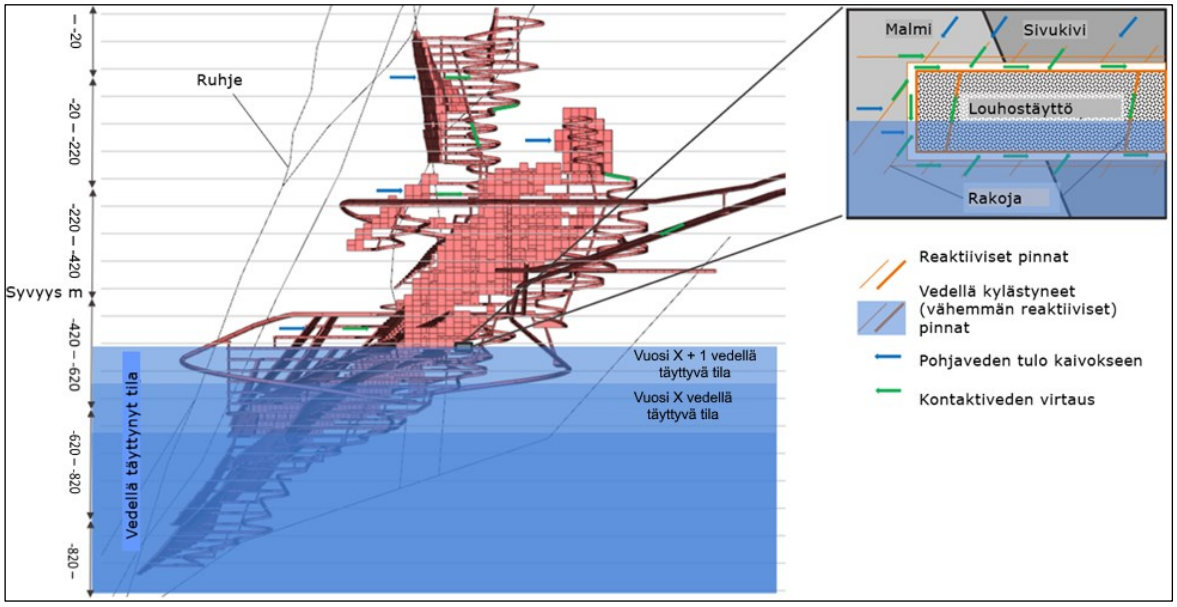
Maanalaisen kaivoksen vuorovaikutukset veden ja kiintoaineksen välillä on käsitteellistetty pääsääntöisesti samalla tavalla kuin prosessivaihtoehdon 1 tarkastelussa. Maanalaisen kaivoksen veden tuotantovaiheen laatumallin käsitteellistäminen sisältää mm. seuraavat keskeiset asiat (AFRY Finland Oy 2022e):

- Poiketen prosessivaihtoehdon 1 tarkastelusta, tässä tarkastelussa ei huomioitu erikseen kaivoksen seinämien hapettunutta kuorikerrosta, vaan seinämä, johon räjäytystyö on vaikuttanut, käsiteltiin yhtenä kokonaisuutena. Seinämäkivissä reaktiivista pintaa (eli mineraalipintaa) oletettiin olevan 27 m^2 (Morin & Hutt 2004), kun taas kosteuskammiokokeen näytteessä taas pinta-alaa oletettiin olevan 7,4 m^2/kg näytettä (Morin ym. 1996).
- Käytettävä louhostäyttö tulee olemaan pasta-kivimursketta, jossa sivukivimursketta on 0–30 %. Reaktiivisen pinta-alan kuitenkin oletettiin muodostuvan ensisijaisesti pastasta eli rikastushiekasta (~65–95 %) ja sideaineista (4–8 %), toisin sanoen monoliittikoetta vastaavasta seoksesta.
- Pasta-mursketäytön reaktiivista pintaa eli mineraalipintaa oletettiin olevan 5 m^2 yhden neliömetrin suuruista louhostäyttöpinta-alaa kohti. Vertailun vuoksi mainittakoon, että

prosessivaihtoehdon 1 tarkastelussa pastatäytön reaktiivinen massa määriteltiin reaktiivisena syvyytenä 0,01 metriä.

- Mallinnuksessa typen on oletettu poistuvan kaivoksesta kuivanapitoveden mukana samana vuonna kuin se on räjäytystyön myötä kaivokseen tullut.
- Tasapainomallinnuksessa oletettiin, että adsorptiota tapahtuu vain juuri muodostuvaan pintaan, kuten raudan oksideihin ja sorptiopintana mallinnuksessa käytettiin liuoksesta saostuvaa ferrihydriittiä.
- Sulkemisen jälkeen maanalainen kaivos täyttyy vähitellen vedellä ja sulfidimineraalien hapettumiselle alttiina oleva osa kaivoksesta pienenee vähitellen. Kaivoksen täyttyminen käsiteltiin vuosikerroksina: kullekin vuodelle laskettiin pitoisuus ilman sekoittumista edellisen vuoden veden kanssa (Kuva 16-44).
- Maanalaisen kaivoksen täytyttyä vedellä kokonaan kaivoksessa on valmiiksi hapettuneita seinämiä, mutta uusi hapettuminen on vähäistä ja hidasta.

Veden laadut on tasapainomallinnettu PHREEQC mallinnusohjelman avulla. Mallinnuksessa tasapainoyhdisteiksi valittiin: $PbSO_4$, $BaSO_4$, $CaCO_3$, $PbCO_3$, $CaCuAsO_4(OH)$, $Cr(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $CaSO_4{:}2H_2O$, $MgCO_3$, $Cu_2(OH)_2CO_3$, $CaHAsO_4{:}2H_2O$, $Pb_5(PO_4)_3Cl$, SiO_2, $MnCO_3$, $CaAl2Si_3O_{10}{:}3H_2O$, CO_2 ja O_2. Tasapainoyhdisteiksi valittujen mineraalien sallittiin saostua mallissa, muttei uudelleen liueta. Kaasuille taas oli määritelty osapaine ja ne olivat mallissa rajoittamattomina.



Kuva 16-44 Käsitteellinen kuva maanalaisen kaivoksen täyttymisestä pohjavedellä sulkemisen jälkeen (Lähde: Stantec Consulting Ltd. 2023).

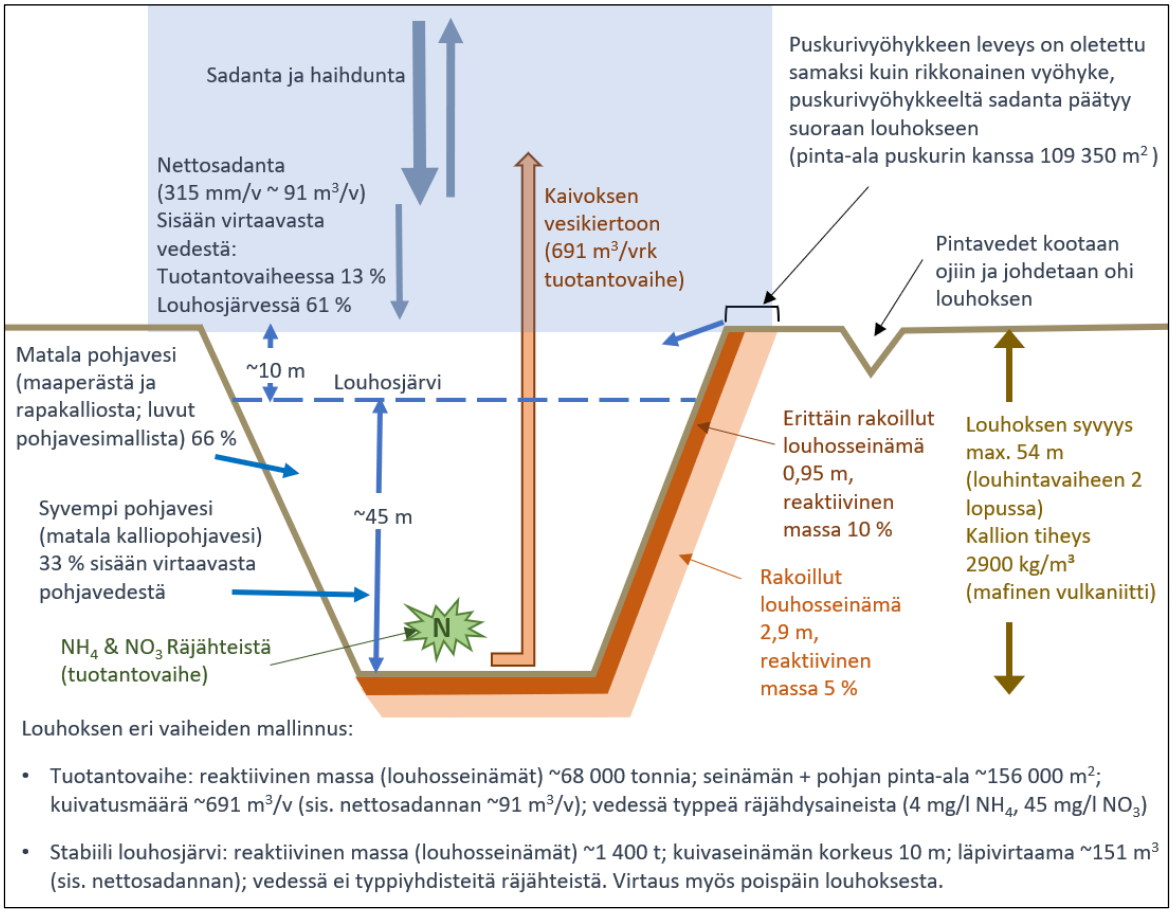
Tarvekivilouhos

Tarvekivilouhoksen vedenlaadun geokemiallinen mallinnus (AFRY Finland Oy 2022b) on tehty toiminnan aikaisen kuivanapitoveden lisäksi myös sulkemisen jälkeiselle ajalle. Mallinnus käsitti yksittäisen skenaarion koskien vaihetta, jossa louhos on täyttynyt vedellä ja siksi myös pohjaveden virtausnopeus louhokseen on pienentynyt. Louhosjärvi on siis hydraulisessa tasapainotilassa ja louhoksesta on alkanut kulkeutua vettä ympäristöön.

Louhosjärven geokemiallisen mallin käsitteellisen kuvauksen keskeiset poiminnat (AFRY Finland Oy 2022b) esitetään pääpiirteissään alla sekä kuvassa (Kuva 16-45).

- Tärkeimmät tekijät ovat sadanta, pohjaveden virtausmäärät ja koostumus sekä louhoksen seinämien rapautumisen vaikutus.
- Sadevesi on puhdasta vettä, mutta pohjaveden koostumus vaikuttaa tarvekivilouhoksen veden laatuun. Pohjavedestä 2/3 edustaa maaperän ja rapautuneen kallioperän pohjavettä ja 1/3 alemman ehyemmän kallion pohjavettä.
- Louhoksen veden laatuun vaikuttaa kontakti louhosseinämien rakoilleen ja osin hienoainespitoisen kivimateriaalin kanssa. Louhosseinämillä tarkoitetaan tässä avolouhoksen seinämiä, penkereitä, pohjaa ja ajoramppeja, joiden kiviaines hapettuu ja rapautuu. Hapettumiselle ja rapautumiselle altistuva kivimäärä määritellään 2-vyöhykemallilla, johon kuuluvat ”erittäin rakoillut vyöhyke” ja ulompi ”rakoillut vyöhyke”. Hapettumiselle ja sitä seuraaville muille rapautumisreaktioille altistuvana seinämänä käsitellään veden pinnan yläpuolista osaa louhoksesta.
- Osa rapautumistuotteista jää veteen, osa saostuu sekundäärimineraaleina ja osa pidättyy sorption kautta. Malli ei salli uudelleenliukenemista, sillä kyseessä on skenaariomalli, jossa olosuhteet on vakioitu.
- Malli käsittelee kaikki syötteet vuosikeskiarvoina.
- Adsorboivana mineraalina on ferrihydriitti.

Mallinnuksia on kuvattu tarkemmin kaivannaisjätteiden karakterisointia ja kaivosalueen vesien laatuarviointia käsittelevässä raportissa (Liite 11).



Kuva 16-45 Tarvekivilouhoksen vedenlaatuun toiminnan aikana ja louhosjärvivaiheessa vaikuttavien tekijöiden käsitteellinen kuvaus geokemiallisessa mallissa (Lähde: AFRY Finland Oy 2022b).

Sivukivien sijoitusalueiden suotovedet

Veden määrä- ja laatuarviot (source term-arviot) sivukivien sijoitusalueille on laatinut SRK Consulting Ltd. (2019a). Arvioiden lähtötietona ovat olleet kosteuskammiokokeiden tulokset eri kivilajeista. Kosteuskammiokokeen tuloksia on käytetty massatase- ja olosuhdeskaalattuna sekä tasapainotettuna mineraali- ja kaasufaaseihin. Typen määrä on tuotettu laskennallisesti erillisenä muusta mallinnuksesta, sillä kairasydännäytteissä ei ole räjähdysainejäämiä kuten louhitussa kivessä.

Vesilaatuarviot on tuotettu päävaihtoehdon VE1:n mittasuhteilla, mutta myös hankevaihtoehdoissa VE2 ja VE3 oletetaan läjitysten dimensiot ja olosuhteet VE1:n kaltaisiksi. Alavaihtoehtojen a ja b välillä ei ole merkittäviä eroja sivukiven suotovesien laatuun vaikuttavissa tekijöissä, minkä vuoksi niitä ei ole erikseen arvioitu. Eri vinotunnelivaihtoehdoissa kivilajien määräsuhteet vaihtelevat jonkin verran, mutta eivät riittävästi vaikuttaakseen eri aineiden pitoisuuksien suuruusluokkaan suotovesien laatumalleissa. Päävaihtoehdossa VE1a sivukiven määrä on myös suurimmillaan.

Vesilaadut on lisäksi tasapainomallinnettu PHREEQC-mallinnusohjelman avulla. Mallinnuksessa tasapainoyhdisteiksi on valittu paikallisen geologian perusteella: $PbSO_4$, $CaSO_4$, $BaSO_4$, $CaCO_3$, $PbCO_3$, $CaCuAsO_4(OH)$, $Cr(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $CaSO_4{:}2H_2O$, $MgCO_3$, $Cu_2(OH)2CO_3$, $CaHAsO_4{:}2H_2O$,

$Pb_5(PO_4)_3Cl$, SiO_2, $MnCO_3$, ja $CaAl_2Si_3O_{10}{:}3H_2O$. Näiden on sallittu saostua vedestä veden ollessa ylikylläinen kyseisestä mineraalista.

Tasapainomallinnuksessa on oletettu, että adsorptiota tapahtuu vain juuri muodostuvien mineraalien pintaan kuten raudan oksideihin. Vanhoja mineraalipintoja ei siis ole huomioitu sorption mallintamisessa. Sorptiopintana mallinnuksessa on käytetty ferrihydriittiä ($5Fe_2O_3{\cdot}9H_2O$). Ferrihydriitin muodostuminen on laskettu sulfaatin muodostumisesta.

Tehtyjen geokemiallisten testien perusteella voidaan todeta, että happaman valuman riskiä ei todennäköisesti ole minkään tutkitun vinotunnelivaihtoehdon (VE1a, VE2a, VE3a) sivukivien osalta (ABA-testit), ks. Taulukko 4-23 luvussa 4.7 Toiminnassa muodostuvat kaivannaisjätteet. NAG-testien perusteella vain VE2a vinotunnelilinjan mafisen sarjan kivien osalta sekä VE1a, VE2a ja VE3a vaihtoehtojen afaniitin osalta NAG-testin minimi-pH oli lievästi hapan. Muiden kivilajien pH:t olivat selvästi emäksisiä, ks. Taulukko 4-18 luvussa 4.7 Toiminnassa muodostuvat kaivannaisjätteet. Metalli- ja metalloidipitoisuudet NAG-testin loppuliuoksessa olivat kauttaaltaan alhaisia. NAG-uutossa liukenevien metallien tai puolimetallien osuudet niiden kokonaismääristä ovat suurimmillaan yksittäisissä kivilajeissa, kuten arseeni duniitissa (vaihtoehdossa VE1a), gabrossa (VE2a, VE3a) ja jalkapuolen mafisen sarjan kivissä (VE1a, VE3a). (AFRY Finland Oy 2023b.)

Matalarikkisen rikastushiekka-alueen suotovedet

Matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitysalueelle on tehty kaksi suotoveden laatumallinnusta. Toisessa rikastushiekan laatu oli prosessivaihtoehdon 1 mukaista ja rikastushiekka-alueen rakenteet olivat vuoden 2018 suunnitelman mukaiset. Toisessa rikastushiekan laatu on prosessivaihtoehdon 2 mukaista ja rikastushiekka-alueen rakenteet ovat vuoden 2021 suunnitelman mukaiset. Molemmista malleista on johdettu rikastushiekan märkäläjitystä edustavat versiot yksinkertaistetuilla lähestymistavoilla. Vesilaatuarviot on tuotettu päävaihtoehdon VE1a:n mittasuhteilla. Eri hankevaihtoehdoilla ei ole vaikutusta muodostuvan rikastushiekan määrään. Jätealueiden sijainti päävaihtoehdoissa VE1, VE2 ja VE3 vaikuttaa jätealueiden mittasuhteisiin vain vähäisesti. Vaikka jätealueen mittasuhteet tyypillisesti vaikuttavat jätealueella muodostuvan veden laatuun vesi/kiintoaine-kontaktisuhteen määrittelijänä, tässä mittasuhde-eroja voidaan pitää niin vähäisinä, että vaihtoehdon VE1a mittasuhteet on valittu edustamaan kaikkia kuivaläjitysvaihtoehtoja (VE1a, VE2a ja VE3a). Vastaavasti alavaihtoehtojen VE1b, VE2b ja VE3b ei oleteta eroavan toisistaan merkittävästi. (AFRY Finland Oy 2022b.)

Kuivaläjityksessä rikastushiekka-alueen pohjan läpi toiminnan aikana ja sulkemisen jälkeen suotautuvan veden määrää ja laatua on mallinnettu SRK Consulting Ltd:n (2019a) toimesta (prosessivaihtoehto 1). Arvioiden lähtötietona ovat olleet kosteuskammiokokeiden tulokset. Kosteuskammiokokeen tuloksia on käytetty massatase- ja olosuhdeskaalattuna sekä tasapainotettuna mineraali- ja kaasufaaseihin. Vesilaadut on lisäksi tasapainomallinnettu PHREEQC-mallinnusohjelman avulla. Mallinnuksessa saostuvaksi sallittavaksi mineraaleiksi on valittu paikallisen geologian perusteella: $PbSO_4$, $CaSO_4$, $BaSO_4$, $CaCO_3$, $PbCO_3$, $CaCuAsO_4(OH)$, $Cr(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $CaSO_4{\cdot}2H_2O$, $MgCO_3$, $Cu_2(OH)_2CO_3$, $CaHAsO_4{\cdot}2H_2O$, $Pb_5(PO_4)_3Cl$, SiO_2, $MnCO_3$ ja $CaAl_2Si_3O_{10}{\cdot}3H_2O$.

Märkäläjityksen osalta mallinnusta ei ole tehty vaan veden laatu on johdettu kuivaläjityksen päästöparametreista ja prosessiveden laadusta.

Kuivaläjitetyn rikastushiekka-alueen suotoveden määrä- ja laatuarviot prosessivaihtoehdon 2 mukaiselle rikastushiekalle on mallintanut Geochemic Ltd. (2021a). Arvion lähtötietona ovat olleet kosteuskammiokokeiden tulokset (Geochemic Ltd. 2021b). Kosteuskammiokokeen tuloksia on käytetty massatase- ja olosuhdeskaalattuna sekä tasapainotettuna mineraali- ja kaasufaaseihin. Kuivaläjitysratkaisun suotovesilaatua on sovellettu YVA-vaiheen tarkasteluissa myös prosessivaihtoehdon 2 märkäläjitysvaihtoehdon suotoveden laatuna.

Vedenlaatumallinnusten herkkyys- ja epävarmuustarkastelu

Seuraavassa esitetty vedenlaatumallinnusten herkkyys- ja epävarmuustarkastelu on AFRY Finland Oy:n (2022e) laatima.

Vedenlaatumallinnusten epävarmuudet voidaan karkeasti jakaa lähtötietojen epävarmuudesta johtuviin ja toisaalta käsitteellistämiseen (konseptualisointiin) ja siihen liittyvään parametrisointiin. On tärkeä tarkkailla epävarmuutta kokonaisuutena, ettei näennäinen täsmällisyys jollain osa-alueella harhauta aliarvioimaan lopputulosten todellisia epävarmuuksia. Käytetty mallinnustapa on perustaltaan sama kaikkien esitettyjen mallien osalta ja se on ympäri maailmaa yleisesti käytetty kaivosten ympäristösuunnittelussa.

Tarkastelun perustana on arvio kivien (ja louhostäytön) hapettumis- ja liukoisuusominaisuuksista. Kosteuskammiokokeet ovat tällä hetkellä paras tapa arvioida aineiden vapautumista kivistä suoraan tai välillisesti hapettumisreaktioiden seurauksena pitkällä aikavälillä, sillä koejärjestely nopeuttaa hapettumisreaktioita. Kosteuskammiokokeiden tuloksia käytettiin syötteenä kaivannaisjätealueiden ja maanalaisen kaivoksen vedenlaadun arvioimisessa. Louhosjärven mallissa käytettiin NAG-uuton tuloksia, joiden skaalattavuus mallinnuksessa on epätarkkaa, sillä skaalauskäytännöt on laadittu ensisijaisesti kosteuskammiokokeen tulosten skaalaamiseen. Tässä NAG-uutteen ja kosteuskammiokokeen pitoisuuksien suuruusluokkaeron hahmottamiseksi käytetiin kuitenkin varsinaisen kaivosalueen kivien kosteuskammiokokeen ja NAG-uuton sulfaattimuodostuksen suhdetta, minkä lisäksi käytettiin vertailuaineistoa kirjallisuudesta (esimerkiksi Barnes ym. 2015). Tarvekivilouhoksen kuivatusveden ja louhosjärven veden laadun mallintamisessa seinämien kosteuskammiokokeiden puuttumisen ei arvioida johtavan merkittäviin epävarmuuksiin, sillä kiviaineksen sulfidipitoisuudet ovat alhaisia. Maanalaisen kaivoksen louhostäytön liukoisuutta arvioitiin monoliittikokeen perusteella.

Mallinnuksessa merkittävää epävarmuutta liittyy aina skaalauskertoimien valintaan. Lämpötilakerrointa käytetään laboratorion koeolosuhteiden ja todellisen kaivannaisjätealueen tai kaivoksen lämpötilaerosta johtuvan hapettumisnopeuseron kuvaamiseen. Esimerkiksi kaivannaisjätealueen sisäosan lämpötilan virheellinen määrittely voisi johtaa mallissa joko liian tehokkaaseen tai liian hitaaseen sulfidimineraalien hapettumiseen. Lämpötilan määrittelyn virhe pitäisi kuitenkin olla todella suuri ennen kuin se alkaisi vaikuttaa mallinnustuloksiin suuruusluokkatasolla. Maanalaisten kaivosten mallit ovat tyypillisesti herkkiä reaktiivisen massan määrittelylle. Maanalaisen kaivoksen vedenlaadun tarkastelussa 2 molemmille reaktiivisille massoille eli seinämille ja louhostäytöille tehtiin

herkkyystarkastelu. Seinämävaikutusta tutkittiin perusskenaariota ~600 % suuremmalla reaktiivisella pinta-alalla ja louhostäyttöä ~400 % suuremmalla pinta-alalla. Ennakoitua suurempi reaktiivinen massa voisi toteutua esimerkiksi, jos kaivoksen seinämät rikkoutuisivat louhinnassa ennakoitua enemmän tai louhostäyttöihin tulisi ennakoitua enemmän halkeamia. Molemmilla reaktiivisilla massoilla oli huomattava merkitys tässäkin mallissa ja erityisesti kaivoksen kuivanapitoveden nikkeli- ja kobolttipitoisuudet olivat herkkiä louhosseinämän pinta-alan määrittelylle. Rikastushiekan kuivalä-jityksessä merkittävin tuotantovaiheen mallinnusepävarmuus liittyy vedellä kyllästymättömän rikastushiekan eli reaktiivisen massan määrittelyyn.

Ilmastonmuutos vaikuttaa vedenlaatumalleihin lämpötilakertoimen valinnan välityksellä. Yleisesti mallinnustöissä voidaan havaita, että tavanomaisten ilmastonmuutosskenaarioiden mukaiset lämpötilamuutokset pystyvät aiheuttamaan vain pientä muutosta geokemiallisten mallien tuloksiin. Kaivannaisjätealueilla sademäärän kasvu periaatteessa muuttaisi veden ja kiintoaineen kontaktisuhdetta ja pienentäisi pitoisuuksia – samaan aikaan kuin myös vastaanottavissa vesistöissä virtaamat kasvaisivat. Ilmastonmuutoksen merkittävin huolenaihe kaivannaisjätealueiden osalta lienevätkin lisääntyvät ääriolosuhteet. Erityisesti poikkeuksellisen kuumat ja kuivat jaksot voivat pienentää vedellä kyllästynyttä mineraaliaineksen osuutta kaivannaisjätealueilla eli lisätä reaktiivisen massan määrää samaan aikaan, kun lämpö nopeuttaa hapettumisreaktioita. Tällaisten jaksojen jälkeen jätealueiden vesien laaduissa voi esiintyä selvää heikentymistä – joskin viiveellä. Näiden kausittaistilanteiden vaikutuksen tarkka todentaminen vuosikeskiarvoja käsittelevillä geokemiallisilla malleilla ei kuitenkaan ole mahdollista. Näin ollen ilmastonmuutoksesta johtuvaa äärimmäisten sääolosuhteiden lisääntymistä voidaan pitää keskeisenä mallinnusepävarmuutena.

16.3.4 Ilmastonmuutoksen vaikutus

Ilmastomallien ja -skenaarioiden avulla lasketaan, kuinka paljon lämpötila, haihdunta, sademäärä tai muut ilmastosuureet muuttuvat vuosisadan loppuun mennessä ilmastollisen vertailukauden keskimääräisestä lähtötilanteesta. Ilmatieteen laitoksen laskelmien mukaan keskilämpötila nousee päästöskenaariosta riippuen Keski-Lapissa vuoteen 2085 tultaessa 2,1–6,0 °C ilmastollisesta vertailukaudesta 1981–2010. Lämpötila nousee kaikkina kuukausina. Talvella muutokset ovat suurempia kuin kesällä. Eniten lämpötila kohoaa tammikuussa (2,8–4,6 °C) ja vähiten kesäkuukausina (1,5–2,5 °C). (Ilmatieteen laitos 2022a.) On myös huomattava, että Keski-Lapissakin ilmasto on lämmennyt jo nyt viimeisten vuosikymmenten aikana. Vuoden keskilämpötila oli uuden vertailukauden 1991–2020 aikana 0,7 °C korkeampi kuin aiemmalla kaudella 1981–2010.

Myös kaikkien kuukausien sateisuuden ennustetaan lisääntyvän. Vuosittaisten sademäärien arvioidaan kasvavan Keski-Lapissa 7–20 % ennusteessa käytetystä ilmastovertailukaudesta 1981–2010. Tulevaisuudessa sataa vuoden aikana keskimäärin 570–640 mm. Sateisuus lisääntyy eniten marras- ja helmikuun välisenä aikana. Kesällä muutos on pienempi. (Ilmatieteen laitos 2022a.) Ilmaston lämmetessä lumipeite jää ohuemmaksi ja luminen vuodenaika lyhenee. Lumipäivät vähenevät Pohjois-Suomessa 20–30 % ja lumipeitteen massa pienenee 40–70 % tämän vuosisadan loppuun mennessä (Jylhä ym. 2009).

Pitkäaikaisten pohjavesiskenaarioiden perusteella pohjaveden pinnat laskevat ilman lämpötilan kohoamisen ja sen myötä haihdunnan lisääntymisen seurauksena merkittävästi Pohjois-Suomessa,

vaikka sademäärät kasvavatkin. Pohjaveden pinnat laskevat etenkin loppukesällä ja syksyllä, koska kevät aikaistuu ja sulamisvesien pohjavesivarastoja täydentävä vaikutus vähenee kesän kuivuusjaksojen pidentyessä. Kesäkauden haihdunnan määrän lisääntyminen ja kasvukauden pidentyminen vaikuttavat myös pohjaveden pinnankorkeuksiin. Syksyisin sadannan lisääntyminen auttaa pohjavesivarastojen täydentymistä. Sateisemmat ja pidemmät syksyt hidastavat routakerroksen muodostumista ja pidentävät pohjavesivaraston täydentymisaikaa. Talven lyheneminen johtaa yleisesti nykyistä korkeampiin pohjaveden pinnantasoihin talvella ja alkukeväällä. (Suomen ympäristökeskus 2019, Veijalainen ym. 2012.)

Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on tarkasteltu myös Sakatin maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) yhteydessä. Pohjaveden virtausmallinnuksessa esitellään vuosien 2020–2100 vuosittaiset sademäärät vaihteluvälinä (365–730 mm). Laskelmien mukaan sademäärät ovat suhteellisen vakioita vuoteen 2030 saakka. Vuoden 2040 jälkeen vuotuiset sademäärät vaihtelevat kuitenkin enemmän. Muodostuvan pohjaveden määrän oletetaan vähenevän lisääntyneen haihdunnan vuoksi pienessä määrin sora- ja hiekkakerroksissa (-7 %), ja moreenissa (-3 %). Turvemailla pohjavettä muodostuu enemmän lisäyksen ollessa noin 3 % nykyiseen verrattuna. (Itasca Denver Inc. 2023.)

16.3.5 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Rakentamisvaiheen kesto on arviolta vajaat kaksi vuotta teiden ja siltojen sekä voimalinjan osalta. Tehdasalueen rakentamisen kesto on noin vuosi ja vinotunneleiden sekä maanalaisten kaivosrakenteiden osalta noin kolme vuotta. Tehdasalueen rakentaminen toteutetaan samanaikaisesti vinotunneleiden rakentamisen kanssa. Rakennustyöt on siten suunniteltu toteutettavaksi vuosien 1–3 aikana. Rakentamisvaihetta ei kuitenkaan voida täysin erottaa kaivoksen toimintavaiheesta, koska tiettyjen alueiden, kuten rikastushiekan sijoitusalueiden ja maanalaisen kaivoksen tunneliverkoston, rakentaminen jatkuu myös tuotantovaiheen aikana. Asioiden yksinkertaistamisen vuoksi rakentamisaikaan on seuraavassa sisällytetty kaikki maanpäälliset rakennustyöt, vinotunnelien rakentaminen sekä tarvekivilouhoksen osalta louhoksen 1. vaihe, joka toteutetaan vuosien 1–2 aikana. Kaivannaisjätealueiden osalta rakentamisaika kattaa alueiden maarakentamisvaiheen sekä pohja- ja tiivistysrakenteiden rakentamisen.

Kairareikien tulppaamista (ks. Luku 4.1.5 Avoimien kairareikien tulppaus) tullaan toteuttamaan sekä rakennus- että toimintavaiheessa. Tulppausten vaikutusten arviointi esitetään kuitenkin vain rakentamisen aikaisten vaikutusten arvioinnin yhteydessä, sillä vaikutukset ovat samat molemmissa vaiheissa. Tulppaus etenee sitä mukaan, kun kaivoksen maanalaisten tilojen louhinta etenee. Tulppaus koskee ennen kautta 2021–2022 kairattuja avonaiseksi jätettyjä kairareikiä, joita on yhteensä 282 kpl. Lisäksi alueelle tullaan jättämään tulevien kairauskausien aikana muutamia avonaisia kairareikiä (noin 5 kpl/kairauskausi) myöhemmin tehtäviä geofysiikan tai hydrogeologian tutkimuksia varten. Nämä avoimeksi jätetyt kairareiät tullaan tulppaamaan samanaikaisesti vanhojen kairareikien kanssa.

Vaihtoehto VE0

Mikäli hanketta ei toteuteta, alue säilyy nykymuotoisena, eikä alueen pohjavesiolosuhteisiin kohdistu vaikutuksia. Suojelualueiden ulkopuolella tapahtuva metsätalouden harjoittaminen ja koko hankealueella ilmastonmuutos voivat pitemmällä aikavälillä aiheuttaa muutoksia pohjaveden laatuun ja määrään. Joidenkin metallien taustapitoisuudet ovat alueella normaalia korkeampia ja ilmasto-olosuhteiden muutokset voivat vaikuttaa niiden geokemialliseen käyttäytymiseen. Vanhojen kairareikien tulppausta ei suoriteta, vaan niihin asennetaan pintatulppa eli mansetti. Pintatulppa estää paineellisen pohjaveden olosuhteissa pohjaveden purkautumisen maanpinnalle.

Vaihtoehdot VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b

Kuusivaaran tehdasalueen ulkopuoliset maanpäälliset rakennustyöt

Tehdasalueen ulkopuolisia rakennuskohteita ovat kaikissa toteutusvaihtoehdoissa yhdystie, voimajohto sekä puhdistetun ylijäämäveden purkuputki purkupaikkoineen ja raakavesilinja siihen liittyvine rakenteineen. Lisäksi rakennetaan silta Kelujoen tai Kitisen yli. Vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a silta ylittää Kelujoen ja vaihtoehdoissa VE1b, VE2b ja VE3b Kitisen.

Kaikissa vaihtoehdoissa rakennetaan tehdasalueelle tuleva yhdystie. Tieyhteys alueelle tulee alavaihtoehdoissa a etelä-lounaasta ja alavaihtoehdoissa b luoteen suunnasta Myllymaan ja Ahvenjärvenkankaan pohjavesialueiden välistä.

Puhdistetun ylijäämäveden purkuputken sijainti vaihtelee eri hankevaihtoehdoissa, vaihtoehtoisten purkupaikkojen (A ja B) ollessa samat kaikissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehtoiset raakavedenottoalueet (RV1, RV2 ja RV3) ovat samat kaikilla hankevaihtoehdoilla. Raakavesilinjan tarkempi sijainti määräytyy hankevaihtoehdon mukaan.

Vaihtoehdot VE1a ja VE1b

Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b ei ole muuta kuin edellä kerrottua maanpäällistä rakentamista tehdasalueen ulkopuolella.

Tehdasalueen ulkopuolisten maanpäällisten rakenteiden rakennusaikaiset pohjavesivaikutukset aiheutuvat lähinnä pintamaakerrosten poistosta. Maarakentaminen vaikuttaa myös paikallisesti pohjaveden muodostumiseen muuttaen sadevesien imeytymisolosuhteita ja pintavaluma-alueiden rajoja. Vaikutukset ovat pienimuotoisia ja paikallisia. Muutokset voivat olla sekä myönteisiä että kielteisiä. Yhdystien rakentaminen alavaihtoehdossa b ei vaikuta lähimpien pohjavesialueiden Myllymaan (etäisyys alle 500 m) ja Ahvenjärvenkankaan pohjavesialueiden vedenlaatuun tai vedenantoisuuteen.

Molemmissa alavaihtoehdoissa lähteisiin Por-L1, Por-L2 ja Por-mL1 voi kohdistua haitallisia vaikutuksia purkuputken rakentamisesta johtuen. Lisäksi vaihtoehdossa VE1a yhdystien rakentaminen voi vaikuttaa haitallisesti lähteeseen Por-mL1. Mahdolliset vaikutukset ovat laadultaan määrällisiä, laadullisia vaikutuksia ei arvioida olevan.

Kuusivaaran länsipuolella, lähellä Kitistä, sijaitseviin kahteen talousvesikaivoon ei aiheudu vaikutuksia.

Pohjaveden laatuun mahdollisesti vaikuttavia päästöjä voi rakentamisaikana syntyä maarakennustöiden yhteydessä (pintamaiden kuoriminen, kallion louhinta, maan kaivuu, onnettomuudet ja vahingot). Räjähdysainejäämistä voi vapautua typpeä, maan kaivuusta voi aiheutua humuspitoisuuden kasvua pohjavedessä ja lisäksi maaperän muokkaaminen voi muuttaa geokemiallisia olosuhteita aiheuttaen maaperässä luonnostaan olevien metallien liukoisuuden kasvua. Onnettomuuksien ja vahinkojen seurauksena rakentamisalueiden maaperään voi päästä poltto- ja voiteluaineita.

Vaihtoehdot VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b

Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee Pahanlaaksonmaalla, jonne rakennetaan lisäksi pastalaitos, kaivosvesien keräilyallas sekä ilmanvaihtoasema. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a Pahanlaaksonmaalle sijoittuu myös nostotorni. Pahanlaaksonmaalle sijoitettavat toiminnot sijaitsevat vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b Pahalaksonmaan pohjavesialueella. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee Kersilönkankaan pohjavesialueen eteläpäässä, minne rakennetaan myös ilmanvaihtoasema ja kaivosvesien keräilyallas.

Tehdasalueen ulkopuolisten maanpäällisten rakenteiden rakennusaikaiset pohjavesivaikutukset ovat kaikissa vaihtoehtoissa samankaltaiset eli lähinnä pintamaakerrosten poistosta mahdollisesti aiheutuva humuspitoisuuden kohoaminen ja räjäytysten mahdollisesti aiheuttama typpipitoisuuksien kohoaminen pohjavedessä. Maarakentaminen vaikuttaa myös paikallisesti pohjaveden muodostumiseen muuttaen sadevesien imeytymisolosuhteita ja pintavaluma-alueiden rajoja. Rakennettavien alueiden lähivaluma-alueen geohydrologiaa säätelee pääosin Viiankiaavan keskiosista tuleva valunta, ei niinkään pinta-alaltaan pieniltä mineraalimaan harjanteilta tuleva valunta. Vaikutusten arvioidaan olevan pienimuotoisia ja paikallisia. Muutokset voivat olla sekä myönteisiä että kielteisiä. Yhdystien rakentaminen alavaihtoehdoissa b ei vaikuta lähimpien pohjavesialueiden Myllymaan (etäisyys alle 500 m) ja Ahvenjärvenkankaan pohjavesialueiden vedenlaatuun tai vedenantoisuuteen.

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b lähteiseen Por-L1, Por-L2 ja Por-mL1 voi kohdistua haitallisia vaikutuksia raakavedenottoputken rakentamisesta johtuen vaihtoehdossa RV2. Lisäksi vaihtoehdossa VE3a yhdystien rakentaminen voi vaikuttaa haitallisesti lähteeseen Por-mL1. Mahdolliset vaikutukset ovat laadultaan määrällisiä, laadullisia vaikutuksia ei arvioida olevan.

Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b Kuusivaaran pohjoispuolinen lähderypäs Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3, Ken-L4 ja Ken-L5 ja lähde Ken-L6 tuhoutuvat tai niihin kohdistuu merkittäviä vaikutuksia huoltotien rakentamisen johdosta.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b lähderypäs Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3, Ken-L4 ja Ken-L6 sekä lähde Ken-L5 ja lähde Pah-L1 tuhoutuvat tai niihin kohdistuu voimakkaita vaikutuksia huoltotien rakentamisen johdosta. Lisäksi vaihtoehdossa VE3a ja VE3b huoltotien rakentaminen voi Kärväslammen kohdalla aiheuttaa muutoksia paikallisiin pohjavesiolosuhteisiin ja sitä kautta vaikuttaa vähäisessä määrin myös Kitisen rannassa sijaitsevista lähteistä (Kit-L3, Kit-L4, Kit-L5) purkautuvan pohjaveden määrään.

Kuusivaaran länsipuolella, lähellä Kitistä, sijaitseviin kahteen talousvesikaivoon ei aiheudu vaikutuksia.

Rakentamisalueilla voi pohjaveden laatuun paikallisesti kohdistua riskejä työkoneiden ja ajoneuvojen öljy- ja polttoainevuodoista.

Kokonaisuutena Kuusivaaran tehdasalueen ulkopuolisten maanpäällisten rakennustöiden ei arvioida aiheuttavan merkittävää muutosta pohjavesiolosuhteissa lukuun ottamatta lähteisiin kohdistuvia vaikutuksia. Vaihtoehdosta riippuen vaikutukset kohdistuvat 1–5 lähteeseen tai lähderyppääseen, jotka joko tuhoutuvat tai niihin kohdistuu merkittäviä muutoksia. Mahdolliset vaikutukset kohdistuvat vaihtoehdosta riippuen lähinnä yhteen Porokodanjängällä sijaitsevaan lähderyppääseen, Kuusivaaran pohjoispuolisiin, Kenttäaavalla sijaitseviin lähteisiin sekä Kitisen rannassa Kärväslammen kohdalla sijaitseviin lähteisiin. Pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan kaikissa vaihtoehdoissa yleisellä tasolla **pieni kielteinen** ja erityisesti lähteisiin kohdistuvien vaikutusten osalta vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b **pieni kielteinen** ja muissa vaihtoehdoissa **suuri kielteinen**. Vaikutukset ovat pääasiassa määrällisiä, laadullisten vaikutusten jäädessä vähäisemmiksi.

Kuusivaaran tehdasalueen maanpäälliset rakennustyöt

Kaikissa vaihtoehdoissa tehdasalueen rakentamiskohteita ovat vesienkäsittelysakan sijoitusalue, korkearikkisen rikastushiekan varastoallas, matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue, vesivarastoallas, rikastamoalue, korkearikkisen sivukiven sijoitusalue, matalarikkisen sivukiven sijoitusalue, pintamaan sijoitusalue sekä erilaisia rakennuksia kuten lämpölaitos. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee tehdasalueella. Kuusivaaran tehdasalueen rakennustyöt on suunniteltu toteutettavaksi vuosien 1–2 aikana. Kuusivaaran alueelle tulee myös tarvekivilouhos, jonka valmistelevat työt (maakerrosten ja rapakallion poisto) ja louhinnan vaihe 1 toteutuvat kahden ensimmäisen vuoden aikana. Tarvekivilouhoksen myöhempien vaiheiden vaikutuksia on käsitelty tarkemmin toiminnan aikaisten vaikutusten arvioinnin yhteydessä.

Tehdasalueella maanpäällisten rakenteiden rakennusaikaiset pohjavesivaikutukset ovat kaikissa vaihtoehdoissa samankaltaiset eli lähinnä pintamaakerrosten poistosta mahdollisesti aiheutuva humuspitoisuuden kohoaminen, rakennustöihin liittyvästä kallion louhinnasta mahdollisesti aiheutuva typpipitoisuuksien kohoaminen pohjavedessä sekä maarakennustöistä aiheutuvat muutokset vedenjakajiin ja pohjaveden muodostumiseen. Lisäksi tehdasalueelle sijoittuvat kaivannaisjätteiden sijoitusalueet ja vesialtaat sekä pinnoitetut piha- ja tiealueet vähentävät maaperään imeytyvän sadeveden määrää vähentäen siten muodostuvan pohjaveden määrää. Rakentamisalueilla pohjaveden laatuun voi paikallisesti kohdistua riskejä työkoneiden ja ajoneuvojen öljy- ja polttoainevuodoista.

Kunkin päävaihtoehdon kohdalla tehdasalueen toiminnot on sijoitettu aina samalle puolelle Kuusivaaran laella sijaitsevaa pinta- ja pohjaveden jakajaa, joten vaikutukset kohdistuvat vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b Kuusivaaran alueelta etelän ja lännen väliselle alueelle ja vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b luoteen ja lännen väliselle alueelle. Poikkeuksena tästä on tarvekivilouhos, jonka mahdolliset pohjavesivaikutukset suuntautuvat vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b myös

luoteeseen. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tarvekivilouhos sijaitsee Kuusivaaran korkeimmalla kohdalla, joten sen vaikutukset kohdistuvat myös pohjoisen suuntaan, Natura-alueen lähivaluma-alueelle. Riippuen louhoksen lopullisesta sijainnista, laajuudesta ja syvyydestä, louhoksen kuivanapito saattaa vaikuttaa myös Kuusivaaran pohjoispuolella sijaitseviin lähteisiin.

Vaihtoehdolle VE1a tehdyn tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten pohjavesimallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) perusteella pohjavedenpinta alenee louhoksen välittömällä lähialueella, louhoksen syvyyden ollessa vajaat 25 metriä eli yhden vuoden kuluttua louhinnan alkamisesta, louhoksen pohjan tasolle kuivanapidon johdosta (molemmat tiivistysskenaariot). Noin sadan metrin säteellä louhoksesta pohjavedenpinnan gradientti on jyrkkä. 80 % tiivistysskenaariossa alenema on runsaan sadan metrin etäisyydellä kolmen metrin luokkaa. 0,1 metrin alenemakäyrä sijoittuu käytännössä kokonaan Kuusivaaran kivennäismaa-alueille lukuun ottamatta Kenttäaapaa, jossa vinotunneleiden linjauksen kohdalla pohjavedenpinnan alenema on 0,1 m. 65 % tiivistysskenaariossa vaikutusalue kasvaa jonkin verran ja alenemat ovat hieman suuremmat Kuusivaaran alueella. Kenttäaavan alueella vaikutusalue on hieman laajempi aleneman vastatessa suuruudeltaan 80 % tiivistysskenaarion mukaista alenemaa.

Vaihtoehdossa VE1b vinotunneleiden alkupää sijaitsee samassa kohdassa kuin vaihtoehdossa VE1a vinotunnelilinjauksen suuntautuessa koilliseen. Yhteisvaikutusten suuruusluokan voidaan arvioida olevan vastaava kuin vaihtoehdossa VE1a. Vaikutusalue sen sijaan laajenee hieman idän suuntaan.

Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b tarvekivilouhos sijaitsee Kuusivaaran länsiosassa noin yhden kilometrin etäisyydellä mallinnetusta vaihtoehdon VE1a sijainnista. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tarvekivilouhos sijaitsee Kuusivaaran korkeimmalla kohdalla noin 1,5 kilometriä itään mallinnetusta vaihtoehdosta. Vaikutuksia arvioitaessa on sovellettu mallinnetun VE1a vaihtoehdon tuloksia myös muihin vaihtoehtoihin, mikä aiheuttaa epävarmuutta arviointiin. Tarvekivilouhoksen vaiheiden 2 ja 3 (vuodet 3–23) vaikutuksia on arvioitu jäljempänä luvussa 16.3.6 Toiminnan aikaiset vaikutukset.

Lähdekartoituksissa havaittu lähde Kuusivaarassa (Kuu-L1) tuhoutuu kaikissa hankevaihtoehdoissa. Kuusivaaran eteläpuolella sijaitseva lähde Eli-L2 tuhoutuu vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b lähderypäs Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3, Ken-L4 ja Ken-L6 sekä lähde Ken-L5 ja lähde Pah-L1 tuhoutuvat tai niihin kohdistuu voimakkaita vaikutuksia. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b lähteeseen Por-mL1 voi kohdistua muutoksia Kuusivaaraan sijoittuvien rakennustöiden johdosta. Eliasaavalla havaittuihin lähteisiin (Eli-L1, Eli-HL1) kohdistuu mahdollisesti vaikutuksia tehdasalueen rakentamisen muuttaessa valuma-alueen pintavesien virtaus- ja imeytymisolosuhteita vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b.

Pohjavedenpinnan alenemavyöhykkeen (tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutus) 0,1 metrin sisäpuolelle jäävät vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b Kenttäaavalla sijaitsevat lähteet Ken-L4 ja Ken-L6. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b voidaan arvioida lähteiden Kuu-L2, Kuu-L3, KuuL4, Kuu-L5, Kuu-mL1 ja Kuu-mL2, jäävän 0,1 metrin vyöhykkeen sisälle. Lisäksi lähteet PorL-1, Por-mL1 ja Por-L2 jäävät 0,1–0,3 alenemakäyrän sisäpuolelle. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b vastaavalla 0,1 metrin suuruisella pohjavedenpinnan alenemavyöhykkeellä ei arvioida sijaitsevan lähteitä.

Kuusivaaran länsipuolella, lähellä Kitistä, sijaitseviin kahteen talousvesikaivoon ei aiheudu vaikutuksia vaihtoehdoissa VE1b, VE3a ja VE3b. Sen sijaan vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b tarvekivilouhoksen kuivanapito voi vaikuttaa pohjavedenpinnan alenemisen kautta kaivojen antoisuuteen.

Kuusivaaran tehdasalueella pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan kaikissa vaihtoehdoissa yleisellä tasolla **suuri kielteinen** ja erityisesti lähteisiin kohdistuvien vaikutusten osalta kaikissa vaihtoehdoissa **suuri kielteinen**. Osa alueella olevista lähteistä tuhoutuu, muilta osin vaikutukset ovat pääasiassa määrällisiä. Alenema voi vähentää vaikutusalueella olevien lähteiden virtaamia ja lisätä niiden ajoittaista kuivumista, jota on jo nykytilassa paikoitellen havaittu vähäsateisina kesinä, jolloin pohjaveden pinnat ovat alhaisemmilla tasoilla. Laadulliset vaikutukset jäävät vähäisemmiksi.

Vinotunnelien ja nostokuilun rakentaminen

Vinotunnelit sijoittuvat vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan väliselle alueelle, vaihtoehdossa VE2a, VE2b ja VE3a Pahanlaaksonmaalle ja Pahanlaaksonmaan ja Viiankiaavan väliselle alueelle (VE2b myös Viiankiaavalle) sekä vaihtoehdossa VE3b Pahanlaaksonmaalle, Kersilönkankaan pohjavesialueen eteläosaan ja Viiankiaavalle. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a louhitaan lisäksi Pahanlaaksonmaalle sijoittuva nostokuilu, jota kautta louhittu malmi kuljetetaan maanpinnalle. Rakennustyöt on suunniteltu toteutettavaksi vuosien 1–2 aikana. Rakentamisen aikana vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenneteet injektoidaan.

<u>Vaihtoehto VE1a</u>

Mallinnustulosten perusteella (Itasca Denver Inc. 2023) vinotunnelien rakentamisvaiheessa (vuodet 1–3) tunneliin purkautuvan pohjaveden määrä nousee vähitellen rakentamisen edistyessä ollen vuoden 2 lopussa molemmissa tiivistysskenaarioissa noin 120 m^3/h. Vettä tulee kaivostiloihin kallion rakoja ja siirroksia myöten. Suurin merkitys on ns. pohjaruhjeella, joka joudutaan läpäisemään Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan välisellä osuudella vinotunneleita louhittaessa.

Vinotunnelien kuivanapidon vaikutus näkyy pohjavedenpinnan alenemisena (huomioitu myös tarvekivilouhoksesta aiheutuva pohjavedenpinnan alenema). Mallinnuksen perusteella alenema on vuonna 3 rakentamisen aloittamisesta Kuusivaarassa molemmilla tiivistysskenaarioilla 0,1–5 metriä lukuun ottamatta tarvekivilouhoksen aluetta, jossa alenema vastaa tarvekivilouhoksen pohjan tasoa. Pohjavedenpinnan gradientti on erittäin jyrkkä tarvekivilouhoksen lähiympäristössä noin 200 metrin säteellä. Kenttäaavalla alenema on enimmillään noin 0,5 metriä kummallakin skenaariolla ja Pahanlaaksonmaalla (ml. Pahalaksonmaan pohjavesialue) noin 0,5 metriä. Ensimmäisenä vuonna vinotunnelien vaikutus on havaittavissa lähinnä Kuusivaaran alueella ja vähäisessä määrin Kenttäaavan alueella. Toisena ja kolmantena vuonna vaikutusalue laajenee ja alenema kasvaa hieman. Vaikutusalueen laajuus eli 0,1 metrin alenemakäyrän rajaama alue on kummassakin tiivistysskenaariossa suunnilleen samansuuruinen. Osa vinotunneleista sijaitsee suoraan Pahalaksonmaan pohjavesialueen alapuolella useiden satojen metrien syvyydellä. Vaikutuksen ei katsota olevan erityisen merkityksellinen pohjavesialueelle.

Molemmissa tiivistysskenaarioissa lähteet Ken-L4 ja Ken-L6 jäävät 0,1 metrin alenemakäyrän alueelle (vuosi 1). Vuonna 2 alenema kasvaa noin 0,1 metrillä ja samalla vaikutusalue laajenee myös lähteiden Ken-L1, Ken-L2 ja Ken-L3, mahdollisesti myös Ken-L5, alueelle, jolloin alenemalla voi olla lievää vaikutusta lähteisiin. Lähde Kuu-L1 sijaitsee alenemavyöhykkeellä 1–2 metriä (molemmat skenaariot), mutta lähde tuhoutuu joka tapauksessa maanpäällisten rakennustöiden johdosta. Muilla lähdealueilla alenemaa ei ole havaittavissa tai se on alle 0,1 metriä.

Kuusivaaran länsipuolella, lähellä Kitistä, sijaitseviin kahteen talousvesikaivoon ei aiheudu vaikutuksia.

Vinotunnelien rakentaminen voi aiheuttaa vaikutuksia pohjaveden laatuun lähinnä räjähdysaineiden typpijäämien vuoksi. Mikäli vinotunneli toteutetaan tunneliporalla poraus/panostus –menetelmän sijaan, typpipäästöjä ei tältä osin aiheudu (lukuun ottamatta vinotunnelin alkupään osuutta, noin 300–500 metriä, joka louhitaan räjähteitä käyttäen). Kuivanapitovesien pumppaamisen vaikutuksia pohjaveden laatuun on käsitelty luvussa 16.3.7.

Kokonaisuutena maa- ja kallioperän pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan rakentamisaikana hankevaihtoehdossa VE1a **keskisuuri kielteinen** (molemmat tiivistysskenaariot) vaikutusten kohdistuessa etenkin Kuusivaaran alueelle ja vähäisemmässä määrin lähteisiin. Vaikutukset ovat pääasiassa määrällisiä. Alenema ylittää paikoin Kuusivaaran alueella normaalin pohjavedenpinnan vaihtelun ja voi vähentää vaikutusalueella olevien lähteiden virtaamia sekä lisätä niiden ajoittaista kuivumista, jota on jo nykytilassa havaittu pohjavedenpinnan ollessa alhaalla. Vaikutuksen ei katsota olevan erityisen merkityksellinen Pahalaksonmaan pohjavesialueella, sillä vaikutusalue jää pohjavesialueiden geologisista olosuhteista johtuen pieneksi, ja alueen luonnollinen pohjavedenpinnan vaihtelu on luokkaa 1–2 metriä.

Pohjaveden laatuun kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan suuruusluokaltaan **pieni kielteinen**.

Vaihtoehdot VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b

Vaihtoehtojen VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b vinotunnelien rakentamisen vaikutusta ei ole erikseen mallinnettu. Mallinnetun vaihtoehdon VE1a:n tuloksia voidaan soveltaa myös muiden vaihtoehtojen vaikutusten arviointiin esiintymän louhinnan osalta. Vaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b vinotunnelin louhinnan vaikutusten arviointi voidaan tehdä vain sanallisena arviona. Vaihtoehdon VE1a mallinnuksen tulosten soveltamismahdollisuuksia muihin vaihtoehtoihin on käsitelty tarkemmin luvussa 16.3.2.

Vaihtoehdossa VE1b vinotunneli johtaa Kuusivaaralta suoraan Natura-alueen alitse kohti pääesiintymää. Tämän vuoksi etenkin vinotunnelin rakentamisen aikana ilmenevä maapohjaveden alenema kohdistuu todennäköisesti enemmän Natura-alueelle kuin vaihtoehdossa VE1a. Koska tämän vinotunnelivaihtoehdon alueella ei ole tehty kallioperän tutkimuksia Natura-alueella, ei voida varmuudella arvioida, että alenema-alue olisi vastaavan laajuinen kuin vaihtoehdossa VE1a, mutta vain enemmän Natura-alueen puolelle siirtyneenä. Vaikka vaihtoehdon VE1b vinotunneliosuus on vaihtoehdon VE1a vinotunneliosuutta lyhyempi mahdollisuutta laaja-alaisempiin hydrologisiin vaikutuksiin vaihtoehdon VE1b vinotunnelien osalta ei voida poissulkea.

Pohjavesialueisiin kohdistuvien vaikutusten osalta vaihtoehdossa VE1b voidaan todeta, että vaikutukset jäävät vaihtoehtoon VE1a nähden pienemmiksi etäisyyden kasvaessa vinotunnelin ja pohjavesialueiden välillä.

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b eri vinotunneliratkaisut sijoittuvat osin Natura-alueen alle Pahanlaaksonmaan itä-koillispuolella. Tämän vuoksi vinotunnelin rakentamisen hydrologiset vaikutukset kohdistuisivat eri alueelle kuin vaihtoehdoissa VE1a tai VE1b. Vaihtoehdossa VE2a vinotunneli sijoittuu muita vaihtoehtoja keskitetymmin Pahalaksonmaan pohjavesialueelle, jossa myös kaivoksen sisäänkäynti ja nostokuilu sijaitsevat, joten sen vaikutukset pohjavesialueeseen ovat oletettavasti suurimmat kaikista vaihtoehdoista. Natura-alueelle kohdistuvien pohjavesivaikutusten osalta tilanne on päinvastainen vaikutusten ollessa todennäköisesti vähäisimmät tai samaa suuruusluokkaa vaihtoehdon VE1a:n kanssa. Mallinnusten puuttuessa mahdollisuutta laaja-alaisempiin hydrologisiin vaikutuksiin vaihtoehdon VE2a osalta ei voida poissulkea.

Vaihtoehdossa VE2b pohjavesivaikutukset kohdistuvat Pahalaksonmaan pohjavesialueelle sekä Viiankiaavalle. Vaihtoehtoon VE1a verrattuna pohjavesialueella tapahtuva pohjaveden pinnan aleneminen kohdistuu todennäköisesti pienemmälle alueelle kuin vaihtoehdossa VE1a, mutta alenema voi olla suurempi.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b vinotunnelien (vaihtoehdossa VE3a myös nostokuilu) rakentamisesta aiheutuva pohjaveden pinnan alenema voi vaikuttaa sekä Pahalaksonmaan että Kersilönkankaan pohjavesialueisiin. Lisäksi vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavalle.

Yhteenveto rakentamisen ja pohjavedenpinnan aleneman vaikutuksesta lähteisiin on esitetty taulukossa (Taulukko 16-21). Maanalaisen kaivoksen kuivanapidosta aiheutuvan pohjavedenpinnan aleneman lähtökohtana on pidetty 65 % tiivistysskenaariota (80 % tiivistysskenaarion mukaiset alenemat eivät poikkea laajuudeltaan ja suuruudeltaan merkittävästi 65 % tiivistysskenaarion mukaisista alenemista).

Vaihtoehdossa VE1b Kuusivaaran pohjoispuoliset lähteet (Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3, Ken-L4, Ken-L6, Ken-L5, Vii-L1, Vii-L3, Vii-L4) sekä Pahanlaaksonmaan pohjoisosassa (Kit-L3, Kit-L4, Kit-L5, Vii-HL8) ja vastaavalla kohdalla idempänä Viiankiaavalla (Vii-HL7, Vii-HL6, Vii-HL3, Vii-HL2, Vii-HL1, Vii-HL4) sijaitsevat lähteet sijoittuvat pohjavedenpinnan alenemisvyöhykkeelle. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b pohjavedenpinnan alenemaa ilmenee Pahanlaaksonmaan pohjoispäässä ja Viiankiaavalla sijaitsevien lähteiden alueella (Vii-HL7, Vii-HL3, Vii-HL2, Vii-HL8). Vaihtoehdossa VE2b myös Vii-HL6, Vii-HL4, Vii-HL5, Vii-HL1 ja Vii-L1. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b edellä mainittujen lähteiden lisäksi vaikutusalueelle sijoittunee yksittäinen lähde Kit-mL1 Kersilönkankaalla.

Vaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b Kuusivaaran länsipuolella sijaitseviin kahteen talousvesikaivoon ei aiheudu vaikutuksia vinotunneleiden rakentamisen johdosta (VE2a ja VE2b osalta vaikutuksia aiheutuu tarvekivilouhoksen kuivanapidosta).

Vinotunnelien ja tarvekivilouhoksen rakentaminen voi aiheuttaa vaikutuksia pohjaveden laatuun lähinnä räjähdysaineiden typpijäämien vuoksi. Kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapidon sekä kaivoksen muiden toimintojen aiheuttamia vaikutuksia pohjaveden laatuun on käsitelty luvussa 16.3.6.

Mallinnustulosten perusteella vinotunnelien rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset ilmenevät jo toiminnan alkuvuosina ja pysyvät suunnilleen samansuuruisina myöhempinä toimintavuosina (vuodesta kolme eteenpäin). Sen sijaan yhteisvaikutus tarvekivilouhoksen kanssa lisääntyy sitä mukaa kun louhosta syvennetään.

Kokonaisuutena maa- ja kallioperän pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan hankevaihtoehdossa VE1b suuri kielteinen vaikutusten kohdistuessa etenkin Kuusivaaran alueelle ja lähteisiin. Vaikutukset ovat pääasiassa määrällisiä. Alenema ylittää normaalin pohjavedenpinnan vaihtelun ja voi vähentää vaikutusalueella olevien lähteiden virtaamia sekä lisätä niiden ajoittaista kuivumista, jota on jo nykytilassa paikoitellen havaittu vähäisen pohjaveden aikoina.

Vaihtoehtojen VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b osalta rakentamisen aikana pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan **keskisuuri kielteinen** vaikutusten kohdistuessa etenkin Pahanlaaksonmaan (VE2a ja VE3a), Kersilönkankaan (VE3a ja VE3b) sekä Viiankiaavan (VE2a, VE2b, VE3a, VE3b) alueilla pohjavedenpintaan ja lähteisiin (molemmat tiivistysskenaariot). Vaikutukset ovat pääasiassa määrällisiä. Alenema voi ylittää normaalin pohjavedenpinnan vaihtelun ja siten vähentää vaikutusalueella olevien lähteiden virtaamia sekä lisätä niiden ajoittaista kuivumista, jota on jo nykytilassa paikoitellen havaittu pohjavedenpinnan korkeuden ollessa alhaalla. Vaikutuksen ei katsota olevan erityisen merkityksellinen Pahalaksonmaan tai Kersilönkankaan pohjavesialueilla, sillä vaikutusalue jää pohjavesialueiden geologisista olosuhteista johtuen pieneksi.

Laadulliset vaikutukset lähteisin ja pohjavesiin jäävät vähäisemmiksi ja pohjaveden laatuun kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaankin olevan **pieni kielteinen** (VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b).

Vinotunnelilinjalla pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan kaikissa vaihtoehdoissa yleisellä tasolla, Natura-alueen ulkopuolella, **suuri kielteinen** ja erityisesti lähteisiin kohdistuvien vaikutusten osalta kaikissa vaihtoehdoissa **suuri kielteinen**. Vaikutukset ovat pääasiassa määrällisiä, alenema voi vähentää vaikutusalueella olevien lähteiden virtaamia ja lisätä niiden ajoittaista kuivumista, jota on jo nykytilassa paikoitellen havaittu pohjavedenpinnan korkeuden ollessa alhaalla. Alenemat eivät ulotu vinotunnelien rakentamisvaiheessa kovinkaan pitkälle Natura-alueelle ja niiden suuruus ja vaikutus Natura-alueella sijaitseviin lähteisiin jää suuruusluokaltaan pieneksi kielteiseksi.

Taulukko 16-21 Rakentamisen ja pohjavedenpinnan maksimialeneman vaikutus lähteisiin.

VE	Lähde tuhoutuu rakentamisen vuoksi	Mahdollinen rakentamisesta aiheutuva muutos olosuhteissa (pohjaveden muodostuminen, virtaussuunnat)	Lähde vinotunnelin ja/tai maanalaisten kaivosrakenteiden ja/tai tarvekivilouhoksen vaikutuspiirissä (pohjavedenpinnan alenema ≥0,1 metriä)**
VE1a	Kuu-L1, Eli-L2	Eli-L1, Eli-HL1, Por-mL1	Vii-L2, Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3, Ken-L4, Ken-L6, Ken-L5, Pah-L1, Vii-HL8, Vii-HL7, Vii-HL3, Vii-HL2
VE1b	Kuu-L1, Eli-L2	Eli-L1, Eli-HL1, Por-mL1	Vii-L2*, Vii-L3*, Vii-L4*, Ken-L1*, Ken-L2*, Ken-L3*, Ken-L4*, Ken-

VE	Lähde tuhoutuu rakentamisen vuoksi	Mahdollinen rakentamisesta aiheutuva muutos olosuhteissa (pohjaveden muodostuminen, virtaussuunnat)	Lähde vinotunnelin ja/tai maanalaisten kaivosrakenteiden ja/tai tarvekivilouhoksen vaikutuspiirissä (pohjavedenpinnan alenema ≥0,1 metriä)**
			L6*, Ken-L5*, Pah-L1*, Vii-HL8*, Kit-L3*, Kit-L4*, Kit-L5*, Vii-HL7*, Vii-HL6*, Vii-HL3*, Vii-HL2 *, Vii-HL1*, Vii-HL4*, Vii-L1*
VE2a	Kuu-L1, Eli-L2, Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3, Ken-L4, Ken-L6, Ken-L5	Eli-L1, Eli-HL1, Por-mL1	Vii-HL7*, Vii-HL3, Vii-HL2*, Vii-HL8
VE2b	Kuu-L1, Eli-L2, Ken-L1***, Ken-L2***, Ken-L3***, Ken-L4***, Ken-L6***, Ken-L5***	Eli-L1, Eli-HL1, Por-mL1	Vii-HL8*, Vii-HL7*, Vii-HL6*, Vii-HL4*, Vii-HL5*, Vii-HL3*, Vii-HL2 *, Vii-HL1*, Vii-L1*
VE3a	Kuu-L1, Ken-L1***, Ken-L2***, Ken-L3***, Ken-L4***, Ken-L6***, Ken-L5***, Pah-L1***	Eli-L1, Eli-HL1, Por-mL1, Kit-L3, Kit-L4, Kit-L5, Ken-L1***, Ken-L2***, Ken-L3***, Ken-L4***, Ken-L6***, Ken-L5***, Pah-L1***	Vii-HL8*, Vii-HL7*, Vii-HL6*, Vii-HL3*, Vii-HL2 *, Vii-HL1*, Vii-HL4*, Vii-HL5*, Vii-L1*
VE3b	Kuu-L1, Ken-L1***, Ken-L2***, Ken-L3***, Ken-L4***, Ken-L6***, Ken-L5***, Pah-L1***	Eli-L1, Eli-HL1, Por-mL1, Kit-L3, Kit-L4, Kit-L5, Ken-L1***, Ken-L2***, Ken-L3***, Ken-L4***, Ken-L6***, Ken-L5***, Pah-L1***	Vii-HL8*, Vii-HL7*, Vii-HL6*, Vii-HL3*, Vii-HL2 *, Vii-HL1*, Vii-HL4*, Vii-HL5*, Vii-L1

**Perustuu vaihtoehdon VE1a mallinnuksen soveltamiseen (65 % tiivistysskenaario)*

***Pohjavedenpinnan 0,1 metrin alenemakäyrien sijainnit vastaavat likimain toisiaan molemmissa tiivistysskenaarioissa (65 % ja 80 %). Vaihtoehdossa VE1a kaikki mainitut vaikutusalueella sijaitsevat lähteet sijoittuvat alenemakäyrävälille 0,1–0,2 metriä lukuun ottamatta lähteitä Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3 (sijoittuvat käyrien 0,2–0,5 metrin välille) ja lähteitä Ken-L4 ja Ken-L6 (sijoittuvat 0,5–1,0 metrin välille)*

****Lähde tuhoutuu tai siihen kohdistuu voimakkaita vaikutuksia huoltotien rakentamisen johdosta*

Kairareikien tulppaus

Tulppauksessa kairareiän aukikairauksessa käytetään kairanterän jäähdytys- ja voiteluaineena vettä, joka pumpataan joko läheisestä kairareiästä tai muusta lähistön vesistöstä. Tulppauksen ja kairauksen yhteydessä kairareikään lisättävät tulppauksen ja kairauksen apuaineet voivat vaikuttaa pohjaveden pienialaiseen kemiallisen laadun muutokseen tai heikentymiseen. Apuaineita voi joutua ympäristöön kairausveden mukana laimeina pitoisuuksina poikkeustilanteissa. Kairauksessa ja tulppauksessa käytettävien kemikaalien ympäristövaikutuksia on käsitelty erillisessä raportissa (AFRY Finland Oy 2022d), jonka mukaan käytetyistä kemikaaleista ei arvioida aiheutuvan merkittävää haittaa ympäristölle.

Teoreettisesti kallioperän ruhjeita yhdistävät kairareiät voisivat aiheuttaa veden kulkeutumista kallioperän kerroksesta toiseen, ja siten aiheuttaa mahdollisesti maaperän paikallista kuivumista tai pinta- ja pohjavesien sekoittumista. Kairanreikien pintatulppaus ja sementointi ehkäisee tähän mahdollisuuteen liittyviä riskejä. Tulppaushanke osaltaan vähentää edelleen kuivumiseen liittyviä riskejä. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

Kairareikien tulppausten pohjaveteen kohdistuvat vaikutukset ovat samat kaikilla hankevaihtoehdoilla (VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b). Jo olemassa olevien reikien tulppaamisen vaikutusten arvioidaan olevan tulppausten toteuttamisaikana suuruusluokaltaan pieni kielteinen ja tulppauksen toteuduttua pieni myönteinen.

16.3.6 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Toimintavaihe käsittää tässä yhteydessä varsinaisen malmin louhinnan lisäksi maanalaisten kaivostilojen louhimisen (pois lukien vinotunnelit ja nostokuilu), tarvekivilouhoksen vaiheet 2 ja 3 sekä tehdasalueen ja muiden hankealueen maanpäällisten alueiden toiminnot. Toiminta-aika käsittää vuodet 4–22. Toiminnan aikaisia vaikutuksia on käsitelty erikseen pohjavedenpinnan alenemien osalta ja pohjavesiin mahdollisesti kohdistuvien laadullisten vaikutusten osalta.

Määrälliset vaikutukset (pohjavedenpinnan alenema)

Tarvekivilouhoksen aiheuttamaa pohjavedenpinnan alenemaa on mallinnettu vaihtoehdoille VE1a ja VE1b. AFRY Finland Oy (2022a) on arvioinut alenemaa myös vaihtoehdoille VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b perustuen tehtyyn mallinnukseen. Lisäksi Itasca Denver Inc. (2023) on laatinut yhdistelmämallin, jossa vinotunnelien ja tarvekivilouhoksen aiheuttamat yhteisvaikutukset on mallinnettu (vaihtoehto VE1a). Vinotunneleiden ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutusten mallinnustulosten perusteella alenemat ovat pienemmät kuin tarvekivilouhoksen mallinnuksen perusteella. Yhteisvaikutusten mallinnusta pidetään luotettavampana kuin tarvekivilouhoksen mallinnusta mm. mallinnusalueen laajuuden vuoksi.

Maaperän pohjaveden pinnan lasku voi aiheuttaa muutoksia paitsi pohjavesialueiden hydrogeologisiin olosuhteisiin, lähteisiin ja talousvesikaivoihin, myös lähde- ja pohjavesivaikutteisten soiden vesitalouteen ja suoveden mineraalipitoisuuteen. Pohjaveden fysikaalinen ja kemiallinen koostumus (mineraalipitoisuus) poikkeaa sadevedestä ja pintavedestä. Siitä syystä muutokset pinta- ja pohjaveden sekoitussuhteessa vaikuttavat suon vedenlaatuun, sitä kautta kasvilajien kasvupaikkaolosuhteisiin. Kasvillisuuteen kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu luvussa 19. Seuraavassa on arvioitu pohjavedenpinnan alenemisen vaikutuksia vaihtoehdoittain

Vaihtoehto VE0

Hanketta ei toteuteta, vaan alue säilyy nykymuotoisena eikä alueen pohjavesiolosuhteisiin kohdistu vaikutuksia. Luonnonsuojelualueiden ulkopuolella metsätalouden harjoittaminen ja koko hankealueella ilmastonmuutos voivat pitemmällä aikavälillä aiheuttaa muutoksia pohjaveden laatuun ja määrään. Joidenkin metallien taustapitoisuudet ovat alueella normaalia korkeampia ja ilmasto-olosuhteiden muutokset voivat vaikuttaa niiden geokemialliseen käyttäytymiseen.

Vaihtoehto VE1a

Itasca Denver Inc.:n (2023) koko kaivostoiminnan aikajakson (22 vuotta) kattavan pohjaveden virtausmallinnuksen perusteella on todettu kaivostiloihin tulevan vesimäärän olevan tuotantovaiheen alussa noin 120 m^3/h kummallakin tiivistysskenaariolla. Ensimmäisinä tuotantovuosina kuivatusvesien määrä laskee hieman ja nousee sitten uudelleen vakiintuen tasolle noin 115 m^3/h (65 % tiivistysskenaario) ja 110 m^3/h (80 % tiivistysskenaario). Mallinnuksen perusteella maaperän pohjavedessä tapahtuva alenema on enimmillään 1,4 metrin luokkaa (vuosi 22 tammikuu, Kuva 16-24 ja Kuva 16-38) Pahanlaaksonmaalla 65 %:n tiivistysskenaariossa. Kärväslammen ja Sakattilampien välisellä alueella alenema on vastaavasti noin 0,6 metriä ja Kenttäaavalla noin yksi metri. Kuusivaaran alueella alenema on tarvekivilouhoksen välitöntä lähiympäristöä lukuun ottamatta alle viiden metrin aleneman pienentyessä nopeasti Kuusivaaran reuna-alueita kohti mentäessä. Kun käytettävä tiivistysskenaario on 80 %, alenema on enimmillään Pahanlaaksonmaalla noin 1,3 metriä, ja muualla kuten edellä on kerrottu 65 % tiivistysskenaarion osalta (Kuva 16-23ja Kuva 16-37). Tuloksista on havaittavissa, että tiivistysskenaariolla ei ole merkittävää vaikutusta vinotunnelien alkupään alueella Kuusivaarassa. Tämä johtuu lähinnä tarvekivilouhoksen kuivanapidon aiheuttamasta pohjavedenpinnan alenemasta. Alenemakäyrä 0,3 metriä kattaa itäosaa lukuun ottamatta Kuusivaaran käytännöllisesti katsoen kokonaisuudessaan. Lisäksi käyrän sisäpuolelle jää Porokodanjängän ja Eliasaavan pohjoisimmat alueet. Viiankiaavan Natura-alueelle 0,3 metrin alenemakäyrä osuu Kuusivaarassa vain hyvin pienellä alueella. Eliasaavan itäosassa Natura-alueelle ulottuva alenema on enimmillään 0,5 metriä.

Lähinnä vinotunneleista aiheutuva pohjavedenpinnan lasku Pahalaksonmaan pohjavesialueella kohdistuu käytännöllisesti katsoen koko pohjavesialueelle (aleneman suuruus ≥0,1 metriä). Merkittävin alenema (1,3–1,4 metriä) sijoittuu pohjavesialueen kaakkoisreunaan. Aleneman suuruus on pitkälti samaa suuruusluokkaa kuin pohjavedenpinnan luonnollinen vaihtelu alueella, mutta suurimmat alenemat voivat vaikuttaa kielteisesti esiintymän antoisuuteen. Pohjavedenpinnan alenema ei ulotu Kersilönkankaan pohjavesialueelle.

Pohjaveden virtausmallinnuksen mukaan pohjavedenpinnan aleneminen aiheuttaa myös alivirtaaman pienenemisen Kitisessä. Purkautuminen jokeen vähenee noin 480 m^3/vrk. (Itasca Denver Inc. 2023.) Vaikutus voi näkyä yksittäisistä lähteistä purkautuvissa vesimäärissä, mutta muutoksen arvioidaan olevan suuruusluokaltaan pienehkö. Kitiseen purkautuvien lähteiden kuivuminen ei ole todennäköistä. Kitisen rannassa sijaitsevat lähteet Kit-L3, Kit-L4 ja Kit-L5 jäävät pohjaveden 0,1 metrin alenemakäyrän ulkopuolelle, mutta pohjavedenpinnan aleneminen lähteistä purkautuvan pohjaveden muodostumisalueella voi silti vaikuttaa lähteistä purkautuvan veden määrää alentavasti. Lähteet, joihin vaikutuksia kohdistuu, on yksilöity taulukossa (Taulukko 16-21) luvussa 16.3.5.

Vaihtoehdolla VE1a ei ole todettavissa vaikutuksia Kuusivaaran länsipäässä sijaitseviin talousvesikaivoihin.

Pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvan vaikutuksen suuruusluokan arvioidaan olevan Kuusivaaran, Kenttäaavan ja Pahanlaaksonmaan alueilla **suuri kielteinen.** Porokodanjängän alueella vaikutuksen suuruusluokka on tarvekivilouhoksesta johtuen **pieni kielteinen**. Sakatin pääsiintymän ja satelliittiesiintymän NE alueella Viiankiaavalla vaikutuksen suuruus on **pieni kielteinen** aleneman ollessa

valtaosin luonnollisen pohjavedenpinnan vaihtelun suuruusluokkaa. Lähteiden osalta vaikutuksen suuruusluokan arvioidaan olevan **suuri kielteinen**.

Vaihtoehdot VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b

Vaihtoehtojen VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b toimintavaiheen vaikutusta ei ole erikseen mallinnettu maanalaisten toimintojen osalta. Eri vaihtoehdoissa esiintymän louhimisen vaikutukset pysyvät samanlaisina, erot syntyvät vinotunnelien toteutustavasta, pituudesta ja sijainnista. Tältä osin ratkaisevaa on mitä rakenteita eri vinotunnelit leikkaavat ja millaiset vedenjohtavuusominaisuudet ko. rakenteilla on. Vaihtoehdon VE1a mallinnuksen tulosten soveltamismahdollisuuksia muihin vaihtoehtoihin on käsitelty tarkemmin luvussa 16.3.2.

Mallinnetussa vaihtoehdossa VE1a valtaosa toimintavaiheessa kalliotiloihin purkautuvan veden kokonaismäärästä on peräisin vinotunneleista. Jos oletetaan, että muiden vaihtoehtojen osalta vinotunnelit leikkaavat suunnilleen samassa määrin hyvin vettä johtavia rakenteita, voidaan todeta merkittävimpien pohjavesivaikutusten aiheutuvan vinotunnelien louhinnasta kaikissa vaihtoehdoissa. Tässä yhteydessä on huomioitava vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b vinotunneleiden lyhyempi pituus verrattuna vaihtoehtoihin VE1a ja VE1b. Lisäksi vinotunneleita on vain yksi, kun taas vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b vinotunneleiden lukumäärä on neljä. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a louhitaan vinotunnelin lisäksi nostokuilu.

VE1b

Jos vaihtoehdon VE1a pohjaveden virtausmallinnustuloksia sovelletaan vaihtoehtoon VE1b, voidaan olettaa vaikutusten pysyvän suunnilleen samansuuruisina, mutta vaikutusalueen laajenevan Kuusivaaran alueella jossain määrin itään vinotunnelien suuntautuessa suoraan kohti Sakatin esiintymää. Tämän seurauksena voidaan arvioida 0,1 metrin alenemakäyrän ulottuvan kauemmas Viiankiaavan Natura-alueelle verrattuna vaihtoehtoon VE1a. Kenttäaavalla vaikutusalue ei laajene, mutta siirtyy itään päin.

Vaihtoehdossa VE1b pääesiintymän ja NE-satelliittiesiintymän louhimisesta enimmillään aiheutuva noin 0,6 metrin alenema kohdentuu kaivoksen toiminta-aikana Kärväslammen ja Kiimakuusikon väliselle alueelle. Vinotunnelien vaikutus kohdistuu suurimmillaan Kuusivaaran lisäksi Viiankiaavan alueelle Pahanlaaksonmaan kohdalla sekä Kenttäaavan ja Viiankiaavan alueelle Kuusivaaran pohjoispuolella.

Lähteisiin kohdistuvista vaikutuksista suurin osa ilmenee jo rakennusaikana, mutta tuotannon alettua vaikutusten suuruusluokka voi kasvaa ja vaikutusten piiriin voi myös tulla uusia lähteitä. Rakentamisen ja tuotannon aikaisen pohjavedenpinnan aleneman vaikutuspiirissä olevat lähteet on yksilöity luvun 16.3.5 taulukossa (Taulukko 16-21). Vaihtoehdolla VE1b ei ole todettavissa vaikutuksia Kuusivaaran länsipäässä sijaitseviin talousvesikaivoihin.

Pohjavesiolosuhteisiin kohdistuvan vaikutuksen suuruusluokan arvioidaan olevan Kuusivaaran ja Kenttäaavan alueilla **suuri kielteinen** ja Pahanlaaksonmaan sekä Sakatin esiintymän ympäristössä Viiankiaavalla **pieni kielteinen**. Porokodanjängän alueella vaikutuksen suuruusluokka on tarvekivilouhoksesta johtuen **pieni kielteinen.** Viiankiaavan alueella vinotunneleista ja tarvekivilouhoksesta

aiheutuvien pohjavesivaikutusten voidaan arvioida olevan suuruusluokaltaan **keskisuuri tai pieni kielteinen** riippuen vinotunneleihin purkautuvan veden määrästä sekä suoalueella havaitun tiiviin turvekerroksen laajuudesta ym. hydrologisiin yhteyksiin vaikuttavista tekijöistä. Kersilönkankaan pohjavesialueelle ei kohdistu vaikutuksia. Lähteisin kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan suuruusluokaltaan **suuri kielteinen**.

VE2a

Vaihtoehdoissa VE2a tarvekivilouhoksen aiheuttaman pohjavedenpinnan aleneman (>1 metri) on arvioitu ulottuvan vaiheessa 2 Kenttäaavan länsiosaan, idän suunnassa Kuusivaaralle noin 800 metriä, etelässä Porokodanjängälle ja lännessä Kitisen rantavyöhykkeelle. Alenema on todennäköisesti mallinnettua pienempi, koska vinotunneleiden ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutusten mallinnustulosten perusteella alenemat ovat pienemmät kuin tarvekivilouhoksen mallinnuksen perusteella.

Maanlaisten rakenteiden ja esiintymän louhinnan aiheuttaman pohjavedenpinnan aleneman voidaan arvioida vastaavan esiintymän alueella vaihtoehdon VE1a mallinnettua tilannetta. Pahanlaaksonmaan alueella pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan vaihtoehdon VE1a mallinnustuloksia suurempia, koska ko. alueelle sijoittuu maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti, nostokuilu ja osa vinotunnelista. Viiankiaavalle kohdistuvat vaikutukset voivat olla muita vaihtoehtoja vähäisemmät, mutta Pahalaksonmaan pohjavesialueen osalta suurimmat. Kersilönkankaan pohjavesialueelle ei kohdistu vaikutuksia. Lähteisiin kohdistuvista vaikutuksista suurin osa ilmenee jo rakennusaikana, mutta tuotannon alettua vaikutusten suuruusluokka voi kasvaa ja vaikutusten piiriin voi myös tulla uusia lähteitä. Rakentamisen ja pohjavedenpinnan aleneman vaikutuspiirissä olevat lähteet on yksilöity luvun 16.3.5 taulukossa (Taulukko 16-21).

Vaihtoehdossa VE2a Kuusivaaran länsipäässä sijaitsevat talousvesikaivot (2 kpl) ovat tarvekivilouhoksen aiheuttaman pohjavedenpinnan aleneman piirissä. Aleneman suuruus on vaihtoehdolle VE1a laaditun tarvekivilouhoksen mallinnustuloksia soveltaen arviolta noin kahden metrin suuruusluokkaa, mikä voi aiheuttaa merkittävää haittaa kaivojen käytölle kaivojen mahdollisesti kuivuessa niinä ajanjaksoina, jolloin pohjavedenpinnat ovat luonnostaankin alhaalla. Vaihtoehdolle VE1a tehdyn tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten mallinnuksen perusteella alenemat ovat kuitenkin pienemmät. Lopullisen haitan suurus riippuu mm. kaivojen syvyydestä. Laadullista haittaa kaivojen pohjavedelle ei arvioida aiheutuvan pohjavedenpinnan aleneman johdosta.

Pohjavedenpinnan aleneman vaikutuksen suuruusluokan arvioidaan olevan Pahalaksonmaan pohjavesialueella **suuri kielteinen** ja esiintymän alueella Viiankiaavalla **pieni kielteinen**. Kuusivaaran ja Porokodanjängän alueilla sekä Kenttäaavalla aleneman vaikutuksen suuruuden arvioidaan olevan **suuri kielteinen**. Lähteisiin ja talousvesikaivoihin kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan suuruusluokaltaan **suuri kielteinen**.

VE2b

Vaihtoehdoissa VE2b tarvekivilouhoksen aiheuttaman pohjavedenpinnan aleneman (>1 metri) on arvioitu ulottuvan vaiheessa 2 Kenttäaavan länsiosaan, idän suunnassa Kuusivaaralle noin 800

metriä, etelässä Porokodanjängälle ja lännessä Kitisen rantavyöhykkeelle. Kuten edellä on kerrottu vaihtoehto VE2a:n osalta, pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan todellisuudessa pienempi.

Vinotunnelin ja muiden maanlaisten rakenteiden ja esiintymän louhinnan aiheuttaman pohjavedenpinnan aleneman voidaan arvioida olevan suurimmillaan esiintymän alueen lisäksi Pahanlaaksonmaalla (kaivoksen sisäänkäynti) ja Viiankiaavalla esiintymän ja Sakattikumpujen välisellä alueella (vinotunneli). Kersilönkankaan pohjavesialueelle ei kohdistu vaikutuksia. Lähteisiin kohdistuvista vaikutuksista suurin osa ilmenee jo rakennusaikana, mutta tuotannon alettua vaikutusten suuruusluokka voi kasvaa ja vaikutusten piiriin voi myös tulla uusia lähteitä. Rakentamisen ja pohjavedenpinnan aleneman vaikutuspiirissä olevat lähteet on yksilöity luvun 16.3.5 taulukossa (Taulukko 16-21).

Vaihtoehdossa VE2b Kuusivaaran länsipäässä sijaitsevat talousvesikaivot (2 kpl) ovat tarvekivilouhoksen aiheuttaman pohjavedenpinnan aleneman piirissä. Aleneman suuruus on vaihtoehdolle VE1a laaditun tarvekivilouhoksen mallinnustuloksia soveltaen arviolta noin kahden metrin suuruusluokkaa, mikä voi aiheuttaa merkittävää haittaa kaivojen käytölle. Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten mallinnuksen perusteella alenemat ovat kuitenkin pienemmät. Lopullisen haitan suuruus riippuu mm. kaivojen syvyydestä.

Pohjavedenpinnan aleneman vaikutuksen suuruusluokan arvioidaan olevan Pahalaksonmaan pohjavesialueella välillä **keskisuuri – suuri kielteinen**, esiintymän alueella Viiankiaavalla **pieni kielteinen** ja kauempana esiintymästä Viiankiaavalla **keskisuuri tai suuri kielteinen** riippuen vinotunneleihin purkautuvan veden määrästä sekä suoalueella havaitun tiiviin turvekerroksen laajuudesta ym. hydrologisiin yhteyksiin vaikuttavista tekijöistä. Kuusivaaran, Porokodanjängän ja Kenttäaavan alueilla vaikutuksen suuruuden arvioidaan olevan **suuri kielteinen**. Lähteisin ja talousvesikaivoihin kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan suuruusluokaltaan **suuri kielteinen**.

VE3a

Vaihtoehdoissa VE3a tarvekivilouhoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema (>1 metri) louhoksen vaiheessa 2 ulottuu arvion mukaan pohjoisessa Kenttäaavalle ja Viiankiaavan Natura-alueelle, idässä Kuusivaaran itäosaan ja Natura-alueelle, etelässä Eliasaavan pohjoisosaan ja lännessä Kuusivaaralle noin 800 metriä. Kuten edellä on kerrottu, pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan todellisuudessa pienempi.

Lähteisiin kohdistuvista vaikutuksista suurin osa ilmenee jo rakennusaikana, mutta tuotannon alettua vaikutusten suuruusluokka voi kasvaa ja vaikutusten piiriin voi myös tulla uusia lähteitä. Rakentamisen ja pohjavedenpinnan aleneman vaikutuspiirissä olevat lähteet on yksilöity luvun 16.3.5 taulukossa (Taulukko 16-21). Pohjavedenpinnan alenema ei ulotu talousvesikaivojen alueelle.

Vinotunnelin, nostokuilun ja muiden maanlaisten rakenteiden ja esiintymän louhinnan aiheuttaman pohjaveden pinnan alenema kohdistuu Pahalaksonmaan ja Kersilönkankaan (kaivoksen sisäänkäynti) pohjavesialueille ja niiden väliselle alueelle sekä Viiankiaavalle (vinotunneli). Kersilönkankaan pohjavesialueella vettä johtavat maaperäkerrokset ovat ohuita ja heikosti lajittuneita. Lisäksi sekalajitteiset (moreenit) ja hienorakeiset (siltti ja savi) maalajit heikentävät osaltaan veden

virtausolosuhteita maaperässä. Pohjavesivaikutusten katsotaan siten olevan melko vähäiset Kersilönkankaan pohjavesialueella. Kaivoksen toiminta kuitenkin vaikeuttaa mahdollista pohjaveden hyödyntämistä Kersilönkankaan eteläosassa. Myös Pahalaksonmaan pohjavesialueella vaikutukset jäänevät pienialaisiksi (nostokuilun ympäristö), joten kaiken kaikkiaan pohjavesialueisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan **pieni tai keskisuuri kielteinen**. Viiankiaavan alueella pohjavesivaikutuksen voidaan arvioida olevan suuruusluokaltaan **keskisuuri tai pieni kielteinen** riippuen vinotunneleihin purkautuvan veden määrästä sekä suoalueella havaitun tiiviin turvekerroksen laajuudesta ym. hydrologisiin yhteyksiin vaikuttavista tekijöistä. Kuusivaaran ja Kenttäaavan alueilla vaikutuksen suuruuden arvioidaan olevan **suuri kielteinen** ja Porokodanjängällä **pieni kielteinen**. Lähteisiin kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan suuruusluokaltaan **suuri kielteinen**. Talousvesikaivoihin ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia pohjavedenpinnan alenemien johdosta.

VE3b

Vaihtoehdoissa VE3b tarvekivilouhoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema (>1 metri) louhoksen vaiheessa 2 ulottuu arvion mukaan pohjoisessa Kenttäaavalle ja Viiankiaavan Natura-alueelle, idässä Kuusivaaran itäosaan ja Natura-alueelle, etelässä Eliasaavan pohjoisosaan ja lännessä Kuusivaaralle noin 800 metriä. Kuten edellä on kerrottu, pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan todellisuudessa pienempi.

Lähteisiin kohdistuvista vaikutuksista suurin osa ilmenee jo rakennusaikana, mutta tuotannon alettua vaikutusten suuruusluokka voi kasvaa ja vaikutusten piiriin voi myös tulla uusia lähteitä. Rakentamisen ja pohjavedenpinnan aleneman vaikutuspiirissä olevat lähteet on yksilöity luvun 16.3.5 taulukossa (Taulukko 16-21).

Pohjavedenpinnan alenema ei ulotu talousvesikaivojen alueelle.

Vinotunnelin ja muiden maanlaisten rakenteiden ja esiintymän louhinnan aiheuttaman pohjaveden pinnan alenema kohdistuu Pahalaksonmaan ja Kersilönkankaan (kaivoksen sisäänkäynti) pohjavesialueille ja niiden väliselle alueelle sekä Viiankiaavalle (vinotunneli). Kersilönkankaalla vettä johtavat maaperäkerrokset ovat ohuita ja heikosti lajittuneita. Lisäksi sekalajitteiset (moreenit) ja hienorakeiset (siltti ja savi) maalajit heikentävät osaltaan veden virtausolosuhteita maaperässä. Kaivoksen toiminta kuitenkin vaikeuttaa mahdollista pohjaveden hyödyntämistä Kersilönkankaan eteläosassa. Myös Pahalaksonmaan pohjavesialueella vaikutukset jäänevät pienialaisiksi, joten kaiken kaikkiaan pohjavesialueisiin kohdistuvien vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan **pieni tai keskisuuri kielteinen**. Viiankiaavan alueella pohjavesivaikutuksen voidaan arvioida olevan suuruusluokaltaan **keskisuuri tai suuri kielteinen** riippuen vinotunneleihin purkautuvan veden määrästä sekä suoalueella havaitun tiiviin turvekerroksen laajuudesta ym. hydrologisiin yhteyksiin vaikuttavista tekijöistä. Kuusivaaran ja Kenttäaavan alueilla vaikutuksen suuruuden arvioidaan olevan **suuri kielteinen** ja Porokodanjängällä **pieni kielteinen**. Lähteisin kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan suuruusluokaltaan **suuri kielteinen**. Talousvesikaivoihin ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia pohjavedenpinnan alenemisen johdosta.

Laadulliset vaikutukset

Toimintavaiheen aikana pohjaveden laatuun voi paikallisesti kohdistua riskejä työkoneiden ja ajoneuvojen öljy- ja polttoainevuodoista. Lisäksi kemikaalien, polttoaineiden ja rikasteiden kuljetuksiin liittyy onnettomuusriski. Mahdollisilla rikasteiden kuljetusreiteillä sijaitsee useita luokiteltuja pohjavesialueita, joista vain kolmella on varmuudella pohjavesisuojaukset. Kyseisillä tieosuuksilla liikennöi huomattavan paljon myös muuta raskasta liikennettä, mukaan lukien kemikaali- ja polttoainekuljetuksia. Onnettomuuden tapahtuessa rikasteet voivat levitä ympäröivään maastoon. Rikasteet ovat kiinteässä muodossa, joten ne eivät sellaisenaan aiheuta pohjaveden pilaantumisriskiä. Sakatin kaivoksen toiminnasta aiheutuvat muut kuljetukset lisäävät pohjavesialueisiin kohdistuvia riskejä, mutta kokonaisuutena katsoen näiden kuljetusten määrä on vähäinen kokonaisliikennemääriin nähden.

Toimintavaiheessa pohjaveden laatuun mahdollisesti vaikuttavia päästöjä voi syntyä lähinnä maanpäällisten toimintojen alueella (tehdasalue, rikastushiekka-alue, vesialtaat jne.). Lisäksi kaivoksen kuivanapitovesien pumppaaminen ja tarvekivilouhoksen kuivanapito vaikuttavat pohjavesiolosuhteisiin ja sitä kautta pohjaveden laatu voi muuttua. Pohjaveden laatu voi heikentyä louhittavien alueiden ympäristössä myös räjähdysaineiden typpijäämien vuoksi. Valtaosa mahdollisista typpijäämistä poistuu kaivoksesta ja tarvekivilouhoksesta louhitun kiven sekä kuivanapitovesien mukana.

Kuivanapitovedet

Kaivoksen kuivanapitovedet sisältävät mm. jonkin verran metalleja, etenkin sinkkiä ja nikkeliä, ks. taulukot (Taulukko 4-9 ja Taulukko 4-10) luvussa 4.5.3 Kaivoksen kuivanapitovedet. Lisäksi vesissä on räjähdysaineista peräisin olevia typpijäämiä. Pohjaveden luonnollinen suola- ja sulfaattipitoisuus kasvaa syvemmälle mentäessä. Suolaisuuden osalta rajasyvyytenä pidetään tasoa -420 metriä.

Kaivoksen toiminta-aikana kaivoksen kuivanapitovesien nikkeli- ja sulfaattipitoisuuksien on ennustettu nousevan ajan myötä. Pitoisuuksien nousu on seurausta lähinnä avoimen kaivostilan lisääntymisestä. SRK Consulting Ltd.:n (2019c) mallintamat kaivoksen tuotannonaikaisten kuivanapitovesien nikkelipitoisuudet ovat 0,001 mg/l (minimi) ja 1,5 mg/l (maksimi) tason -420 metriä yläpuoliselle vedelle. Tason -420 metriä alapuoliselle vedelle nikkelipitoisuudet ovat 0,004 mg/l (minimi) ja 1,6 mg/l (maksimi).

Stantec Consulting Ltd.:n (2023) laatimat vedenlaatuarviot maanalaisen kaivoksen vedelle eroavat lähtökohdiltaan edellä esitetystä SRK Consulting Ltd:n laatimasta mallinnuksesta. Suurimpana erona on Itasca Denver Inc.:n (2023) pohjaveden virtausmallinnuksen sekä eri tiivistysskenaarioiden huomioiminen. Vedenlaatuarvion mukaan kaivoksen tuotantovaiheessa kuivanapitovesien nikkelipitoisuus nousee suurimmillaan tasolle 0,06 mg/l, keskiarvon ollessa 0,04 mg/l (tason -420 metriä yläpuoliset vedet) ja tasolle 0,65 mg/l, keskiarvon ollessa 0,34 mg/l (tason -420 metriä alapuoliset vedet). Edellä mainitut pitoisuudet on laskettu 80 % tiivistysskenaariolle. 65 % tiivistysskenaariossa tason -420 metriä yläpuoliselle vedelle maksimipitoisuus on 0,057 mg/l (keskiarvo 0,036 mg/l) ja tason -420 metriä alapuoliselle vedelle 0,62 mg/l (keskiarvo 0,31 mg/l). (Stantec Consulting Ltd. 2023.)

Kuivanapitovedet puhdistetaan tarvittaessa. Vaikutus kohdistuu siten nimenomaan kuivanapitovesiin eikä niinkään kaivosta ympäröivän kallioperän pohjaveden laatuun. Kaivoksen kuivanapitovedet pumpataan kahdelta eri tasolta, mikä mahdollistaa vesien käsittelyn erillään. Kuivanapidosta ei siten arvioida aiheutuvan merkittäviä muutoksia kalliopohjaveden laatuun. Maanalaisen kaivoksen kuivanapidon aiheuttaman pohjavedenpinnan alenemisen ei myöskään katsota vaikuttavan merkittävästi maaperän pohjavesivyöhykkeen veden laatuun.

Tarvekivilouhoksen kuivanapitoveden pääasiallisena vaikuttavana kuormittajana on räjähdysaineista peräisin oleva typpi. Kuivanapitovesi puhdistetaan tarvittaessa. Kuivanapito alentaa pohjavedenpintaa louhoksen ympäristössä ja voi aiheuttaa lisääntyvässä määrin maaperän pohjaveden ja kallioperän pohjaveden sekoittumista. Matala kalliopohjavesi edustaa valtaosin tyypillistä Ca-Mg-HCO_3-tyypin pohjavettä, jossa pääkationina on kalsium ja pääanionina bikarbonaatti. Myös muut matalan ympäristön pohjavesiryhmät (turpeen huokosvesi, lähdevesi, kaivovesi, matala maaperän pohjavesi) edustavat pääosin Ca-Mg-HCO_3-tyypin vettä. Matalassa kalliopohjavedessä havaitaan vaihtelevasti alhaisemmat tai samaa suuruusluokkaa olevat liuenneiden metallien pitoisuudet kuin turpeen huokosvedessä tai maaperän pohjavedessä (Taulukko 16-6, Taulukko 16-7 ja Taulukko 16-10). Louhoksen kuivanapidosta ei arvioida aiheutuvan merkittäviä pohjaveden laadun muutoksia.

Rikastushiekka-alue

Rikastushiekka-alueelta ja sivukiven sijoitusalueilta voi suoja- ja kuivatusrakenteista huolimatta päästä haitallisia aineita maaperään ja pohjaveteen. Riskejä ja niihin varautumista on tarkasteltu YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 31 Poikkeus-, häiriö- ja onnettomuustilanteet. Normaalitilanteessa suotovedet kerätään talteen ja johdetaan niiden sisältämien aineiden perusteella puhdistukseen tai kierrätettäväksi prosessissa. Rikastushiekka-alueen kierrätysvedet sisältävät mm. sulfaattia, fosforia, typpeä ja metalleja sekä prosessista peräisin olevia kemikaaleja (esimerkiksi ksantaatteja).

Rikastushiekka-alueelta pohjarakenteiden läpi suotautuvan veden määrää on arvioitu SRK:n toimesta (SRK Consulting Ltd 2019a) vuoden 2019 suunnitelman mukaiselle matalarikkisen rikastushiekan kuivaläjitysvaihtoehdolle. Rakenteiden läpi suotautuvan veden määräksi on arvioitu noin 18 m^3/vrk, kun lohko 1 on käytössä ja avoinna. Vastaavasti vesimäärä on noin 9 m^3/vrk, kun lohko 1 on kokonaisuudessaan täytetty ja peitetty. Lohkon nro 2 täyttövaiheessa suotoveden määrä kasvaa lukemaan noin 24 m^3/vrk ja pienenee uudelleen lukemaan noin 16 m^3/vrk, kun lohko on täyttynyt ja peitetty (toiminnan loputtua).

Märkäläjitysvaihtoehdolle ei ole olemassa vastaavaa laskelmaa kuin kuivaläjitysvaihtoehdolle. AFRY Finland Oy:n (2022g) tekemän arvion mukaan suotovesiojilla saataisiin kerättyä noin 80 % suotovedestä, jolloin pohjarakenteiden läpi suotautuvan veden määräksi jää noin 20–350 m^3/vrk riippuen rikastushiekka-alueen täyttövaiheesta.

Kaikkien matalarikkisen rikastushiekka-alueen vaihtoehtojen (prosessivaihtoehdot 1 ja 2, kuivaläjitys ja märkäläjitys, erilaiset pohja- ja pintarakenneratkaisut) osalta pohjavesiympäristössä tapahtuvan laimentumisen ja reaktioiden seurauksena suotovedessä vähäisesti kohonneina esiintyvät

pitoisuudet (ks. Taulukko 4-7 ja Taulukko 4-8 luvussa 4.5.1) voivat jäädä merkityksettömiksi. Nikkeli, sinkki, kloridi ja sulfaatti ovat keskeisimpiä haitta-aineita. Myös ravinteista typpi ja erityisesti fosfori ovat huomionarvoisia. (AFRY Finland Oy 2023c.) Tiivistysrakenteiden läpi suotautuvan veden vaikutuksesta rikastushiekka-alueen alapuoliseen pohjaveteen voi siten kohdistua haitallisia vaikutuksia (pohjaveden laadun heikkeneminen). Vaikutuksen arvioidaan jäävän pienialaiseksi ja se on suuruusluokaltaan pieni.

Rikastushiekka-altaan padon läpi suotautuva vesi on laadultaan vastaavanlaista kuin pohjan läpi suotautuva vesi. Suotovedet kerätään suotovesiojiin, joissa osa vedestä voi imeytyä maaperän pohjavesikerrokseen. Pohjaveteen päätyvien haitta-aineiden pitoisuudet laimenevat pohjaveden virtaussuunnassa ja osa haitta-aineista pidättyy maapartikkeleihin. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Pohjaveden ympäristönlaatunormit on tarkoitettu pohjavesimuodostumien kemiallisen tilan luokitteluun (VNa 341/2009), eivätkä ne siten suoraan sovellu yksittäisen pohjaveden laatuhavainnon perusteella tehtävään pohjaveden laadun arviointiin. Se sijaan riskinarvioinnin yhteydessä käytettäväksi suositellut pohjaveden laadun yleiset vertailuarvot määräytyvät pohjaveden yleisen suojelutarpeen sekä pohjaveden käytön ja käyttömahdollisuuksien mukaan. Pohjaveden suojelutarpeen voidaan pohjaveden pilaamiskiellon mukaisesti katsoa olevan suurimmillaan vedenhankinnan kannalta tärkeillä ja muilla vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla. Tällöin haittojen ja riskien suuruutta pohjaveden laadulle arvioidaan ensisijaisesti pohjaveden talousvesikäyttöön soveltumisen kannalta. Näitä vertailuarvoja käytetään ensisijaisesti hyväksyttävää pohjavesipäästöä tai maaperän pitoisuutta määritettäessä silloin, kun haitta-aineiden päästölähde on kokonaan vajovesikerroksessa eikä aineita ole vielä kulkeutunut pohjaveteen. Tällöin vertailuarvoja sovelletaan ensisijaisesti pilaantuman alapuolisessa, noin yhden metrin paksuisessa, sekoittumiskerroksessa. Vertailuarvo sinkille on 1,5 mg/l. (Ympäristöministeriö 2014.)

Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b pohjaveden virtaussuunta on luonnontilassa rikastushiekka-alueen suunnitellulta sijoitusalueelta etelään ja lounaaseen kohti Eliasaapaa ja edelleen kohti Kitistä. Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden kuivanapito alentaa kuitenkin pohjaveden pintaa alueella ja kääntää virtaussuunnan louhoksen ja vinotunnelin ympäristössä kohti louhosta ja vinotunnelia.

Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b pohjaveden virtaussuunta on luonnontilassa rikastushiekka-alueen suunnitellulta sijoitusalueelta etelään Eliasaavalle ja lounaaseen kohti Kitistä. Tarvekivilouhoksen kuivanapito alentaa kuitenkin pohjaveden pintaa alueella ja kääntää virtaussuunnan louhoksen ympäristössä kohti louhosta.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b pohjaveden virtaussuunta on rikastushiekka-alueen suunnitellulla sijoitusalueella luonnontilassa kohti länttä ja luodetta. Tarvekivilouhoksen kuivanapidolla ei ole merkittävää vaikutusta pohjaveden luonnolliseen virtaussuuntaan rikastushiekka-alueella.

Kaikissa rikastushiekan sijoitusvaihtoehdoissa alueiden pohjamaa on moreenia, joka on heikosti vettä johtavaa. Pohjaveden virtausnopeus on siten pieni. Pitkällä aikavälillä pohjaveden laadussa voi näkyä muutos huonompaan kaikissa hankevaihtoehdoissa vaikutusalueen jäädessä kuitenkin pienehköksi. Veden laadun huononeminen voi myös näkyä lähteistä purkautuvan veden laadussa lähinnä Porokodanjängällä (VE1a ja VE1b: Eli-HL1, Eli-L1; VE2a ja VE2b: PoR-ml1) ja Kuusivaaran

länsiosassa (VE3a ja VE3b: Kuu-mL1, Kuu-mL2, Kuu-L2, Kuu-L3, Kuu-L4, Kuu-L5). Lisäksi hankevaihtoehdoissa VE3a ja VE3b veden laatu voi huonontua Kuusivaaran länsipäässä sijaitsevissa kahdessa talousvesikaivossa. Kaikkien hankevaihtoehtojen osalta rikastushiekka-alueiden vaikutuksen pohjaveden laatuun arvioidaan olevan pieni lukuun ottamatta talousvesikaivoja, joissa vaikutus on keskisuuri kielteinen. Mahdollinen vaikutus kohdistuu lähinnä maaperän pohjavesivyöhykkeeseen ja joidenkin lähteiden osalta niistä purkautuvan veden laatuun.

Sivukivien sijoitusalueet

Sivukivialueiden suoto- ja valumavesissä on korkeita pitoisuuksia metalleja, kuten nikkeliä, ks. taulukko (Taulukko 4-12) luvussa 4.5.7 Sivukivialueiden suotovesien laatu. Lisäksi räjähdysainejääminä esiintyy typpeä.

SRK Consulting Ltd.:n (2019a) laskelmien perusteella tilapäisiltä sivukivialueilta pohjarakenteiden läpi suotautuvan veden määrä on noin 2,7 m^3/vrk (korkearikkinen sivukivi) ja noin 6,5 m^3/vrk (matalarikkinen sivukivi). Sivukivien sijoitusalueilla pohjamaa on moreenia, joka on huonosti vettäläpäisevää.

Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b pohjaveden virtaussuunta on luontaisesti sivukivien sijoitusalueilta etelään ja lounaaseen kohti Eliasaapaa ja edelleen kohti Kitistä. Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden kuivanapito alentaa kuitenkin pohjaveden pintaa alueella ja kääntää virtaussuunnan louhoksen ja vinotunnelin ympäristössä kohti louhosta ja vinotunnelia.

Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b pohjaveden virtaussuunta on luonnontilassa sivukivien suunnitelluilta sijoitusalueilta etelään ja lounaaseen kohti Eliasaapaa ja edelleen kohti Kitistä. Tarvekivilouhoksen kuivanapidolla ei ole merkittävää vaikutusta pohjaveden luonnolliseen virtaussuuntaan sivukivien sijoitusalueilla.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b pohjaveden virtaussuunta on luonnontilassa sivukivien suunnitelluilta sijoitusalueilta luoteeseen Kenttäaavalle. Tarvekivilouhoksen kuivanapito alentaa kuitenkin pohjaveden pintaa alueella ja kääntää virtaussuunnan louhoksen ympäristössä kohti louhosta.

Veden laadun huononeminen voi myös näkyä lähteistä purkautuvan veden laadussa lähinnä Porokodanjängällä (VE2a ja VE2b: Eli-HL1, Eli-L1) ja Kuusivaaran länsiosassa (VE3a ja VE3b: Kuu-mL1, Kuu-mL2, Kuu-L2, Kuu-L3, Kuu-L4, Kuu-L5). Kaikkien hankevaihtoehtojen osalta sivukivien sijoitusalueiden vaikutuksen pohjaveden laatuun arvioidaan olevan pieni ja jäävän arvion mukaan hyvin paikalliseksi. Mahdollinen vaikutus kohdistuu lähinnä maaperän pohjavesivyöhykkeeseen ja näkyy myös tarvekivilouhoksen kuivatusvesien laadussa.

Vesivarastoallas

Vesivarastoaltaan veden laatu vaihtelee tarkastelutilanteesta riippuen. Se sisältää kohonneina pitoisuuksina mm. metalleja ja sulfaattia, ks. taulukko (Taulukko 4-11) luvussa 4.5.4 Vesivarastoaltaan vesi. Vedessä voi olla myös kemikaalijäämiä, kuten tionokarbamaattia ja natriumetyyliksantaattia. Altaan luiskaosuuden tiivisterakenne sisältää tiivisteiden alapuolisen salaojamaton, jonka alla ovat myös tiivisteenä toimiva moreenikerros sekä suotovettä keräävä suodatinkerros. Luiskan

moreenista rakennettava tiivistysosa ulotetaan syvyyssuunnassa moreenikerrokseen saakka ja tarvittaessa kokoonpuristuvat turvekerrokset ja hyvin vettäläpäisevät maakerrokset poistetaan. Pohjan alueella tiivisteiden alapuolella on suodatinkerros, joka ulottuu luiskan reunalla sijaitsevaan salaojaputkitukseen saakka.

Vesivarastoaltaan tiivistysrakenteiden läpi mahdollisesti suotautuvan veden määrää ei ole arvioitu, koska altaassa olevan veden määrä vaihtelee huomattavasti (300 000–700 000 m^3). Veden painekorkeudella on merkittävä vaikutus mahdollisen suotoveden määrään. Altaan koko on noin 25 hehtaaria ja vesisyvyys enimmillään vajaat kolme metriä. Karkean arvion perusteella suotoveden määrä voi vaihdella muutaman kuutiometrin ja noin kymmenen kuutiometrin välillä vuorokautta kohden. Mahdollinen tiivisterakenteiden läpi suotautuva vesi saadaan edellä kuvatuilla kuivatusrakenteilla kerättyä suurelta osin talteen.

Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b pohjaveden virtaussuunta on luonnontilassa suunnitellun vesivarastoaltaan alueelta etelään ja lounaaseen kohti Eliasaapaa ja edelleen kohti Kitistä. Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden kuivanapito alentaa kuitenkin pohjaveden pintaa alueella ja kääntää virtaussuunnan louhoksen ja vinotunnelin ympäristössä kohti louhosta ja vinotunnelia.

Vaihtoehdoissa, VE2a ja VE2b pohjaveden virtaussuunta on luontaisesti suunnitellulta vesivarastoaltaalta etelään ja lounaaseen kohti Eliasaapaa ja edelleen kohti Kitistä. Tarvekivilouhoksen kuivanapidolla ei ole merkittävää vaikutusta pohjaveden luonnolliseen virtaussuuntaan vesivarastoaltaan alueella.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b pohjaveden virtaussuunta on luonnontilassa suunnitellulta vesivarastoaltaalta luoteeseen Kenttäaavalle. Tarvekivilouhoksen kuivanapito alentaa kuitenkin pohjaveden pintaa alueella ja kääntää virtaussuunnan louhoksen ympäristössä kohti louhosta.

Veden laadun huononeminen voi myös näkyä lähteistä purkautuvan veden laadussa lähinnä Porokodanjängällä vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b (Eli-HL1, Eli-L1) ja Eliasaavalla vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b (Ken-L4, Ken-L6). Kaikkien hankevaihtoehtojen osalta vesivarastoaltaan vaikutuksen pohjaveden laatuun arvioidaan olevan pieni ja jäävän arvion mukaan hyvin paikalliseksi. Mahdollinen vaikutus kohdistuu lähinnä maaperän pohjavesivyöhykkeeseen ja näkyy myös tarvekivilouhoksen kuivanapitovesien laadussa.

Pohjaveden laadun osalta vaikutusten suuruuden arvioidaan olevan kaikissa hankevaihtoehdoissa maaperän pohjaveden, ml. lähteet, sekä matalan ja syvän kalliopohjaveden osalta pieni kielteinen. Talousvesikaivojen veden laatuun kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan suuruudeltaan vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b keskisuuri kielteinen.

16.3.7 Sulkemisen vaikutukset

Kaivoksen sulkemisen jälkeen maanalaisen kaivoksen (avoimiksi jäävät vinotunnelit ja muut tilat) veden laatu muuttuu ajan saatossa. Sulkemisen alkuvaiheessa (vuodet 25–64), prosessivaihtoehdosta riippuen (vaikuttaa kaivostäytössä käytettävän rikastushiekan laatuun), esimerkiksi antimonin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin ja nikkelin sekä fosforin, kloridin, typen ja sulfaatin pitoisuudet voivat ylittää ylemmän kalliopohjaveden nykyiset pitoisuudet.

Erityisesti kaivoksen syvimmässä osassa veden pitoisuudet laimenevat tuotantovaiheeseen verrattuna, sillä kuivanapitoveden pumppauksen loputtua kaivoksen syväosaan valuu vettä myös kaivoksen yläosasta. Kaivoksen täyttyessä pitoisuudet pysyvät melko alhaisina ja aluksi pienenevät täyttymisen edetessä. Kaivoksen täyttyessä vedellä paljastuneen louhosseinän pinta-ala pienenee, kuten myös kaivokseen tulevan veden virtauksen määrä. Virtauksen vähenemisestä johtuen kaivoksen täyttymisen loppuvaiheessa vedessä tapahtuu pitoisuuksien nousua.

Vaihtoehto VE0

Hanketta ei toteuteta, vaan alue säilyy luonnontilaisena, eikä alueen pohjavesiolosuhteisiin kohdistu vaikutuksia. Suojelualueiden ulkopuolella metsätalouden harjoittaminen ja koko hankealueella ilmastonmuutos voivat pitemmällä aikavälillä aiheuttaa muutoksia pohjaveden laatuun ja määrään. Joidenkin metallien taustapitoisuudet ovat alueella normaalia korkeampia ja ilmasto-olosuhteiden muutokset voivat vaikuttaa niiden geokemialliseen käyttäytymiseen.

Vaihtoehdot VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b

Kaikissa toteutusvaihtoehdoissa (VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b) vaikutukset ovat samankaltaiset. Kaivos suljetaan hallitusti sulkemissuunnitelman mukaan. Kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivana pitäminen eli veden pumppaaminen lopetetaan, ja kaivos sekä tarvekivilouhos täyttyvät vedellä, jonka seurauksena maa- ja kallioperän pohjaveden pinnantasot alkavat kohota. Pohjavedenpinnan palautuminen 65 % tiivistysskenaariossa tapahtuu hiekka- ja sorakerrostumissa noin kymmenessä vuodessa tasolle, joka poikkeaa korkeintaan 0,1 metriä kaivostoimintaa edeltäneestä tilanteesta. Noin 75 vuoden kuluessa pohjavedenpinnan palautuminen vastaa käytännössä tilannetta, jossa kaivostoimintaa ei ole ollut lainkaan. 80 % tiivistysskenaariossa alkuvaiheen palautuminen on nopeampaa, 0,1 metrin poikkeama saavutetaan jo viidessä vuodessa. (Itasca Denver Inc. 2023.)

Tarvekivilouhoksen on arvioitu täyttyvän vedellä noin 20 vuodessa. Noin 80 % täyttymisestä tapahtuu vuosina 0–10 louhoksen kuivanapidon loppumisesta. Syntyvän louhosjärven vedenlaadun arvioidaan muodostuvan kohtuullisen hyvälaatuiseksi, joten mahdollinen kielteinen vaikutus pohjaveden laatuun jää vähäiseksi. Tarvekivilouhoksen täyttymisvaiheessa aineiden pitoisuudet louhosvedessä laimenevat verrattuna tuotannon aikaan ja vähitellen veden yläpuolisen louhosseinämäpinta-alan pienentyessä ja sadeveden osuuden kasvaessa. Tarvekivilouhoksen seinämistä hapettumisen myötä vapautuvista aineista merkittävin on kupari, mutta myös nikkeliä vapautuu jossain määrin. Louhosjärvessä aineiden pitoisuudet jäävät pitkällä aikavälillä kuitenkin mallinnuksen perusteella varsin pieniksi, alle mikrogramman suuruusluokkaan. Saostuminen ja kerasaostuminen vaikuttavat merkittävästi veden laatuun. (AFRY Finland Oy 2022a, 2022b.)

Hankealueella sijaitsee lukuisia toimintoja, jotka sulkemisvaiheessa joko poistetaan kokonaan tai suljetaan paikalleen. Osa rakenteista, esimerkiksi tiestö, voi palvella myös alueen käyttöä kaivostoiminnan jälkeen.

Matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueelle rakennetaan tiivis peiterakenne ja pinta muotoillaan valumavesien johtamiseksi keräysojiin. Varsinainen sijoitusalueen sulkemisen jälkeinen vesienhallinta suunnitellaan ympäristölupavaiheen tarkentavan suunnittelutyön yhteydessä. Pintavalunnan

lisäksi matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueella tapahtuu rikastushiekka-alueen sisäisen veden suotautumista pohjarakenteiden ja padon läpi (ympäristöön nähden korkeampi gradientti). Suotovesi päätyy maaperän pohjavesivyöhykkeeseen. Padon läpi suotautuva vesi on laadultaan vastaavanlaista kuin pohjan läpi suotautuva vesi ja se kerätään suotovesiojiin, josta osa voi imeytyä maaperän pohjavesikerrokseen. On kuitenkin huomattava, että rikastushiekka-alueen alapuolinen pitoisuus pohjavedessä ei suoraan vastaa suotoveden pitoisuutta. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Pohjaveden ympäristönlaatunormien (VNa 1040/2006 ja muutos 341/2009) on laskettu ylittyvän kokonaan suljetun rikastushiekka-alueen alapuolella prosessivaihtoehdossa 1 maaperän pohjavedessä kloridin ja sinkin osalta (SRK Consulting Ltd. 2019a), mallinnettuna kuivaläjitysalueen parametreillä. Kloridipitoisuus on 79 mg/l (ympäristönlaatunormi 25 mg/l) ja sinkkipitoisuus 0,19 mg/l (ympäristönlaatunormi 0,06 mg/l). Vastaavien pitoisuuksien voidaan olettaa olevan koholla myös märkäläjitetyn rikastushiekka-alueen alapuolisessa maaperän pohjavedessä. Vaikutus voi olla jossain määrin kuivaläjitystä korkeampi huomioiden rikastushiekka-alueen vesipinnan ja ympäröivän alueen välillä vallitseva suuri gradientti. (AFRY Finland Oy 2023c.) Riskinarvioinnissa käytettävissä vertailuarvoissa (Ympäristöministeriö 2014) sinkille on annettu arvoksi 1,5 mg/l. Prosessivaihtoehdon 2 osalta on mallinnettu (Geochemic Ltd. 2022) suotovesien laatua tilanteessa, jossa rikastushiekka-alueen peittorakenteille ei ole sovellettu vielä erityisiä kriteereitä. Ilman peittorakenteen vaikutusta olisi kohonnut riski ympäristölaatunormien ylittymiseen suotovesien purkautumisalueella kloridin (178 mg/l), nikkelin (127 µg/l) ja antimonin (6,7 µg/l) osalta. Mallinnus on tehty vain kuivaläjitysvaihtoehdolle. (AFRY Finland Oy 2023c.) Riskinarvioinnissa käytetyt vertailuarvot (Ympäristöministeriö 2014) ovat nikkelille 70 µg/l ja antimonille 20 µg/l, joten märkäläjitysvaihtoehdossa nikkelin pitoisuuden on laskettu ylittävän ko. vertailuarvon.

Rikastushiekka-alueen tiiviit pinta- ja pohjarakenteet estävät myös sadeveden imeytymistä pohjaveteen ja vähentävät siten osaltaan pohjaveden virtausta. Pitoisuuksien ollessa suhteellisen alhaisella tasolla jopa läjitysten alapuolella ja pohjaveden liikkeen alueelta ympäristöön maltillista, voidaan myös mittavia haitta-aineiden kulkeutumiseen liittyviä haittoja pitää suhteellisen epätodennäköisinä. (AFRY Finland Oy 2023c.) Mitä etäämmäksi pohjaveden virtaussuunnassa mennään, sitä enemmän laimentuminen ja haitta-aineiden sitoutuminen maapartikkeleihin ja humukseen vaikuttaa.

Kaivoksen sulkemisen jälkeen maanalaisen kaivoksen (avoimiksi jäävät vinotunnelit ja muut tilat) veden laatu muuttuu ajan saatossa. Alkuvaiheessa (vuodet 25–64), prosessivaihtoehdosta riippuen (vaikuttaa kaivostäytössä käytettävän rikastushiekan laatuun), esimerkiksi antimonin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin ja nikkelin sekä fosforin, kloridin, typen ja sulfaatin pitoisuudet voivat ylittää ylemmän kalliopohjaveden nykyiset pitoisuudet. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Maanalaisessa kaivoksessa louhostäytöissä käytettävän pastan kanssa kosketuksissa oleva vesi omaa suhteellisen alhaiset metallipitoisuudet, mutta sen pH on hyvin korkea. Vedellä täyttyneen maanalaisen kaivoksen vesilaatumallin tulosten perusteella pastan vaikutus ei kuitenkaan näyttäydy erityisen suurena, vaan kaivosvesi on vain lievästi neutraalin pH:n yläpuolella. Kaivoksen seinämät aiheuttavat osaltaan neutraalien, mutta metallipitoisten vesien muodostumista maanalaisissa tiloissa. Neutraali pH ei kuitenkaan kokonaan estä metallipitoisten vesien muodostumista maanalaisessa kaivoksessa. Sulfideista vapautuviin metalleihin kuuluu mm. nikkeli, joka voi pysyä hyvin

liukoisena neutraalin pH:n tuntumassa, mikäli se ei esimerkiksi kerasaostu raudan kanssa. Maanalaisen kaivoksen veden laatu on sulkemisen jälkeen tuotantovaiheen kuivanapitovesiin verrattuna parempi. Erityisesti kaivoksen syvimmässä osassa veden pitoisuudet laimenevat tuotantovaiheeseen verrattuna, sillä kuivanapitoveden pumppauksen loputtua kaivoksen syväosaan valuu vettä myös kaivoksen yläosasta. Kaivoksen täyttyessä pitoisuudet pysyvät melko alhaisina ja aluksi pienenevät täyttymisen edetessä. Kaivoksen täyttyessä vedellä paljastuneen louhosseinän pinta-ala pienenee, kuten myös kaivokseen tulevan veden virtauksen määrä. Virtauksen vähenemisestä johtuen kaivoksen täyttymisen loppuvaiheessa vedessä tapahtuu pitoisuuksien nousua. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Jos verrataan maanalaisen kaivoksen sisäpuolisen veden laatua pohjavedelle asetettuihin ympäristönlaatunormeihin (VNa 1308/2015), maanalaisen kaivoksen yläosassa ylittyvät pohjaveden ympäristölaatunormit kloridin, sulfaatin ja nikkelin osalta molemmissa tarkasteluvaihtoehdoissa (SRK Consulting Ltd. 2019c ja Stantec Consulting Ltd. 2023). Lisäksi SRK Consulting Ltd:n (2019c) tarkastelussa ylittyvät pohjaveden ympäristönlaatunormit niukasti kadmiumin ja antimonin osalta ja kromin pitoisuus on vain hieman ympäristönlaatunormia pienempi. Stantec Consulting Ltd:n tarkastelussa antimonin pitoisuus on vain hieman ympäristölaatunormia pienempi. On huomioitava, että kaivoksen täyttövesi ei rinnastu pohjaveteen ja täyttövettä kulkeutuu pohjaveteen hitaasti, jolloin pitoisuudet myös laimenevat. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Todennäköisin haitta-aineiden kulkeutumisreitti sijaitsee rikkonaisessa kalliossa, lähellä maan pintaa. Kulkeutumissuunta on Kitistä kohti. Jokilaakson tuntumassa rikkonaisella kallioperällä on kontakteja lajittuneisiin sora- ja hiekkakerrostumiin, mitä kautta kulkeutuminen pintavesiin tai pohjavesiin voisi tapahtua. Alustavasti voidaan arvioida, että välittömästi maanalaisen kaivoksen tuntumassa, lähinnä länsipuolella, kaivoksen sulkemisen jälkeen pohjaveteen kohdistuu pienellä alueella kallioperän pohjavedessä, kohtalainen pohjaveden tilaa heikentävä muutos. Maan pinnalla heikentävä muutos on jäämässä vähäiseksi tai vaikutuksia ei ilmene lainkaan. Vaikutusta voidaan lisäksi säädellä jossain määrin esimerkiksi sulkemisvaiheessa maanalaiseen kaivokseen asennettavien välisulkujen avulla. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Tilanteessa, jossa kalliopohjaveden pinnan taso on palautunut nykyistä vastaavalle tasolle, kaivostilasta ei purkaudu kalliopohjavettä maan pinnalle kaivoksen sisäänkäynnin tai muiden mahdollisten yhteyksien kautta. Jos maanalaiseen kaivokseen kuitenkin arvioiden vastaisesti muodostuisi merkittävästi ympäristöä korkeampi potentiaali ja pohjavesivirtausta ilmenisi merkittävämmin poispäin maanalaisista tiloista, haitta-aineiden kulkeutumisriski olisi todennäköisesti suurin kallion rikkonaisessa yläosassa. Maanalaisen kaivoksen läheisyyteen saattaisi muodostua joidenkin parametrien osalta heikompilaatuinen kallioperän syväpohjavesivyöhyke. Haitta-ainepitoista pohjavettä ei kuitenkaan todennäköisesti nousisi maan pinnan läheisyyteen tai kulkeutuisi pintavesiin, johtuen erilaisten vesien tilavuuspainoeroista. Olisi siis edelleen epätodennäköistä, että haitta-ainepitoista kaivosvettä kulkeutuisi maanpinnan läheisyyteen esimerkiksi ruhjeisen ylemmän kallioperän ja glasiofluviaalisten sedimenttien kontaktin kautta. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Maanalaisen kaivoksen ylimpiä osia tullaan tiivistämään injektoimalla rakentamis- ja tuotantovaiheissa kaivokseen tulevan vesimäärän minimoimiseksi. Näin ollen myös sulkemisen jälkeen kaivosveden kulkeutuminen ympäröivän alueen pohjavesiin jää vähäiseksi. Kaivoksen yläosan ja

syvemmän osan vesien merkittävä sekoittuminen ei ole todennäköistä, sillä syvään osaan muodostuva vesi on suolaisempaa ja siten painavampaa kuin kaivoksen yläosassa. (AFRY Finland Oy 2023c.)

Sulkemisen jälkeisessä tilanteessa maanalaisesta kaivoksesta, tarvekivilouhoksesta ja rikastushiekka-alueesta mahdollisesti aiheutuvien pohjavesivaikutusten suuruuden arvioidaan olevan kaikissa vaihtoehdoissa **pieni kielteinen**. Ainoastaan paikallisesti (rikastushiekka-alueen alapuoli, suotovesiojien ympäristö, tarvekivilouhoksen välitön luoteispuoli, maanalaisen kaivoksen länsipuolinen lähiympäristö) pohjavesivaikutusten suuruuden arvioidaan olevan **pieni tai keskisuuri kielteinen**. Vaikutukset kohdistuvat pohjavedenpinnan palauduttua lähinnä pohjaveden laatuun.

16.3.8 Vaikutusten merkittävyys

Vaikutusten merkittävyyttä arvioitaessa lähtökohtana on varovaisuusperiaatteen mukaisesti pidetty sitä, että vinotunneleissa ja maanalaisessa kaivoksessa toteutetaan 65 % tiivistysskenaarion mukaiset lievennystoimenpiteet, jolloin vaikutukset pohjaveteen ovat jossain määrin suuremmat kuin 80 % tiivistysskenaariossa. Alenema-alueiden laajuudessa ja alenemien suuruudessa ei kuitenkaan ole merkittävää eroa eri tiivistysskenaarioissa.

Hankealueella on lähteitä, ja maaperän vedenjohtavuus on paikoitellen erittäin hyvä. Kallioperässä on vettäjohtavia ruhjeita, siirroksia ja rakoja. Hankealueella sijaitsee Pahalaksonmaan 2-luokan pohjavesialue ja osa Kersilönkankaan 2-luokan pohjavesialueesta. Pohjavesialueilla ei ole vedenottoa. Hankealueella sijaitsee kaksi yksityiskäytössä olevaa talousvesikaivoa. Pohjaveden laatu pohjavesialueilla täyttää juomavedelle asetetut vaatimukset määritettyjen muuttujien osalta.

Hankealueen ja sen lähiympäristön pohjaveden herkkyys muutoksille on asetetuilla kriteereillä suuri (ks. Luku 16.1.4, Taulukko 16-2 ja Luku 16.2.11). Vaikutusten suuruuden on asetettujen kriteereiden (ks. Luku 16.1.4, Taulukko 16-3) mukaisesti arvioitu olevan rakentamisvaiheessa pohjavesiolosuhteiden osalta kaikissa vaihtoehdoissa suuri kielteinen ja pohjaveden laadun muutosten osalta pieni kielteinen. Toiminta-aikana pohjavesiolosuhteiden muutosten suuruuden on arvioitu olevan kaikissa vaihtoehdoissa suuri kielteinen. Myös lähteisiin kohdistuvien vaikutusten on arvioitu olevan kaikissa vaihtoehdoissa suuri kielteinen. Vaikutukset kuitenkin kohdistuvat eri tavalla eri alueille. Yhteisenä nimittäjänä kaikissa vaihtoehdoissa on tarvekivilouhos, jonka vaikutukset, sijainnista riippumatta, ovat suuret. Tarvekivilouhoksen vaikutus kohdistuu Kuusivaaran lisäksi etenkin lähteisiin.

Vaikutusten arvioinnissa on huomioitu vesilain (587/2011) 2 luvun 11.1 §:n mukainen kielto luonnontilaisen lähteen luonnontilan vaarantamisesta. 2 luvun 11.2 §:n mukaan lupaviranomainen voi yksittäistapauksissa hakemuksesta myöntää poikkeuksen 1 momentin kiellosta, jos momentissa mainittujen vesiluontotyyppien suojelutavoitteet eivät huomattavasti vaarannu.

Pohjaveden laadun muutosten suuruuden on toiminta-aikana arvioitu olevan kaikissa vaihtoehdoissa maaperän, lähteiden sekä kallioperän matalan ja syvän pohjaveden osalta pieni kielteinen. Talousvesikaivoihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyyden on arvioitu olevan keskisuuri kielteinen vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b. Vaihtoehtoa VE1a lukuun ottamatta vaikutusten suuruuden määrittämiseen liittyy epävarmuuksia pohjavesimallinnuksen tulosten soveltamisen osalta.

Pahalaksonmaan pohjavesialueeseen kohdistuvien vaikutusten katsotaan olevan suurimmat vaihtoehdossa VE2a, jossa sekä kaivoksen sisäänkäynti että muihin vaihtoehtoihin nähden eniten vinotunnelia sijoittuu pohjavesialueelle. Myös vaihtoehdossa VE1a vinotunnelia sijoittuu pohjavesialueen alapuolelle, mutta tällä alueella vinotunneli sijaitsee noin 400–500 metrin syvyydessä kallioperässä, mikä pienentää maaperän pohjavesivyöhykkeessä havaittavia vaikutuksia. Vaihtoehto VE2b:ssä kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee niin ikään pohjavesialueella, minkä vuoksi sen pohjavesivaikutukset Pahalaksonmaan pohjavesialueella ovat oletettavasti suuremmat kuin vaihtoehdoilla VE3a ja VE3b. Vähäisimmät vaikutukset Pahalaksonmaan pohjavesialueeseen aiheutuvat arvion mukaan vaihtoehdoista VE1b, VE3a ja VE3b.

Kersilönkankaan pohjavesialueelle kohdistuvien vaikutusten suuruuden on arvioitu olevan pieni tai keskisuuri kielteinen vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b. Muissa vaihtoehdoissa Kersilönkankaan pohjavesialueelle ei kohdistu vaikutuksia. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee Kersilönkankaan pohjavesialueen eteläosassa, josta aiheutuu lisävaikutuksia, etenkin rakennusaikana.

Kokonaisuutena pohjaveden määrällisiin olosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten merkittävyyden arvioidaan olevan sekä *rakentamis-* että *toimintavaiheessa* kaikilla vaihtoehdoilla suuri kielteinen. Pohjaveden laatuun kohdistuvien vaikutusten merkittävyyden arvioidaan olevan rakentamisvaiheessa vähäinen kielteinen ja toimintavaiheessa kohtalainen kielteinen. Talousvesikaivojen osalta merkittävyyden arvioidaan kuitenkin olevan toimintavaiheessa vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b suuri kielteinen rikastushiekka-alueesta johtuen ja vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b suuri kielteinen tarvekivilouhoksesta johtuen. Kaivoksen *sulkemisvaiheessa* ja sen jälkeen pohjaveden määrällisiin olosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten merkittävyyden on arvioitu olevan vähäinen kielteinen kaikissa vaihtoehdoissa pohjaveden pinnan palautuessa kaivostoimintaa edeltävälle tasolleen. Pohjavedenpinnan palauduttua alkuperäiselle tasolleen, vaikutuksia ei enää ilmene. Laadullisten vaikutusten osalta merkittävyyden arvioidaan olevan vähäinen kielteinen vaikutuskohteiden herkkyyden ollessa vähäinen - kohtalainen. Talousvesikaivojen osalta merkittävyyden arvioidaan kuitenkin olevan vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b kohtalainen kielteinen rikastushiekka-alueesta johtuen. Yhteenveto vaikutusten merkittävyyden arvioinnista on esitetty seuraavissa taulukoissa (Taulukko 16-22 – Taulukko 16-24).

Taulukko 16-22 Pohjavesivaikutusten merkittävyys rakentamisaikana.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Kuusivaaran tehdasalueen ulkopuoliset maanpäälliset rakennustyöt	- -	- -	- - -	- - -	- - -	- - -
Määrälliset vaikutukset	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Laadulliset vaikutukset	-	-	-	-	-	-
Vaikutukset lähteisiin	- -	- -	- - -	- - -	- - -	- - -

	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Vaikutukset talousvesikaivoihin						
Kuusivaaran tehdasalueen maanpäälliset rakennustyöt, tarvekivilouhos vaihe 1	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Määrälliset vaikutukset	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Laadulliset vaikutukset	-	-	-	-	-	-
Vaikutukset lähteisiin	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Vaikutukset talousvesikaivoihin			- -	- -		
Vinotunnelin ja muiden maanalaisten kaivostilojen rakentaminen	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Määrälliset vaikutukset	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Laadulliset vaikutukset	-	-	-	-	-	-
Vaikutukset lähteisiin	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Vaikutukset pohjavesialueisiin	- - -	- -	- - -	- - -	- - -	- - -
Vaikutukset talousvesikaivoihin						

Taulukko 16-23 Pohjavesivaikutusten merkittävyys toiminta-aikana.

	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Määrälliset vaikutukset pohjaveteen	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Kuusivaaran alue	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Porokodanjänkä	- -	- -	- - -	- - -	- -	- -
Kenttäaapa	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Pahalaksonmaan pohjavesialue	- - -	- -	- - -	- - -	- - -	- - -
Viiankiaapa	- -	- - -	- -	- - -	- - -	- - -
Kersilönkankaan pohjavesialue					- - -	- - -
Lähteet	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Talousvesikaivot			- - -	- - -		
Laadulliset vaikutukset pohjaveteen	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Lähteet	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Talousvesikaivot					- - -	- - -

Taulukko 16-24 Pohjavesivaikutusten merkittävyys kaivoksen sulkemisen jälkeen.

	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Määrälliset vaikutukset (pohjaveden pinnan palauduttua)						
Laadulliset vaikutukset	-	-	-	-	- -	- -

16.3.9 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Seuraavassa käsitellyt vähentämis- ja lievennystoimenpiteet on huomioitu jo vaikutusten arvioinnissa, sillä ne sisältyvät kaivoksen toteuttamissuunnitelmaan. Erikseen esitetyt välttämistoimet sen sijaan ovat YVA-menettelyn aikana esille tulleita toimenpiteitä, joilla pyritään vähentämään pohjavedenpinnan aleneman suuruutta ja vaikutusaluetta.

Vaikutusten vähentämis- ja lievennystoimenpiteet

Pintavaluma- ja hulevesiä hallitaan rakennettujen alueiden ympärille kaivettavilla niska- ja ympärysojilla ja ohjaamalla pinnoitetuilta alueilta vedet hulevesikaivoihin ja edelleen hulevesialtaaseen.

Puhtaat valumavedet ohjataan alueen ulkopuolelle. Vesivarastoaltaan vedet ohjataan joko uudelleen kiertoon tai käsittelyn kautta ulos alueelta Kitiseen. Miltään rakennetulta alueelta ei aiheudu vapaasti kulkeutuvia huuhtoumia, jotka voisivat päätyä pohjaveteen.

Kaivoksen kuivana pitäminen on sen toiminnan kannalta perusedellytys. Kaivoksen kuivanapitovesiä pumpataan kahdelta eri syvyydeltä, mikä mahdollistaa vesien käsittelyn erillään. Kuivana pitämisestä aiheutuvaan pohjavesialenemaan voidaan vaikuttaa rajoittamalla kaivokseen tulevaa vesimäärää ja keskeisin keino tähän on kalliotilan tiivistäminen käyttämällä esi- ja jälki-injektointimenetelmiä. Tavoitteena ovat mahdollisimman hyvin toteutetut ja lopputulokseltaan onnistuneet tiivistystoimenpiteet. Tiivistämisen ohella vedentuloa kaivostiloihin voidaan vähentää tukemalla kalliotiloja. Tuennalla pyritään ehkäisemään kallion muodonmuutosta kuten sortumia ja uusien rakojen syntymistä. Kalliotuennalla voidaan siten epäsuorasti vähentää uusien vettä johtavien rakenteiden syntyä ja kalliotiloihin tulevan veden määrää. Avoimet louhostilat pyritään täyttämään mahdollisimman nopeasti, jotta kallioperässä ei ennättäisi tapahtua avonaisesta tilasta johtuvia merkittäviä muodonmuutoksia. Tiivistys- ja tuentamenetelmiä on kuvattu yksityiskohtaisemmin luvussa 4.2.4 Maanalaisen kaivoksen tiivistys- ja tuentamenetelmät.

Rakentamisen ja toiminnan aikana paikallista vaikutusta lähinnä maaperän pohjaveden laatuun voi aiheutua polttonesteiden varastoinnista ja jakelusta sekä kaluston käytöstä ja huoltamisesta. Mahdollisiin öljy- ja polttoainevuotoihin varaudutaan sijoittamalla varastot, jakelupisteet ja huoltotoiminnot tiivispohjaisille (kalvorakenne) alueille.

Pintamaiden, sivukivien ja rikastushiekan sijoitusalueista mahdollisesti aiheutuvia pohjavesivaikutuksia ehkäistään sijoitusalueiden huolellisella suunnittelulla, pohjarakenteilla ja sijoitusalueilla muodostuvien suotovesien keräämisellä ja vedenkäsittelyllä. Korkearikkinen rikastushiekka ja sivukivet sijoitetaan maanalaiseen kaivokseen toiminnan aikana. Maan päälle jää toiminnan loputtua vain matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue. Rikastushiekan kuivaläjitysvaihtoehdossa suotovesien määrä jää huomattavasti pienemmäksi kuin märkäläjitysvaihtoehdossa, mikä tullaan huomioimaan läjitysvaihtoehtoa valittaessa.

Hankkeen pohjavesivaikutuksia (pinnankorkeus ja vedenlaatu) tarkkaillaan ympäristöviranomaisten hyväksymällä tavalla. Ennen toiminnan aloittamista on tehty pohjavesitarkkailua usean vuoden ajan, joten hankkeessa on tiedossa luontaiset pohjaveden laadun ja pinnanvaihtelut. Kaivoksen toiminnasta mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset ympäristön pohjavesiin ovat siten nopeasti havaittavissa, mikä mahdollistaa ajoissa tehtävät toimenpiteet muutosten hallitsemiseksi.

Välttämistoimet vaikutusten vähentämiseksi

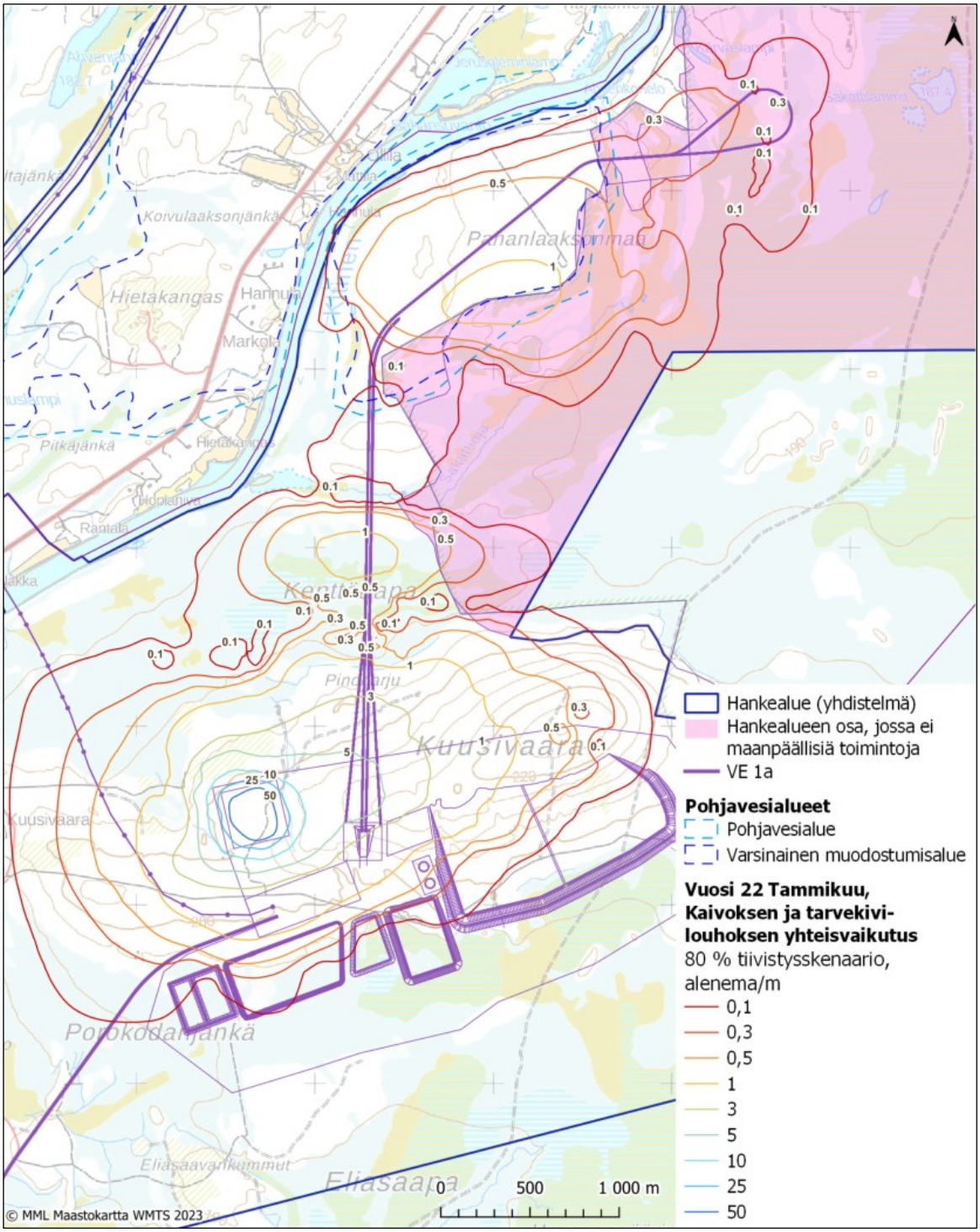
Edellä mainittujen lievennystoimenpiteiden lisäksi on varauduttu, lähinnä Natura -alueelle kohdistuvien vaikutusten vähentämiseksi, välttämistoimenpiteeseen eli NE-satelliittiesiintymän louhimatta jättämiseen. Itasca Denver Inc. (2023) on mallintanut pohjavedenpinnan alenemia tilanteessa, jossa NE-satelliittiesiintymää ei hyödynnetä. Mallinnukset on tehty molemmilla tiivistysskenaarioilla (65 % ja 80 %) kaivoksen toimintavuosille 1, 3, 8, 15 ja 22 tammi-, heinä- ja joulukuu. Pohjavedenpinnan alenemat ovat suurimmat toimintavuoden 22 tammikuussa (ks. Kuva 16-46 ja Kuva 16-47).

Pohjavedenpinnan alenemakartoista on nähtävissä, että eri tiivistysskenaarioilla ei ole merkittävää vaikutusta aleneman vaikutusalueeseen tai suuruuteen. Sen sijaan verrattaessa alenemia tilanteeseen, jossa välttämistoimenpiteet ovat käytössä, on selvästi havaittavissa Sakatin esiintymän ympäristössä, ja etenkin sen itäpuolella Viiankiaavalla, aleneman olevan merkittävästi pienempi ja pienialaisempi. Myönteinen vaikutus ei ulotu Pahalaksonmaan pohjavesialueelle, vaan alenemat ovat vastaavat kuin ilman välttämistoimenpiteitä.

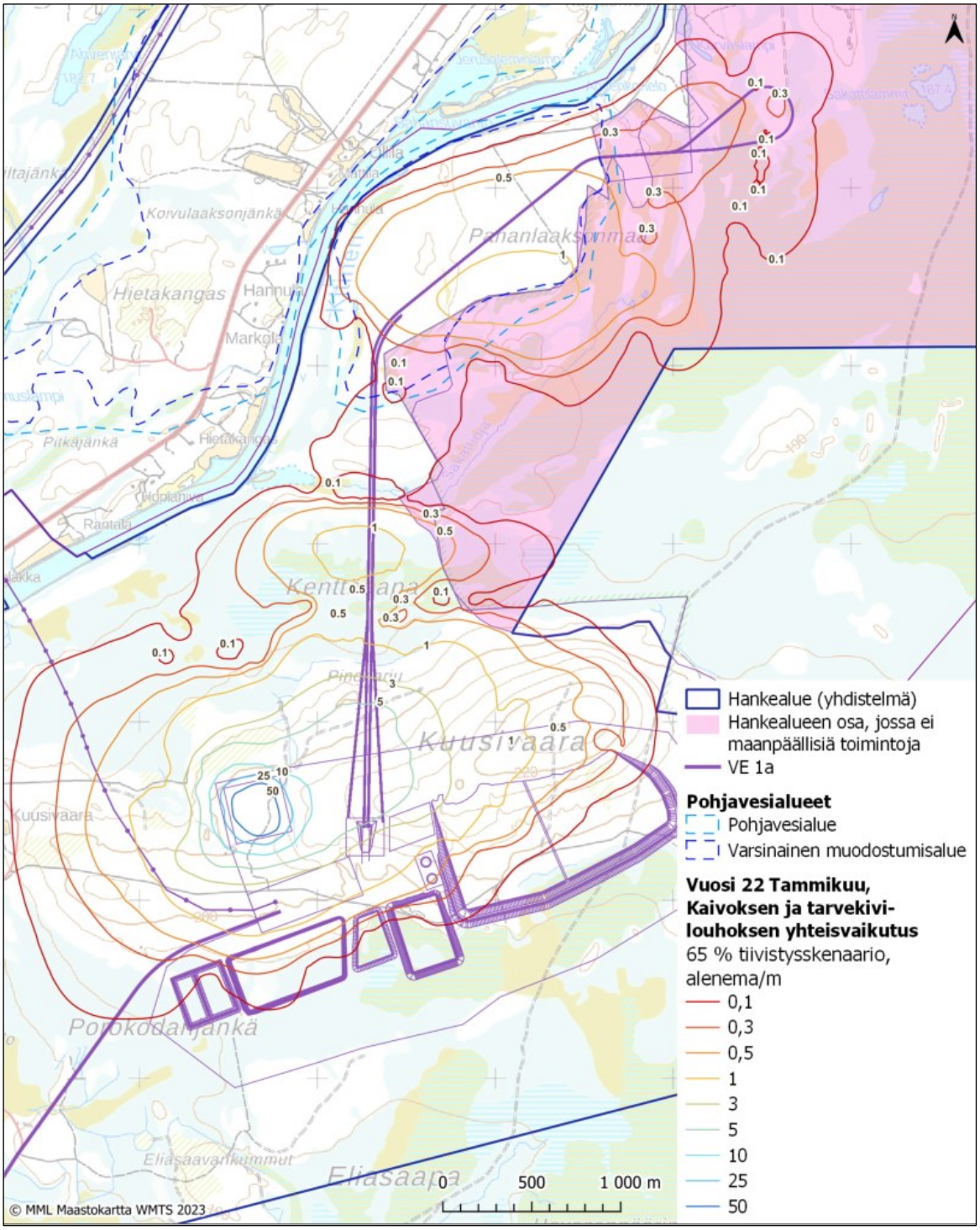
Lähteisiin kohdistuvien vaikutusten osalta välttämistoimilla on vaihtoehdossa VE1a todettavissa myönteisiä vaikutuksia: Viiankiaavalla sijaitsevat lähteet Vii-HL2, Vii-HL3 ja Vii-HL7 jäävät pohjavedenpinnan alenemien ulkopuolelle. Kitisen rannassa sijaitsevat lähteet Kit-L3, Kit-L4 ja Kit-L5 jäävät pohjaveden 0,1 metrin alenemakäyrän ulkopuolelle ilman välttämistoimiakin, mutta pohjavedenpinnan aleneminen lähteistä purkautuvan pohjaveden muodostumisalueella voi silti vaikuttaa lähteistä purkautuvan veden määrää alentavasti. Välttämistoimilla alenema jää kuitenkin pienemmäksi ja sitä kautta mahdollinen kielteinen vaikutus lähteisiin Kit-L3, Kit-L4 ja Kit-L5 jää vastaavasti pienemmäksi.

Vaihtoehdossa VE1b voidaan arvioida, että lähdettä Vii-HL7 lukuun ottamatta kaikki Sakattikummun läheisyydessä sijaitsevat lähteet jäävät pohjavedenpinnan alenemavyöhykkeen ulkopuolelle välttämistoimillakin. Lisäksi mahdollinen vaikutus Kitisen rannassa sijaitseviin lähteisin saattaa pienentyä. Vaihtoehdossa VE2a vastaavasti Sakattikummun alueen lähteisiin kohdistuvat vaikutukset pienenevät lähteiden Vii-HL2 ja Vii-HL3 jäädessä aleneman ulkopuolelle. Vaihtoehdoissa VE2b, VE3a ja VE3b tilanne vastaa vaihtoehtoa VE1a.

Välttämistoimista aiheutuvat vaikutukset ovat määrällisiä. Pohjaveden laatuun välttämistoimilla ei arvioida olevan vaikutusta.



Kuva 16-46 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 tammikuu (80 % tiivistysskenaario), välttämistoimenpiteet käytössä, kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutus huomioituna (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).



Kuva 16-47 Pohjavedenpinnan alenema (m) kaivostoiminnan vuonna 22 tammikuu (65 % tiivistysskenaario), välttämistoimenpiteet käytössä, kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutus huomioituna (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023).

16.3.10 Kaivostoiminnan vaikutukset vesienhoidon tavoitteisiin pohjavesialueilla

Vesienhoidon tavoitteet

Vesienhoidon keskeisenä tavoitteena on estää pintavesien ja pohjavesien tilan heikkeneminen sekä pyrkiä kaikkien vesien vähintään hyvään tilaan. Osana vesienhoidon suunnittelua tulee tarkastella vesienhoitoalueella vireillä olevia uusia hankkeita, joilla voi olla vaikutusta vesienhoitoalueen pinta- ja pohjavesiin. Pohjaveden osalta tarkastelu kohdistetaan hankkeisiin, jotka muuttavat vesimuodostumaa fyysisesti niin, ettei pohjaveden hyvää tilaa voida saavuttaa. Sakatin kaivoshanke on viranomaisten toimesta luokiteltu hankkeeksi, jolla voi olla vaikutuksia vesimuodostumien tilaan ja joka siten voi johtaa asetetuista tilatavoitteista poikkeamiseen. (Lapin ELY-keskus 2020a.)

Pohjavesiesiintymän **määrällinen tila** luokitellaan hyväksi, jos

1. Keskimääräinen vuotuinen vedenotto ei ylitä muodostuvan uuden pohjaveden määrää;
2. Pohjavedenpinnan korkeus ei ihmistoiminnan seurauksena pysyvästi laske. (VNa 341/2009.)

Lisäksi vesipolitiikan puitedirektiivin (2000/60/EY) liitteessä V pohjaveden hyvästä määrällisestä tilasta todetaan, että pohjavedenkorkeuteen ei kohdistu sellaisia ihmistoiminnan aiheuttamia muutoksia, jotka aiheuttaisivat:

- Pohjaveteen yhteydessä olevien pintavesien 4 artiklassa määriteltyjen ympäristötavoitteiden saavuttamatta jäämisen,
- Näiden vesien tilassa oleellista huononemista,
- Oleellista haittaa pohjavesimuodostumasta suoraan riippuvaisille maaekosysteemeille. Pohjavedenkorkeuden muutokset voivat siten aiheuttaa virtaussuunnan muutoksia tilapäisesti tai rajatulla alueella jatkuvasti, mutta näistä suunnanmuutoksista ei aiheudu suolaisen veden tai muun haittatekijän pääsyä pohjavesimuodostumaan, eivätkä suunnanmuutokset osoita pysyvää tai selvästi havaittavissa olevaa ihmistoiminnan aiheuttamaa virtaussuuntien muutosta, joka todennäköisesti johtaisi tällaiseen pääsyyn. (Lapin ELY-keskus 2019b.)

Pohjavesimuodostuman kemiallinen tila luokitellaan hyväksi, jos yhdessäkään havaintopisteessä ei todeta ympäristönlaatunormien ylityksiä (laskettuna vuosikeskiarvona). Lisäksi muodostuman tila voi olla hyvä, vaikka ympäristönlaatunormien ylityksiä todettaisiinkin, mikäli pilaavan aineen pitoisuus pohjavesimuodostumassa ei aiheuta merkittävää ympäristöriskiä tai pilaavan aineen pitoisuus ei ole merkittävästi heikentänyt pohjavesimuodostuman soveltuvuutta tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää. (VNa 341/2009.)

Hyvään kemialliseen tilaan luokitellaan suoraan ne pohjavesialueet, joilla ei ole ihmistoiminnasta aiheutuvaa riskiä pohjaveden laadulle. Kemiallisen tilan arviointi tehdään ainoastaan yksilöidyille riskialueille, jotka eivät mahdollisesti saavuta hyvää kemiallista tilaa. Tila-arvioinnissa otetaan huomioon pohjavettä pilaavien aineiden pitoisuudet, jotka kyseisellä pohjavesialueella voivat heikentää pohjavesimuodostuman kemiallista tilaa. Kemiallista tilaa arvioitaessa otetaan huomioon vesienhoitoasetuksessa säädetyt pohjavesien ympäristönlaatunormit, jotka on johdettu mm. talousvedelle asetetuista laatunormeista tai luonnossa esiintyville aineille pohjaveden luonnon taustapitoisuuksista. (Lapin ELY-keskus 2020b.)

Pohjavesien määrälliseen tilaan kohdistuvien vaikutusten arviointi

Tässä yhteydessä arvioidaan voiko Sakatin kaivoshankkeesta aiheutua sellaisia vaikutuksia Kersilönkankaan ja Pahalaksonmaan pohjavesialueisiin, jotka mahdollisesti aiheuttaisivat niiden nykyisen hyväksi luokitellun määrällisen tilan huononemisen.

Viranomaisten suorittamien pohjavesien määrällisen tilan arviointeihin liittyy neljä tarkastelua. Nämä ovat: 1. vesitasetarkastelu, 2. vaikutukset pintavesimuodostumien ympäristötavoitteiden saavuttamiseen, 3. vaikutukset maaekosysteemeihin, sekä 4. suolaisen veden tai muun haittatekijän intruusio. (Lapin ELY-keskus 2019b.) Seuraavissa kappaleissa sovelletaan viranomaisten arvioinneissaan käyttämiä periaatteita ja vaiheita pyrittäessä selvittämään vaikuttaako Sakatin kaivoshanke vesienhoidon tavoitteiden saavuttamiseen Pahalaksonmaan ja Kersilönkankaan pohjavesialueiden osalta.

1 Vesitasetarkastelu

Vesitasetarkastelussa lasketaan tai arvioidaan pohjavesimuodostuman käytettävissä oleva pohjaveden määrä ja sitä verrataan vedenoton pitkänajan vuosikeskiarvoon. VNa (341/2009) mukaan (ks. myös Lapin ELY-keskus 2020b) pohjaveden määrällisen tilan luokittelu hyväksi edellyttää, että keskimääräinen vuotuinen vedenotto ei ylitä muodostuvan uuden pohjaveden määrää. Käytettävissä olevan pohjaveden määrä on kuitenkin käytännössä pienempi kuin muodostuvan pohjaveden määrä, joten tässä tarkastelussa on päädytty mahdollisuuksien mukaan huomioimaan myös pohjavesimuodostumien antoisuus.

Pahalaksonmaan ja Kersilönkankaan pohjavesialueilla muodostuvan pohjaveden määräksi on arvioitu 0,29 Mm^3/v. (790 m^3/vrk) ja 0,35 Mm^3/v. (950 m^3/vrk) eli yhteensä noin 0,64 Mm^3 vuodessa (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta). Pahalaksonmaalla on tehty antoisuuspumppaus yhdestä havaintoputkesta ja sen perusteella pisteen antoisuus on vähintään noin 120 m^3/vrk. Myös Kersilönkankaalla on suoritettu pohjaveden antoisuuspumppaus yhdessä pisteessä, jonka perusteella antoisuus on ollut ko. pisteessä 80 m^3/vrk. Varsinaista vedenhankintaselvitystä ei ole tehty kummallakaan pohjavesialueella. (Davidila 2019, Lapin ELY-keskus 2019a, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta.)

Muodostuvan pohjaveden yhteismäärä on noin 960 m^3/vrk vähemmän kuin Itasca Denver Inc.:n (2023) mallintama kaivoksen likimääräinen kuivanapitovesien määrä (VE1a, 2 400–2 830 m^3/vrk, vuodesta 10 alkaen noin 2 640 m^3/vrk) käytettäessä 80 % tiivistysskenaariota mallin lähtökohtana. 65 % tiivistysskenaariossa kuivanapitovesien määrä on noin 190 m^3/vrk suurempi kuin 80 % tiivistysskenaariossa (vuodesta 11 eteenpäin). Koska kyseessä ei ole vedenotto itse pohjavesimuodostuma-alueilla, vaan maanalaiseen kaivokseen laajalta alueelta kertyvän pohjaveden määrä, eivät nämä eri lähteistä muodostuvan pohjaveden määrät ole suoraan verrannollisia vaan niitä tulee käsitellä lähinnä asiaa taustoittavina tietoina. Luvussa 16.3.9 esitettyjen välttämistoimenpiteiden (NE-satelliittiesiintymän louhimatta jättäminen) vaikutuksesta kuivanapitovesien määrä pienenee etenkin esiintymän ympäristössä, jolloin ero pohjavesialueilla muodostuvan pohjaveden määrän ja kuivanapitovesien määrän välillä pienenee. 80 % tiivistysskenaariossa kuivanapitovesien määrä pienenee noin 120 m^3/vrk ja 65 % tiivistysskenaariossa noin 240 m^3/vrk.

Pohjaveden mallinnettu alenema (molemmat tiivistysskenaariot, VE1a) kohdistuu jo kaivostoiminnan toisesta tai kolmannesta vuodesta lähtien Pahalaksonmaan pohjavesialueelle. Aleneman laajuus kasvaa vuosien saatossa kohti Kersilönkankaan pohjavesialuetta, mutta vaikutus ei ulotu sinne saakka kaivoksen toiminta-aikana tai sen toiminnan loppumisen jälkeen. Mallinnuksella ei ole arvioitu, mikä osa kaivoksen kuivanapitovedestä on alkuaankaan peräisin pohjavesialueelta.

Mallinnustulosten perusteella pohjaveden alenema on vaihtoehdossa VE1a enimmillään sekä 65 % että 80 % tiivistysskenaarioita käytettäessä noin 1,3–1,4 metriä Pahalaksonmaan pohjavesialueella (alueen kaakkoisreunalla). Alenemat kohdistuvat käytännöllisesti katsoen koko pohjavesialueeseen. Suuruudeltaan 0,5 metriä tai sitä suurempi alenema kattaa molemmissa skenaarioissa enimmillään noin puolet pohjavesialueen pinta-alasta. Kaivostoiminnan loputtua pohjavedenpinta palautuu luonnolliselle tasolleen. Pohjavedenpinnan taso vaihtelee Kersilönkankaalla muodostuman eri osissa tasovälillä +184 - +189 m mpy ja Pahalaksonmaan muodostuman eri osissa tasovälillä +182 - +185 m mpy vuosina 2012–2021. Molemmilla pohjavesialueilla esiintyy myös orsivettä.

Kallion tasokorkeus vaihtelee Pahalaksonmaan pohjavesialueella ollen välillä +156 - +184 m mpy. Maakerrosten paksuus vaihtelee 4 ja 30 metrin välillä ollen lähellä Kitistä noin 30 metriä. Kersilönkankaan pohjavesialueella kallionpinta sijaitsee tasolla noin +164 – +184 m mpy. Maakerrosten paksuus vaihtelee 6 ja 22 metrin välillä. Molemmilla alueilla hiekka- ja sorakerrokset ovat ohuet ja niiden välissä esiintyy moreenikerroksia.

Pahalaksonmaan ja Kersilönkankaan pohjavesialueiden geologisten tietojen ja hydrogeologisten olosuhteiden perusteella molemmilla muodostumilla antoisuuden täysimittainen hyödyntäminen edellyttäisi useita pohjaveden pumppauspisteitä eri puolilla muodostumaa. Yksittäisistä pisteistä saatavan pohjaveden määrä jää suhteellisen vähäiseksi.

Pohjaveden virtausmallinnus on tehty hankevaihtoehdolle VE1a, jossa vinotunneli sijaitsee lähimpänä Pahalaksonmaan pohjavesialuetta. Pohjavedenpinnan aleneminen kohdistuu koko Pahalaksonmaan alueelle, mutta ei ulotu Kersilönkankaan pohjavesialueelle. Vaihtoehdossa VE1b pohjaveden pinnan aleneminen kohdistuu enemmän Viiankiaavan suuntaan, ja alenemat jäävät Pahalaksonmaan pohjavesialueella vähäisiksi. Vaihtoehdossa VE1b ei kohdistu vaikutuksia Kersilönkankaan pohjavesialueelle. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Pahalaksonmaan pohjavesialueen pohjoisosaan. Toiminnoilla on tällöin arvioitu olevan merkittävä kielteinen vaikutus pohjavedenpinnan alenemiseen. Vaikutusten ei arvioida ulottuvan Kersilönkankaan pohjavesialueelle. Kaivostoimintojen sijoittuminen Pahalaksonmaalle aiheuttaa jo itsessään pohjavesialueen hyödyntämismahdollisuuksien merkittävän heikentymisen.

Vaihtoehdossa VE3a ja VE3b pohjaveden pinnan aleneminen kohdistuu vaihtoehtoon VE1a verrattuna enemmän Viiankiaavan ja Kersilönkankaan suuntaan. Arvion perusteella vaihtoehdoilla VE3a ja VE3b on haitallinen vaikutus Kersilönkankaan pohjavesialueen pohjavesiolosuhteisiin muodostuman eteläpäässä kaivoksen sisäänkäynnin sijoittuessa alueelle. Pahalaksonmaan pohjavesialueelle voi arvioiden mukaan kohdistua vähäinen pohjavedenpinnan alenema muodostuman pohjoispään alueella. Kuten vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b Pahalaksonmaan osalta, myös vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b kaivostoimintojen sijoittuminen

pohjavesialueelle heikentää merkittävästi Kersilönkankaan eteläosan pohjavesiolosuhteita ja sen myötä pohjavesialueen hyödyntämismahdollisuuksia. Kaivoksen lopetettua toimintansa pohjavedenpinta palautuu luonnolliselle tasolleen viidessä tai kymmenessä vuodessa riippuen käytettävästä tiivistysskenaariosta (enintään 0,1 metrin ero ennen kaivoksen toiminnan aloittamista vallinneeseen tilanteeseen) vaihtoehdossa VE1a. Pohjaveden virtausmallinnukseen perustuva arvio on sovellettavissa myös muihin vaihtoehtoihin.

Luvussa 16.3.9 esitettyjen välttämistoimenpiteiden (NE-satelliittiesiintymän louhimatta jättäminen) vaikutus ei ulotu pohjavedenpinnan alenemiin Pahalaksonmaan pohjavesialueella. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b alenema voi pienentyä vähäisessä määrin Kersilönkankaan eteläpäässä.

Vesitasetarkasteluun sisältyy myös mahdollisten pohjavedestä riippuvaisten pintavesi- ja/tai maaekosysteemien huomioiminen. Pahalaksonmaan ja Kersilönkankaan pohjavesimuodostumiin ei kuitenkaan liity em. riippuvuuksia pintavesien osalta. Maaekosysteemejä on tarkasteltu lähemmin jäljempänä kohdassa 3.

2 Vaikutukset pintavesimuodostumien ympäristötavoitteiden saavuttamiseen

Tarkastelussa arvioidaan pohjavedenoton vaikutukset pintavesimuodostumien ympäristötavoitteiden saavuttamiseen. Tämä arvioidaan yksilöllisesti jokaiselle pohjavesimuodostuman kanssa yhteydessä olevalle pintavesimuodostumalle, jossa pohjavesi purkautuu pintaveteen.

Pahalaksonmaan pohjavesialue rajautuu lännessä Kitiseen. Pohjavesialueen välittömässä läheisyydessä, muodostuman pohjoispuolella, on todettu lähteinen alue Kitisen rannalla. Alueelta purkautuvasta vesimäärästä ei ole mitattua tietoa. Arvion perusteella alueella purkautuu kuitenkin Kärväslammesta peräisin olevaa vettä sekä Viiankiaavalta peräisin olevia pinta- ja pohjavesiä eikä pohjavesialueilta peräisin olevaa pohjavettä (Åberg ym. 2019).

Myös Kersilönkankaan pohjavesialue rajautuu lännessä Kitiseen. Pohjavesialueella on yksi biologisin menetelmin tunnistettu lähde Kitisen rannassa, pohjavesimuodostuman keskiosassa.

Molempien pohjavesialueiden osalta voidaan todeta, että pohjavesimuodostumista purkautuva vesi ei vaikuta olennaisesti pintavesimuodostumien (Kitinen) virtaamamääriin tai vedenpinnan tasoon ja siten mahdollisella pohjaveden pinnan alenemalla ei ole merkittävää vaikutusta pintavesimuodostuman ympäristötavoitteiden saavuttamiseen.

3 Vaikutukset maaekosysteemeihin

Pohjavedestä riippuvaisiin maaekosysteemeihin otetaan ensi sijassa tarkasteltavaksi pohjavesimuodostumiin dynaamisesti yhteydessä olevat vesilain mukaiset lähteet, lähdepurot, lähteiköt ja VPD (vesipuitedirektiivi) -Natura-alueet. Näiden lisäksi voidaan tarkasteluun ottaa suot ja pohjavedestä riippuvaiset muut kosteikot sikäli, kun niiden ekosysteemien riippuvuus pohjavedestä tunnetaan.

Tässä tarkastelussa vastataan kysymykseen voivatko pohjavedestä riippuvaiset maaekosysteemit vahingoittua pohjaveden pinnan muutosten johdosta.

Kersilönkankaan pohjavesimuodostuman länsireunalla, Kitisen rannassa suunnilleen Aavanlahden kohdalla on havaittu pohjavesivaikutteisuutta indikoivan sammaleen esiintymä. Vastaavalla kohdalla muodostuman itäreunalla on useita havaintoja lähteisistä soista.

Kersilönkankaan eteläpäässä, pohjavesimuodostuman ulkopuolella, on puolestaan havaittu pohjavesivaikutteisia luontotyyppejä neljässä kohdassa Kitisen rannassa.

Pahalaksonmaan pohjavesimuodostuman pohjoispuolella, Kitisen rannalla on havaittu lähteinen alue. Lisäksi Pahalaksonmaan ja Kersilönkankaan pohjavesialueiden välisellä alueella sijaitsee Kitisen rantatörmällä kolme lähdettä (Kit-L3, Kit-L4 ja Kit-L5). Pohjavesivaikutteisuutta indikoivia sammaleita on havaittu Vaakaniityn läheisyydessä kahdessa paikassa. Lisäksi niistä on tehty lukuisia havaintoja Sakattiojan alkupään ja pohjavesialueen välisellä alueella. Pohjavesivaikutteisia tai osittain pohjavesivaikutteisia luontotyyppejä on havaittu runsaasti Sakattiojan alkupään pohjoispuolisella alueella.

Kersilönkankaan ja Pahalaksonmaan pohjavesialueiden väliselle alueelle kohdistuu vähäinen pohjavedenpinnan alenema. Alenemalla ei voida osoittaa olevan vaikutuksia ko. alueella sijaitseville pohjavesivaikutteisille luontotyypeille tai lähteille. Alueella purkautuvan pohjaveden arvioidaan olevan Kärväslammesta peräisin olevaa vettä sekä Viiankiaavalta lähtöisin olevia pinta- ja pohjavesiä eikä pohjavesialueilta peräisin olevaa pohjavettä (Åberg ym. 2019).

Pahalaksonmaan pohjavesialueella suurin mallinnettu alenema kohdistuu muodostuman keskiosaan. Suurimman aleneman alueella ei sijaitse lähteitä tai pohjavedestä riippuvaisia ekosysteemejä. Myöskään lähimpänä sijaitseviin kohteisiin (pohjavesivaikutteisuutta indikoivat sammaleet sekä lähteiset suot) ei voida osoittaa kohdistuvan vaikutuksia. Varsinaisen pohjaveden muodostumisalueen ulkopuolella, muodostuman itäpuolella sijaitsevien pohjavedestä riippuvien ekosysteemien alueella purkautuvan pohjaveden arvioidaan olevan peräisin Viiankiaavan suunnalta eikä pohjavesialueelta. Pohjavesialueen luoteisosassa sijaitsevien kahden pohjavesivaikutteisuutta indikoivan sammalesiintymän osalta on mahdollista, että niiden alueella purkautuva pohjavesi on peräisin pohjavesialueelta. Pohjavesimallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) tulosten perusteella pohjaveden pinnan alenema on pohjavesialueen luoteisosassa enimmilläänkin alle 0,1 metriä (hankevaihtoehto VE1a, jossa vinotunneli sijaitsee lähimpänä pohjavesialuetta). Alenemalla ei siten ole merkittävää vaikutusta ko. alueella pohjaveden purkautumiseen.

Sekä Pahalaksonmaan että Kersilönkankaan pohjavesialueet rajautuvat etelä- ja itäosistaan osin Viiankiaavan Natura-alueeseen. Erillisessä Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a, Liite 17) todetaan, että vaihtoehdon VE1a pohjalta mallinnetuissa 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioissa kohdistuu maaperän pohjaveden aleneman johdosta merkittäviä heikennyksiä suojeluperusteina mainittujen luontodirektiivin liitteen II lajien osalta lapinsirppisammaleeseen. Kohtalaisia vaikutuksia kohdistuu kiiltosirppisammaleeseen, isonuijasammaleeseen ja lettorikkoon. Lapinleinikkiin ja saukkoon kohdentuu lievä heikennys. Hankevaihtoehdossa VE1a molemmissa tiivistysskenaarioissa seitsemään suojeluperusteena mainittuun luontotyyppiin (humuspitoiset järvet ja lammet, pikkujoet ja purot, vaihettumissuot ja rantasuot, lähteet ja lähdesuot, aapasuot, boreaaliset luonnonmetsät ja puustoiset suot) kohdistuu lievä heikennys ja lettoihin kohtalainen heikennys.

Lisäksi vaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b on tunnistettu mahdollinen kohtalainen heikennys lettorikkoon ja mahdollinen merkittävä heikennys kiiltosirppisammaleeseen, lapinsirppisammaleeseen ja isonuijasammaleeseen. Vaihtoehdossa VE1b on tunnistettu

lievä heikennys ja vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b kohtalainen heikennys lapinleinikin osalta. Vaihtoehtojen VE3a ja VE3b osalta on tunnistettu mahdollinen merkittävä heikennys lapinleinikin osalta. Mahdollinen kohtalainen heikennys lettoihin ja aapasoihin on tunnistettu hankevaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Lisäksi VE3a:ssa ja VE3b:ssä on mahdollinen merkittävä heikennys pikkujoet ja purot osalta sekä mahdollinen kohtalainen heikennys lähteet ja lähdesuot osalta. Hankevaihtoehdossa VE1b, VE2a ja VE2b on lievän-kohtalaisen heikennyksen mahdollisuus lähteet ja lähdesuot luontotyyppiin. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Hanke ei luonnonsuojelulain 65 §:n mukaisen arvioinnin perusteella merkittävästi heikennä niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi Viiankiaapa on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon, kun hanke toteutetaan vaihtoehdon VE1a 65 % tai 80 % tiivistysskenaarioiden sekä Natura-arvioinnissa kuvattujen uusien lieventämistoimien (välttämistoimet) kanssa. Johtopäätös sisältää vaikutusten arvioinnin kaikkine siihen kuuluvine toimintoineen sekä vaikutusten arvioinnin yhdessä muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa. Muiden arvioitujen hankevaihtoehtojen osalta laaditut mallinnukset ja muut selvitykset eivät ole riittäviä, jotta voitaisiin riittävällä varmuudella poissulkea merkittävän heikennyksen mahdollisuus. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Natura-arvioinnissa kuvatut vaikutukset kohdistuvat myös muualle kuin pohjavesialueiden reuna-alueille, ja arvioinnissa ei ole tarkemmin eritelty pohjavesialueilla tapahtuvan pohjavedenpinnan alenemisen vaikutusta Natura-alueelle. Alueella tehdyn pohjavesimallinnuksen (Åberg ym. 2019) mukaan Viiankiaavan alueella tapahtuva pohjaveden purkautuminen liittyy todennäköisesti turvekerroksen alapuolisiin jokisedimentteihin eikä niinkään pohjavesialueilta peräisin olevaan pohjaveteen.

4 **Suolaisen veden tai muun haittatekijän intruusio**

Tarkastelu koskee pohjavedenpinnan laskusta tai pohjaveden virtaussuunnan muutoksesta aiheutuvan suolaisen tai muun huonolaatuisen veden pääsymahdollisuutta pohjavesimuodostumaan.

Pohjavesimallinnuksen tulosten perusteella pohjavedenpinnan alenema kohdistuu Pahalaksonmaan pohjavesialueelle ja vähäisessä määrin Kersilönkankaan pohjavesialueen eteläosaan (vaihtoehdot VE3a ja VE3b). Muutosten ei arvioida aiheuttavan pohjavesimuodostuman ulkopuolisen, mahdollisesti huonolaatuisen veden virtausta muodostumiin. Sekä Pahalaksonmaan että Kersilönkankaan alueella pohjavesi muodostuu lähinnä sadannasta ja ne ovat tyypiltään ympäristöönsä purkavia. Pahalaksonmaan osalta on kuitenkin todettu myös rantaimeytymisen mahdollisuus muodostuman länsiosassa. Kitisen vesi on hyvälaatuista eikä pohjavedenpinnan aleneman katsota lisäävän rantavyöhykkeellä tapahtuvaa imeytymistä.

Pohjavesien kemialliseen tilaan kohdistuvien vaikutusten arviointi

Sakatin kaivoshankkeesta ei katsota muodostuvan riskiä pohjavesialueiden pohjaveden laadulle. Toimintavaiheessa tehdasalueen hulevedet, kaivannaisjätealueilta kerättävät vedet, maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitovedet sekä prosessivedet kerätään talteen ja johdetaan vesivarastoaltaaseen. Vesi palautetaan osittain prosessiin ja osittain vesi johdetaan vedenkäsittelyyn ja sen jälkeen edelleen Kitiseen. Tehdas- ja rikastushiekka-alueiden pohjaveden virtaussuunta

on etelän ja lännen väliselle alueelle eivätkä pohjavedet siten virtaa pohjavesialueiden suuntaan. Pohjavedenpinnan alenemat eivät vaikuta pohjaveden kemialliseen laatuun. Myöskään sulkemisvaiheessa tai sen jälkeen pohjavesialueiden veden laatuun ei katsota aiheutuvan muutoksia.

Pölypäästöjen mallinnuksen perusteella pölylaskeumat kohdistuvat Kuusivaaran lähiympäristöön. Pölylaskeuma ja sen mukana mahdollisesti kulkeutuvat haitta-aineet eivät siten muodosta pohjavesialueisiin kohdistuvia riskejä.

Johtopäätökset

Yhteenvetona voidaan todeta, että Pahalaksonmaan pohjavesialueella tapahtuva pohjavedenpinnan alenema voi vähentää alueelta saatavissa olevan pohjaveden määrää vaihtoehdossa VE1a. Vaikutuksen ei kuitenkaan arvioida olevan suuri. Vaikutusta lieventää yli metrin suuruisen aleneman kohdistuminen vain pienelle alueelle. Alenemat ovat myös valtaosin samaa suuruusluokkaa kuin pohjavedenpinnan luonnollinen vaihtelu alueella. Laskennallisen antoisuuden mukainen vedenotto ei ole mahdollista ilman useita vedenottokaivoja, jolloin pohjavesiesiintymän täysimittainen hyödyntäminen ei nykytilanteessakaan liene kustannus-/hyötysuhteeltaan järkevää. Kersilönkankaalle ei kohdistu vaikutuksia. Vaihtoehdossa VE1b pohjavedenpinnan alenemat Pahalaksonmaan pohjavesialueella jäävät vähäisiksi ja vaikutusten ei arvioida ulottuvan Kersilönkankaan pohjavesialueelle. Vaihtoehdoilla VE2a ja VE2b on merkittävä kielteinen vaikutus Pahalaksonmaan pohjavesialueen pohjavesiolosuhteisiin kaivoksen sisäänkäynnin sijoittuessa alueelle, mikä voi vaikuttaa esiintymän antoisuuteen. Kersilönkankaalle ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia. Vaihtoehdoilla VE3a ja VE3b Kersilönkankaan eteläpäässä tapahtuvan pohjavedenpinnan alenemisen ja alueelle sijoitettavien toimintojen johdosta pohjavesiolosuhteet heikentyvät ja pohjaveden hyödyntäminen vaikeutuu pohjavesialueen eteläosassa. Alueen hydrogeologisten olosuhteiden perusteella vaikutuksen ei katsota ulottuvan Kersilönkankaan pohjoisosaan. Myös Kersilönkankaan pohjavesiesiintymä on pohjavedenoton kannalta epäedullinen muodostuman hydrogeologisista olosuhteista johtuen. Esiintymän hyödyntäminen edellyttäisi useiden pohjavesikaivojen rakentamista. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b myös Pahalaksonmaan pohjavesialueen pohjoisosassa pohjavedenpinta alenee vähäisessä määrin. Vaikutus on suurempi vaihtoehdossa VE3a nostokuilun johdosta.

Pohjavesialueiden laadullisen tilan osalta nykytilanteeseen ei arvioida aiheutuvan muutoksia missään vaihtoehdossa. Pohjavesiesiintymien tilan virallinen määrittely tehdään viranomaisten toimesta ja viranomaiset myös arvioivat tilatavoitteista poikkeamisten edellytykset.

17 Vaikutukset vesistöihin ja vedenlaatuun

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
17.2.1 Virtavedet	Kuvia (Kuva 17-4 – Kuva 17-9) päivitetty. Karttoihin lisätty YVA-selostuksen päivityksessä käsiteltyjä virtavesiä.	-
17.2.2 Suunnitellun kaivoksen lähialueen purot, norot ja ojat	Puroselvitys tehty vuonna 2021. Luvussa on esitetty laajempi tarkastelu hankealueen uomien luokittelusta ja nykytilasta.	Puroihin kohdistuvien vaikutusten arviointi edellyttää riittävää perustilaselvitystä niissä esiintyvän lajiston sekä veden laadun osalta.
17.2.4 Vesistöihin kohdistuva kuormitus	Kuva 17-14 päivitetty. Taulukkoja (Taulukko 17-7 – Taulukko 17-10) päivitetty. Lisätty karttaan (Kuva 17-14) ja taulukkoon (Taulukko 17-7) uusia havaintopisteitä vuodelta 2021. Lisätty uusia havaintotuloksia vuodelta 2021 taulukoihin (Taulukko 17-8 – Taulukko 17-10). Tekstiä selkeytetty lukukokemuksen vuoksi mm. näytepisteiden numeroinnilla. Tarkennettu ja korjattu Kitisen ekologisen tilan kuvausta. Taulukkoon (Taulukko 17-12) korjattu Kitisen fysikaalis-kemiallisen tilan luokitus.	-
17.2.6 Pohjasedimentit	Muutettu taulukkoa (Taulukko 17-15). Lisätty näytepisteiden numerot taulukkoon (Taulukko 17-15) lukukokemuksen selkeyttämiseksi.	-
17.2.7 Vaikutuskohteiden herkkyys	Lisätty kuvaukset puroselvityksen kohteena olleista virtavesistä, joita ei ole käsitelty YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a). Lisätty vesistöalueiden numerot tekstiin selkeyttämään lukukokemusta.	-
17.3.2	Täydennetty lukua puroihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnilla.	Arviointiselostusta tulee täydentää puroihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin osalta.

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
Rakentamisen aikaiset vaikutukset		
17.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset	Luku päivitetty ja vaikutukset arvioitu kokonaisuudessaan uudelleen. Päivitykset perustuvat uusiin vesi- ja ainetase- sekä pohjavesi- ja pintavesimallinnuksiin.	Koska kaivannaisjätteisiin, pohjavesimallinnukseen ja vesitasemallinnukseen liittyvät epävarmuudet ja virhelähteet heijastuvat myös kaivoshankkeen päästöjen ja vesistökuormituksen ja vaikutusten arviointiin, tulee YVA-selostusta täydentää vesistövaikutusten arvioinnin osalta, kun kaivannaisjätteiden karakterisointia on täydennetty sekä pohjavesi- ja vesitasemallit on päivitetty. Vesistövaikutusten arvioinnissa tulee huomioida päästöjen vaihteluvälit ja virhemarginaalit.
	TU-tarkastelu on laadittu uudelleen.	TU-menetelmällä arvioituna haitallisten yhteisvaikutusten mahdollisuus on olemassa. Yhteysviranomainen katsoo, että arviointiselostusta on tarpeen täydentää tältä osin.
	Puroihin kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltu uusien selvitysten perusteella.	Arviointiselostusta tulee täydentää puroihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin osalta.
17.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen	Lisätty kuvaus välttämistoimenpiteiden vaikutuksista.	-

17.1 Vaikutusten arvioinnin toteutus

17.1.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue

Kaivoksen vesistövaikutukset muodostuvat seuraavista osatekijöistä:

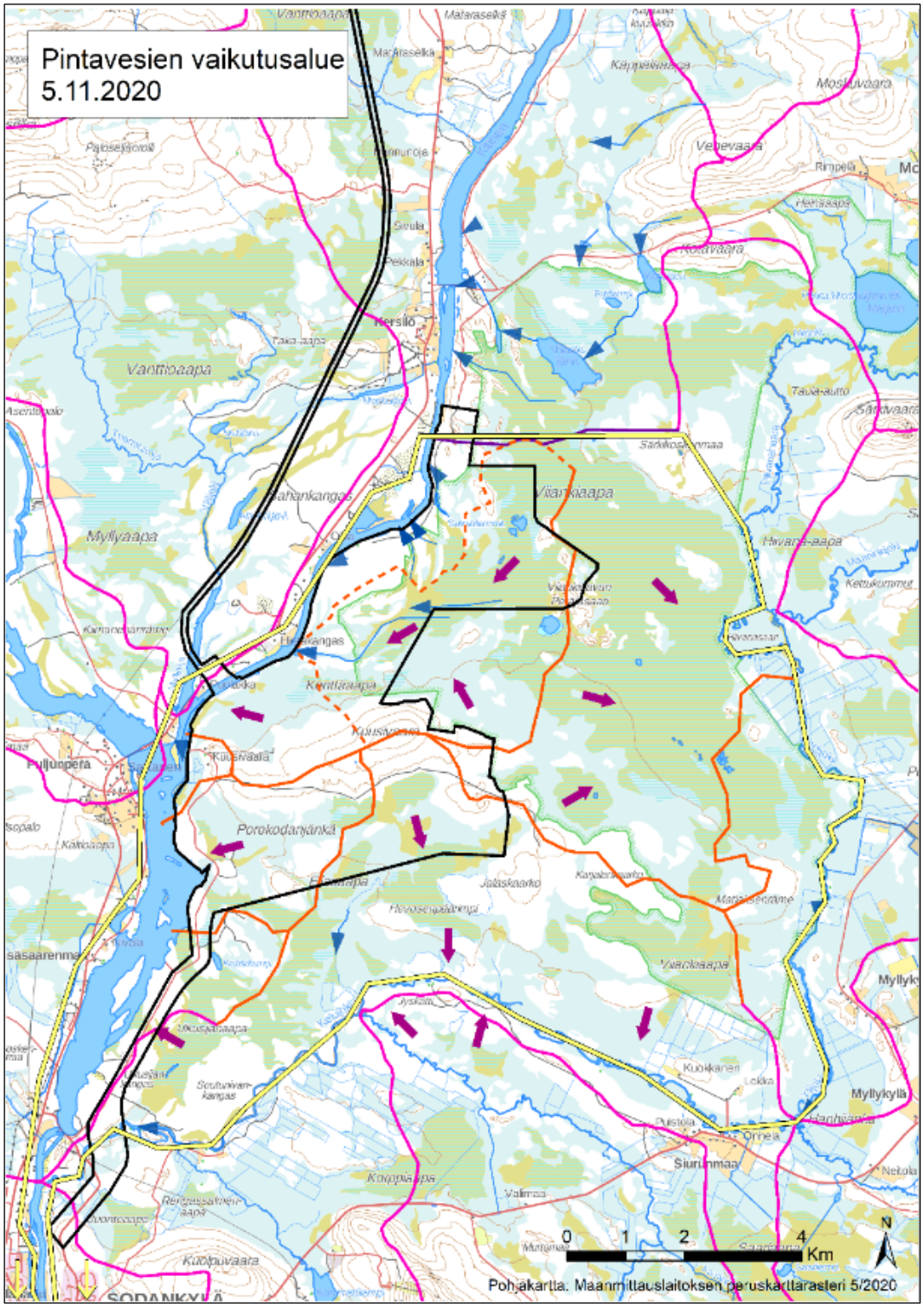
- Vesistöön toiminnan aikana johdettavat kaivoksen ylijäämävedet voivat aiheuttaa pitoisuusnousuja vastaanottavassa vesistössä.
- Kaivoksen tehdasalueen sekä siihen liittyvät valuma- ja hulevesien johtamisjärjestelyiden muutokset lähivaluma-alueen pinta-alassa ja vesien johtamisreiteissä voivat vaikuttaa virtaamiin ja veden korkeuksiin kaivoksen toiminta-aikana ja toiminnan jälkeen.
- Kaivoksen vinotunneliin sekä muihin maanalaisen kaivoksen tiloihin tuleva vesi voi vaikuttaa pohjaveden valuma-alueen rajojen sisällä pohjavedenpinnan korkeuteen, mikä puolestaan voi vaikuttaa pohjaveden muodostumisalueella pintavesien korkeuteen ja virtaamaan.
- Rakenteiden rakentamisen ja purkamisen aikana rakennusmassojen vesikontaktit ja maan pinnan kasvittomuus rakennuskohteella voivat aiheuttaa lyhytaikaista kiintoaineen huuhtoutumista ja eroosiota, kun valumavesi, sadevesi tai sulamisvesi huuhtelee kasvitonta maan pintaa ja rakennusmassoja.

- Toiminnan loppumisen jälkeen alueelle jää rikastusprosessista peräisin oleva matalarikkinen rikastushiekka, joka on läjitetty omalle rikastushiekka-alueelle. Tälle alueelle rakennetaan peiterakenne ja alue muotoillaan pintavalumavesien ohjaamiseksi kokoomaojiin, mutta pienessä määrin huuhtoutumista voi tapahtua alapuoliseen vesistöön.

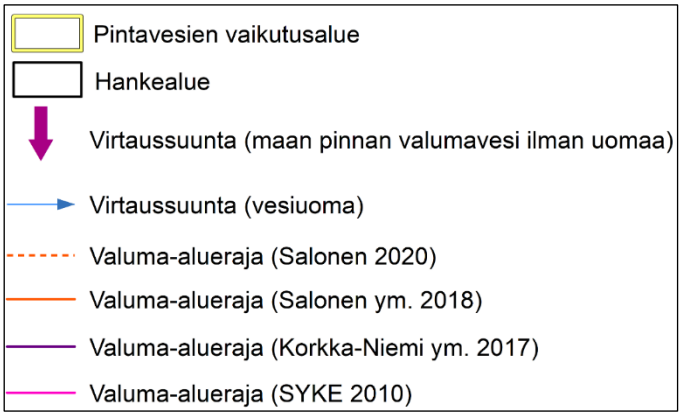
Kaivoksen vesiä johdetaan vain Kitiseen. Kuusivaaran tehdasalueen hulevedet ja kaivoksen kuivanapitovedet johdetaan kaivoksen sisäiseen vesikiertoon ja puhdistettujen ylijäämävesien mukana Kitiseen. Muissa vesistön osissa kuin Kitisessä mahdolliset vaikutukset muodostuvat rakentamisen tai kaivoksen sulkemisen aikaisista vaikutuksista sekä Kuusivaaran tehdasalueen aiheuttamista muutoksista lähivaluma-alueiden kokoon. Lisäksi Viiankiaavan alueella vesistövaikutuksia voi aiheutua kaivoksen vinotunnelista ja maanalaisesta kaivoksesta johtuvista pohjavedenpinnan korkeuden muutoksista.

Kaivoshankkeen kaikki toiminnot sijaitsevat Kitisen ja sen sivujoen, Kelujoen, valuma-alueilla. Lisäksi tarkastelualueena ovat Viiankiaavan alueella tai sen välittömässä läheisyydessä pohjoisen, idän ja etelän suunnassa sijaitsevat lammet, järvet ja purot. Pintavesiin kohdistuva vaikutusalue rajautuu eri ilmansuunnissa seuraavasti (ks. Kuva 17-1 ja Kuva 17-2):

- Pohjoisen suunnassa rajana on itä-länsi -suuntainen vedenjakaja, joka sijaitsee Viiankijärvestä etelään.
- Koillisessa, idässä ja kaakossa vaikutusalueen rajana on Hiivanahaara -joki ja Ylijoki, jotka ovat samaa uomaa (Hiivanahaara on ylävirran puolella). Ylijoki on Kelujoen sivuhaara.
- Etelän suunnassa vesistövaikutusten rajana on Kelujoki. Kelujokeen laskee Kuusivaaran tehdasalueen suunnasta Eliasoja. Kelujoki laskee Kitiseen, jossa vaikutuksia on tarkasteltu aina Kemijärveen laskevaan Kemijoen tulovirtaamaan asti.
- Lounaan, lännen ja luoteen suunnassa rajana on Kitinen.



Kuva 17-1 Pintavesien vaikutusalue. Vaikutusalue jatkuu Kitisessä etelän suunnassa kartan alareunan ulkopuolelle (ks. Kuva 17-10). Kuvaselitteet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 17-2).



Kuva 17-2 Edellisessä kuvassa (Kuva 17-1) käytettyjen merkintöjen selitteet.

17.1.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Sakatin kaivoshankkeen merkittävin vesistövaikutus on ylijäämävesien johtaminen Kitiseen kaivoksen toiminnan aikana. AFRY Finland Oy (2023d) arvioi erillisessä selvityksessä kaivoksen ylijäämävesien aiheuttamia muutoksia Kitisen vedessä käyttäen virtaus- ja vedenlaatumallia. Pitoisuusmuutoksia suhteutettiin nykytilan pitoisuuksiin ja ympäristönlaatunormeihin.

Muualle kuin Kitiseen kohdistuvissa vesistövaikutuksissa lähtötietona olivat hankkeen tekniset kuvaukset rakenteista ja vesienjohtamisen järjestelyistä, vesistöjen valuma-alueen pinta-ala- ja virtaamatiedot, arviot valuma-alueiden pinta-alojen mahdollisista muutoksista, vesien ekologisen luokituksen tiedot sikäli kuin niitä oli käytettävissä, tutkimustulokset vesistöjen ekologisesta tilasta, puroselvitys, tarvekivilouhoksen hydrogeologinen mallinnus sekä hydrogeologiseen pohjaveden virtausmalliin pohjautuvat arviot kaivoksen vaikutuksista pohjaveden pinnankorkeuteen. Vaikutukset arvioitiin asiantuntija-arviona em. lähtötietojen avulla.

17.1.3 Arvioinnin epävarmuustekijät

Pintavesien vaikutusarvioon liittyvistä tekijöistä mm. seuraavat sisältävät epävarmuutta: ylijäämävesien pitoisuuksien arviointi ennen käsittelyä, ylijäämävesien virtaama, ylijäämävesien käsittelyllä saavutettava puhdistustulos ja ylijäämäveden pitoisuuksiin, määrään tai korkeuteen liittyvien laskentamallien soveltuvuus ja mallien tarvitsemien lähtötietojen, kerrointen ja vakioiden määrittely sekä malleille valittujen laskentavaihtoehtojen (ns. skenaarioiden) edustavuus suhteessa todellisuuteen.

Mallitarkastelussa (Itasca Denver Inc. 2023) vaikutus pohjaveden alenemaan, jolla voi mahdollisesti olla vaikutuksia pintavesien virtaamaan, on toteutettu vain vaihtoehdolle VE1a. Muille vaihtoehdoille on pintavesien vaikutustarkastelussa karkeasti arvioituna oletettu sama pohjaveden alenema kuin vaihtoehdossa VE1a, vaikka vinotunnelien sijoittamisessa on eroja vaihtoehtojen välillä. Maanalaisen kaivoksen sijoittuminen (pl. vinotunnelilinjaus) kaikissa hankevaihtoehdoissa on sama.

Kitiseen kohdistuvien yhteisvaikutusten arviointi on toteutettu ns. ”toksinen yksikkö” -menetelmällä (ks. Luku 17.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset; Aineiden yhteisvaikutukset Kitisessä). Arvioinnissa

on oletettu, että kaikkien haitta-aineiden pitoisuuksien vaikutus on suoraan summautuva, mutta summautuvuuden astetta ei tarkemmin tiedetä. Lisäksi vesistössä toteutuvat vaikutukset ovat riippuvaisia haitta-ainepitoisuuksien lisäksi myös erilaisista fysikaalis-kemiallisista ja biologisista tekijöistä.

Osa vaikutusarvioinneista on tehty ns. asiantuntija-arviona ilman numeerista laskentaa. Asiantuntija-arviot ovat aina subjektiivisia ja sisältävät useita oletuksia.

17.1.4 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi

Vaikutuskohteen herkkyyden arvioinnin pohjana olivat tiedot veden laadusta, tiedot Lapin vesistöjen yleisestä laadusta, biologisten tekijöiden tutkimustulokset, valuma-alueiden pinta-alat, jotka kuvaavat virtaaman suuruutta sekä ekologisen tilan luokitustiedot ja virtaamatiedot sikäli kuin niitä oli käytettävissä.

Pitoisuuksien nousut Kitisessä arvioitiin virtaus- ja vedenlaatumallia käyttäen.

Muissa vesistöissä muutosten suuruusluokka arvioitiin asiantuntija-arviona perustuen kaivoksen aiheuttamiin muutoksiin lähivaluma-alueen pinta-alassa, ja valuma-alueen pinta-alan muutokset suhteutettiin valuma-alueiden kokonaispinta-aloihin. Rakentamis- ja sulkemistöiden vesistövaikutuksia arvioitiin vastaavista maanrakennuskohteista muualla saatujen havaintojen perusteella.

Vesistöjen herkkyyden ja muutoksen voimakkuuden arvioinnissa käytettyjä perusteita on esitetty alla olevissa taulukoissa (Taulukko 17-1 ja Taulukko 17-2). Arvioinnin perusteet liittyvät vesiekologiaan.

Taulukko 17-1 Vaikutuskohteen herkkyys, pintavedet.

Vähäinen	Ekologinen tai kemiallinen tila heikkenee vasta suuresta lisäkuormituksesta. Vesimuodostuman herkkyys lisääntyvälle kuormitukselle on vähäinen: vesimuodostuma on suuri tai virtaamat ovat suuria, laimenemisolosuhteet ovat hyvät, veden viipymä on lyhyt eivätkä vesistön ravinnetaso ja puskurikyky ole herkkiä muutoksille. Vesieliöstö kestää hyvin vedenlaadun muutoksia. Nopeasti toipuva ekosysteemi.
Kohtalainen	Alue on paikallisesti ainutlaatuinen ja siinä on luonnontilaisia piirteitä. Ekologinen tai kemiallinen tila heikkenee kohtalaisesta lisäkuormituksesta. Vesimuodostuman herkkyys lisääntyvälle kuormitukselle on kohtalainen: vesimuodostuma on keskisuuri tai virtaamat, laimenemisolosuhteet ja veden viipymä ovat kohtalaiset, eivätkä vesistön ravinnetaso ja puskurikyky ole kovinkaan herkkiä muutoksille. Vesieliöstö kestää melko hyvin vedenlaadun muutoksia. Melko nopeasti toipuva ekosysteemi.

Suuri	Alueellisesti ainutlaatuinen, lähestulkoon luonnontilainen tai lajistoltaan arvokas alue. Vesimuodostumaan on kohdistettu kunnostustoimenpiteitä. Ekologinen tai kemiallinen tila heikkenee vähäisestä lisäkuormituksesta. Vesimuodostuman herkkyys lisääntyvälle kuormitukselle on suuri: vesimuodostuma on pieni tai vähävirtaamainen, laimenemisolosuhteet ovat heikot, veden viipymä on pitkä tai vesistön ravinnetaso ja puskurikyky ovat herkkiä muutoksille. Vesieliöstö herkkä vedenlaadun muutoksille. Hitaasti toipuva ekosysteemi.

Taulukko 17-2 Muutoksen voimakkuus ja suunta, pintavedet.

Suuri kielteinen	Toiminnan aiheuttamat kielteiset muutokset vedenlaatuun, vesieliöstöön, pohjaolosuhteisiin, virtauksiin, virtaamaan tai vedenkorkeuteen tai päästöt vesistöihin ovat suuria. Rehevyystaso nousee selvästi ja ekologinen tai kemiallinen luokitus heikkenee selvästi. Vesiekosysteemi tai sen osa tuhoutuu osittain.
Keskisuuri kielteinen	Toiminnan aiheuttamat kielteiset muutokset vedenlaatuun, vesieliöstöön, pohjaolosuhteisiin, virtauksiin, virtaamaan tai vedenkorkeuteen tai päästöt vesistöihin ovat kohtalaisia. Rehevyystaso nousee ja ekologinen tai kemiallinen laatu heikkenee. Vesiekosysteemi tai sen osa tuhoutuu vähäisessä määrin.
Pieni kielteinen	Toiminnan aiheuttamat kielteiset muutokset vedenlaatuun, vesieliöstöön, pohjaolosuhteisiin, virtauksiin, virtaamaan tai vedenkorkeuteen tai päästöt vesistöihin ovat vähäisiä. Rehevyystaso ja ekologinen tai kemiallinen laatu heikkenee vähän. Vesiekosysteemejä tai niiden osia ei menetetä.
Ei vaikutusta	Toiminnasta ei aiheudu muutoksia pintavesiin.
Pieni myönteinen	Toiminnan aiheuttamat myönteiset muutokset vedenlaatuun, vesieliöstöön, virtauksiin, virtaamaan tai vedenkorkeuteen ovat vähäisiä. Rehevyystaso ja ekologinen tai kemiallinen laatu paranee hieman.
Keskisuuri myönteinen	Rehevyystaso vähenee ja ekologinen tai kemiallinen luokitus paranee.
Suuri myönteinen	Toiminnan aiheuttamat myönteiset muutokset vedenlaatuun, vesieliöstöön, virtauksiin, virtaamaan tai vedenkorkeuteen ovat suuria. Rehevyystaso laskee ja ekologinen tai kemiallinen luokitus paranevat selvästi.

17.2 Nykytila

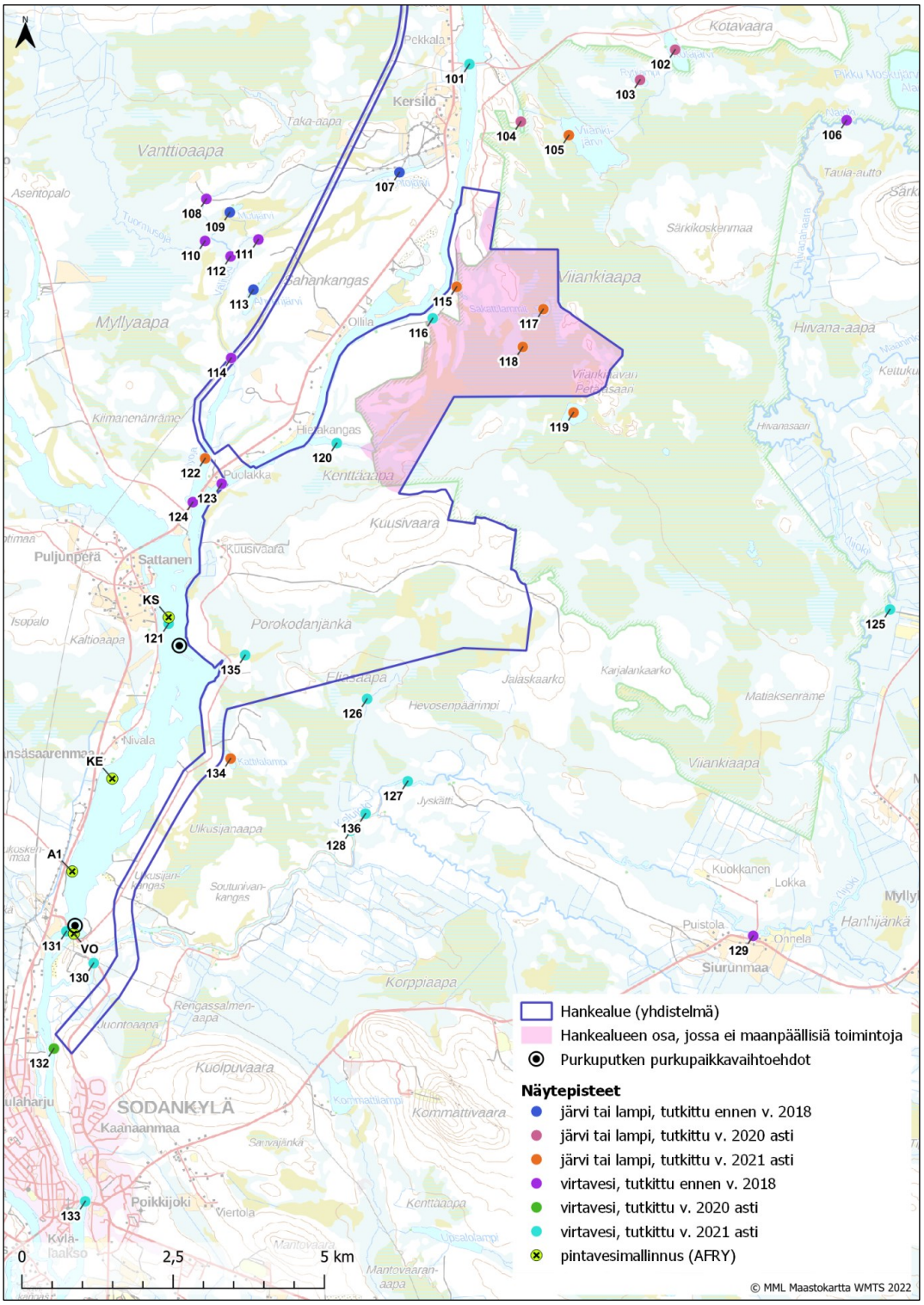
17.2.1 Virtavedet

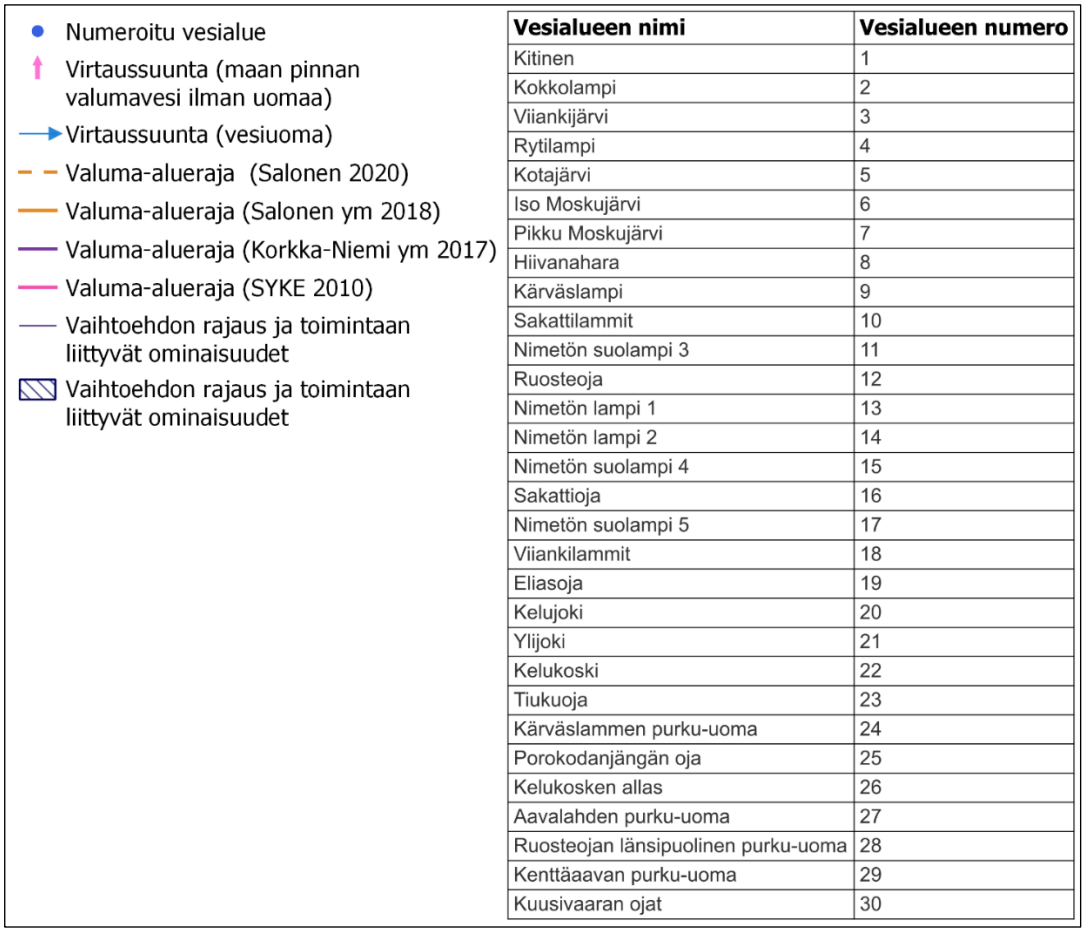
Suunniteltu hankealue sijaitsee Suomen toiseksi suurimmalla vesistöalueella, Kemijoella (65. Kemijoen vesistöalue, VHA5). Hankealueen tarkempi sijoittuminen on Kitisen keskiosassa (65.8, Kitisen alue) sijaitsevalla Kersilön valuma-alueella nro 65.821. Kemijoen vesistön valuma-alue on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 17-3). Kemijoen pääuoma saa alkunsa Pelkosenniemeltä, jossa

yhdistyvät suuret latvajoet Kitinen, Luiro ja Ylä-Kemijoki. Hankealueen läheisyydessä Kitiseen vetensä purkavat pohjoispuolella (ylävirran puolella) Ala-Postojoki ja Mataraoja, sekä hankealueen kohdalla Sattanen ja sen eteläpuolella (alavirran puolella) Jeesiöjoki ja Kelujoki. Pääosa kaikista kaivoshankkeen vaikutusalueen läheisyydessä sijaitsevista vesistä on virtavesiä.

Kuva 17-3 Kemijoen vesistön valuma-alue.

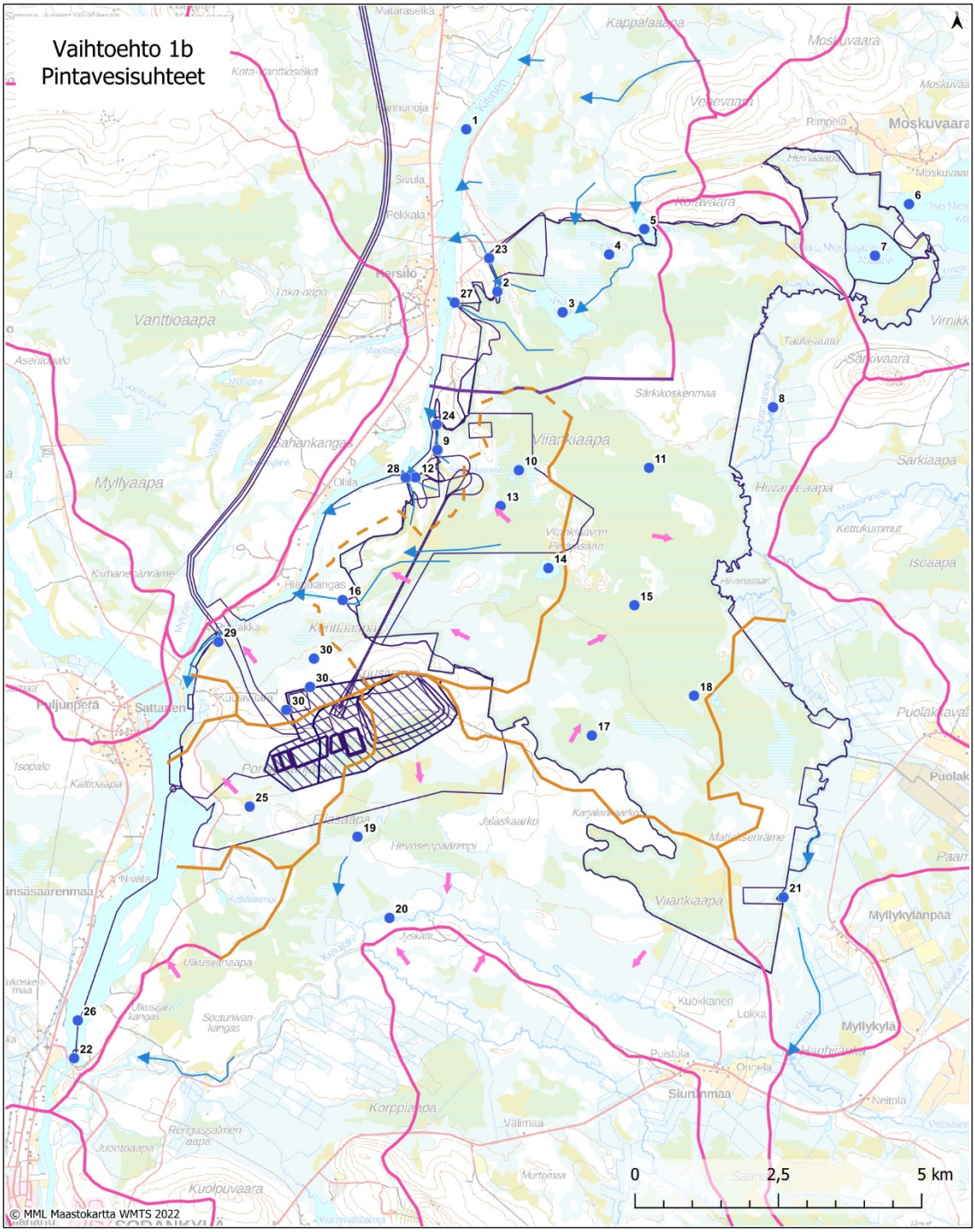
Alla kuvissa (Kuva 17-4 – Kuva 17-9) on esitetty hankevaihtoehdoittain kaivoksen toimintojen sijoittuminen suhteessa lähialueen vesistöihin ja valuma-alueisiin. Kuva 17-10 esittää pintavesisuhteita laajemmin pohjois-eteläsuunnassa Kitisen Vajukosken voimalasta Kemijärven pohjoispuolelle saakka.



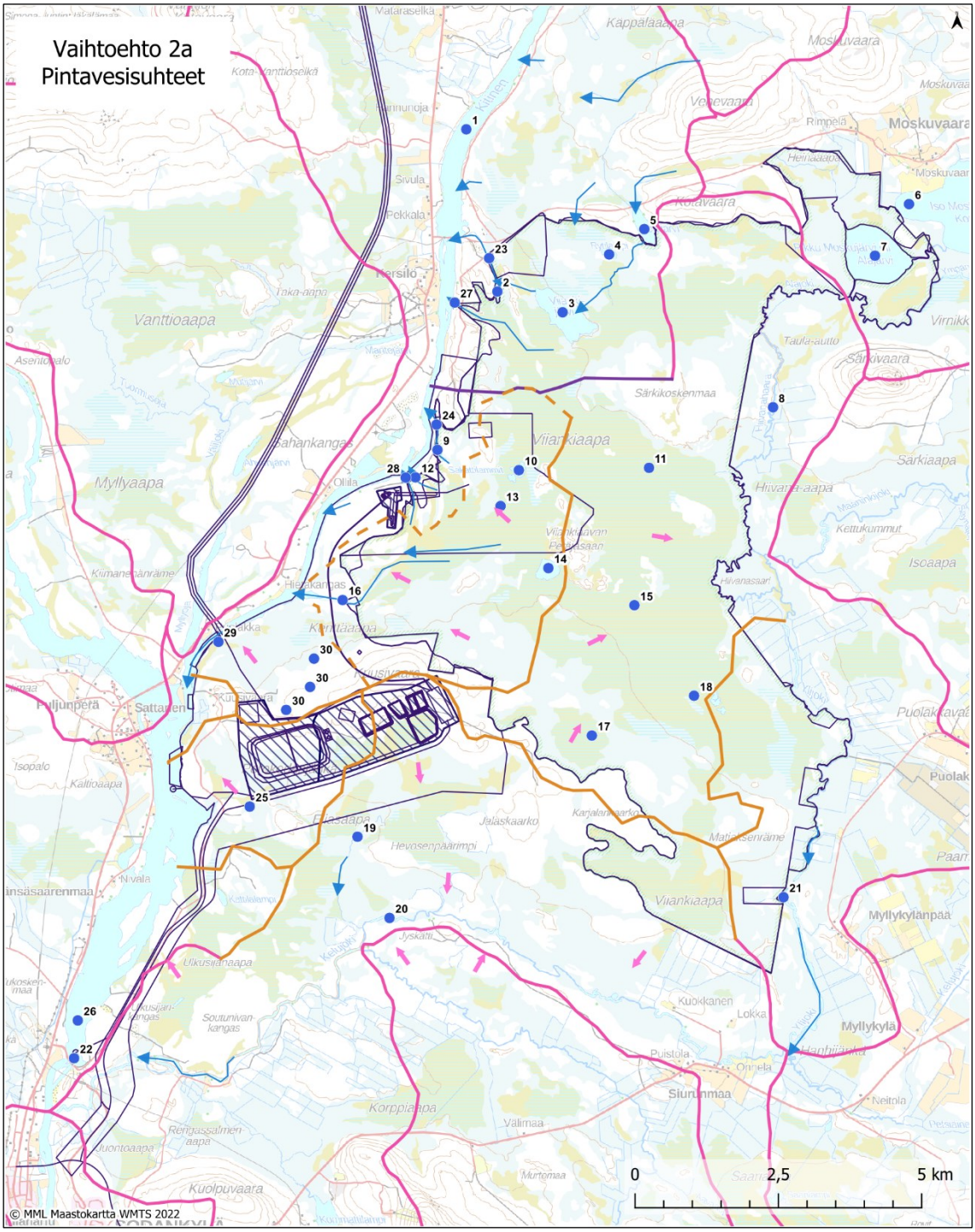


Vesialueen nimi	Vesialueen numero
Kitinen	1
Kokkolampi	2
Viiankijärvi	3
Rytilampi	4
Kotajärvi	5
Iso Moskujärvi	6
Pikku Moskujärvi	7
Hiivanahara	8
Kärväslampi	9
Sakattilammit	10
Nimetön suolampi 3	11
Ruosteoja	12
Nimetön lampi 1	13
Nimetön lampi 2	14
Nimetön suolampi 4	15
Sakattioja	16
Nimetön suolampi 5	17
Viiankilammit	18
Eliasoja	19
Kelujoki	20
Ylijoki	21
Kelukoski	22
Tiukuoja	23
Kärväslammen purku-uoma	24
Porokodanjängän oja	25
Kelukosken allas	26
Aavalahden purku-uoma	27
Ruosteojan länsipuolinen purku-uoma	28
Kenttäaavan purku-uoma	29
Kuusivaaran ojat	30

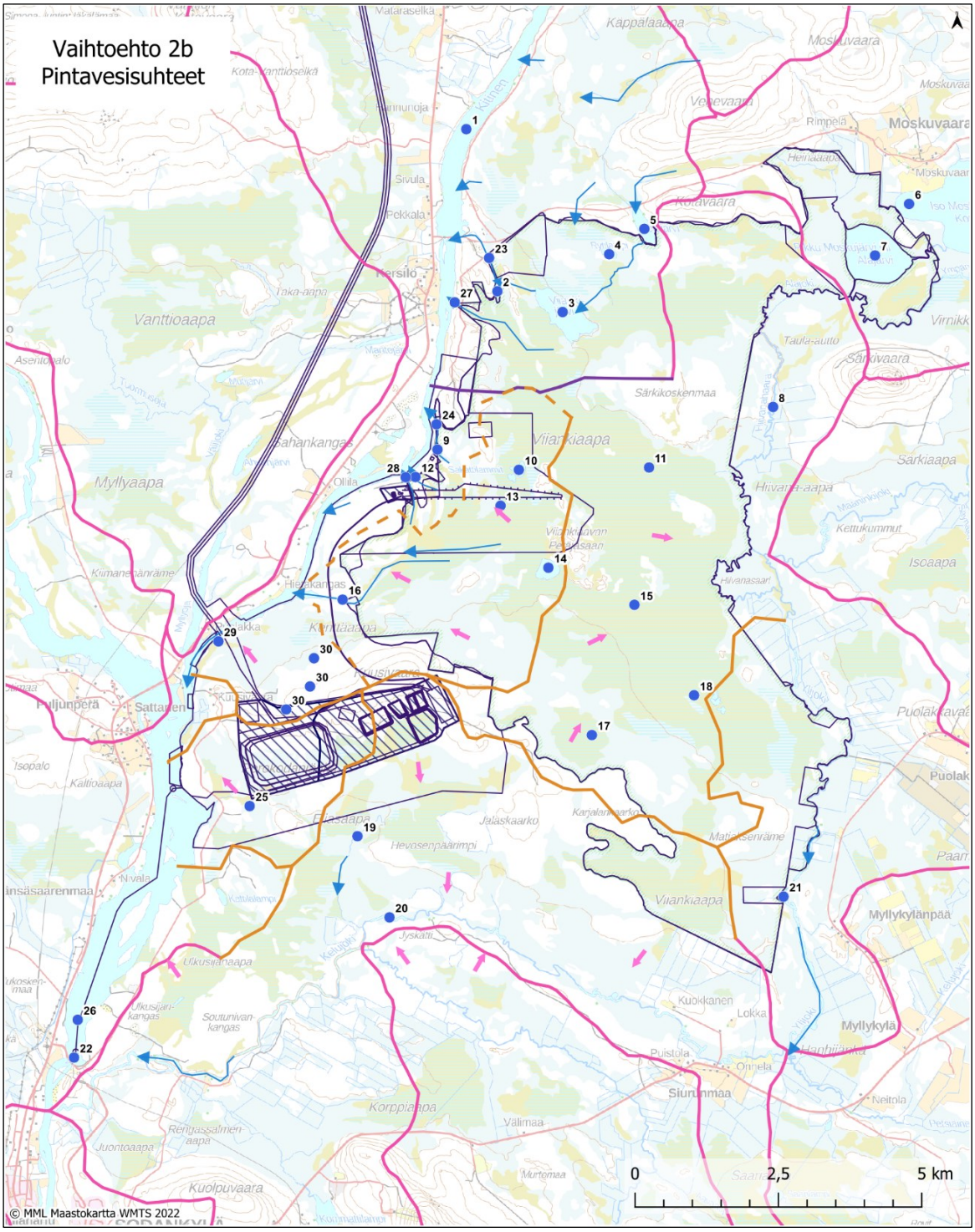
Kuva 17-4 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella (edellinen sivu). Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE1a osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttäaapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Yllä on esitetty kartan (Kuva 17-4) merkinnät, joita on käytetty myös seuraavissa kartoissa.



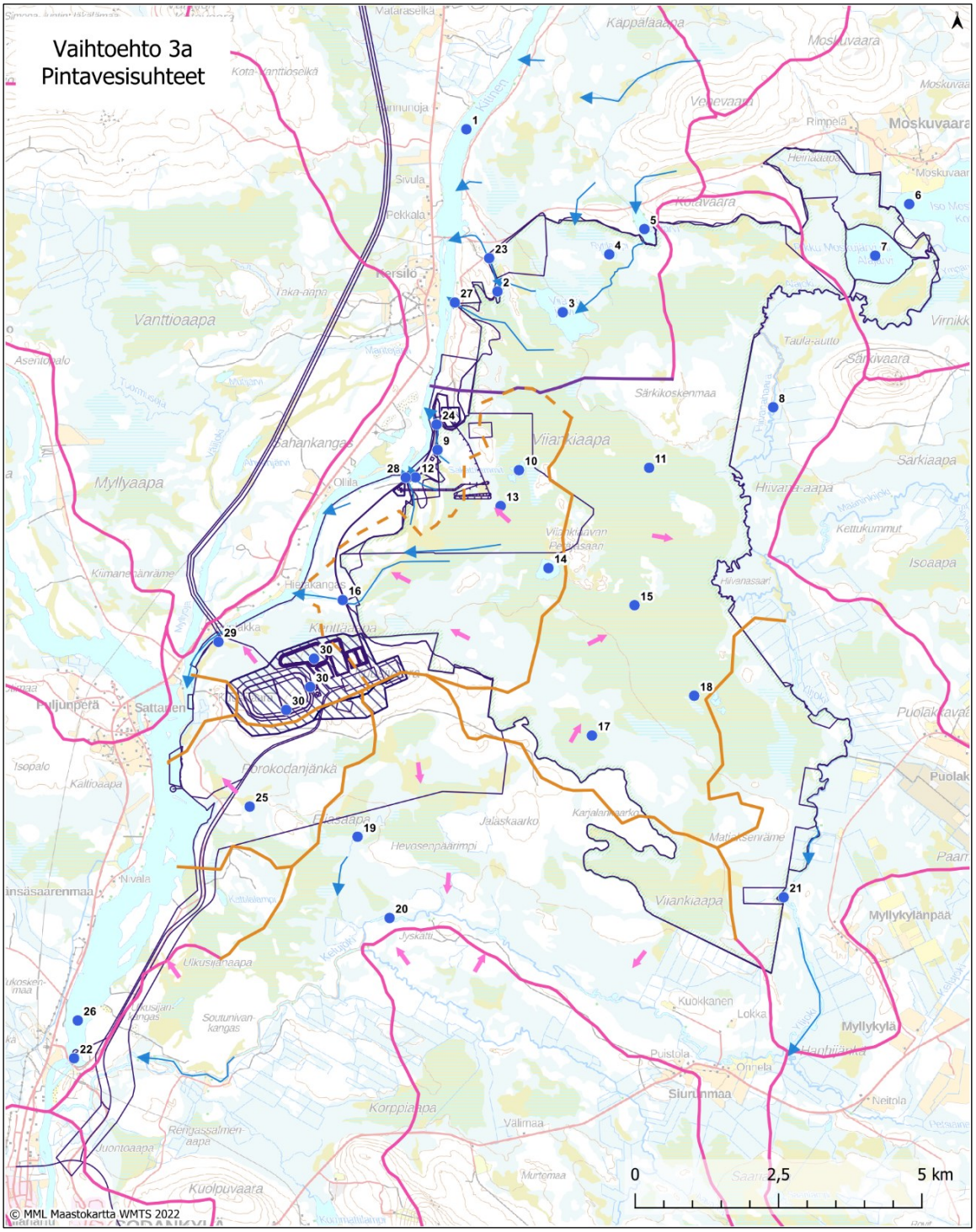
*Kuva 17-5 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon **VE1b** osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: katso Kuva 17-4.*



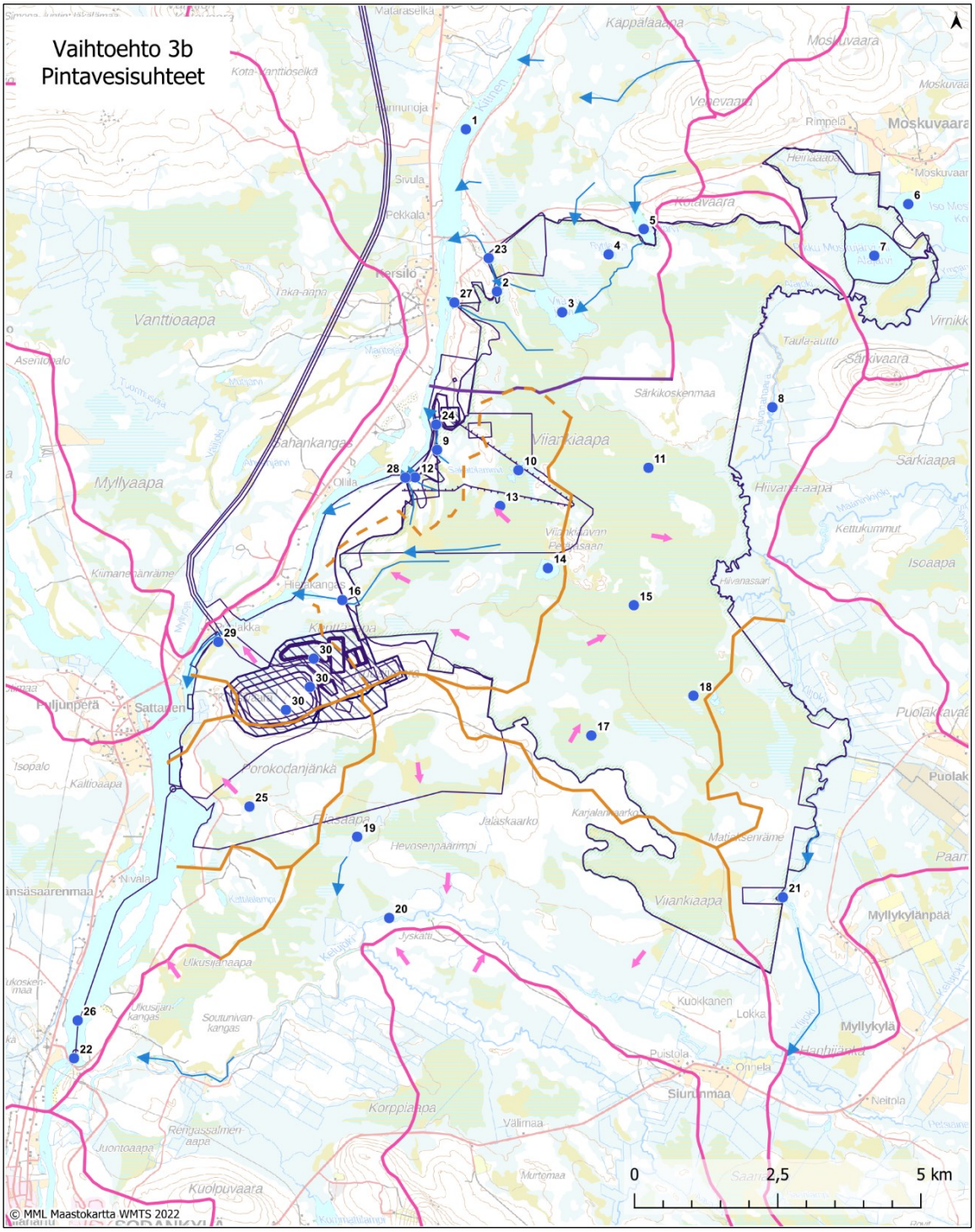
Kuva 17-6 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE2a osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: ks. Kuva 17-4.



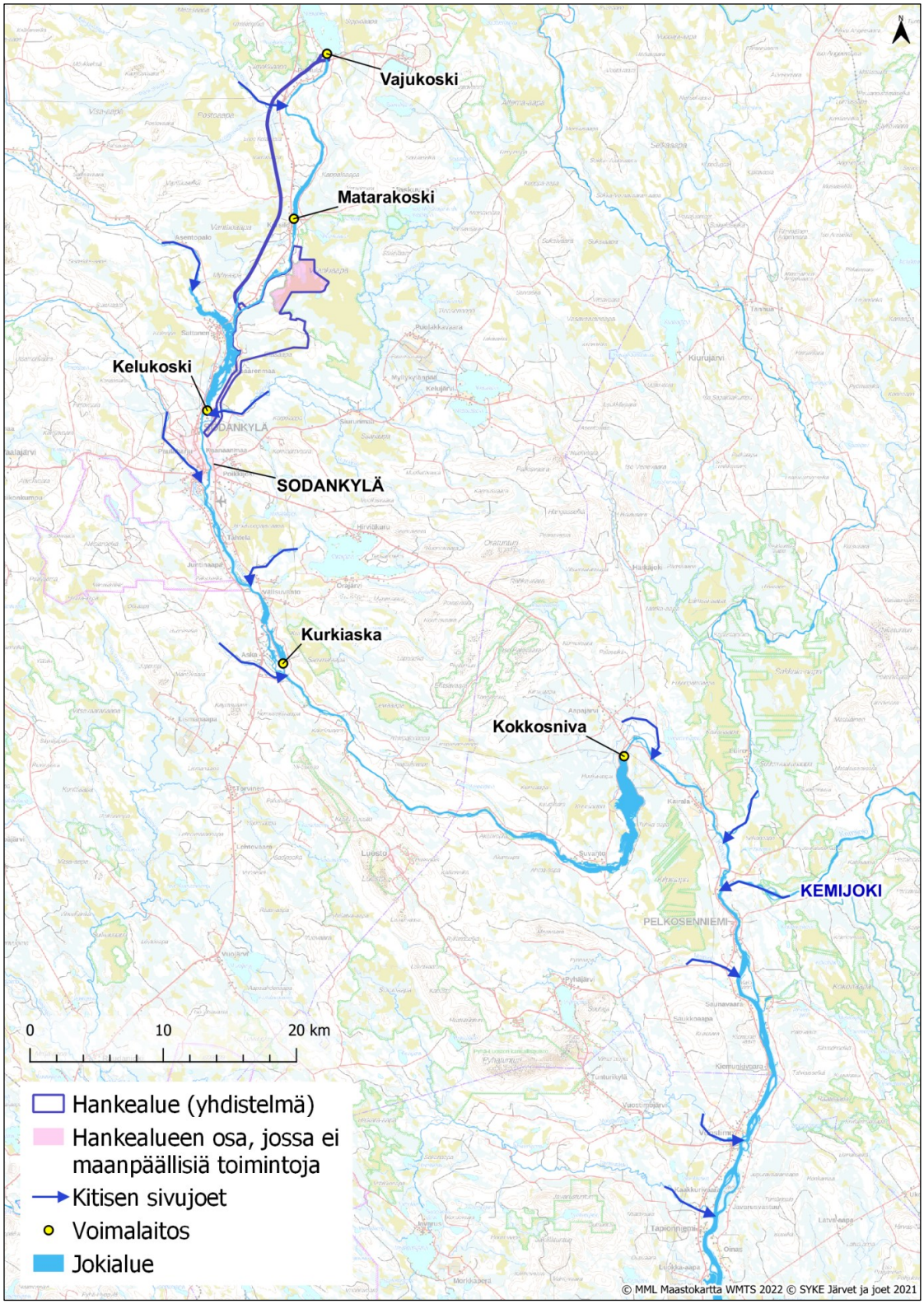
*Kuva 17-7 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon **VE2b** osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: ks. Kuva 17-4.*



Kuva 17-8 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE3a osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: ks. Kuva 17-4.



*Kuva 17-9 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon **VE3b** osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: ks. Kuva 17-4.*



Kuva 17-10 Kitinen ja sen sivujoet sekä voimalaitokset kuvattuna välillä Vajukosken voimalaitos-Kemijoki sekä Kemijoki sivujokineen välillä Pelkosenniemi-Kemijärven pohjoispuoli. Lisäksi kuvassa on esitetty kaivoksen hankealue.

Virtaamat

Kitinen (FI65_800_001) on ympäristöhallinnon vesistötyyppiluokituksessa suuri turvemaiden joki, jonka kokonaispituus on 235 kilometriä ja valuma-alue 12 087 km^2. Kitinen on täysin porrastettu ja yläjuoksulta lähtien joessa on seitsemän voimalaitosta: Porttipahta, Kurittukoski, Vajukoski, Matarakoski, Kelukoski, Kurkiaska ja Kokkosniva. Suurin osa Kitisen vedestä tulee Porttipahdan tekoaltaasta, jonka kautta purkautuu myös pääosa Lokan tekoaltaan vesistä. Vesistörakentaminen on muuttanut Kitisen rakenteellista ja hydrologista tilaa, minkä seurauksena vedenkorkeus ja virtausolosuhteet poikkeavat luonnontilaiseen tilanteeseen verrattuna.

Kitisen virtaamiin vaikuttaa voimakkaasti Lokan ja Porttipahdan tekojärvien säännöstely. Talviaikana tehdyt juoksutukset kohottavat virtaamia luontaisia suuremmiksi juoksutuksen aikana ja toisaalta säännöstelyn vuoksi tulvavirtaamat eivät kohoa poikkeusolosuhteita lukuun ottamatta erityisen korkeiksi. Keskimäärin virtaama Kitisessä on pienimmillään ennen sulamisvesien aiheuttaman tulvan alkua keväällä ja vastaavasti suurimmillaan toukokuun tulva-aikana.

Hankealue sijoittuu pohjoisemman ylävirrassa sijaitsevan Matarakosken ja eteläisemmän alavirrassa sijaitsevan Kelukosken voimalaitosten väliin. Keskiylivirtaama (MHQ) Vajukosken altaalta vuosien 2010–2021 välisenä aikana on ollut 230 m^3/s ja keskivirtaama (MQ) 69 m^3/s. Kelukoskella kauden 2010–2021 keskiylivirtaama on ollut 489 m^3/s ja keskivirtaama 85 m^3/s. Minimivirtaama (MNQ) vuosina 2010–2021 oli Vajukosken altaalta 0 m^3/s ja Kelukoskella 0,5 m^3/s. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 17-3) on esitetty Kitisen osavaluma-alueet ja kaaviossa (Kaavio 17-1) Kitisen virtaama vuosilta 2022 – 2023.

Taulukko 17-3 Kitisen osavaluma-alueet ja niiden virtaamat voimalaitokset huomioiden vuosina 2010–2021. (Lähde: Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta).

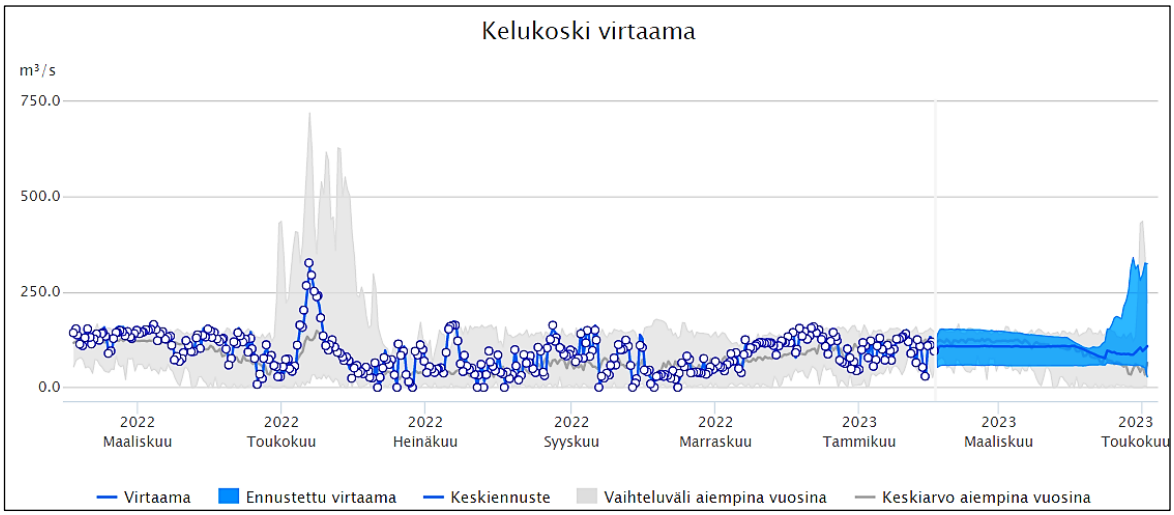
Valuma-alue	Pinta-ala km²	MQ m³/s	MNQ m³/s	MHQ (2010–2021) m³/s
Kitinen Vajukoski (65.822)	3 429[1] (5 781[2])	69	0	230
Kitinen, Matarakoski	3 864[1]	75	0,3	323
Kelukoski (65.821)	4 963	85	0,5	489
Kitisen alaosa (65.811)	12 087[3]	187	8,9	1 098

[1] Ilman Lokan tekojärven valuma-aluetta.

[2] Sisältää Lokan tekojärven valuma-alueen, joka on 2 352 km^2. Lokan tekojärven virtaamasta 85 % johdetaan Porttipahdan tekojärveen eli Kitisen valuma-alueelle (Ekholm 1993).

[3] Kitisen alaosan virtaamatieto on laskettu Kokkosnivan voimalaitoksen virtaamilla (Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta) valuma-alueiden suhteella, (Kokkosnivan valuma-alueen pinta-ala on ilman Lokan tekojärven valuma-aluetta 7 468 km^2 ja Lokan tekojärven valuma-alue mukaan lukien 9 820 km^2 (Ekholm 1993)).

Kaavio 17-1 Kitisen vuosien 2022–2023 mitattu ja ennustettu virtaama Kelukosken voimalaitoksella (Lähde: Suomen ympäristökeskus 2023).



Alavirrassa Kitinen liittyy Kemijoen pääuomaan. Kemijoki laskee Kemijärven kautta Perämeren pohjoispäähän Kemin taajaman pohjoispuolella.

17.2.2 Suunnitellun kaivoksen lähialueen purot, norot ja ojat

Hankealueella sijaitsevat pienet virtavesiuomat on luokiteltu Eurofins Ahma Oy:n toimesta kevään ja kesän 2021 aikana (Liite 5). Puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) tavoitteena oli tunnistaa vesilain (587/2011) nojalla suojellut purot (luku 3, 2 §) kausikuivista noroista ja ojista, tai niiden yhdistelmistä. Selvitys kohdistui Kuusivaarantien varren uomiin, Porokodanjängän eteläreunan uomaan, Viiankiaavantien varren uomiin, sekä Sakattiojaan ja Eliasaavalta Kelujokeen laskevaan Eliasojaan. Uomien osalta tehtiin arvio niiden luonnontilaisuudesta, sekä arvioitiin perustilaselvitysten tarpeellisuus ja näytteenottomahdollisuudet uomakohtaisesti. Arvioinnin perusteella osalla uomista toteutettiin perustilaselvitys sekä näytteenotto. Selvitys tehtiin kartta- ja ilmakuvatulkinnoin sekä maastokäynnein. Puroselvitykseen kuuluneiden uomien sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 17-4).

Vesilaissa (587/2011) puro määritellään jokea pienemmäksi (valuma-alue <100 km^2) virtaavan veden vesistöksi (luku 1, 3 §). Norot taas ovat puroja pienempiä vesiuomia, joiden valuma-alue on alle 10 km^2. Mikäli uomassa virtaa jatkuvasti vettä ja kulkee merkittävissä määrin kalaa, uoma on vesilain mukaan kuitenkin puro valuma-alueen koosta riippumatta. Puro voi viranomaisen linjauksen mukaan kadota välillä maan alle ja sisältää noromaisia osia (Tolonen ym. 2019). Myös vanhat ojat voivat olla rinnastettavissa puroon, mikäli ne toimivat puron tavoin. Määritys tehdään aina maastokäyntien perusteella, joiden yhteydessä selvitetään virtaamaa ja kalojen kulkumahdollisuuksia. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Puroselvityksen mukaan vesilain mukaisia ja siten myös suojeltuja puroja ovat Kärväslammen purku-uoma (24), Sakattioja (16) sekä Eliasojan (19) yläosa, joka päättyy kaivettuun sivuojaan. Luonnontilaiseksi arvioitiin ainoastaan Sakattioja. Kärväslammen purku-uoman luonnontilaisuutta on lievästi heikentänyt uoman poikki rakennettu tie, sekä uoman ympäristössä tehdyt harvennushakkuut.

Luokittelutulokset ja arvio luonnontilaisuudesta on esitetty seuraavissa taulukoissa (Taulukko 17-4 – Taulukko 17-6).

Taulukko 17-4 Hankealueen uomien perustietoja (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2022a). Lisäksi taulukossa on esitetty virtaamatiedot Tiukuojalta, jossa on jatkuvatoiminen virtaamamittaus. Sijainnit ks. Kuva 17-4.

Uoman numero	Uoma	Pienvesityyppi	Luonnontilaisuus	Kalojen nousumahdollisuus	Kalataloudellista merkitystä	Mitattu tai havaittu virtaama l/s (vaihteluväli)
27	Aavanlahden purku-uoma	kausikuiva noro	voimakkaasti heikentynyt	ei	ei	-
24	Kärväslammen purku-uoma	puro	lievästi heikentynyt	ajoittain mahdollista	ei	3–500
12	Ruosteoja	kausikuiva noro	lievästi heikentynyt	ajoittain mahdollista	ei	0–500
28	Ruosteojan länsipuolinen purku-uoma	kausikuiva noro/oja	voimakkaasti heikentynyt	-	ei	1–24
16	Sakattioja	puro	luonnontilainen	mahdollista	ei	10–600
29	Kenttäaavan purku-uoma	oja	voimakkaasti heikentynyt	-	ei	-
30	Kuusivaaran ojat	oja	ei luonnontilainen	-	ei	-
25	Porokodanjängän eteläpuolinen oja	oja	ei luonnontilainen	-	ei	-
19	Eliasoja	Yläosa: puro Alaosa: kausikuiva noro	Yläosa: luonnontilaisen kaltainen Alaosa: voimakkaasti heikentynyt	Yläosa: ajoittain mahdollista Alaosa: ei	ei	-
23	Tiukuoja	-	-	-	-	10–800

Taulukko 17-5 Hankealueen uomilla puroselvityksen yhteydessä (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2022a) tehdyt selvitykset. Sijainnit ks. Kuva 17-4.

Uoman numero	Uoma	Pienvesityyppi	Perustilaselvitys: T=tutkittu, ET= ei tarvetta tutkia	Kalastoselvitys	Uhanalaiset vesisammalet
27	Aavanlahden purku-uoma	kausikuiva noro	ET	-	-
24	Kärväslammen purku-uoma	puro	T	ei havaittu	ei havaittu
12	Ruosteoja	kausikuiva noro	T	ei voitu toteuttaa	ei havaittu
28	Ruosteojan länsipuolinen purku-uoma	kausikuiva noro/oja	ET	-	-
16	Sakattioja	puro	T	ei voitu toteuttaa	ei havaittu
29	Kenttäaavan purku-uoma	oja	ET	-	-
30	Kuusivaaran ojat	oja	ET	-	-
25	Porokodanjängän eteläpuolinen uoma	oja	ET	-	-
19	Eliasoja	Yläosa: puro	T	-	ei havaittu

Uoman numero	Uoma	Pienvesityyppi	Perustilaselvitys: T=tutkittu, ET= ei tarvetta tutkia	Kalastoselvitys	Uhanalaiset vesisammalet
		Alaosa: kausikuiva noro			

Taulukko 17-6 Hankealueen uomilla puroselvityksen yhteydessä (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2022a) tehdyt selvitykset. Sijainnit ks. Kuva 17-4.

Uoman numero	Uoma	Pienvesityyppi	Pohjaeläinnäytteet	Piilevänäytteet	Sedimenttinäytteet
27	Aavanlahden purku-uoma	kausikuiva noro	-	-	-
24	Kärväslammen purku-uoma	puro	otettu	otettu	ei voitu ottaa
12	Ruosteoja	kausikuiva noro	ei voitu ottaa	ei voitu ottaa	ei voitu ottaa
28	Ruosteojan länsipuolinen purku-uoma	kausikuiva noro/ oja	-	-	-
16	Sakattioja	puro	ei voitu ottaa	ei voitu ottaa	ei voitu ottaa
29	Kenttäaavan purku-uoma	oja	-	-	-
30	Kuusivaaran ojat	oja	-	-	-
25	Porokodan-jängän eteläpuolinen uoma	oja	-	-	-
19	Eliasoja	yläosa: puro alaosa: kausikuiva noro	ei voitu ottaa	ei voitu ottaa	ei voitu ottaa

Hankealueen uomien kuvaus perustuu suurimmilta osin vuonna 2021 tehtyyn puroselvitykseen (Eurofins Ahma Oy 2022a).

Aavanlahden purku-uoma

Viiankiaavantien varressa sijaitseva Aavanlahden purku-uoma (27; sijainti ks. Kuva 17-4) on pieni, noin 200 metriä pitkä Kitiseen laskeva tulvavesien purku-uoma, joka on luokiteltu kausikuivaksi noroksi. Uoma alittaa Viiankiaavantien rumpuputkessa. Uoman mahdollinen luonnontilaisuus on voimakkaasti heikentynyt tien ja rumpuputken rakentamisesta. Luontainen uoma puuttuu kokonaan, ja se on mahdollisesti kokonaan ihmisen rakentama. Aavanlahden perukkaan, Viiankiaavantien pohjoispuolelle, on syntynyt pienialainen tulvametsä, joka on mahdollisesti seurausta Viiankiaavantien patoavasta vaikutuksesta. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Aavanlahden purku-uomasta ei ole tiedossa olevia vedenlaadun mittaustuloksia. Aavanlahden purku-uomasta ei ole mitattua virtaamatietoa. Vuonna 2021 tehdyn puroselvityksen yhteydessä Aavanlahden purku-uomassa havaittiin tierummun kohdalla virtaamaa 27.5.2021, mutta 14.6.2021 uoma oli jo kuiva, kuten myös heinäkuussa. Uomassa virtaa siten vettä vain lyhyen aikaa kevättulvien aikaan. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Uoman valuma-alueeksi arvioidaan noin 50–100 hehtaaria. Perustilaselvityksiä tällä tulvakausien aikaisella ja luonnontilaisuudeltaan heikentyneellä norolla ei katsottu tarpeellisiksi, eikä myöskään standardien mukaisin menetelmin mahdollisiksi. Asiantuntija-arvion perusteella uomassa ei ole merkittävää kalan nousua. Koska uomassa virtaa vettä vain lyhyen aikaa kevättulvien aikaan, ei siihen pääse muodostumaan pohjaeläinpopulaatioita tai sedimenttejä. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Kärväslammen purku-uoma

Viiankiaavantien varressa sijaitseva Kärväslammen purku-uoma (24; sijainti ks. Kuva 17-4) on Kitiseen laskeva noin 600 metriä pitkä uoma, jota on pidettävä purona, vaikka se kuivimpina kesinä saattaa ajoittain kuivuakin (Kuva 17-11). Keväisin uomaa pitkin purkautuu runsaasti Kärväslammen kautta kulkevia Viiankiaavan sulamisvesiä. Itse Kärväslammen pinnankorkeus vaihtelee voimakkaasti vuodenajan mukaan, kuten myös avoimen veden pinta-ala. Uoman valuma-alueen arvioidaan olevan noin 2–5 km^2. Kärväslammesta lähtiessään uoma katoaa pian suolle, jossa vesi virtaa turpeen alla tai pintavaluntana, muodostaen uudelleen selkeän 1–2 metriä leveän uoman noin 300 metrin päässä lammen pohjoispuolella. Uoma vaikuttaa luonnontilaisen kaltaiselta lukuun ottamatta rumpuputkea, jossa se kulkee Viiankiaavantien alitse. Myös uoman Kitiseen laskevalla suulla on joskus tehty perkauksia. Luonnontilaisuuteen ja edustavuuteen ovat vaikuttaneet lievästi heikentävästi myös uoman ympäristössä tehdyt harvennushakkuut, joiden johdosta pienilmastossa ja pintavalunnassa on voinut tapahtua vähäisiä muutoksia. Uoman ympärille on kuitenkin jätetty suojavyöhyke, joka vähentää vaikutuksia. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Kuva 17-11 Kärväslammen lasku-uoman alajuoksua kuvattuna tieltä 27.5. (A) ja hieman tieltä alajuoksulle päin 14.6. (B). Uoman virtaama laski voimakkaasti kahden ja puolen viikon aikana. Kuvaussuunta on länteen. (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Kärväslammen purosta ei ole vedenlaadun mittaustuloksia. Kärväslammen puron vedenlaadun kuvaukseen käytettiin Kärväslammen vedenlaatutietoja, jotka perustuvat Puroselvitykset 2021 -

raporttiin (Eurofins Ahma Oy 2022a). Selvityksessä on lisäksi esitetty mediaaniarvot vedenlaadun vertailuaineistosta Keski-Lapin purovesille (n=249) (Tenhola 2008; aineisto 2006). Vuosien 2009–2021 ja 2015–2021 havaintotulosten mediaaniarvojen perusteella Kärväslammesta lähtevä vesi on lievästi hapanta (pH 6,7), vähäsuolaista (johtokyky 3,7 mS/m, kloridi 0,9 mg/l), ja veden puskurikyky happamoitumista vastaan on hyvä (0,3 mmol/l). Sulfaattipitoisuus on 0,3 mg/l. pH on Keski-Lapin purovesille tyypillisellä tasolla, kun taas johtokyky sekä kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat vertailuaineistoon nähden hieman matalammalla tasolla. Vesi on lievästi sameaa (1,2 FTU), ja väriarvo sekä COD_{Mn} kuvaavat lievää humusvaikutteisuutta (50 mgPt/l, COD_{Mn} 6,5 mg/l). Kokonaisravinteiden pitoisuudet kuvaavat karuja olosuhteita (Kok.P 10,0 µg/l, Kok.N 320 µg/l). Veden rautapitoisuus on humuspitoisille vesille tavanomaisella tasolla (516 µg/l). Mangaania vedessä on 29,5 µg/l. Sekä rauta- että mangaanipitoisuudet vastaavat Keski-Lapin purovesille tyypillistä tasoa.

Kärväslammen veden kadmiumin, antimonin, uraanin ja elohopean pitoisuudet ovat keskimäärin pieniä, jääden alle määritysrajan. Arseenin, kromin, kuparin, nikkelin, lyijyn, koboltin ja sinkin pitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tyypillisellä tasolla. Kärväslammen vedenlaatutiedot on esitetty taulukoissa (Taulukko 17-8 – Taulukko 17-10).

Kärväslammen purosta on saatavilla jatkuvatoimista virtaama-aineistoa aikaväleiltä 26.5.–23.6.2021 ja 21.7.–26.10.2021 sekä huhtikuusta 2022 lähtien. Lisäksi vuonna 2021 on tehty kertamittauksia keväällä (28.4., 29.4., 5.5., 17.5. ja 24.5.), kesällä (1.6. ja 7.6.) ja syksyllä (14.10., 18.10. ja 26.10.). Mittausten ja havaintojen perusteella Kärväslammen purku-uoman minimivirtaama on muutamia litroja sekunnissa (lähes kuiva) ja maksimivirtaama noin 500 l/s.

Puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) yhteydessä syyskuussa 2021 Kärväslammen purossa suoritettiin sähkökalastus, jossa ei havaittu kaloja. Selvityksen mukaan uomaan nousee todennäköisesti kalaa keväisin runsaan veden aikaan. Uomalla ei katsota olevan kalataloudellista merkitystä.

Puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) yhteydessä otettiin myös piilevä- sekä pohjaeläinnäytteet. Piilevälajisto ilmensi melko vähäravinteista, hapahkoa vesistöä, jossa vedenlaatu on erinomainen ja orgaaninen kuormitus on matala. Ihmistoiminnan kuormitusvaikutuksia ei havaittu.

Pohjaeläinnäytteiden tulosten perusteella uoma vastaa luonnontilaista tai luonnontilaisen kaltaista puroa, jonka ekologinen tila sijoittuu luokkiin välttävä - tyydyttävä. Tulokset tukevat uoman luokittelua puroksi. Yleisesti pohjaeläimistö oli melko tyypillinen Kärväslammen puron kaltaiselle vesistölle (Eurofins Ahma Oy 2022a). Pohjaeläinnäytteet otettiin näytteenottoaikana voimassa olleen ympäristöhallinnon virtavesien pohjaeläinten näytteenotto-ohjeen mukaisesti (Järvinen ym. 2019) ja näytteenotto tapahtui standardia SFS 5077 soveltaen. Aineistosta laskettiin tyyppiominaiset taksonit (TT), tyyppi-EPT-heimojen määrä (EPTh) sekä prosenttinen mallinkaltaisuus (PMA), joita käytetään jokiveden ekologista tilaa kuvaavina mittareina. Lisäksi tarkasteltiin taksonien lukumääriä sekä laskettiin Ruotsissa käytettävä heimokohtainen keskiarvo (ASPT). (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Puroselvityksessä (Eurofins Ahma Oy 2022a) todetaan, että tuloksia voidaan varauksella verrata kangasmaiden hyvin pienten jokien vertailuaineistoon (Aroviita ym. 2019). Pienien virtavesien pohjien epästabiilit olosuhteet lisäävät kuitenkin tuloksiin epävarmuutta. Monet pohjaeläinlajit pystyvät

leviämään nopeasti lähialueen vesistöistä ja myös Kitisellä on todennäköisesti säännöstelystä huolimatta suuri vaikutus Kärväslammen puron pohjaeläinlajistoon.

Sedimenttinäytteenotto ei onnistunut uoman ominaispiirteiden vuoksi. Pienestä, kivisestä purouomasta ei saatu häiriintymättömiä näytteitä standardien mukaisin menetelmin. Kärväslammen puron alaosa arvioitiin maastotarkastelun perusteella potentiaaliseksi uhanalaisten sammalten (esim. hiuskoukku-sammal) elinympäristöksi. (Eurofins Ahma Oy 2022a.) Luontoselvitys Kangas Oy:n (2021a) tekemässä kartoituksessa uhanalaisia sammalia ei kuitenkaan havaittu.

Ruosteoja

Ruosteoja (12; sijainti ks. Kuva 17-4) on lyhyt, noin 250 metriä pitkä Kitiseen laskeva suovesien purku-uoma, joka on puroselvityksessä luokiteltu kausikuivaksi noroksi (Eurofins Ahma Oy 2022a). Uoma sijaitsee Viiankiaavan länsiosassa. Uomalle tunnusomaista on runsas ruosteenvärinen liete (rautasaostumat), jota on kertynyt kivien pinnoille ja suvantopaikkoihin (Kuva 17-12). Ruosteojan uoma on Viiankiaavantien yläpuolella kaksihaarainen. Uomista pohjoisempi on uusi, ilmeisesti vesien murtama. Uutta uomaa ei näy vanhoilla eikä uusilla peruskartoilla, eikä sen syntyaika ole tiedossa. Viiankiaavantien rakentaminen ja sen yhteydessä mahdollisesti kaivetut ojat ovat voineet vaikuttaa uoman syntymiseen.

Kuva 17-12 Ruosteoja keväällä 2021 (vas.) ja kuivuneena kesällä 2021 (oik). Pohja on rautasakan värjäämä. (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2021.)

Puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella virtaus uudessa uomassa on keväisin voimakasta (havaittu 27.5.2021). Virtaus on irrottanut uomasta soraa ja pieniä kiviä, ja kuljettanut niitä pitkälle alavirtaan aina Kitiseen saakka. Puroselvityksen havaintojen mukaan uoma kuitenkin kuivuu kesän aikana, sillä 14.6.2021 havaintokerralla uoma oli kuiva.

Ruosteojan alkuperäinen uoma vaikuttaa luonnontilaiselta. Luonnontilaan on kuitenkin vaikuttanut mm. uuden uoman synty, uoman mahdollinen siirtyminen Viiankiaavantien rakentamisen yhteydessä sekä tulvavesien aiheuttama soran ja kivien liikkuminen ja kasautuminen. Alkuperäisen uoman kevättulvien aikainen virtaus on vähentynyt vesien kulkiessa uutta reittiä. Vanhan uoman tien alapuolisella osalla on runsaasti kiviä ja soraa, mutta ne ovat lähes sammalettomia; joko tulva-ajan voimakas virtaus pitää kivet puhtaina, tai kivet ovat lähtöisin uudesta uomasta, jolloin niille ei ole ehtinyt kehittyä epifyyttikasvustoa. Alkuperäisessä uomassa havaittiin vähäistä virtaamaa (arviolta pari litraa sekunnissa) vielä puroselvityksen havaintokerralla 14.6.2021, kun uusi uoma oli jo kuiva. 22.7.2021 mennessä myös alkuperäinen uoma oli kuivunut. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Ruosteojan vedenlaatutiedot perustuvat Puroselvitykset 2021 -raporttiin (Eurofins Ahma Oy 2022a). Selvityksessä on lisäksi esitetty mediaaniarvot vedenlaadun vertailuaineistosta Keski-Lapin purovesille (n=249) (Tenhola 2008; aineisto 2006). Vuosien 2009–2021 ja 2015–2021 havaintotulosten mediaaniarvojen perusteella Ruosteojan vesi on lievästi hapanta (pH 6,5), vähäsuolaista (2,7 mS/m, kloridi 0,3 mg/l) ja veden puskurikyky happamoitumista vastaan on tyydyttävän ja hyvän rajalla (0,22 mmol/l). pH, johtokyky sekä kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tavanomaisella tasolla. Vesi on lievästi sameaa (1,6 FTU). Veden väriluku kuvaa humusvaikutteisuutta (56 mgPt/l) ja COD_{Mn} lievää humusvaikutteisuutta (5,5 mg/l). Fosforipitoisuus kuvaa karuja - lievästi reheviä olosuhteita (Kok.P 10 µg/l). Typen kokonaispitoisuus vastaa kirkkaiden vesien tasoa (Kok.N 240 µg/l). Ruosteojan vesi on rautapitoista (828 µg/l), veden humusvaikutteisuus huomioiden pitoisuus on kuitenkin tavanomaisella tasolla. Mangaanipitoisuus (132 µg/l) on moninkertainen alueen taustapitoisuuksiin nähden (32,60 µg/l). Mangaania vapautuu hapettomuuden seurauksena nopeasti pohjalietteestä, ja sitä havaitaan usein samanaikaisesti korkeiden rautapitoisuuksien kanssa.

Ruosteojan veden kadmiumin, antimonin, uraanin ja elohopean pitoisuudet ovat pieniä, jääden alle määritysrajan. Arseenin, kromin, kuparin, nikkelin, lyijyn ja sinkin pitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tyypillisellä tasolla. Koboltin pitoisuus ylittää hieman alueen purovesille tavanomaisen tason. Ruosteojan vedenlaatutiedot on esitetty taulukoissa (Taulukko 17-8 – Taulukko 17-10).

Ruosteojasta on jatkuvatoimista virtaama-aineistoa aikaväleiltä 26.5.–23.6.2021 ja 21.7.–26.10.2021 sekä huhtikuusta 2022 lähtien. Lisäksi vuonna 2021 on tehty kertamittauksia keväällä (28.4., 29.4., 10.5. ja 24.5.), kesällä (1.6. ja 7.6.) ja syksyllä (14.10., 18.10. ja 26.10.). Mittausten ja havaintojen perusteella Ruosteojan maksimivirtaama on luokkaa 500–600 l/s. Uoma on kausikuiva. Ruosteoja oli kuivunut maastokäynnillä 22.7.2021 ja sen tiedetään olleen kuivana kesäaikaan myös vuosina 2010–2020, rankkasadejaksoja lukuun ottamatta. Vuosien 2015–2020 vedenlaatuseurantatulosten perusteella uoma on ollut kuiva myös talvisin (tammikuu, helmikuu sekä huhtikuu).

Standardien mukainen pohjaeläin- ja sedimenttinäytteenotto ei Ruosteojan uomassa onnistunut puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) yhteydessä, eikä uoman kuivuttua myöskään sähkökalastus. Hiuskoukkusammalen esiintyminen arviotiin uoman kuivumisen vuoksi epätodennäköiseksi mutta mahdolliseksi. Luontoselvitys Kangas Oy teki Ruosteojalla uhanalaisten vesisammalten kartoituksen 13.9.2021, mutta selvityksessä ei havaittu uhanalaisia lajeja. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Ruosteojan länsipuolinen purku-uoma

Ruosteojan länsipuolinen purku-uoma (28; sijainti ks. Kuva 17-4) on lyhyt, noin 150 metriä pitkä Kitiseen laskeva, kausikuivaksi noroksi luokiteltu uoma, joka on alajuoksulle päin kaivettu ojaksi (Eurofins Ahma Oy 2022a). Uoma on pieni ja tulva-aikaankin vähävetinen. Vanhaan vuoden 1964 topografikarttaan paikalle ei ole piirretty vesiuomaa.

Vedenlaadun osalta ei ole tiedossa olevia mittaustuloksia. Ruosteojan eteläpuoliselta purku-uomalta on kuusi virtaamanmittaustulosta vuodelta 2021 (10.5., 24.5., 2.6., 11.10., 19.10. ja 2.11.). Virtaamat vaihtelivat välillä 1–24 l/s. Virtaama oli suurin toukokuun lopulla, ja pienin kesäkuun alussa. Uoman havaittiin kuivuneen jo 14.6.2022. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Ruosteojan länsipuolisen purku-uoman perustilaselvityksiä ei katsottu aiheelliseksi puroselvityksen yhteydessä (Eurofins Ahma Oy 2022a). Selvityksessä todetaan, että ojassa ei ole nopean kuivumisen vuoksi potentiaalia uhanalaisten vesisammalten kasvupaikaksi, eikä perustilaselvityksiin kuuluva standardien mukainen näytteenotto ole mahdollista.

Sakattioja

Kitiseen laskeva Sakattioja (16; sijainti ks. Kuva 17-4) sijaitsee Viiankiaavan Natura-alueen läntisimmässä osassa, toimien aapa-alueen pintavesien purkureittinä (Eurofins Ahma Oy 2022a). Selvityksen mukaan uomaa ei voi luokitella yksiselitteisesti vesilain määritelmien perusteella, mutta uoman leveyden ja pääasiallisen kesäkauden virtaavuuden vuoksi sitä voidaan pitää purona (Kuva 17-13).

Kuva 17-13 Sakattioja keväällä 2022.

Sakattiojan uoman pituus on noin 2,5 kilometriä. Valuma-alueesta suurin osa on avosuota. Valuma-alueen keskiosassa on muutamia vetisen nevan ympäröimiä suolampia kuten Sakattilammit. Uoman valuma-alueen rajausta ei ole voitu määrittää tarkasti suon rimpipintojen epäsäännöllisyyden ja suon tasaisuuden vuoksi, mutta olemassa olevan tiedon perusteella sen on arvioitu olevan alle 10

km^2. Uoma on puroselvityksen perusteella kokonaisuudessaan luonnontilainen. Sakattiojassa virtaa useimpina kesinä vettä läpi kesän. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Sakattiojan alkuosa ei ole yhtenäinen, vaan muodostuu ajoittain näkyvästä seisovan veden uomien nauhasta ja paikoin sammaleen peittämistä rimpisistä avoluhdista ja rimpinevoista. Myös uoman puolivälin vaiheilla Sakattioja muodostaa monin paikoin epäyhtenäisen, voimakkaasti kiemurtelevan uomaverkoston, jossa uoman leveys vaihtelee 2–5 metrin välillä. Natura-alueen länsireunalla on uoman kaltevin kohta, jossa turvepohjaiseksi virtapaikaksi muuttuva uoma kapenee minimissään 0,5 metriin. Uoman alaosassa, viimeisten noin 300 metrin matkalla purouoma on katkonainen ja häviää paikoin turpeen alle. Viimeisten noin 100 metrin matkalla, ennen kuin Sakattioja laskee Kitiseen, purouomaa ei ole havaittavissa enää lainkaan. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Sakattiojan vedenlaatutiedot perustuvat Puroselvitykset 2021 -raporttiin (Eurofins Ahma Oy 2022a). Selvityksessä on lisäksi esitetty mediaaniarvot vertailuaineistosta Keski-Lapin purovesille (n=249) (Tenhola 2008; aineisto 2006). Vuosien 2009–2021 ja 2015–2021 havaintotulosten mediaaniarvojen perusteella Sakattiojan vesi on hieman happamampaa (pH 6,3), kuin sen pohjoispuolisten uomien. Vesi on vähäsuolaista (4,2 mS/m, kloridi 0,5 mg/l), ja veden puskurikyky happamoitumista vastaan on hyvä (0,37 mmol/l). Sulfaattipitoisuus on <0,2 mg/l. pH, johtokyky sekä kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tavanomaisella tasolla. Vesi on selvästi sameaa (15 FTU), ja veden väriluku on erittäin ruskeiden vesien tasoa (150 mgPt/l). Myös veden COD_{Mn}-arvo kuvaa humusvaikutteisuutta (8,6 mg/l). Sakattiojan vesi on selvästi rehevää (Kok.P 40 µg/l). Pääosa fosforista on havaintojen mediaanipitoisuuden perusteella liukoisessa muodossa (30 µg/l). Typen kokonaispitoisuus on luonnontilaisten kirkkaiden vesien tasoa (340 µg/l). Sakattiojan vesi on hyvin rautapitoista (2 030 µg/l), pitoisuuden ylittäessä selvästi alueen purovesille tyypillisen arvon (760 µg/l). Vesi sisältää myös tavanomaista enemmän mangaania (134,5 µg/l).

Sakattiojan veden kadmiumin, lyijyn, antimonin, uraanin ja elohopean pitoisuudet ovat pieniä, jääden alle määritysrajan. Arseenin, kuparin, nikkelin, lyijyn ja sinkin pitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tavanomaisella tasolla. Koboltin ja kromin pitoisuudet ovat hieman korkeampia kuin alueen purovesissä keskimäärin. Sakattiojan vedenlaatutiedot on esitetty taulukoissa (Taulukko 17-8 – Taulukko 17-10).

Sakattiojan virtaamaa on mitattu 21.5.2021, jolloin virtaama oli 108 l/s. Sakattiojan virtaamasta on jatkuvatoimista mittaustietoa huhtikuusta 2022 lähtien ja mittausten perusteella virtaama vaihtelee välillä noin 20–600 l/s.

Puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) mukaan Sakattiojaan pääsee hyvin todennäköisesti nousemaan kevätkutuisia kaloja, luultavasti ainakin haukia. Kalojen nousumahdollisuuksia purossa on keväällä noin 1,5 kilometrin matkalla, mutta nousu toiseen vesistöön tai vesistönosaan ei ole mahdollista. Uomalla ei arvioida olevan kokonsa ja laatunsa perusteella merkittävää kalataloudellista merkitystä.

Sakattiojan puron pienen koon ja laajempien mineraaliaineksen peittämien pohjien puuttuessa standardien mukaista pohjaeläinten ja piilevien näytteenottoa sekä sähkökalastuksia ei voitu toteuttaa puroselvityksen yhteydessä. Sakattiojalla tehtiin Luontoselvitys Kangas Oy:n (2021a) toimesta

myös vesisammalkartoitus. Kartoituksessa valittiin ilmakuvalta potentiaalisimmat uhanalaisten lajien elinympäristöt, joihin maastokäynti kohdennettiin. Vesisammalia ei tuolla käynnillä havaittu. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Eliasoja

Eliasoja (19; sijainti ks. Kuva 17-4) saa alkunsa Eliasaavalta, ja se halkoo suota paikoin noromaisen pienenä uomana, paikoin taas muodostaen leveitä allikkomaisia suvantopaikkoja. Eliasojan valuma-alueen on arvioitu olevan hieman alle 10 km^2. Puroselvityksessä Eliasojan yläosa kartalla näkyvään vanhaan sivuojaan (Kuva 17-8) asti luokiteltiin puroksi, koska veden virtaus on jatkuvaa ja puro arvioitiin luonnontilaisuudeltaan vähintään luonnontilaisen kaltaiseksi. Uoman alaosa puolestaan on luonnontilaisuudeltaan voimakkaasti muuttunut noro. Luonnontilaisuutta ovat heikentäneet etenkin alajuoksulla tehdyt ojitukset, joiden seurauksena alkuperäinen uoma on lähes hävinnyt. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Eliasojan uoman keskivaiheille on kaivettu leveä sivuoja, jonka tarkoitus on ilmeisesti ollut kuivattaa suoniittyinä toimineita ojan varsia. Vanha sivuoja ei näy uusilla peruskartoilla, mutta erottuu ilmakuvassa, ja näkyy myös vuoden 1962 topografikartalla. Sivuoja ohjaa nykyisestä umpeen kasvamisestaan huolimatta edelleen tehokkaasti Eliasojan vesiä vanhan uoman länsipuolisille rimpialueille. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Puroselvityksessä (Eurofins Ahma Oy 2022a) todetaan, että Eliasojan keskivaiheille kaivetun vanhan sivuojan yläpuolisella osalla Eliasojan puromainen uoma vaikuttaa pääosin luonnontilaisen kaltaiselta, mutta sitä on mahdollisesti paikoin perattu. Ojan ympäristö vaikuttaa paikoin kuivahtaneelta, mikä voi tosin johtua suuresta sivuojastakin. Eliasojan uoma levenee suoalueella ennen sivuojaa paikoin leveiksi allikoiksi.

Sivuojasta alajuoksulle päin vanha Eliasojan uoma on havaittavissa vain ajoittain. Uoma katoaa kokonaan ennen ojitettua Kolunkumpujen aluetta eli Kolunkumpujen ojikkoa. Peruskartalla uoma on kuitenkin piirretty ojikkoon saakka. Kolunkummun ojitukset on tehty vuoden 1962 jälkeen, sillä niitä ei näy vuoden 1962 topografisessa kartassa. Uusilla 1:100 000 maastokartoilla Eliasojan uoma on piirretty kääntymään ojikon pohjoispuolitse itään, kohti Kelujoen mutkaa. Tällä alueella ei kuitenkaan ole havaittavissa minkäänlaista uomaa. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Eliasojan uoma on epäyhtenäinen, ja sillä on yhteys Kelujokeen vain kevättulvan aikaan. Muihin, esimerkiksi seisoviin vesiin, yhteyttä ei ole. Näin ollen uomassa ei arvioida olevan merkittävää kalakantaa tai kalankulkua. Korkeintaan voi esiintyä kevätkutuisen kalan nousua Kolunkumpujen pohjoispuolisella suvanto-osuudella kevättulvan aikaan. Eliasojan uoman ala- ja yläosan välillä ei ole ollut vanhojen kartta-aineistojen perusteella vesiyhteyttä silloinkaan, kun uoma on ollut luonnontilainen. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Eliasojan vedenlaatutietoja on esitetty Puroselvitykset 2021 -raportissa (Eurofins Ahma Oy 2022a). Selvityksessä on lisäksi esitetty mediaaniarvot vedenlaadun vertailuaineistosta Keski-Lapin purovesille (n=249) (Tenhola 2008; aineisto 2006). Vuosien 2009–2021 ja 2015–2021 havaintotulosten mediaaniarvojen perusteella Eliasojan vesi on lievästi hapanta (pH 6,9). Vesi on vähäsuolaista (3,6 mS/m, kloridi 0,8 mg/l), ja sulfaattipitoisuus on 2,5 mg/l. pH, johtokyky sekä kloridi- ja

sulfaattipitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tavanomaisella tasolla. Veden puskurikyky happamoitumista vastaan on tyydyttävän ja hyvän rajalla (0,22 mmol/l). Vesi on lievästi sameaa (1,4 FTU), ja väriluku ilmentää humusvaikutusta (75 mgPt/l). Veden COD_{Mn}-arvo on kirkkaan veden ja lievästi humusvaikutteisen veden rajalla (9,9 mg/l). Eliasojan vesi on lievästi rehevää (Kok.P 14,5 µg/l). Typen kokonaispitoisuus on luonnontilaisten, kirkkaiden vesien tasoa (345 µg/l). Eliasojan rautapitoisuus (494 µg/l) on humusvesille ja Keski-Lapin purovesille tyypillisellä tasolla. Myös mangaanipitoisuus on tavanomainen.

Eliasojan veden kadmiumin, antimonin ja elohopean pitoisuudet ovat pieniä, jääden alle määritysrajan. Arseenin, koboltin, kuparin, lyijyn, uraanin ja sinkin pitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tavanomaisella tasolla. Nikkelin ja kromin pitoisuudet ylittävät vähäisissä määrin alueen purovesille tyypillisen tason. Eliasojan vedenlaatutiedot on esitetty taulukoissa (Taulukko 17-8 – Taulukko 17-10). Eliasojan virtaamasta ei ole saatavilla mitattua tietoa.

Eliasojalla tehtiin puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) yhteydessä vesisammalkartoitus syyskuussa 2021. Uoman alueelta ei löydetty vesisammalten esiintymiä. Puron pienen koon ja laajempien mineraaliaineksen peittämien pohjien puuttuessa muiden biologisten perustilaselvitysten, kuten pohjaeläinten, sedimenttien ja piilevien standardien mukainen näytteenotto ei ole mahdollista (Eurofins Ahma Oy 2022a).

Kenttäaava, Kuusivaaran ja Kuusivaarantien varren uomat

Puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) yhteydessä tarkasteltiin ilmakuvien avulla Kuusivaarantien varresta Kitiseen laskevat uomat, Kuusivaaran länsiosan uomat, sekä Kenttäaavan länsireunalla oleva, Kipittikummun lounaispään lyhyt uoma. Havainnot tarkastettiin maastokäynnillä 27.5.2021. Kaikki havaitut uomat olivat kaivettuja tai perattuja ojia.

Kuusivaaran länsiosassa on muutamia peruskarttaan merkittyjä, pituudeltaan noin 300–900 metriä pitkiä uomia (30; sijainti ks. Kuva 17-4), jotka todettiin puroselvityksen 1.9.2021 maastokäynnillä kaivinkoneella kaivetuiksi ojiksi (Eurofins Ahma Oy 2022a). Puroselvityksen mukaan ojien paikalla ei ole alun perinkään ollut luonnontilaisia uomia. Ojat on kaivettu metsänkasvatussyistä, ja ne päättyvät Kenttäaavan itälaitaan. Kangasalueilla uomat ovat kuivia, mutta rämeillä niissä oli seisovaa vettä. Kuusivaaran uomat ovat kaivettuja ojia, eivätkä ne täytä vesilain määritelmää puroista. Perustilaselvitystä ei katsottu aiheelliseksi, eikä standardin mukaisin menetelmin mahdolliseksi.

Kenttäaavan länsireunalla, Kipittikummun lounaispäässä oleva lyhyt (noin 150 metriä pitkä) uoma (29; sijainti ks. Kuva 17-4) purkaa Kenttäaavan pintavesiä Kitiseen. Uomaan liittyy etelästä vanhoja kaivettuja ojia, jotka ovat osittain kasvaneet umpeen. Kenttäaavan suunnasta vesi virtaa pääosin pintavaluntana, eikä selvää uomaa ole. Vuoden 1964 topografikartalla paikalla ei ole minkäänlaista uomaa. Luonnontilassa paikalla on ollut korkeintaan kausikuiva noro. Alueen luonnontila on kärsinyt voimakkaasti ojien kaivamisesta. Kenttäaavan uoma on kaivettu oja, eikä se täytä vesilain määritelmää puroista. Perustilaselvitystä ei katsottu aiheelliseksi, eikä standardin mukaisin menetelmin mahdolliseksi. (Eurofins Ahma Oy 2022a.) Kuusivaaran, Kenttäaavan ja Kuusivaarantien varren uomista ei ole virtaama- eikä vedenlaatuhavaintoja.

Porokodanjängän eteläpuolinen uoma

Porokodanjängän eteläpuolinen uoma on maastohavaintojen (4.5.2021) perusteella ojituksen seurauksena syntynyt noin 400 metriä pitkä uoma (25; sijainti ks. Kuva 17-4), joka voidaan luokitella vesilain määritelmien perusteella lähinnä ojaksi (Eurofins Ahma Oy 2022a). Uoma on syntynyt ihmistoiminnan (metsä- ja suoalueiden kuivatus) seurauksena. Ojan alaosassa on hieman yli sadan metrin mittainen ojittamaton kohta, jossa vesi virtaa kaivetun ojan päästä suoalueen halki pintavaluntana alapuoliseen Kelukoski-Kuusivaara yksityistien reunaojaan. Ojan alaosa tierummusta Kitiseen on myös kaivettu oja.

Alueelle on rakennettu Kelukoski-Kuusivaara -tie vuoden 1995 jälkeen ja tieojat ovat muuttaneet vesien kulkua ojan alaosalla. Vesien kulkuun on vaikuttanut osaltaan myös Kitisen rakentaminen. Vuoden 2010 tietämillä puron eteläpuolinen kangasmaa, Junttilan Palokumpu, on osittain hakattu ja samoin sen pohjoispuolinen kangasmaa. Samassa yhteydessä nämä kangasmaat ja niiden reunasuot on ojitettu. Tämän ojituksen seurauksena alueelle näyttää muodostuneen oja, joka virtaa alaosillaan oligotrofisen ja mesotrofisen saranevan yli reilun sadan metrin matkan nykyiseen tieojaan. Nykyisessä laajuudessa esiintyvää ojaa ei ole syytä pitää tällä alueella luonnontilassa esiintyneenä purona tai norona. Edellä mainitun perusteella kyseessä on ihmistoiminnan seurauksena syntynyt oja, eikä vesilain tarkoittama puro. Ennen ojien kaivamista alueella on mahdollisesti ollut jonkinlainen noro, mutta ei puroa. Perustilaselvityksiä tällaisilla kohteilla ei katsota aiheellisiksi, eikä standardin mukaisin menetelmin edes mahdollisiksi. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

Porokodanjängän eteläpuolisen uoman vedenlaatutietoja on esitetty Puroselvitykset 2021 -raportissa (Eurofins Ahma Oy 2022a). Selvityksessä on lisäksi esitetty mediaaniarvot vedenlaadun vertailuaineistosta Keski-Lapin purovesille (n=249) (Tenhola 2008; aineisto 2006). Vuoden 2021 havaintotulosten (n=4) mediaaniarvojen perusteella vesi on lievästi hapanta (6,3) ja vähäsuolaista (johtokyky 2,1 mS/m; kloridi 0,3 mg/l). Sulfaattipitoisuus on matala (0,3 mg/l). pH, johtokyky sekä kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat Keski-Lapin purovesille tavanomaisella tasolla. Veden puskurikyky happamoitumista vastaan on tyydyttävän ja välttävän rajalla (0,1 mmol/l). Vesi on lievästi sameaa (2,7 FTU), ja väriluku ilmentää selvää humusvaikutusta (115 mgPt/l). Veden COD_{Mn}-arvo (16 mg/l) on humusvesien tasolla. Vesi on lievästi rehevää (Kok.P 11 µg/l). Typen kokonaispitoisuus on luonnontilaisten, kirkkaiden vesien tasoa (430 µg/l). Porokodanjängän eteläpuolisen uoman rautapitoisuus on melko korkea (1 059 µg/l) Keski-Lapin purovesien mediaanipitoisuuteen (760 µg/l) verrattuna. Myös mangaanipitoisuus (72,0 µg/l) on hieman koholla alueen purovesien tyypilliseen pitoisuuteen (32,6 µg/l) nähden.

Kadmiumin, antimonin ja elohopean pitoisuudet ovat alle määritysrajan. Arseenin, lyijyn, uraanin ja sinkin pitoisuudet olivat samalla tai hieman matalammalla tasolla taustapitoisuuksiin nähden. Koboltin, kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet olivat hiukan korkeammat kuin vastaavat vertailuaineiston mediaanipitoisuudet ollen kuitenkin samaa suuruusluokkaa. Porokodanjängän eteläpuolisen uoman vedenlaatutiedot on esitetty taulukoissa (Taulukko 17-8 – Taulukko 17-10).

Tiukuoja

Tiukuoja (23; sijainti ks. Kuva 17-4) on Viiankijärvestä Viiankijärvenojan ja Kokkolammen kautta Matarakosken voimalan alapuolelle laskeva oja. Oja alittaa Viiankiaavantien ja Moskuvaarantien ennen laskemistaan Kitiseen. Tiukojalta on jatkuvatoimista virtaamamittaustietoa keväältä 2022 asti. Mittausten perusteella virtaama vaihtelee välillä 10–800 l/s (Vesi-Eko Oy julkaisematon). Voimakkaiden kevättulvien aikaan veden on havaittu ylittävän tien.

17.2.3 Suunnitellun kaivoksen lähivaluma-alueen lammet ja järvet

Lähivaluma-alueeseen kuuluvat Viiankiaavan alueen ja Viiankiaavan ja Kitisen välialueen järvet sekä pienet ja pienehköt lammet, jotka ovat seuraavat (sijainti ks. Kuva 17-4):

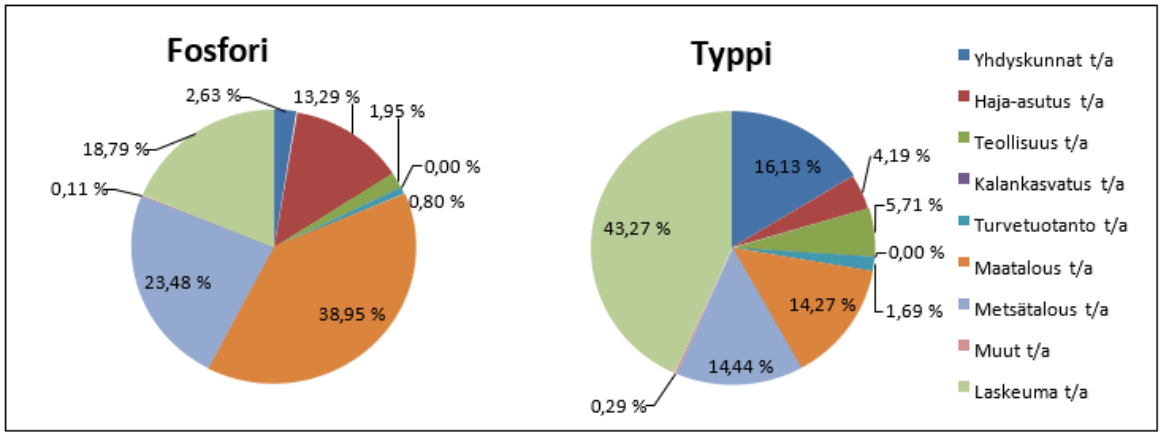
- Viiankijärvi (Viiankiaavan pohjoisosassa; 3)
- Sakattilammit (kolme suolampea Viiankiaavan länsiosassa; 10)
- Kärväslampi (lähellä Kitisen rantaa; 9)
- Kokkolampi (Viiankijärven koillispuolella; 2)
- Rytilampi (Viiankijärven pohjoispuolella; 4)
- Viiankilammit (noin kymmenen erillisen suolammen ryhmä Viiankiaavan kaakkoisosassa; 18)
- Nimetön lampi 1 (Petäjäsaaren luoteispuolinen; 13)
- Nimetön lampi 2 (Petäjäsaaren lounaispuolinen; 14)
- Nimetön suolampi 3 (Petäjäsaaren koillispuolinen ja Kolottamasaaren luoteispuolinen; 11)
- Nimetön suolampi 4 (Petäjäsaaren kaakkoispuolinen; 15)
- Nimetön suolampi 5 (Petäjäsaaren eteläpuolinen; 17)

17.2.4 Vesistöihin kohdistuva kuormitus

Kitisen valuma-alueella on suhteellisen runsaasti turvemaita ja soita. Kitiseen kohdistuva kuormitus on pääosin luonnonhuuhtoumaa. Vuosina 2006–2012 kerätyn aineiston (Lapin ELY-keskus 2015a) perusteella Kitisen vesistöalueen fosforikuormitus oli yhteensä 59 t/v ja typpikuormitus 1 227 t/v. Aineistossa esitetyn kuormituksen ja luonnonhuuhtouman arvioinnissa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen kehittämää WSFS-VEMALA –vesistömallijärjestelmää (*Watershed Simulation and Forecasting System*). Fosforikuormituksesta 85 % ja typpikuormituksesta 86 % muodostui luonnonhuuhtoumasta. Loput kuormituksesta (noin 15 %) muodostui yhdyskunnista, teollisuudesta ja laskeumasta. Teollisuuden osuus fosforikuormituksesta oli alle 2 % ja typpikuormituksesta alle 6 %.

Hajakuormituksen ja luonnonhuuhtouman määrät vaihtelevat hydrologisten olosuhteiden mukaan: runsassateisina vuosina ravinteiden huuhtoutuminen oli tarkasteluajanjaksolla noin kaksinkertaista verrattuna vähäsateisempiin vuosiin. Vuositasolla ravinteiden huuhtouma on suurinta sateisina kausina, sekä keväisin lumen sulaessa. Fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen (pois lukien luonnonhuuhtoumasta lähtöisin oleva kuormitus) on esitetty oheisessa kaaviossa (Kaavio 17-2).

Kaavio 17-2 Muun kuin luonnonhuuhtoumasta peräisin olevan fosfori- ja typpikuormituksen jakautuminen Kitisen valuma-alueella 2006–2012 (Lähde: Lapin ELY-keskus 2015a).



Suurimmat pistemäiset kuormittajat hankealueen lähistöllä ovat vuonna 1993 käyttöönotettu Turveruukki Oy:n Paarnitsa-aavan turvetuotantoalue, sekä Boliden Kevitsa Mining Oy:n Kevitsan kaivos. Lähin pintavesiä Sakatin hankealueen läheisyydessä kuormittava kohde on Kitisen yläjuoksulla sijaitseva Kevitsan kaivos. Kevitsa ottaa prosessiin tarvittavan raakaveden ja purkaa puhdistetut ylijäämävedet Vajukosken padon pohjoispuoliseen altaaseen. Turveruukki Oy:n Paarnitsa-aavan turvetuotantoalueen vedet johdetaan Kelujoen kautta Kitiseen Sakatin hankealueen eteläpuolella. Paarnitsa-aavan turvetuotanto on lopetettu vuoden 2020 tuotantovuoden jälkeen ja tuotannon ympäristölupa on rauetettu (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2022).

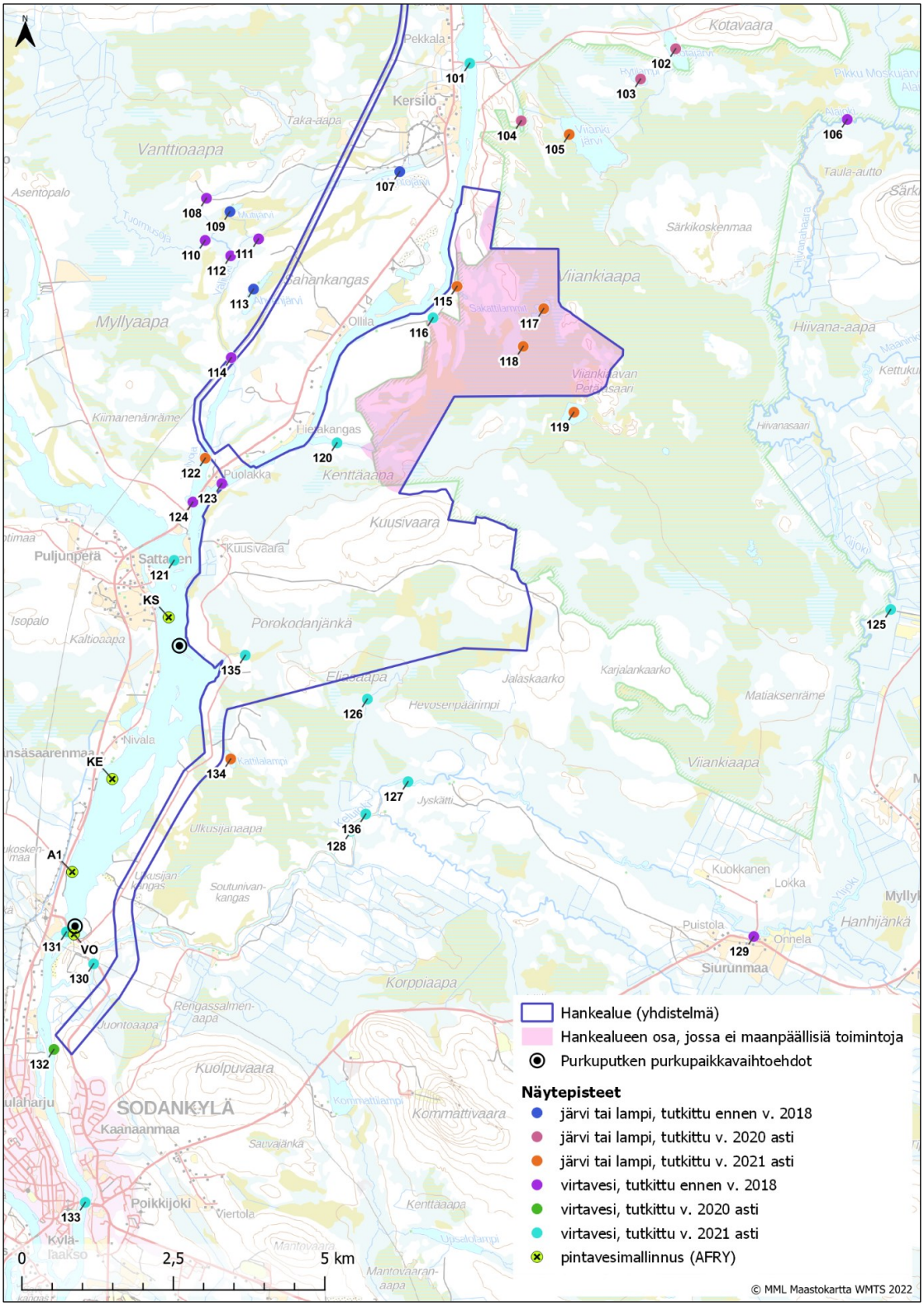
Rupert Resources Oy:n omistama Pahtavaaran kaivos ei ole tällä hetkellä toiminnassa (tilanne tammikuussa 2023), mutta kaivostoiminnan uudelleen aloittamisen mahdollisuutta Pahtavaarassa selvitetään. Vaikka Pahtavaaran kaivoksella ei ole tuotantoa, sieltä mahdollisesti kohdistuu jossakin määrin kuormitusta vesistöön. Pahtavaaran vedet johdetaan Kitiseen Ala-Postojoen kautta. Ala-Postojoki sijaitsee Kitisen länsipuolella. Ala-Postojoessa havaitaan ajoittain sähkönjohtavuuden ja nikkelipitoisuuden nousua, mikä voi aiheutua Pahtavaaran kaivosalueelta peräisin olevasta kuormituksesta. Mikäli Pahtavaaran kaivosalueelta tulee kuormitusta, sitä voi valua myös Pitkäkoskenojan kautta Sattaseen ja siitä edelleen Kitiseen. Pitkäkoskenojan virtaama on pieni, joten tätä reittiä tulevan kuormituksen määrä jää todennäköisesti vähäiseksi. (AFRY Finland Oy 2023d.) Lisäksi hajakuormitusta alueen vesistöihin tulee asutuksesta, maataloudesta, loma-asutuksesta ja virkistystoiminnasta.

Veden laatu

Alueella pintaveden laatua seurataan useista pisteistä AASM Oy:n toimesta ja Kitisen yläosan alueen muiden toiminnanharjoittajien velvoitetarkkailuissa. Pintaveden laatutietoja on saatavilla Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämästä Hertta–tietojärjestelmästä. Vedenlaadun nykytilan osalta Kitisen vedenlaatua kuvattiin YVA-ohjelmassa hankealueen yläpuoliselta (101; Kim) ja alapuoliselta (123, KiS) mittauspisteeltä (Kuva 17-14).

Uusia seurantapisteitä on lisätty hankealueen läheisyyteen vuonna 2018. AASM Oy on tehnyt omaa pintavesiseurantaa yhteensä 36 näytepisteestä, joihin kuuluu virtavesiä, järviä ja lampia ajanjaksolla 2015–2021 (Kuva 17-14, Taulukko 17-7). AASM Oy:llä on ollut omaa näytteenottoa pintavesien perustilan ja malminetsinnän mahdollisten vaikutusten selvittämiseksi vuodesta 2009 alkaen. Tutkittavien vedenlaatutekijöiden määrää on lisätty hankkeen edetessä. Näytteistä on tutkittu pH, sähkönjohtavuus, hapen kyllästysaste, liukoinen happi, kloridi, sulfaatti, humuspitoisuutta kuvaava kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}), TOC, sameus, väri, kiintoaine GF/C eli karkea kiintoaine, alkalinniteetti, fluoridi, kokonaistyppi, nitraattityppi, nitriittityppi, nitraatti- ja nitriittitypen summa, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, absorbanssi 420 nanometriä, kuusiarvoinen kromi, liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (TDS), hopea, alumiini, arseeni, boori, barium, beryllium, kalsium, kadmium, koboltti, kromi, kupari, rauta, elohopea, kalium, magnesium, mangaani, molybdeeni, natrium, nikkeli, lyijy, antimoni, uraani ja seleeni. Metallit ja alkuaineet on vuodesta 2015 alkaen määritetty liukoisina pitoisuuksina ja aiemmin kokonaispitoisuuksina.

Pintavesien tutkimuspisteet on esitetty alla kuvassa (Kuva 17-14) ja tutkimuspisteet taulukossa (Taulukko 17-7) sekä tiivistelmä pintavesien tutkimustuloksista taulukoissa (Taulukko 17-8 – Taulukko 17-10). Tulokset on lisäksi esitetty kattavammin liitteessä 6.



Kuva 17-14 Pintavesien näytteenottopisteet. Karttaan on merkitty myös pintavesimallinnuksen laskentapisteet, jotka on kuvattu tarkemmin luvussa 17.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset.

Taulukko 17-7 Pintavesien kuvaan (Kuva 17-14) merkityt pintavesien näytteenottopisteet.

Pintavesien näytepisteen numero	Pintavesien näytepisteen nimi	Pintavesien näytepisteen numero	Pintavesien näytepisteen nimi
101	Kitinen (Kim)	119	Nimetön lampi 2
102	Kotajärvi syv. 1	120	Sakattioja
103	Rytilampi syv. 1	121	Kitinen, Sattanen 2
104	Kokkolampi syv. 1	122	Tuormuslampi
105	Viiankijärvi syv. 1	123	Kitinen, Sattanen (KiS)
106	Hoikkavuopaja	124	Myllyoja
107	Mantojärvi	125	Ylijoki
108	Takaoja	126	Eliasoja
109	Mutijärvi	127	Kelujoki Keluj1
110	Tuormusoja2	128	Kelujoki Keluj2
111	Korteoja	129	Kelujoki Ke2
112	Tuormusoja	130	Kelujoki Ke1
113	Ahvenjärvi	131	Kitinen, Kelukoski
114	Välijoki	132	Kitinen, Kelukosken alapuoli
115	Kärväslampi	133	Kitinen, Sodankylä
116	Ruosteoja	134	Kattilalampi
117	Sakattilammit	135	Porokodanjänkä, nimetön oja
118	Nimetön lampi 1	136	Eliasoja 2

Taulukko 17-8 Pintavesien tutkimustulokset (tiivistelmä) mediaaniarvoina (solun ylin rivi), vedenlaatutietojen aikaväli (esim. 2009–2021) on merkitty 2009–21; solun keskimmäinen rivi) ja vedenlaatutietojen kappalemäärä (N; solun alin rivi).

Näytepiste ja näytteenotto-syvyys	Näyte-pisteen no.	pH	Sähkön-johta-vuus mS/m	Happi mg O_2/l	Kloridi mg/l	Sulfaatti mg/l	Kem. hapen-k. COD-Mn mg O_2/l	Sameus FTU	Väri-luku mg Pt/l	Kiinto-aine GF/C[1] mg/l	Alkali-teetti mmol/l	Kok. typpi µg/l
Lammet ja järvet												
Mutijärvi		6,8	1,7	10,0	0,7	0,6	4,8	0,6	25	<1,25	0,09	360
0,3–1 m	109	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Mantojärvi		6,7	4,7	7,5	0,7	0,7	11,0	2,9	140	2,8	0,39	390
0,4–1 m	107	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Ahvenjärvi		6,7	1,3	10,0	0,4	<0,2	7,8	0,8	61	1,0	0,07	390
0,2–1 m	113	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Tuormuslampi		6,7	6,1	6,7	0,8	1,3	15,0	6,5	190	4,8	0,53	515

Näytepiste ja näytteenotto-syvyys	Näyte-pisteen no.	pH	Sähkön-johta-vuus	Happi	Kloridi	Sul-faatti	Kem. hapen-k. COD-Mn	Sameus	Väri-luku	Kiinto-aine GF/C[1]	Alkali-teetti	Kok. typpi
			mS/m	mg O_2/l	mg/l	mg/l	mg O_2/l	FTU	mg Pt/l	mg/l	mmol/l	µg/l
0,3–1 m	122	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=26	N=26	N=26	N=10	N=26	N=26	N=26	N=26	N=26	N=26	N=26
Kotajärvi		7,2	5,3	9,8	0,6	3,0	9,2	0,7	56	0,7	0,38	290
1 m	102	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20
		N=37	N=37	N=37	N=23	N=37	N=37	N=37	N=37	N=30	N=37	N=37
Rytilampi		7,2	8,1	8,5	0,6	0,8	8,1	4,6	120	1,8	0,70	400
0,2–1 m	103	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20
		N=38	N=38	N=38	N=23	N=38	N=38	N=38	N=38	N=30	N=38	N=38
Viiankijärvi		7,1	3,8	9,0	0,4	0,6	7,4	2,7	66	2,4	0,31	410
0,2–1 m	105	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=43	N=43	N=43	N=28	N=43	N=43	N=43	N=43	N=35	N=43	N=43
Kokkolampi		6,9	4,0	8,3	0,5	0,4	8,1	2,3	78	2,4	0,32	460
0,2–1 m	104	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20	2009–20
		N=39	N=39	N=39	N=24	N=39	N=39	N=39	N=39	N=31	N=39	N=39
Kärväslampi		6,7	3,7	8,4	0,9	0,3	6,5	1,2	50	1,8	0,30	320
0,2–1 m	115	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=39	N=39	N=38	N=28	N=39	N=39	N=39	N=39	N=32	N=39	N=39
Sakattilammit		6,9	3,3	8,9	0,5	<0,2	6,0	2,6	63	3,6	0,26	460
0,1–1 m	117	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=41	N=41	N=41	N=27	N=41	N=41	N=41	N=41	N=33	N=41	N=41
Nimetön lampi 1		6,5	5,3	7,4	0,4	<0,2	7,4	12,0	100	10,0	0,46	420
	118	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
0,2–1 m		N=41	N=41	N=41	N=28	N=41	N=41	N=41	N=41	N=33	N=41	N=41
Nimetön lampi 2		6,2	1,8	8,5	0,4	<0,2	14,5	1,4	67	3,2	0,07	720
	119	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
0,2–1 m		N=24	N=24	N=24	N=17	N=24	N=24	N=24	N=24	N=21	N=24	N=24
Kattilalampi		6,6	1,4	9,6	0,4	0,6	9,4	0,9	46	1,2	0,06	290

Näytepiste ja näytteenotto-syvyys	Näyte-pisteen no.	pH	Sähkön-johta-vuus	Happi	Kloridi	Sul-faatti	Kem. hapen-k. COD-Mn	Sameus	Väri-luku	Kiinto-aine GF/C[1]	Alkali-teetti	Kok. typpi
			mS/m	mg O_2/l	mg/l	mg/l	mg O_2/l	FTU	mg Pt/l	mg/l	mmol/l	µg/l
0,2–0,4 m	134	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
		N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4
Virtavedet												
Kitinen Sattanen (KiS)	123	6,9	3,6	9,9	0,8	2,5	9,8	1,2	73	1,4	0,22	350
		2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
0,2–1 m		N=43	N=43	N=43	N=28	N=43	N=43	N=43	N=43	N=35	N=43	N=43
Kitinen Kim	101	7,0	3,7	9,8	0,9	2,8	9,3	1,2	68	1,1	0,22	330
0,2–1 m		2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=40	N=40	N=40	N=28	N=40	N=40	N=40	N=40	N=32	N=40	N=40
Kitinen Kelukoski,	131	7,1	4,3	9,6	0,8	3,0	8,3	1,3	61	1,4	0,26	310
		2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21
0,2–1 m		N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19
Kitinen, Kelu-kosken ala-puoli,	132	6,9	4,2	9,3	0,8	2,8	8,0	1,4	65	2,0	0,25	350
		2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21	2017–21
0,2–1 m		N=15	N=15	N=15	N=15	N=15	N=15	N=15	N=15	N=15	N=15	N=15
Kelujoki Ke1	130	6,8	4,7	9,1	(ei tutk.)	1,1	13	4,2	140	(ei tutk.)	0,35	400
0,1–0,5 m		2009–10	2009–10	2009–10		2009–10	2009–10	2009–10	2009–10		2009–10	2009–10
		N=12	N=12	N=12		N=12	N=12	N=12	N=12		N=12	N=12
Kelujoki Ke2	129	6,8	5,2	8,7	(ei tutk.)	1,4	12	4,5	145	(ei tutk.)	0,40	460
0,2–1 m		2009–10	2009–10	2009–10		2009–10	2009–10	2009–10	2009–10		2009–10	2009–10
		N=12	N=12	N=12		N=12	N=12	N=12	N=12		N=12	N=12
Kelujoki Keluj1	127	6,8	4,9	8,2	1,3	2,1	13,0	4,1	120	3,2	0,35	430
0,2–1 m		2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=31	N=31	N=31	N=19	N=31	N=31	N=31	N=31	N=23	N=31	N=31
Kelujoki Keluj2	128	6,8	5,1	8,2	1,0	2,1	12,0	4,2	130	3,2	0,40	430
0,2–1 m		2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=31	N=31	N=31	N=19	N=31	N=31	N=31	N=31	N=23	N=31	N=31

Näytepiste ja näytteenotto-syvyys	Näyte-pisteen no.	pH	Sähkön-johta-vuus	Happi	Kloridi	Sul-faatti	Kem. hapen-k. COD-Mn	Sameus	Väri-luku	Kiinto-aine GF/C[1]	Alkali-teetti	Kok. typpi
			mS/m	mg O_2/l	mg/l	mg/l	mg O_2/l	FTU	mg Pt/l	mg/l	mmol/l	µg/l
Eliasoja		6,7	6,1	6,1	0,5	0,4	11,0	4,2	100	4,4	0,53	540
0,2–1 m	126	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19	N=19
Korteoja		6,3	4,4	0,8	0,6	<0,2	13,0	6,4	150	8,3	0,35	460
0,2–0,4 m	111	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=24	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Takaoja		6,8	4,0	8,6	0,6	0,4	9,2	2,2	81	1,7	0,34	430
0,2 m	108	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Tuormusoja		6,8	7,9	8,0	0,6	1,0	14,0	4,5	130	3,3	0,76	550
0,2–1 m	112	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Tuormusoja2		6,9	9,5	8,1	0,5	1,3	17,0	4,0	160	2,5	0,82	650
0,2–1 m	110	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Välijoki		6,7	8,3	4,3	0,7	0,9	14,0	14,0	170	7,3	0,81	540
0,2–1 m	114	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Myllyoja		6,9	4,5	8,8	0,9	2,2	12,0	3,1	120	2,8	0,31	410
0,2–1 m	124	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17	2011–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25	N=25
Hoikkavuopaja		7,0	6,3	7,9	1,1	2,8	16,0	3,4	130	4,4	0,46	585
0,2–1 m	106	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17
		N=24	N=24	N=24	N=9	N=24	N=24	N=24	N=24	N=16	N=24	N=24
Ylijoki		6,8	5,8	7,2	1,0	2,5	14,0	4,6	150	3,0	0,43	520
0,2–1 m	125	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17	2009–17
		N=24	N=24	N=24	N=9	N=24	N=24	N=24	N=24	N=16	N=24	N=24

Näytepiste ja näytteenotto-syvyys	Näyte-pisteen no.	pH	Sähkön-johta-vuus	Happi	Kloridi	Sul-faatti	Kem. hapen-k. COD-Mn	Sameus	Väri-luku	Kiinto-aine GF/C[1]	Alkali-teetti	Kok. typpi
			mS/m	mg O_2/l	mg/l	mg/l	mg O_2/l	FTU	mg Pt/l	mg/l	mmol/l	µg/l
Ruosteoja		6,5	2,7	8,1	0,3	<0,2	5,5	1,6	56	1,8	0,22	240
0,05–0,2 m	116	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=24	N=24	N=24	N=17	N=24	N=24	N=24	N=24	N=18	N=24	N=24
Sakattioja		6,3	4,2	5,0	0,5	<0,2	8,6	15,0	150	13,0	0,37	340
0,1–0,2 m	120	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21	2009–21
		N=39	N=39	N=39	N=28	N=39	N=39	N=39	N=39	N=34	N=39	N=39
Kitinen, Sattanen 2		7,1	3,4	9,7	0,9	2,8	9,5	1,3	70	1,8	0,19	300
	121	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
0,3–0,5 m		N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4
Kitinen, Sodankylä		7,0	4,3	10,1	1,2	3,6	11,5	1,6	78	1,9	0,23	305
	133	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
0,2–0,5 m		N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4
Porokodan-jänkä, nimetön oja		6,3	2,1	9,1	0,3	0,3	16,0	2,7	115	3,5	0,10	430
	135	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
0,2–0,3 m		N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4
Eliasoja 2		6,6	2,6	8,2	0,4	<0,2	12,0	2,2	94	0,9	0,16	405
0,1–0,3 m	136	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
		N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4	N=4

[1] *GF/C tarkoittaa karkeaa kiintoainetta.*

Taulukko 17-9 Pintavesien tutkimustulokset (tiivistelmä) mediaaniarvoina (solun ylin rivi), vedenlaatutietojen aikaväli (esim. 2011–2017 on merkitty 2011–17; solun keskimmäinen rivi) ja vedenlaatutietojen kappalemäärä (N; solun alin rivi).

Näytepiste ja näytteen-ottosyvyys	Näyte-pisteen nro	Ammo-nium-typpi	Kok. Fosfori	Fos-faatti-fosfori	Arseeni (liukoi-nen)	Kad-mium (liukoi-nen)	Kobolttti (liukoi-nen)	Kromi (liukoi-nen)	Kupari (liukoi-nen)	Rauta (liukoi-nen)	Man-gaani (liukoi-nen)	Nikkeli (liukoi-nen)
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Lammet ja järvet												
Mutijärvi		18	8	<2	0,09	<0,01	<0,02	0,27	0,21	90	3,5	0,29
0,3–1 m	109	2011–17	2011–17	2011–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=9	N=9	N=9	N=9		N=9	N=3
Mantojärvi		24	19	4,7	0,52	<0,01	0,3	1,3	0,32	1650	112,0	2,4
0,4–1 m	107	2011–17	2011–17	2011–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17	2015–17
		N=25	N=25	N=25	N=9	N=9	N=9	N=9	N=9	N=9	N=9	N=3
Ahvenjärvi		18	10	<2	0,14	<0,01	0,09	0,41	0,13	513	16,8	0,18

Näytepiste ja näytteenottosyvyys	Näytepisteen nro	Ammonium-typpi µg/l	Kok. Fosfori µg/l	Fosfaatti-fosfori µg/l	Arseeni (liukoinen) µg/l	Kadmium (liukoinen) µg/l	Koboltti (liukoinen) µg/l	Kromi (liukoinen) µg/l	Kupari (liukoinen) µg/l	Rauta (liukoinen) µg/l	Mangaani (liukoinen) µg/l	Nikkeli (liukoinen) µg/l
0,2–1 m	113	2011–17 N=25	2011–17 N=25	2011–17 N=25	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=3
Tuormus-lampi 0,3–1 m	122	21 2011–17 N=26	37 2011–17 N=26	15,5 2011–17 N=26	0,62 2015–17 N=10	<0,01 2015–17 N=10	0,20 2015–17 N=10	1,65 2015–17 N=10	0,39 2015–17 N=10	1830 2015–17 N=10	38,9 2015–17 N=10	2,50 2015–17 N=4
Kotajärvi 1 m	102	9 2009–20 N=37	7 2009–20 N=37	<2 2009–20 N=37	0,13 2015–20 N=23	<0,01 2015–20 N=23	0,03 2015–20 N=23	1,00 2015–20 N=23	0,56 2015–20 N=23	246 2015–20 N=23	6,7 2015–20 N=23	2,01 2015–20 N=17
Rytilampi 0,2–1 m	103	22 2009–20 N=38	20 2009–20 N=38	5,0 2009–20 N=38	0,34 2015–20 N=23	<0,01 2015–20 N=23	0,06 2015–20 N=23	0,93 2015–20 N=23	0,12 2015–20 N=23	1400 2015–20 N=23	84,3 2015–20 N=23	0,22 2015–20 N=17
Viiankijärvi 0,2–1 m	105	41 2009–21 N=43	19 2009–21 N=43	4,3 2009–21 N=43	0,24 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	0,03 2015–21 N=28	0,24 2015–21 N=28	0,12 2015–21 N=28	1 053 2015–21 N=28	10,0 2015–21 N=28	0,30 2015–21 N=22
Kokkolampi 0,2–1 m	104	37 2009–20 N=39	19 2009–20 N=39	3,7 2009–20 N=39	0,31 2015–20 N=24	<0,01 2015–20 N=24	0,11 2015–20 N=24	0,54 2015–20 N=24	0,13 2015–20 N=24	1 290 2015–20 N=24	24,4 2015–20 N=24	0,44 2015–20 N=18
Kärväslampi 0,2–1 m	115	7 2009–21 N=39	10 2009–21 N=39	1,0 2009–21 N=39	0,15 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	0,08 2015–21 N=28	0,23 2015–21 N=28	0,16 2015–21 N=28	516 2015–21 N=28	29,5 2015–21 N=28	0,32 2015–21 N=23
Sakattilam-mit 0,1–1 m	117	28 2009–21 N=41	22 2009–21 N=41	5,8 2009–21 N=41	0,35 2015–21 N=27	<0,01 2015–21 N=27	0,07 2015–21 N=27	0,13 2015–21 N=27	0,12 2015–21 N=27	908 2015–21 N=27	14,0 2015–21 N=27	0,16 2015–21 N=21
Nimetön lampi 1 0,2–1 m	118	26 2009–21 N=41	25 2009–21 N=41	12,0 2009–21 N=41	0,26 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	0,31 2015–21 N=28	0,39 2015–21 N=28	0,12 2015–21 N=28	1120 2015–21 N=28	77,6 2015–21 N=28	0,24 2015–21 N=22
Nimetön lampi 2 0,2–1 m	119	29 2009–21 N=24	10 2009–21 N=24	<2 2009–21 N=24	0,23 2015–21 N=17	<0,01 2015–21 N=17	0,10 2015–21 N=17	0,31 2015–21 N=17	0,12 2015–21 N=17	262 2015–21 N=17	10,0 2015–21 N=17	0,17 2015–21 N=17
Kattilalampi 0,2–0,4 m	134	<5 2021 N=4	10 2021 N=4	<2 2021 N=4	0,16 2021 N=4	<0,01 2021 N=4	0,06 2021 N=4	0,94 2021 N=4	0,63 2021 N=4	127 2021 N=4	3,8 2021 N=4	1,05 2021 N=4
Virtavedet												
Kitinen Sattanen (KiS) 0,2–1 m	123	9 2009–21 N=43	14 2009–21 N=43	2,6 2009–21 N=43	0,15 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	0,06 2015–21 N=28	0,48 2015–21 N=28	0,39 2015–21 N=28	494 2015–21 N=28	23,3 2015–21 N=28	0,72 2015–21 N=22
Kitinen (Kim)		8	13	2,6	0,14	<0,01	0,05	0,44	0,35	462	17,6	0,63

Näytepiste ja näytteenottosyvyys	Näytepisteen nro	Ammonium-typpi µg/l	Kok. Fosfori µg/l	Fosfaatti-fosfori µg/l	Arseeni (liukoinen) µg/l	Kadmium (liukoinen) µg/l	Koboltti (liukoinen) µg/l	Kromi (liukoinen) µg/l	Kupari (liukoinen) µg/l	Rauta (liukoinen) µg/l	Mangaani (liukoinen) µg/l	Nikkeli (liukoinen) µg/l
0,2–1 m Kitinen,	101	2009–21 N=40	2009–21 N=40	2009–21 N=40	2015–21 N=28	2015–21 N=28	2015–21 N=28	2015–21 N=28	2015–21 N=28	2015–21 N=28	2015–21 N=28	2015–21 N=22
Kelukoski 0,2–1 m	131	8 2017–21 N=19	13 2017–21 N=19	1,0 2017–21 N=19	0,19 2017–21 N=19	<0,01 2017–21 N=19	0,05 2017–21 N=19	0,44 2017–21 N=19	0,34 2017–21 N=19	420 2017–21 N=19	20,0 2017–21 N=19	0,63 2017–21 N=19
Kitinen, Kelu–kosken ala-puoli 0,2–1 m	132	10 2017–21 N=15	13 2017–21 N=15	3,8 2017–21 N=15	0,15 2017–21 N=15	<0,01 2017–21 N=15	0,07 2017–21 N=15	0,37 2017–21 N=15	0,37 2017–21 N=15	572 2017–21 N=15	36,6 2017–21 N=15	0,45 2017–21 N=15
Kelujoki Ke1 0,1–0,5 m	130	16 2009–10 N=12	30 2009–10 N=12	14 2009–10 N=12	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)
Kelujoki Ke2 0,2–1 m	129	31 2009–10 N=12	32 2009–10 N=12	18 2009–10 N=12	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)
Kelujoki Ke-luj1 0,2–1 m	127	22 2009–21 N=31	30 2009–21 N=31	15,0 2009–21 N=31	0,18 2017–21 N=19	<0,01 2017–21 N=19	0,24 2017–21 N=19	0,76 2017–21 N=19	0,43 2017–21 N=19	1400 2017–21 N=19	74,4 2017–21 N=19	0,84 2017–21 N=19
Kelujoki Ke-luj2 0,2–1 m	128	29 2009–21 N=31	32 2009–21 N=31	17,0 2009–21 N=31	0,17 2017–21 N=19	<0,01 2017–21 N=19	0,23 2017–21 N=19	0,81 2017–21 N=19	0,54 2017–21 N=19	1380 2017–21 N=19	63,7 2017–21 N=19	0,84 2017–21 N=19
Eliasoja 0,2–1 m	126	28,0 2009–21 N=19	38,0 2009–21 N=19	23,0 2009–21 N=19	0,28 2015–21 N=19	<0,01 2015–21 N=19	0,19 2015–21 N=19	0,2 2015–21 N=19	0,15 2015–21 N=19	1280 2015–21 N=18	89,0 2015–21 N=19	0,2 2015–21 N=19
Korteoja 0,2–0,4 m	111	11 2011–17 N=25	63 2011–17 N=25	39,0 2011–17 N=25	1,40 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	0,59 2015–17 N=9	0,70 2015–17 N=9	0,13 2015–17 N=9	3 300 2015–17 N=9	159,0 2015–17 N=9	1,20 2015–17 N=3
Takaoja 0,2 m	108	12 2011–17 N=25	10 2011–17 N=25	1,0 2011–17 N=25	0,27 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	0,28 2015–17 N=9	1,50 2015–17 N=9	0,22 2015–17 N=9	442 2015–17 N=9	43,8 2015–17 N=9	2,80 2015–17 N=3
Tuormusoja 0,2–1 m	112	44 2011–17 N=25	27 2011–17 N=25	19,0 2011–17 N=25	0,61 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	0,24 2015–17 N=9	2,20 2015–17 N=9	0,51 2015–17 N=9	1120 2015–17 N=9	66,6 2015–17 N=9	3,80 2015–17 N=3
Tuor-musoja2 0,2–1 m	110	49 2011–17 N=25	35 2011–17 N=25	25,0 2011–17 N=25	0,71 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	0,23 2015–17 N=9	2,40 2015–17 N=9	0,45 2015–17 N=9	1550 2015–17 N=9	72,4 2015–17 N=9	3,50 2015–17 N=3
Välijoki		29	46	32,0	0,82	<0,01	1,00	1,80	0,46	2500	274,0	3,10

Näytepiste ja näytteenottosyvyys	Näytepisteen nro	Ammoniumtyppi µg/l	Kok. Fosfori µg/l	Fosfaattifosfori µg/l	Arseeni (liukoinen) µg/l	Kadmium (liukoinen) µg/l	Koboltti (liukoinen) µg/l	Kromi (liukoinen) µg/l	Kupari (liukoinen) µg/l	Rauta (liukoinen) µg/l	Mangaani (liukoinen) µg/l	Nikkeli (liukoinen) µg/l
0,2–1 m	114	2011–17 N=25	2011–17 N=25	2011–17 N=25	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=3
Myllyoja 0,2–1 m	124	17 2011–17 N=25	21 2011–17 N=25	7,6 2011–17 N=25	0,23 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	0,26 2015–17 N=9	0,78 2015–17 N=9	0,24 2015–17 N=9	863 2015–17 N=9	72,2 2015–17 N=9	0,94 2015–17 N=3
Hoikkavuopaja 0,2–1 m	106	32 2009–17 N=24	25 2009–17 N=24	4,7 2009–17 N=24	0,19 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	0,15 2015–17 N=9	0,80 2015–17 N=9	0,48 2015–17 N=9	665 2015–17 N=9	34,1 2015–17 N=9	1,10 2015–17 N=3
Ylijoki 0,2–1 m	125	39 2009–17 N=24	32 2009–17 N=24	12,5 2009–17 N=24	0,19 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	0,22 2015–17 N=9	0,97 2015–17 N=9	0,39 2015–17 N=9	1 290 2015–17 N=9	57,3 2015–17 N=9	1,00 2015–17 N=3
Ruosteoja 0,05–0,2 m	116	<5 2009–21 N=24	10 2009–21 N=24	1,0 2009–21 N=24	0,15 2015–21 N=17	<0,01 2015–21 N=17	0,59 2015–21 N=17	0,26 2015–21 N=17	0,16 2015–21 N=17	828 2015–21 N=17	132,0 2015–21 N=17	0,40 2015–21 N=13
Sakattioja 0,1–0,2 m	120	12 2009–21 N=39	40 2009–21 N=39	30,0 2009–21 N=39	0,39 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	0,61 2015–21 N=28	0,64 2015–21 N=28	0,14 2015–21 N=28	2030 2015–21 N=28	134,5 2015–21 N=28	0,33 2015–21 N=22
Kitinen, Sattanen 2 0,3–0,5 m	121	6 2021 N=4	14 2021 N=4	<2 2021 N=4	0,15 2021 N=4	<0,01 2021 N=4	0,05 2021 N=4	0,51 2021 N=4	0,39 2021 N=4	434 2021 N=4	19,0 2021 N=4	0,70 2021 N=4
Kitinen, Sodankylä 0,2–0,5 m	133	7 2021 N=4	15 2021 N=4	<2 2021 N=4	0,21 2021 N=4	<0,01 2021 N=4	0,06 2021 N=4	0,55 2021 N=4	0,41 2021 N=4	505 2021 N=4	16,0 2021 N=4	0,80 2021 N=4
Porokodanjänkä nimetön oja 0,2–0,3 m	135	7 2021 N=4	11 2021 N=4	<2 2021 N=4	0,34 2021 N=4	<0,01 2021 N=4	0,56 2021 N=4	1,65 2021 N=4	0,74 2021 N=4	1 059 2021 N=4	72,0 2021 N=4	1,10 2021 N=4
Eliasoja 2 0,1–0,3 m	136	10 2021 N=4	11 2021 N=4	3,1 2021 N=4	0,23 2021 N=4	<0,01 2021 N=4	0,21 2021 N=4	0,80 2021 N=4	0,34 2021 N=4	802 2021 N=4	29,5 2021 N=4	0,28 2021 N=4

Taulukko 17-10 Pintavesien tutkimustulokset (tiivistelmä) mediaaniarvoina (solun ylin rivi), vedenlaatutietojen aikaväli (esim. 2011–2017 on merkitty 2011–17; solun keskimmäinen rivi) ja vedenlaatutietojen kappalemäärä (N; solun alin rivi).

Näytepiste ja näytteenottosyvyys	Näytepisteen no.	Lyijy (liukoinen) µg/l	Antimoni (liukoinen) µg/l	Uraani (liukoinen) µg/l	Sinkki (liukoinen) µg/l	Elohopea (liukoinen) µg/l
Lammet ja järvet						
Mutijärvi 0,3–1 m	109	0,060 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	1,6 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=9
Mantojärvi		0,052	<0,05	<0,01	2,0	<0,002

Näytepiste ja näytteenottosyvyys	Näytepisteen no.	Lyijy (liukoinen) µg/l	Antimoni (liukoinen) µg/l	Uraani (liukoinen) µg/l	Sinkki (liukoinen) µg/l	Elohopea (liukoinen) µg/l
0,4–1 m	107	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=9	2015–17 N=8
Ahvenjärvi 0,2–1 m	113	0,089 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	2,6 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=8
Tuormuslampi 0,3–1 m	122	0,058 2015–17 N=10	<0,05 2015–17 N=10	<0,01 2015–17 N=10	2,3 2015–17 N=10	<0,002 2015–17 N=8
Kotajärvi 1 m	102	0,029 2015–20 N=23	<0,05 2015–20 N=23	<0,01 2015–20 N=23	1,6 2015–20 N=23	0,0048 2015–20 N=22
Rytilampi 0,2–1 m	103	0,071 2015–20 N=23	<0,05 2015–20 N=23	<0,01 2015–20 N=23	1,6 2015–20 N=23	<0,002 2015–20 N=23
Viiankijärvi 0,2–1 m	105	0,030 2015–21 N=28	<0,05 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	1,2 2015–21 N=28	0,0015 2015–21 N=28
Kokkolampi 0,2–1 m	104	0,045 2015–20 N=24	<0,05 2015–20 N=24	<0,01 2015–20 N=24	2,0 2015–20 N=24	0,001 2015–20 N=24
Kärväslampi 0,2–1 m	115	0,028 2015–21 N=28	<0,05 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	2,4 2015–21 N=28	<0,002 2015–21 N=26
Sakattilammit 0,1–1 m	117	0,027 2015–21 N=27	<0,05 2015–21 N=27	<0,01 2015–21 N=27	1,7 2015–21 N=27	<0,002 2015–21 N=25
Nimetön suolampi 1 0,2–1 m	118	0,016 2015–21 N=28	<0,05 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	2,2 2015–21 N=28	<0,002 2015–21 N=26
Nimetön suolampi 2 0,2–1 m	119	0,098 2015–21 N=17	<0,05 2015–21 N=17	<0,01 2015–21 N=17	3,3 2015–21 N=17	0,0085 2015–21 N=16
Kattilalampi 0,2–0,4 m	134	0,049 2021 N=4	<0,05 2021 N=4	<0,01 2021 N=4	4,8 2021 N=4	<0,003 2021 N=4
Virtavedet						
Kitinen Sattanen (KiS) 0,2–1 m	123	0,040 2015–21 N=28	<0,05 2015–21 N=28	0,030 2015–21 N=28	1,8 2015–21 N=28	0,0015 2015–21 N=27
Kitinen (Kim) 0,2–1 m	101	0,042 2015–21 N=28	<0,05 2015–21 N=28	0,036 2015–21 N=28	1,4 2015–21 N=28	0,0015 2015–21 N=27
Kitinen, Kelukoski 0,2–1 m	131	0,040 2017–21 N=19	<0,05 2017–21 N=19	0,034 2017–21 N=19	1,6 2017–21 N=19	0,010 2017–21 N=19
Kitinen, Kelu–kosken alapuoli 0,2–1 m	132	0,039 2017–21 N=15	<0,05 2017–21 N=15	0,029 2017–21 N=15	2,1 2017–21 N=15	<0,02 2017–21 N=15
Kelujoki Ke1 0,1–0,5 m	130	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)
Kelujoki Ke2 0,2–1 m	129	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)	(ei tutk.)
Kelujoki Keluj1		0,040	<0,05	0,027	2,4	<0,003

Näytepiste ja näytteenottosyvyys	Näytepisteen no.	Lyijy (liukoinen) µg/l	Antimoni (liukoinen) µg/l	Uraani (liukoinen) µg/l	Sinkki (liukoinen) µg/l	Elohopea (liukoinen) µg/l
0,2–1 m	127	2017–21 N=19	2017–21 N=19	2017–21 N=19	2017–21 N=19	2017–21 N=19
Kelujoki Keluj2 0,2–1 m	128	0,045 2017–21 N=19	<0,05 2017–21 N=19	0,030 2017–21 N=19	3,0 2017–21 N=19	0,0100 2017–21 N=19
Eliasoja 0,2–1 m	126	0,02 2015–21 N=19	<0,05 2015–21 N=19	0,005 2015–21 N=19	3,1 2015–21 N=19	<0,003 2015–21 N=19
Korteoja 0,2–0,4 m	111	0,089 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	3,6 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=8
Takaoja 0,2 m	108	0,027 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	1,7 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=9
Tuormusoja 0,2–1 m	112	0,054 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	1,9 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=9
Tuormusoja2 0,2–1 m	110	0,053 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	0,005 2015–17 N=9	2,5 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=9
Välijoki 0,2–1 m	114	0,045 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	4,1 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=8
Myllyoja 0,2–1 m	124	0,049 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	0,026 2015–17 N=9	1,6 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=8
Hoikkavuopaja 0,2–1 m	106	0,068 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	<0,01 2015–17 N=9	2,5 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=9
Ylijoki 0,2–1 m	125	0,054 2015–17 N=9	<0,05 2015–17 N=9	0,027 2015–17 N=9	2,0 2015–17 N=9	<0,002 2015–17 N=8
Ruosteoja 0,05–0,2 m	116	0,027 2015–21 N=17	<0,05 2015–21 N=17	<0,01 2015–21 N=17	1,7 2015–21 N=17	<0,002 2015–21 N=15
Sakattioja 0,1–0,2 m	120	0,010 2015–21 N=28	<0,05 2015–21 N=28	<0,01 2015–21 N=28	2,3 2015–21 N=28	<0,003 2015–21 N=27
Kitinen, Sattanen 2 0,3–0,5 m	121	0,035 2021 N=4	<0,05 2021 N=4	0,037 2021 N=4	1,4 2021 N=4	<0,003 2021 N=4
Kitinen, Sodankylä 0,2–0,5 m	133	0,042 2021 N=4	<0,05 2021 N=4	0,039 2021 N=4	1,8 2021 N=4	<0,003 2021 N=4
Porokodanjänkä, nimetön puro 0,2–0,3 m	135	0,049 2021 N=4	<0,05 2021 N=4	0,018 2021 N=4	2,7 2021 N=4	<0,003 2021 N=4
Eliasoja 2 0,1–0,3 m	136	0,034 2021 N=4	<0,05 2021 N=4	<0,01 2021 N=4	1,7 2021 N=4	<0,003 2021 N=4

Seurannan tulosten perusteella Kitisen vesi on neutraalia tai lievästi hapanta, vähähumuksista ja väriltään rusehtavaa. Kiintoainepitoisuudet ovat keskimäärin pieniä.

Kitisessä ja suurimmassa osassa muita tarkastelualueen vesistöjä fosfori- ja typpipitoisuudet ovat pääosin karuille vesille tyypillistä tasoa. Fosfori ja typpi ovat pääravinteita, joiden pitoisuudet vaikuttavat merkittävimmin vesistöjen rehevyystasoon. Rehevässä vesistössä yhteyttävien kasvien eli vapaan veden (yleensä yksisoluisen) kasviplanktonin, kiinteille alustoille kiinnittyneiden levien ja vesikasvien tuotanto on kasvukaudella suhteellisen suurta, koska fosforia ja typpeä on hyvin saatavilla kasvuun eli biomassan tuotantoon. Karuissa vesistöissä pääravinteiden niukka saatavuus rajoittaa yhteyttävien kasvien tuotantoa kasvukaudella. Kasvukauden ulkopuolella muut tekijät, kuten valon määrä ja lämpötila ovat tärkeimpiä kasvua rajoittavia tai kasvun pysäyttäviä tekijöitä. Kitisessä ja suurimmassa osassa muita tarkastelualueen vesistöjä veden puskurikykyä happamoitumista vastaan kuvaava alkaliteetti on hyvä (noin 0,1–0,8 mmol/l) (alkaliteettiluokitus ks. Oravainen 1999).

Turvemaiden läpi kulkeville vesistöille on tyypillistä raudan ja mangaanin luontaisesti korkeat pitoisuudet. Kelujoessa näytepisteissä 129 (Ke1) ja 128 (Ke2) kokonaisraudan korkeahko pitoisuustaso 2 000 µg/l ylittyy ajoittain. Myös kokonaismangaanin pitoisuus on Kelujoen em. pisteissä muiden alueen virtavesien tasoa korkeampi. Geokemiallisilta ominaisuuksiltaan mangaani ja rauta muistuttavat toisiaan, tosin raudan pitoisuudet vedessä ovat yleensä korkeammat.

Kitisessä hankealueesta ylä- ja alavirtaan sijaitsevien tarkkailupisteiden 101 (Kim) ja 122 (KiS) perusteella veden laatu on keskimäärin tasalaatuista, eikä tasoa 2 000 µg/l ylittäviä kokonaisraudan pitoisuuksia ole havaittu. Sekä rauta- että mangaanipitoisuuksissa on vaihtelua näytteenottokertojen välillä. Metalleista muiden kuin raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat olleet suhteellisen alhaisia. Seurannan perusteella veden laadussa ei ole tapahtunut tarkastelujakson 2009–2021 aikana selkeästi nähtävillä olevia muutoksia. Vuosina 2018–2021 on muutaman kerran havaittu vähän korkeampia (noin 5 mg/l) sulfaatin pitoisuuksia suhteessa sulfaatin perustasoon (<1…4 mg/l).

Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila

Vesiensuojelun ja -hoidon yleisinä tavoitteina on saavuttaa vähintään hyvä tila pinta- ja pohjavesille. Vesien tila ei saa myöskään heiketä (ymparisto.fi 2020a). Manner-Suomessa vesienhoitoa suunnitellaan seitsemällä eri vesienhoitoalueella, joille on hyväksytty vuonna 2015 vesienhoitosuunnitelmat ja toimenpideohjelmat vuosille 2016–2021 (vesienhoidon ns. toinen suunnittelukausi) (ymparisto.fi 2020b). Vuosina 2012–2017 kerätyn aineiston perusteella laadittiin vuonna 2019 pintavesien ekologisen tilan luokittelu Suomen joille, järville ja rannikkovesille (pintavesien ns. kolmas tila-arvio) (ymparisto.fi 2020c).

Pintavesien ekologisen tilan arvioinnin pääpaino on biologisissa laatutekijöissä (vesimuodostuman tyypistä riippuen kasviplankton, pohjaeläimet, kalat, makrolevät ja koppisiemeniset kasvit) ja ekologinen tila luokitellaan joko erinomaiseksi, hyväksi, tyydyttäväksi, välttäväksi tai huonoksi (Aroviita ym. 2019). Luokitteluaineiston laajuus vaihtelee, ja vesistön ekologisen tilan luokittelutietojen yhteydessä ilmoitetaan luokittelun taso oheisen taulukon (Taulukko 17-11) mukaisesti.

Taulukko 17-11 Vesistön ekologisen tilan luokittelun tasot (Lähde: Aroviita ym. 2019).

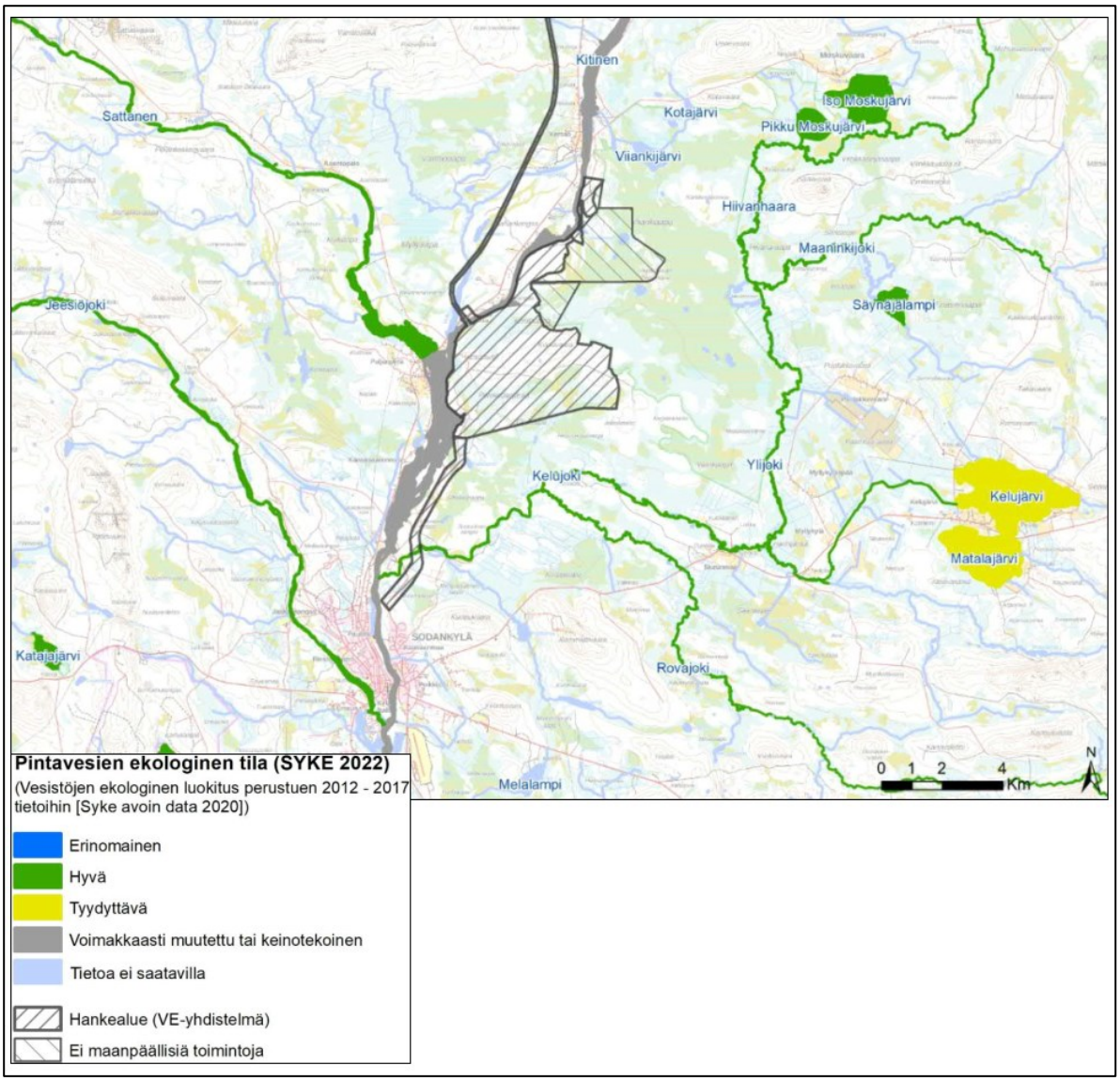
Luokitte-lun taso	Kuvaus	Peruste
0	Ei luokittelua	Aineisto puuttuu tai on riittämätön; saattaa sisältää vain yksittäisiä havaintoja
1	Veden fysikaalis-kemiallisen laadun luokitus	Fysikaalis-kemiallisten tekijöiden havaintomäärä riittävä; biologiset havainnot satunnaisia ja/tai epäedustavia
2	Suppea aineisto	Niukasti luokittelumuuttujien havaintoja ja niukasti luokittelun laatutekijöitä
3	Laaja aineisto	Useiden laatutekijöiden ajallisesti ja paikallisesti edustavaa aineistoa
4	Asiantuntija-arvio muiden vesimuodostumien tietoihin perustuen	Vesimuodostuman todennäköinen tila saman maantieteellisen alueen muista vastaavan tyyppisistä vesistöistä saatavilla olevan tiedon perusteella
5	Alustava asiantuntija-arvio	Vesimuodostuman todennäköinen tila siihen kohdistuvien paineiden perusteella

Luokittelussa huomioidaan maantieteelliset ja maaperästä johtuvat syyt pintaveden laadulle. Pintavedet tyypitellään ennen arviointia, ja luokittelutyypeille on määritelty omat luokittelumuuttujien vertailuolot sekä eri tilaluokkien luokkarajat.

Kitinen on vuosien 2012–2017 havaintoaineiston perusteella luokiteltu ekologiselta tilaltaan voimakkaasti muutetuksi tai keinotekoiseksi vesistöksi, jonka ekologinen tila on hyvä suhteutettuna parhaaseen saavutettavissa olevaan. Kitisen fysikaalis-kemialliset tekijät on kokonaisuutena arvioitu hyväksi, mutta ravinteiden ja pH:n osalta luokittelu on erinomainen. Ekologista tilaa heikentäviä tekijöitä ovat erityisesti voimalaitoksen rakentaminen ja siitä johtuva joen hydromorfologinen muuttuneisuus sekä prioriteettiaineiden esiintyminen (Vesien ekologinen tila 2022, Suomen ympäristökeskus, avoin data). Hankealueella tai sen läheisyydessä olevista isoista jokivesistöistä Sattasen, Mataraojan ja Kelujoen ekologinen tila on luokiteltu hyväksi (Kuva 17-15). Kitisen ja Kelujoen ekologisen luokittelun perusteet on esitetty taulukossa alla (Taulukko 17-12).

Taulukko 17-12 Kitisen ja Kelujoen ekologisen tilan luokittelun perusteet (Lähde: Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta).

Vesimuodos-tuma ja sen numero	Pintavesityyppi	Ekologinen luokka	Luokituksen taso	Hydrologis-morfologinen muuttuneisuus	Fysikaalis-kemialliset tekijät	Biologiset tekijät
Kitinen						
65 800_001	Erittäin suuret turvemaiden joet	Hyvä	2	On voimakkaasti muutettu	Hyvä	Tyydyttävä
Kelujoki						
65 800_004	Keskisuuret turvemaiden joet	Hyvä	2	Ei voimakkaasti muutettu	Hyvä	Hyvä



Kuva 17-15 Pintavesien ekologinen tila perustuen vuosien 2012–2017 tietoihin. Pintavesien ekologinen tila 2022 -luokitus on julkaistu vuonna 2019. Luokituksen nimessä esiintyvä vuosiluku 2022 on vain hallinnollinen, ja luokitus perustuu vuosien 2012-–2017 tietoihin. Tähän raporttiin luokitustieto on haettu Suomen ympäristökeskuksen avoimesta datasta vuonna 2020–2022.

17.2.5 Järvet

Viiankiaavan Natura-alueella ja sen pohjoispuolella sijaitsevat järvet ovat pienehköjä ja pinta-alaltaan suurimmillaan muutamia satoja hehtaareja (Taulukko 17-13).

Taulukko 17-13 Viiankiaavan Natura-alueella ja sen pohjoispuolella sijaitsevien vesistöjen tietoja. Vesistöjen sijainti: katso Kuva 17-4.

Vesialue	Pinta-ala[1] (ha)	Valuma-alue [1] (ha)	Pintavesityyppi[2]	Kuuluu suojeltuun luontotyyppiin[3]
Viiankiaavan Natura-alueen pohjoispuoliset järvet				
Iso Moskujärvi (Kotijärvi)	234	24 800	matala runsashumuksinen järvi (MRh)	ei
Kotajärvi	13	344	(ei määritelty)	ei
Viiankiaavan Natura-alueella sijaitsevat järvet ja lammet				
Pikku-Moskujärvi (Alajärvi, Vähä Moskujärvi)	88,5	31 000	matala runsashumuksinen järvi (MRh)	kyllä
Viiankijärvi	42	988	(ei määritelty)	kyllä
Kärväslampi	1,6	31,8	(ei määritelty)	kyllä
Sakattilammit (kolme erillistä suolampea)	0,3–3,6	353	(ei määritelty)	kyllä
Rytilampi	2,8	109	(ei määritelty)	kyllä
Kokkolampi	1,6	11 200	(ei määritelty)	ei
Viiankilammit (n. 10 erillisen suolammen ryhmä)	yhteensä noin 3,2[4]	(ei määritelty)	(ei määritelty)	kyllä
Nimetön lampi 1 (Viiankiaapa, Petäjäsaaren luoteispuolinen)	0,5	(ei määritelty)	(ei määritelty)	kyllä
Nimetön lampi 2 (Viiankiaapa, Petäjäsaaren lounaispuolinen)	9,9	(ei määritelty)	(ei määritelty)	kyllä
Nimetön suolampi 3 (Viiankiaapa, Petäjäsaaren koillispuolinen)	0,03[4]	(ei määritelty)	(ei määritelty)	kyllä
Nimetön suolampi 4 (Viiankiaapa, Petäjäsaaren kaakkoispuolinen)	0,08[4]	(ei määritelty)	(ei määritelty)	kyllä
Nimetön suolampi 5 (Viiankiaapa, Petäjäsaaren eteläpuolinen)	0,05[4]	(ei määritelty)	(ei määritelty)	kyllä

[1] *(Lapin Vesitutkimus Oy 2011a)*
[2] *(Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta)*
[3] *Vesistö kuuluu luontodirektiivin I liitteen luontotyyppiin 3160 Humuspitoiset järvet ja lammet.*
[4] *Pinta-ala mitattu Maanmittauslaitoksen kartasta.*

17.2.6 Pohjasedimentit

Kaivoshankkeen vaikutusalueen järvistä ja lammista on otettu 0–2...0–6 senttimetrin syvyydeltä pintasedimenttinäytteitä Viiankijärvestä, Kokkolammesta, Mantojärvestä, Mutijärvestä, Kotajärvestä ja Ahvenjärvestä. Luonnontilaisten vesistöjen ohella sedimentin pitoisuuksia on tutkittu Kitisestä Kelukosken, Matarakosken sekä Vajukosken voimalapatojen altaista. Näytteitä on otettu vuosina 2015, 2016 ja 2017. Sedimenttinäytepisteiden sijainnit on esitetty alla kuvassa (Kuva 17-16) ja tiivistelmä tutkimustuloksista alla taulukossa (Taulukko 17-15).

Kuva 17-16 Sedimenttinäytteenottopisteiden sijainti 2015–2017.

Tässä YVA-selostuksen täydennysosassa esitetyt alkuaineiden pitoisuudet kuvaavat vesistöjen pintasedimenttien nykytilaa hankealueella ja sen läheisyydessä. Alkuaineet ovat peräisin näytepisteiden valuma-alueen maaperän luontaisista pitoisuuksista ja valuma-alueella olevasta nykyisestä ihmistoiminnasta. Tulokset toimivat vertailuaineistona tarkkailtaessa mahdollisen kaivostoiminnan alkamisen jälkeen syntyneitä vaikutuksia sedimentteihin.

Geologian tutkimuskeskus on lisäksi selvittänyt vuosina 1990, 1995, 2000 ja 2006 purovesien alkuainepitoisuuksia orgaanisista sedimenteistä valtakunnallisessa purovesien ja purosedimenttien alkuainepitoisuuskartoituksessa (Tenhola & Tarvainen 2008). Purojen ja järvien sedimenttinäytteet eivät kuitenkaan ole suoraan vertailukelpoisia johtuen erilaisesta kerrostumisympäristöstä. Tässä hankealueen lähistöltä kerätyistä sedimenttinäytteistä tutkittuja alkuainepitoisuuksia on pääasiassa arvioitu suhteessa Ruotsin ympäristöhallinnon esittämiin raja-arvoihin, jotka on tarkoitettu käytettäväksi suuntaa antavasti apuna järvisedimenttien nykytilan arvioinnissa (Taulukko 17-14).

Taulukko 17-14 Ruotsin ympäristöhallinnon esittämät raja-arvot järvisedimenttien alkuainepitoisuuksille (mg/kgKA[1]) (Lähde: Naturvårdsverket 1999). Vaikutukset tarkoittavat vesiympäristöön kohdistuvia vaikutuksia.

Alkuaine	Ei vaikutusta tai vähäinen vaikutus	Vaikutukset todennäköisiä	Suuria vaikutuksia	Erittäin suuria vaikutuksia
Arseeni	<32	32–160	160–800	>800
Kadmium	<7	7–35	35–170	>170
Koboltti	<150	150–750	750–3 700	>3 700
Kromi	<160	160–800	800–1 400	>4 100
Kupari	<100	100–500	500–2 600	>2 600
Nikkeli	<80	80–400	400–2 000	>2 000
Lyijy	<400	400–2 000	2 000–10 000	>10 000
Vanadiini	<200	200–1 000	1 000–5 000	>5 000
Sinkki	<1 000	1 000–5 000	5 000–10 000	>10 000
Elohopea	<1	1–5	5–26	>26

[1]*KA = kuiva-aine (raja-arvot on ilmoitettu kuiva-ainetta kohti).*

Sedimenttinäytteistä on tutkittu Ahma ympäristö Oy:n laboratoriossa pienvesien osalta elohopean (Hg), alumiinin (Al), arseenin (As), boorin (B), bariumin (Ba), berylliumin (Be), kalsiumin (Ca), kadmiumin (Cd), koboltin (Co), kromin (Cr), kuparin (Cu), raudan (Fe), magnesiumin (Mg), mangaanin (Mn), molybdeenin (Mo), nikkelin (Ni), fosforin (P), lyijyn (Pb), rikin (S), antimonin (Sb), seleenin (Se), titaanin (Ti), vanadiinin (V), sinkin (Zn), tinan (Sn) ja uraanin (U) pitoisuudet, sekä patoaltaista kerätyistä näytteistä elohopean, alumiinin, arseenin, bariumin, kadmiumin, koboltin, kromin, kuparin, mangaanin, molybdeenin, nikkelin, lyijyn, vanadiinin, sinkin ja uraanin pitoisuudet. Keskeisimpien alkuaineiden tulokset on esitetty alempana (Taulukko 17-15).

Alkuainepitoisuudet olivat pääsääntöisesti tasolla, jolla Ruotsin ympäristöviranomaisen esittämien raja-arvojen mukaan vaikutuksia vesiympäristöön ei ole tai vaikutukset ovat pieniä. Kokkolammessa havaittu arseenipitoisuus (61–67 mg/kgKA) sekä Matarakosken altaasta 4–5 senttimetrin syvyydeltä mitattu kromipitoisuus (170 mg/kgKA) olivat hieman kohonneita. Hieman kohonneita raja-arvoihin verrattuna olivat myös nikkelipitoisuus Kotajärvessä (86–100 mg/kgKA) ja Matarakosken altaassa syvyydessä 4–5 senttimetriä (81-88 mg/kgKA).

Taulukko 17-15 Vesistöjen sedimenttinäytteiden metallien ja alkuaineiden tutkimustulokset 2015–2017 (keskeisimmät alkuaineet). Pitoisuuden yksikkö on mg/kgKA[1].

Näytepisteen nimi, pvm ja syvyys[2]	Näytepisteen numero	Lyijy	Arseeni	Kadmium	Koboltti	Kromi	Kupari	Nikkeli	Vanadiini	Sinkki	Elohopea	Uraani
Kitinen												
Kelukosken allas, 12– 13.8.2015, 0–1 ja 0–2 cm	9	4–10	<0,3	13–22	44–65	11–19	18–32	<3	46–49	34–51	(ei tutk.)	0,7–1,1
Vajukosken allas, 12– 13.8.2015, 0–2 ja 4–5 cm	1	14–15	0,5	36–37	69–77	22–23	32–35	8–9	49–80	68–73	(ei tutk.)	2,0–2,1
Matarakosken allas, 12–13.8.2015, 0–2 ja 4–5 cm	2	9–13	0,4–0,5	60–85	110–170	32–66	60–88	4–6	62–90	73–110	(ei tutk.)	2,3–3,3
Järvet												
Mantojärvi, 6.9.2016, 0–2 ja 4–6 cm	5	31–37	0,6–0,9	22–50	70–110	32–47	36–71	7–15	34–46	82–120	0,14–0,18	0,4–0,6
Mutijärvi, 6.9.2016, 0–2 ja 4–6 cm	3	9–10	1,2–1,3	9–14	54–59	16	26–30	48–60	28–31	200–240	0,12–0,13	0,5–0,6
Kotajärvi, 6.9.2016, 0–2 ja 4–6 cm	8	6–10	0,8–1,1	24–32	120–130	36–43	86–100	18–42	36–40	110–150	0,21–0,22	0,6–0,7
Ahvenjärvi, 6.9.2016, 0–2 ja 4–6 cm	4	8–9	0,8–1,4	28–36	76–78	17–21	22–24	33–62	34	170–320	0,15–0,27	0,5–0,6
Viiankijärvi, 4.4.2017, 0–2 ja 4–6 cm	7	17–18	0,4–0,6	5–11	36–60	6–7	20–27	11–22	11–18	47–65	0,07–0,08	0,08–0,1
Viiankijärvi, 9.11.2017, 0–2 ja 4–6 cm	7	21–28	0,5–0,6	7–9	46–58	9	23–25	14–24	16–23	45–59	0,04–0,07	0,1–0,2
Kokkolampi, 5.4.2017, 0–2 ja 4–6 cm	6	62–64	0,6–0,7	13–15	71–77	10–12	25–26	14–16	28–30	57–65	0,07–0,09	0,2
Kokkolampi, 9.11.2017, 0–2 ja 4–6 cm	6	61–67	0,6	15–16	69–80	11	23–27	9–15	28–31	48–54	0,04–0,07	0,2

[1] KA = kuiva-aine (raja-arvot on ilmoitettu kuiva-ainetta kohti).

[2] Syvyys on ilmoitettu sedimentin pinnasta alaspäin.

Vertailtaessa tuloksia valtakunnalliseen Geologian tutkimuskeskuksen vuosina 1990–2006 kokoamaan purojen sedimenttiaineistoon (Tenhola & Tarvainen 2008), alueen järvistä ja lammista mitatut rautapitoisuudet sedimenteissä olivat linjassa Geologian tutkimuskeskuksen raportoimien purosedimenttitulosten kanssa. Pohjois-Suomessa havaitaan yleisesti suhteellisen suuria rautapitoisuuksia sedimenteissä. Myös suurimmat purosedimenttien uraanipitoisuudet sijoittuivat Geologian

tutkimuskeskuksen tutkimuksessa (Tenhola & Tarvainen 2008) Pohjois-Suomeen. Tämän YVA-hankkeen yhteydessä mitatut uraanipitoisuudet olivat kuitenkin pienempiä kuin valtakunnallisessa purosedimenttiaineistossa keskimäärin. Vain Matarakosken patoaltaan sedimentistä havaittu uraanipitoisuus oli valtakunnallista purosedimenttien keskiarvoa suurempi, mutta pitoisuus ei poikennut keskiarvosta merkittävästi.

17.2.7 Vaikutuskohteiden herkkyys

Yhteenvetona voidaan sanoa, että tarkasteltujen vesistöjen herkkyyttä kuormituksen ja veden laadun muutoksille voidaan pitää kohtalaisena. Jokaisella vesistöllä on yksittäisiä tekijöitä, joista osa puoltaa keskimääräistä suurempaa ja osa keskimääräistä pienempää herkkyyttä. Herkkyyteen liittyviä tekijöitä on tarkasteltu alla vesistökohtaisesti. Alla esitettyjen kohteiden sijainnit ovat katsottavissa kuvasta (Kuva 17-4).

Kitisen (1; Kuva 17-4) veden laadun ominaispiirteitä ovat suhteellisen pieni sähkönjohtavuus (3–5 mS/m), pieni sulfaattipitoisuus (2–6 mg/l), pieni sameus (yleensä alle 2 FTU), kohtalaisesta korkeahkoon (40–120) vaihteleva väriluku, pieni kiintoainepitoisuus (yleensä alle 2 mg/l), kohtalainen humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} yleensä 6–15 mg/l), pieni kokonaistyppipitoisuus (yleensä 250–400 µg/l) ja pieni kokonaisfosforipitoisuus (yleensä 10–20 µg/l). Raskasmetallipitoisuudet ovat pieniä. Pienet pitoisuudet tarkoittavat keskimääräistä suurempaa herkkyyttä kyseisten vedenlaatutekijöiden osalta. Kitisen suhteellisen suuri keskivirtaama vähentää joen herkkyyttä muutoksille. Toisaalta virtaaman melko suuri vaihtelu kasvattaa herkkyyttä, koska pienen virtaaman aikana kuormituksen laimentuminen on pienempää.

Kelujoen (20) valuma-alue on suuri suhteessa kaivoksen aiheuttamiin pieniin muutoksiin osavaluma-alueiden pinta-aloissa, mikä vähentää Kelujoen herkkyyttä muutoksille. Tämä vähentää myös herkkyyttä rakentamis- ja sulkemistöiden aikaisille vesistövaikutuksille. Kelujoen veden laadun ominaisuuksia ovat pieni tai kohtalainen sähkönjohtavuus (yleensä 2–10 mS/m), pieni tai pienehkö sameus (yleensä 3–10 FTU), korkea (yleensä 100–200) väriluku, kohtalainen tai korkeahko humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} yleensä 8–20 mg/l), pieni tai pienehkö kokonaistyppipitoisuus (yleensä 300–700 µg/l) ja pienehkö kokonaisfosforipitoisuus (yleensä 25–40 µg/l). Hieman korkeammat pitoisuudet vähentävät Kelujoen herkkyyttä muutoksille.

Ylijoki (21) on Kelujoen sivujoki. Ylijoen alueella ei sijaitse kaivoksen toimintoja. Ylijoenveden laadun ominaisuuksia ovat pieni tai kohtalainen sähkönjohtavuus (5−15 mS/m), pieni sulfaattipitoisuus (<2−8 mg/l), pieni tai hieman kohonnut sameus (2−17 FTU), melko korkea tai korkea väriluku (90-230), pieni tai melko pieni kiintoainepitoisuus (<1–8 mg/l), kohtalainen tai jonkin verran kohonnut humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} 7–23 mg/l), pieni tai pienehkö kokonaistyppipitoisuus (400–700 µg/l) ja pienehkö tai kohtalainen kokonaisfosforipitoisuus (20–50 µg/l). Raskasmetallipitoisuudet ovat pieniä. Osittain kohonneet pitoisuudet vähentävät Ylijoen herkkyyttä muutoksille.

Pienikokoinen Eliasoja (19) laskee Kuusivaaran ja kaivoksen suunniteltujen maanpäällisten alueiden eteläpuolelta etelän suuntaan. Eliasojalla on yhteys Kelujokeen vain kevättulvien aikaan. Eurofins Ahma Oy:n puroselvityksessä (2022a) Eliasojan yläosa on luokiteltu vesilaissa (587/2011)

tarkoitetuksi puroksi ja alaosa noroksi. Eliasojan valuma–alue on pieni, joten puro/noro on keskitasoa herkempi valuma–alueen pinta–alan muutoksille ja valuma–alueella tapahtuville rakennustöille. Eliasojan veden sähkönjohtokyky on ollut pieni tai pienehkö, noin 3–15 mS/m, ja jonkin verran vaihteleva. Happipitoisuus on ollut yleensä tyydyttävä, noin 5 mg/l tai enemmän, ja alimmillaan välttävä noin 3 mg/l. Kloridin (<0,1–noin 1 mg/l) ja sulfaatin (<0,2–noin 2 mg/l) pitoisuudet ovat olleet pieniä. Humuspitoisuus (COD_{Mn} noin 7–19 mg/l) on ollut kohtalainen tai hieman kohonnut suhteessa luonnonvesien perustasoon. Ajoittain vesi on ollut sameaa noin 20–30 FNU. Väriluku noin 70–270 on ollut kohtalaisesti tai vahvasti humusvaikutteisten vesien tasoa. Kokonaistypen pitoisuus 300–960 µg/l on vaihdellut pienestä hieman kohonneeseen. Ammoniumtypen pitoisuus on ajoittain ollut kohtalaisesti tai selvästi kohonnut (noin 300–700 µg/l). Kokonaisfosforin pitoisuus on ajoittain ollut kohonnut tai korkea (noin 70–600 µg/l). Liukoisen raudan pitoisuus on ajoittain ollut korkea (2 000–5 000 µg/l), mutta muuten liukoisten metallien pitoisuudet ovat olleet pieniä tai melko pieniä. Puron/noron pieni koko lisää sen herkkyyttä kuormitukselle, mutta ajoittain luonnonvesien perustasoa korkeammat pitoisuudet ja pitoisuustasojen vaihtelu vähentävät herkkyyttä.

Pienikokoinen Sakattioja (16) sijaitsee Viiankiaavan länsiosassa ja sen virtaussuunta on länteen. Eurofins Ahma Oy:n puroselvityksessä (2022a) Sakattioja on luokiteltu puroksi, joka laskee Kitiseen. Valuma–alueen pienen alan vuoksi puro on keskimääräistä herkempi vesistövaikutuksille. Osassa havainnoista happipitoisuus on ollut pieni, alle 3 mg/l, ja vuonna 2018–2021 kolmella tutkimuskerralla vesi oli hapetonta. Veden sähkönjohtokyky on ollut jonkin verran vaihteleva, noin 2–12 mS/m, mutta enimmäkseen pieni. Kloridin ja sulfaatin pitoisuudet ovat yleensä olleet pieniä (<1 mg/l). Humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} noin 6–26 mg/l) on ollut kohtalainen tai jonkin verran kohonnut. Sameus (noin 2–80 FTU) on vaihdellut pienestä selvästi kohonneeseen ja väriluku on useimmiten ollut korkea (noin 100–600). Kokonaistyppipitoisuus on yleensä ollut pieni tai kohtalainen (noin 200–700 µg/l) ja muutamalla kerralla kohonnut (900–1 300 µg/l). Kokonaisfosforipitoisuus on ollut usein jonkin verran kohonnut (noin 20–80 µg/l) ja kerran korkea (320 µg/l). Veden laatu vähentää Sakattiojan herkkyyttä muutoksille, koska useat pitoisuudet ovat kohtalaisia tai hieman kohonneita, ja pitoisuuksissa on merkittävää vaihtelua.

Pienikokoinen Ruosteoja (12) sijaitsee Viiankiaavan länsiosassa (Sakattiojasta pohjoiseen) ja sen virtaussuunta on länteen. Ruosteoja sijaitsee osin Uusitalon yksityisellä suojelualueella. Tiedetään, että oja usein kuivuu loppukesän ja talven alivirtaamakausilla (Eurofins Ahma Oy 2022a). Ruosteoja laskee Kitiseen. Valuma-alueen pienen alan vuoksi oja on keskimääräistä herkempi vesistövaikutuksille. Kahdessa havainnossa tammikuussa 2016 vesi oli lähes hapetonta (noin 0,5 mg/l). Veden sähkönjohtokyky on ollut jonkin verran vaihteleva, noin 2−8 mS/m, mutta enimmäkseen pieni (<4 mS/m). Kloridin (<1 mg/l) ja sulfaatin (<1 mg/l) pitoisuudet ovat olleet pieniä. Humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} noin 2−14 mg/l) on ollut vaihteleva, mutta useimmiten melko pieni (<7 mg/l). Sameus on vaihdellut pienestä korkeaan (noin 0,2−70 FTU) ja useimmiten se on ollut melko pieni (<4 FTU). Väriluku on ollut erittäin vaihteleva (<5–200). Myös kokonaistyppipitoisuus (noin 150–750 µg/l) on ollut vaihteleva, mutta kokonaisfosforipitoisuus varsin pieni (noin 4–15 µg/l). Veden vaihteleva laatu vähentää ojan herkkyyttä mahdollisille lyhytaikaisille kuormitusvaikutuksille.

Kärväslampi (9) sijaitsee Viiankiaavan länsireunalla noin 70 metrin etäisyydellä Kitisestä. Lammen tulovirtaaman arvioidaan olevan peräisin suolta tulevasta pintavalunnasta. Kärväslammesta lähtee

pohjoiseen lasku-uoma (24), joka katoaa pian suolle. Suolla vesi virtaa turpeen alla ja pintavaluntana, kunnes muodostaa uudelleen selkeän uoman lammen pohjoispuolella. Siitä alavirtaan on havaittavissa selkeä, leveydeltään noin kaksimetrinen uoma (Eurofins Ahma Oy 2022a). Eurofins Ahma Oy:n puroselvityksessä (2022a) uoma luokiteltiin vesilaissa (587/2011) tarkoitetuksi puroksi, joka on pääosin luonnontilainen. Maastohavaintojen mukaan Kärväslammen purku-uoman virtaama vähenee kesäisin pintavalunnan vähentyessä. Hyvin kuivina kesinä Kärväslampi voi kuivua lähes kokonaan (AASM Oy:n antama tieto 13.9.2020). Valuma-alueen pienen alan vuoksi sekä lampi että puro ovat keskimääräistä herkempiä vaikutuksille. Muutamissa havainnoissa lammen jääpeiteaikana vesi on ollut hapetonta tai lähes hapetonta (<0,2–0,8 mg/l). Veden sähkönjohtokyky on ollut vaihteleva, noin 2−20 mS/m, mutta enimmäkseen melko pieni (<8 mS/m). Kloridin (<2 mg/l) ja sulfaatin (yleensä <2 mg/l) pitoisuudet ovat olleet pieniä. Humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} noin 4−30 mg/l) on ollut vaihteleva, mutta useimmiten pienehkö (<10 mg/l). Sameus on vaihdellut pienestä korkeaan (noin 0,5−50 FTU, huhtikuussa 2018 350 FTU) ja useimmiten se on ollut melko pieni (<3 FTU). Väriluku on ollut erittäin vaihteleva (noin 30–430). Myös kokonaistyppipitoisuus (noin 260–2 800 µg/l, huhtikuu 2018 5 200 µg/l) ja kokonaisfosforipitoisuus (noin 6–110 µg/l, huhtikuu 2018 1 200 µg/l) ovat olleet erittäin vaihtelevia. Huhtikuussa 2018 useat pitoisuudet olivat poikkeuksellisen korkeita ja esim. kiintoainepitoisuus 3 800 mg/l oli erittäin korkea. Syynä oli todennäköisesti kevättulvan aiheuttama eroosio ja huuhtoutuminen lammen lähivaluma-alueella. Veden vaihteleva laatu vähentää lammen ja puron herkkyyttä mahdollisille lyhytaikaisille kuormitusvaikutuksille.

Porokodanjängän oja (25) on ihmistoiminnan seurauksena syntynyt oja, joka laskee Kitiseen (Eurofins Ahma Oy 2022a). Uomasta on saatavilla vedenlaatutietoja vuodelta 2021 (n=4). Veden sähkönjohtokyky on pieni (1,5-2,9 mS/m), kuten myös kloridi- ja sulfaattipitoisuudet (<2 mg/l). Vedessä on selvää humusvaikutusta (väriluku 80–180 mgP/l; COD_{Mn} 14–19 mg/l). Rautapitoisuus vaihteli vuonna 2021 jonkin verran (noin 400–2 400 µg/l). Uoman pieni koko lisää sen herkkyyttä muutoksille. Kesän 2021 mittaustulosten perusteella vedenlaadussa havaitaan kuitenkin vaihtelua, ja lisäksi jotkut pitoisuuksista ovat koholla tai hieman koholla, mikä vähentää ojan herkkyyttä mahdollisille kuormitusvaikutuksille. Koska vedenlaatutuloksia on vain yhdeltä kesältä, vedenlaadun vaihtelevuutta ei voida tarkemmin arvioida.

Aavalahden purku-uomasta (27), Ruosteojan länsipuolisesta purku-uomasta (28), Kenttäaavan purku-uomasta (29) tai Kuusivaaran ja Kuusivaarantien varren uomista (30) ei ole saatavilla vedenlaatutietoja, joten niiden herkkyyttä kuormitusvaikutuksille ei voida arvioida vedenlaadun perusteella. Uomat ovat kaivettuja ojia tai korkeintaan kausikuivia, luonnontilaisuudeltaan heikentyneitä noroja, jolloin vedenlaadun selvitystä ole katsottu tarpeelliseksi.

Sakattilammit (10) ovat kolme lampea, jotka sijaitsevat Viiankiaavan suoalueella. Niillä ei ole tulo- tai lähtöuomia. Valuma-alueen pienen alan vuoksi lammet ovat keskimääräistä herkempiä ympäristövaikutuksille. Muutamina vuosina vesi on ollut hapetonta tammi- tai huhtikuussa. Joinakin muina vuosina vesi on tammi-helmikuussa ollut erittäin vähähappista (noin 1–2 mg/l). Veden sähkönjohtokyky on ollut jossakin määrin vaihteleva, 2−16 mS/m, mutta enimmäkseen melko pieni (<7 mS/m). Kloridin ja sulfaatin pitoisuudet (<2 mg/l) ovat olleet pieniä. Humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} 5−41 mg/l) on ollut vaihteleva, mutta useimmiten pienehkö (<8 mg/l). Sameus on vaihdellut pienestä korkeaan (noin 1−80 FTU) ja useimmiten se on ollut melko pieni (<4 FTU). Väriluku

on ollut erittäin vaihteleva (noin 20–900) ja tavallisimmin se on ollut 40–100. Myös kokonaistyppipitoisuus (noin 300–1 500 µg/l) ja kokonaisfosforipitoisuus (11–240 µg/l) ovat olleet erittäin vaihtelevia. Yleensä kokonaisfosforipitoisuus on ollut noin 11–30 µg eli pienehkö tai hieman kohonnut. Veden vaihteleva laatu vähentää lammen herkkyyttä mahdollisille lyhytaikaisille kuormitusvaikutuksille.

Nimetön lampi 1 (13; Viiankiaavan Petäjäsaaren luoteispuolella, Sakattilammista etelään) ja nimetön lampi 2 (14; Viiankiaavan Petäjäsaaren lounaispuolella) sijaitsevat Viiankiaavan suoalueella. Niillä ei ole tulo- tai lähtöuomia. Valuma-alueen pienen alan vuoksi lammet ovat keskimääräistä herkempiä ympäristövaikutuksille. Jääpeiteaikana on havaittu hapettomuutta useina vuosina. Veden sähkönjohtokyky on ollut vaihteleva, 1−18 mS/m, mutta enimmäkseen pieni (<6 mS/m). Kloridin ja sulfaatin (<2 mg/l) pitoisuudet ovat olleet alhaisia. Humuspitoisuus (kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} noin 4–49 mg/l) on ollut vaihteleva ja lammessa 2 korkeampi kuin lammessa 1. Sameus on vaihdellut pienestä korkeaan (noin 1–180 FTU). Väriluku on ollut erittäin vaihteleva (noin 30–900) ja tason 100 ylittävät väriluvut ovat olleet melko tavallisia. Lampi 2:ssa osa kokonaistyppipitoisuuksista on ollut erittäin korkeita noin 6 000–29 000 µg/l. Erittäin korkeat kokonaistyppipitoisuudet ovat jossakin määrin epäilyttäviä ja kyseessä saattaa olla orgaanisen aineen korkean pitoisuuden aiheuttama häiriö kokonaistypen määrityksessä. Myös osa kokonaisfosforipitoisuuksista on ollut korkeita, lammessa 1 korkeimmillaan 320 µg/l ja lammessa 2 korkeimmillaan 300 µg/l. Korkeat kokonaisfosforin pitoisuudet ovat osittain liittyneet korkeisiin kiintoainepitoisuuksiin (korkeimmillaan 550 mg/l). Veden vaihteleva laatu vähentää lampien herkkyyttä mahdollisille lyhytaikaisille kuormitusvaikutuksille.

17.3 Hankkeen vaikutukset ja niiden merkittävyys

17.3.1 Käsitteiden määrittely: pitoisuus ja pitoisuuden nousu Kitisessä

Kaivoshankkeen vaikutuksia Kitisen veden pitoisuuksiin on arvioitu vedenlaatumallin avulla (AFRY Finland Oy 2023d). Mallin tulosten tarkastelussa keskeisiä käsitteitä ovat pitoisuudet ja pitoisuuksien nousut.

Käsite **pitoisuuden nousu** tarkoittaa pitoisuuden muutosta. Pitoisuuden nousu aiheutuu tässä raportissa Sakatin kaivoshankkeesta, jos ei toisin mainita. Nousu tarkoittaa pelkkää pitoisuuden muutosta. Nousu ei kerro mitään pitoisuuden tasosta, vaan ainoastaan paljonko se muuttuu. Toinen ilmaus ”pitoisuus” kertoo pitoisuuden tason.

Käsite **pitoisuus** tarkoittaa pitoisuuden tasoa. Pitoisuudessa on mukana Kitiseen kohdistuvan taustakuormituksen vaikutus. Kitisen veden taustapitoisuus määräytyy taustakuormituksen vaikutuksesta. Taustakuormitukseen kuuluvat luonnontilaisilta alueilta maaperästä ja biologisista toiminnoista tapahtuvaa huuhtoutuminen, ilman kautta sateena ja kuivalaskeumana tuleva kuormitus ja kuormitus ihmistoiminnasta kuten Kevitsan kaivos, asutus, maatalous, metsätalous, liikenne ja teollisuus.

17.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Kaivosalueen rakentamisvaiheen kestoksi on arvioitu noin 2–3 vuotta. Sen lisäksi tehdasalueen yhdystien, sillan sekä voimajohdon rakentamisen kestoksi on arvioitu vajaat kaksi vuotta. Vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a silta ylittää Kelujoen ja vaihtoehdoissa VE1b, VE2b ja VE3b Kitisen.

Pääasialliset rakentamisen aikaiset vesistövaikutukset liittyvät rakentamisessa käytettävien massojen ja rakentamisen yhteydessä syntyvän väliaikaisesti kasvittoman maaperän aiheuttamaan huuhtoutumiseen ja eroosioon, ennen kuin rakennuskohteiden pinnat stabiloituvat kasvipeitteen kasvamisen ja pintojen tiivistymisen kautta. Huuhtoutumista aiheuttavat sade- ja sulamisvedet ja hulevedet. Kivennäispohjaisista rakennusmassoista ja -kohteista kulkeutuu valumavesiin tyypillisesti kiintoainetta, sameutta, rautaa, alumiinia, kiintoaineeseen pidättynyttä fosforia ja ruskeaa tai harmaata veden väriä. Orgaanista ainetta sisältävästä kasvittomasta ja työstetystä maaperästä kulkeutuu valumavesiin tyypillisesti kiintoainetta, sameutta, liuennutta orgaanista ainetta, hapenkulutusta, rautaa, fosforia, typpeä ja ruskeaa väriä ennen pintojen stabiloitumista ja kasvittumista.

Rakennusaikaisia valumavesiä pyritään hallitsemaan ja vesistövaikutuksia vähentämään rakentamalla vesienkäsittelyrakenteet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Ennen rakentamisen aloitusta puhtaat rakentamisalueen ulkopuoliset vedet ohjataan rakentamisalueen ohi niskaojilla, joilla estetään puhtaiden vesien sekoittuminen rakentamisalueen vesiin (AFRY Finland Oy 2023a).

Tehdasalueen ulkopuolisten rakennustöiden vesistövaikutukset

Tehdasalueen ulkopuolisia rakennuskohteita ovat kaikissa toteutusvaihtoehdoissa yhdystie, silta Kelujoen tai Kitisen yli ja voimajohto. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b lisäksi räjähdevarastoalue on tehdasalueen ulkopuolinen rakennuskohde.

Kaikissa vaihtoehdoissa rakennetaan tehdasalueelle tuleva yhdystie. A-vaihtoehdoissa tie alueelle tulee etelä-lounaasta ja b-vaihtoehdoissa luoteen suunnasta. Tie on pieni maanrakennuskohde, joka voi rakennusaikana samentaa pintavesiä tien välittömässä läheisyydessä, mutta lyhytaikaiset vaikutukset pintavesien laatuun ovat vain pienialaisia. Suunnitelman mukaan tie ei toimi merkittävänä valumavesien virtausreittien muuttajana, ja alaviin kohtiin asennetaan putki, jonka kautta vedet johdetaan tien alitse.

Kaikissa vaihtoehdoissa yhdystielle rakennetaan joen ylittävä silta. A-vaihtoehdoissa tie kulkee Kelujoen yli ja b-vaihtoehdoissa Kitisen yli. Valtatie 5 uuden linjauksen ja Kitisen ylittävän sillan vesistövaikutukset on käsitelty luvussa 28 Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa. Sillan rakennustyömaa on pienialainen. Kuitenkin Kitisen rannat ovat suunnitellun sillan kohdalla pehmeitä, joten pientä rakennusaikaista vaikutusta voi Kitisessä näkyä välittömästi siltatyömaasta alavirtaan.

Kaikissa vaihtoehdoissa rakennetaan sähkön siirtoon voimajohto, joka tulee tehdasalueelle luoteen suunnasta Kitisen ylitse. Voimajohdon rakentamista on kuvattu tarkemmin vuonna 2020 jätetyn YVA-selostuksen luvussa 27 (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a). Voimajohdon ympäristöselvitys on em. YVA-selostuksen liitteenä 24. Voimajohdon rakentamisella ei käytännössä ole vaikutuksia vesistöön. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b tehdasalueen ulkopuolinen rakentaminen käsittää

raakavedenottopumppaamon sekä purkuputken rakentamisen. Raakavedenottopumppaamon ja purkuputken rakentaminen sekä asentaminen voivat aiheuttaa hetkellisesti paikallista veden samentumista.

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b tehdasalueen ulkopuolisia rakentamiskohteita ovat edellä mainittujen lisäksi pohjoiseen kaivoksen sisäänkäynnin alueelle suuntautuva noin 4,5–5,5 kilometrin pituinen huoltotie sekä sen yhteydessä olevat hihnakuljetin, putkilinja ja muut tarvittavat verkostot ja perusrakenteet. Lisäksi näissä vaihtoehdoissa tehdasalueelta pohjoiseen Pahanlaaksonmaalla sijaitsevat kaivosvesien keräilyallas, ilmanvaihtoasema, propaanipoltin ja pastalaitos. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE3a pohjoiselle alueelle sijoittuvat myös nostotorni ja -kuilu.

Huoltotie on pieni maanrakennuskohde, joka voi rakennusaikana samentaa valumavesiä tien välittömässä läheisyydessä, mutta lyhytaikaiset vaikutukset valumavesien laatuun ovat vain pienialaisia. Suunnitelman mukaan tie ei toimi merkittävänä valumavesien virtausreittien muuttajana, ja alavimpaan kohtaan eli Sakattiojan uoman kohdalle asennetaan putki, jonka kautta vedet johdetaan tien alitse.

Kuusivaaran tehdasalueen pohjoispuolelle Pahanlaaksonmaalle sijoitettavat kaivosvesien keräilyallas, ilmanvaihtoasema, propaanipoltin, pastalaitos ja nostotorni ovat pieniä maanrakennuskohteita. Rakentamisaikana maanrakennustöistä voi tapahtua pienialaista pintavesien samentumista, mutta mahdollinen vaikutus rajoittuu todennäköisesti kohteiden välittömään läheisyyteen.

Tehdasalueen rakennusaikaiset vesistövaikutukset

Ennen rakentamisen aloitusta puhtaat rakentamisalueen ulkopuoliset vedet ohjataan rakentamisalueen ohi niskaojilla. Tällä estetään puhtaiden vesien sekoittuminen rakentamisalueen vesiin. Kaivoksen rakennusaikainen vesistökuormitus koostuu pääasiassa maarakennustyömaa-alueelta sadeveden mukana kulkeutuvasta kiintoaineesta. Rakennusvaiheen kuormitus hallitaan johtamalla työmaa-alueiden valumavedet selkeytykseen (laskeutusaltaisiin) ennen niiden purkamista vesistöön (Kitinen). Kiintoaineen mukana vedestä erottuu kiinteässä muodossa olevia haitta-aineita kuten metalleja. Rakennustyömaiden valumavedet ohjataan laskeutusaltaisiin painovoimaisesti. Selkeytystä tehostetaan tarvittaessa asentamalla selkeytysaltaan yhteyteen silttiverho ja rakentamalla virtaamapiikkejä tasaavia virtaamansäätöpatoja. Kitiseen johdettavan veden kiintoainepitoisuuden arvioidaan olevan normaalivirtaaman tilanteessa enimmillään 15 mg/l. Rankkasateiden ja kevätylivaluman aikaan kiintoainepitoisuus voi olla hetkellisesti enimmillään 30 mg/l. Kuormitukset on arvioitu erikseen rikastushiekan kuivaläjitys- ja märkäläjitysvaihtoehdolle. Rakennettaessa rikastushiekka-alue kuivaläjitettävälle rikastushiekalle rakennustyömaan yhtäaikainen pinta-ala on noin 1,5 km^2. Rakennettaessa rikastushiekka-alue märkäläjitettävälle rikastushiekalle pinta-ala on noin 2,0 km^2. Laskelmat on laadittu erikseen ilmasto-olosuhteiltaan keskimääräiselle sekä poikkeuksellisen sateiselle vuodelle. Ilmasto-olosuhteiltaan keskimääräisenä vuotena rikastushiekan kuivaläjitysvaihtoehdossa (TT1) rakennusaikainen kiintoainekuormitus on arviolta noin 11 500 kg/vuosi ja märkäläjitysvaihtoehdossa (TT4) 15 400 kg/vuosi. Äärimmäisen runsassateisen vuoden tilanteessa kuormitus voi olla kuivaläjitysvaihtoehdossa enimmillään 21 700 kg/vuosi ja märkäläjitysvaihtoehdossa 29 000 kg/vuosi. Kuormitus jakautuu ilmastollisesti keskimääräisenä vuotena kalenterikuukausille siten, että se on huipussaan toukokuussa ja matalimmillaan joulu-maaliskuussa. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Kaivostoimintojen ulkopuoliset puhtaat aluevedet pidetään erillään kaivoksen vesikierrossa olevista vesijakeista. Käytännössä tämä järjestetään niskaojilla. Puhtaiden aluevesien hallinta ja niskaojilla johdettavien ulkopuolisten aluevesien virtaussuunnat on esitetty kullekin YVA-vaihtoehdolle erikseen (Kuva 17-19, Kuva 17-21, Kuva 17-23, Kuva 17-25, Kuva 17-27 ja Kuva 17-29). Kuvissa oranssit viivat kuvaavat pienvaluma-alueiden rajoja. Siniset viivat ja nuolet kuvaavat niskaojien periaatteellista sijoittumista ja virtaussuuntia. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Hankevaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b rikastamoalueen toiminnot sijoittuvat pääasiassa Eliasaavan ja Porokodanjänkän valuma-alueille. Kaikissa em. vaihtoehdoissa tarvekivilouhos sijaitsee valuma-alueella Kenttäaapa, läntinen. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b osa Kuusivaaran laen valuma-alueen puhtaista vesistä, jotka luontaisesti kuuluvat Eliasaavan valuma-alueeseen (noin 0,1 km²), johdetaan niskaojilla Kenttäaavan (läntinen) valuma-alueelle. Myös noin 0,1 km² alue, joka luontaisesti kuuluu Porokodanjänkän valuma-alueeseen, johdetaan vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b Kenttäaavan (läntinen) valuma-alueelle. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b osa Kuusivaaran laen valuma-alueen vesistä, jotka luontaisesti kuuluvat Eliasaavan valuma-alueeseen (noin 0,3 km²), johdetaan niskaojilla Porokodanjängän valuma-alueelle. (AFRY Finland Oy 2023a.)

Tehdasalueen vaikutuspiirissä on yksi latvaosaltaan puroksi luokiteltu uoma, tehdasalueen eteläpuolella sijaitseva Eliasoja (19; Kuva 17-18). Niskaojien maanrakennustöiden aikana voi sadevesien mukana kulkeutua kiintoainekuormitusta Eliasojaan, mikä voi aiheuttaa ajoittaista veden samentumista. Suuremmassa vesistössä eli Kelujoessa maanrakennusvaiheen kiintoainekuormituksen vaikutukset ovat vähäisiä. Kitisessä laimentuminen on tehokasta, joten myös siellä rakennusaikaiset vaikutukset jäävät vähäisiksi.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b rikastamoalueen toiminnot sijoittuvat pääasiassa Kenttäaavan valuma-alueelle. Vaihtoehdossa VE3a niskaojat voidaan järjestää niin, että puhtaita aluevesiä ei tarvitse johtaa valuma-alueiden rajojen yli. Vaihtoehdossa VE3b puolestaan pieni osuus Kenttäaavan ja Eliasaavan valuma-alueista (yhteensä noin 0,1 km²) johdetaan Porokodanjängän valuma-alueelle. Missään vaihtoehdossa kaivostoimintojen vaikuttamia vesiä ei johdeta Natura-alueelle. (AFRY Finland Oy 2023a.) Maan pinnalla paikallisilla vesien kulkeutumisreiteillä saattaa näkyä niskaojien maanrakennustöiden aikana merkkejä sadevesien mukana kulkeutuneesta kiintoaineesta, mutta Kitisessä rakennusaikaisia vaikutuksia ei todennäköisesti ole tehokkaan laimentumisen vuoksi. Maanrakennustöiden päättymisen jälkeen rakennusvaiheen mahdolliset vaikutukset eli lähinnä kiintoaineen kertymisen vaikutukset pintavesien lähipurkureiteillä todennäköisesti häviävät yhdessä tai muutamassa vuodessa.

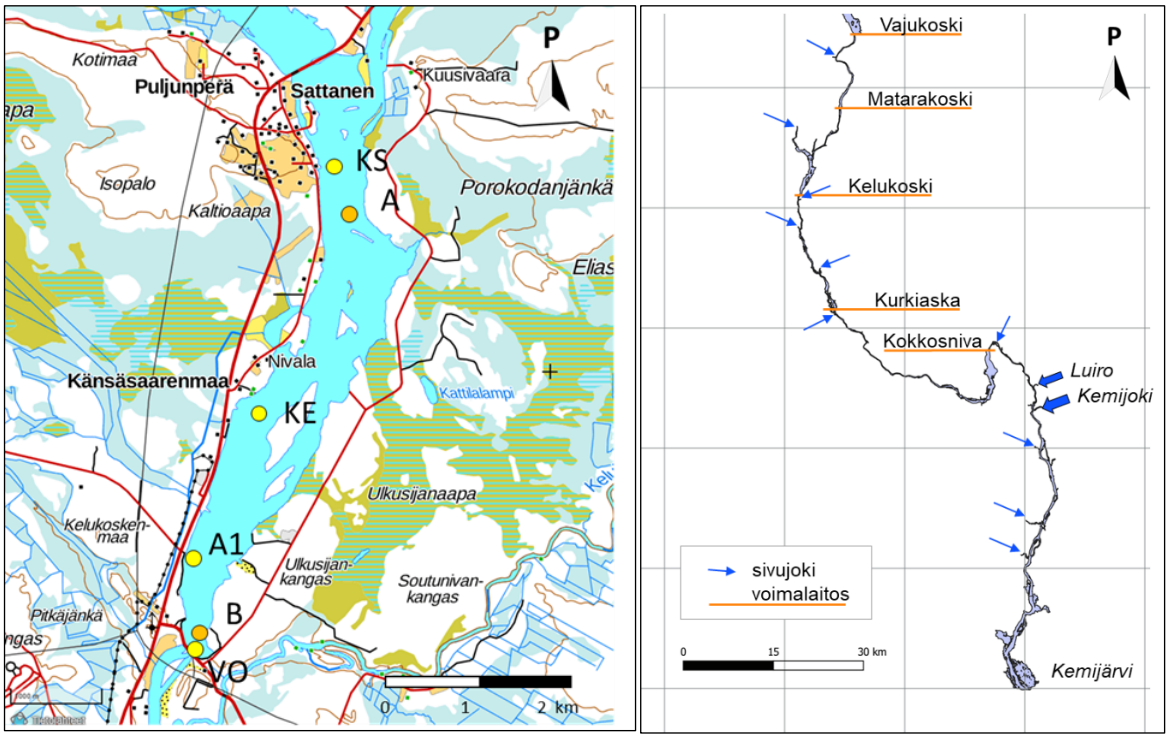
Vaikutukset vesistöjen ekologiseen ja kemialliseen tilaan rakennusvaiheen aikana

Rakennustöillä ei ole vaikutusta Kitisen, Kitisen sivuhaaran Kelujoen tai Kelujoen latvahaaran Ylijoen ekologiseen tai kemialliseen tilaan. Rakennustöillä ei ole myöskään vaikutuksia tehdasalueen eteläpuolisen puron Eliasojan ekologiseen tai kemialliseen tilaan. Niskaojien rakennusalueelta voi kulkeutua kiintoainetta Eliasojaan, jolloin määrä on sen verran pieni, että merkittäviä vaikutuksia ei puroon ei aiheudu. Sakattiojan valuma-alueelle (itäinen Kenttäaapa) ja ojan yli rakennetaan huoltotie vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Tie on melko pieni maanrakennuskohde ja sen rakennustyöt eivät todennäköisesti heikennä Sakattiojan ekologista tai kemiallista tilaa.

17.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Pintavesimallinnus

AFRY Finland Oy (2023d) on laatinut arvion Sakatin vesistökuormitusten vaikutuksista Kitiseen. Mallinnuksen avulla on arvioitu kaivoksen toiminnan aikaisten ylijäämävesien aiheuttamat pitoisuusnousut sekä pitoisuudet taustapitoisuus huomioituna Kitisen Vajukoski - Kemijoen tulovirtaama Kemijärveen. Sakatin kaivoksen puhdistetut ylijäämävedet on suunniteltu purettavaksi Kitiseen Kelukosken voimalaitoksen altaaseen. Tarkasteltuja purkupaikkavaihtoehtoja oli kaksi: purkupaikka A altaan yläosassa noin viisi kilometriä Kelukosken voimalalta ylävirtaan ja purkupaikka B Kelukosken altaan alavirran puoleisessa päässä, noin 200 metriä voimalasta ylävirtaan. Pitoisuusnousut on mallinnettu Kelukosken altaassa neljälle eri laskentapisteelle, jotka ovat KS, KE, A1 ja VO (Kuva 17-14 ja Kuva 17-17). Kelukosken alapuolisella osuudella pitoisuusnousut on mallinnettu Kelukosken padon alapuolelle, Kurkiaskan ja Kokkoskivan padoille (padon yläpuolelle) sekä Kemijärven tulovirtaamaan (Kuva 17-10 ja Kuva 17-17).



Kuva 17-17 Vasemmalla: pintavesimallissa tarkastellut Sakatin kaivoksen puhdistettujen ylijäämävesien vaihtoehtoiset purkupaikat A ja B. Karttamerkit KS, KE, A1 ja VO ovat Kelukosken altaan veden pitoisuusnousujen laskentapisteitä. Oikealla: Kitisen pitoisuuksien mallilaskennassa käytettyjen voimalaitospaikkojen sijainnit. Lisäksi pitoisuusnousut laskettiin Kemijoesta Kemijärveen tulevalle vedelle. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023d.)

Tarkastelun kohteena olivat sulfaatin ja liukoisen nikkelin pitoisuudet sekä mallinnettujen suolatulosten perusteella laskennallisesti arvioidut kokonaisfosforin ja kokonaistypen sekä antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin ja lyijyn liukoiset pitoisuudet.

Laskentaan käytettiin kaupallista ja yleisesti käytössä olevaa Delft3D-virtausmallia (versio 4.04.01). Voimalaitokset rajasivat laskennan osa-alueita. Jokaisen kahden voimalaitoksen väliselle alueelle tehtiin erillinen laskentamalli. Jokialueet laskettiin kaksiulotteisena (joen pituus- ja leveyssuunnat) tai kolmiulotteisena (joen pituus-, leveys- ja syvyyssuunnat) siten, että Kelukosken allas ja Kelukosken– Kurkiaskan väliset osuudet laskettiin kolmiulotteisina ja muut osuudet kaksiulotteisina lukuun ottamatta Valtatie 4:n länsipuolista osuutta sekä Kitisen Myllymaan pohjoispuolista osuutta, joka laskettiin 2d-kytkettynä mallina Kelukosken altaan 3d-mallin kanssa.

Mallin pituus-, leveys- ja syvyyssuuntaista erottelukykyä kuvaavia laskentayksiköitä (ns. hilakoppeja) oli välillä Matarakoski-Kelukoski (sisältäen ylijäämävesien purkupaikan eli Kelukosken voimalaitoksen altaan) noin 5 500 kappaletta. Muilla alueilla laskentayksiköitä oli noin 1 500–3 500 kappaletta.

Laskentajaksot:

- Pitkä (12 kuukautta) keskimääräistä kuivempi virtaamajakso (jaksoa edustava aikaväli 1.6.2013–31.5.2014), jolloin keskivirtaama Kelukosken voimalaitoksella oli 55 m^3/s.
- Pitkä (7,5 kuukautta) keskimääräisen virtaaman jakso (jaksoa edustava aikaväli 1.6.2017–15.1.2018), jolloin keskivirtaama Kelukosken voimalaitoksella oli 73 m^3/s.
- Kuivaa kesäkuukautta edustava jakso (1.7.2013-1.8.2013)
- Keskimääräistä kesäkuukautta edustava jakso (15.7.2017-15.8.2017)
- Kuivaa talvikuukautta edustava jakso (1.11.2013-30.11.2013)
- Keskimääräistä talvikuukautta edustava jakso (15.12.2017-15.1.2018)

Mallilaskennan virtaamatietoina käytettiin Vajukosken, Matarakosken, Kelukosken ja Kurkiaskan voimalaitoksilla (Kuva 17-10 ja Kuva 17-17) tunnin tarkkuudella mitattuja virtaamia. Kokkosnivan voimalaitokselle käytettiin yhden päivän tarkkuudella mitattuja virtaamia. Sivujokien kautta tulevat virtaamat laskettiin voimalaitoksilla mitattujen virtaamien erotuksesta.

Vedenlaatulaskenta tehtiin virtausmallia käyttämällä siten, että vain laimentuminen huomioitiin joessa pitoisuuksia muuttavana tekijänä. Sulfaatille käytettiin Kitisen ja sivujokien taustapitoisuutena 2 mg/l, joka on havaittu pitoisuustaso Kitisen yläjuoksulla ja Ylä–Kemijoessa. Liukoiselle nikkelille käytettiin Kitisessä taustapitoisuutena 0,2–0,5 µg/l, joka perustuu vuosina 2017–2020 tehtyihin mittauksiin, ja sivujokien vedelle 0,3 µg/l. Kokonaistypelle käytettiin taustapitoisuutena 300–400 µg/l, joka on Kitisessä vuosina 2011–2018 havaittu pitoisuustaso. Taustapitoisuudet liukoiselle antimonille (Kitinen: <0,05 µg/l; Purot/järvet: 0,028 µg/l), arseenille (Kitinen: 0,14 µg/l; Purot/järvet: 0,37 µg/l), elohopealle (Kitinen: <0,002 µg/l; Purot/järvet: 0,005 µg/l), kadmiumille (Kitinen: <0,01 µg/l; Purot/järvet: 0,015 µg/l), kromille (Kitinen: 0,49 µg/l; Purot/järvet: 0,40 µg/l), kuparille (Kitinen: 0,27 µg/l; Purot/järvet: 0,55 µg/l) ja lyijylle (Kitinen: 0,048 µg/l; Purot/järvet: 0,15 µg/l) arvioitiin osittain mitattujen pitoisuuksien ja osittain Suomen ympäristökeskuksen ja Geologian tutkimuskeskuksen julkaisemien raporttien perusteella. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kitisen valuma–alueella Sakatista ylävirtaan sijaitsee Kevitsan toimiva kaivos ja Pahtavaaran kaivos, jonka tuotanto on ollut keskeytettynä vuodesta 2014 lähtien. Kevitsan kaivoksesta tulee Kitiseen mm. sulfaatin ja nikkelin kuormitusta. Kevitsan kaivoksen kuormitus huomioitiin mallissa Kitisen mallinnusalueen ylävirran puoleisen reunan pitoisuuksissa ja Kitisen sivuojan Mataraojan pitoisuuksissa (Mataraoja on yksi Kevitsan vesien purkureiteistä). Sulfaattipitoisuus saatiin mittauksista.

Ennen heinäkuuta 2018 nikkelin liukoisen pitoisuuden analyysimenetelmässä oli korkeampi määritysraja, jonka pitoisuudet alittivat. Tälle ajalle Kevitsan kaivoksen vaikutus Kitisen veden liukoisen nikkelin pitoisuuteen laskettiin jakamalla kaivoksen aiheuttama kuormitus Vajukosken virtaamalla.

Pintavesimallinnuksessa arvioitiin Sakatin kuormituksesta aiheutuvaa sulfaatin ja nikkelin pitoisuuksien nousua Kitisessä. Lisäksi mallinnettuja suolapitoisuuksia skaalaamalla arvioitiin laskennallisesti kokonaistypen, kokonaisfosforin sekä eräiden metallien (Cu, Cr, Cd, As, Hg, Sb ja Pb) pitoisuuksia. Laskennassa käytettyjä tarkastelutilannetta oli kaksi, TT1 ja TT4. Tarkastelutilanne TT1 vastaa tilannetta, jossa matalarikkisen rikastushiekan läjittämiseen käytetään kuivaläjitysmenetelmää ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärät on mallinnettu 80 % tiivistysskenaariolla. Tarkastelutilanne TT4 vastaa tilannetta, jossa rikastushiekka varastoidaan veden kanssa (märkäläjitys) ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärät on mallinnettu 65 % tiivistysskenaariolla (Taulukko 17-16). Myös tarvekivilouhoksen kuivanapitovesimäärä on tarkastelutilanteessa 4 tarkastelutilannetta 1 suurempi. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Taulukko 17-16 Vesistömallinnuksessa käytettyjen tarkastelutilanteiden TT1 ja TT4 kuvaukset (Lähde: AFRY Finland Oy 2023d).

Tarkastelutilanne	Kuvaus
Tarkastelutilanne 1 (TT1)	Rikastushiekan kuivaläjitys, kaivoksen kuivanapitovesimäärät mallinnettu 80 % tiivistysskenaariolle, tarvekivilouhoksen pohjavesipurkauma vaiheen 2 mukainen
Tarkastelutilanne 4 (TT4)	Rikastushiekan märkäläjitys, kaivoksen kuivanapitovesimäärät mallinnettu 65 % tiivistysskenaariolle, tarvekivilouhoksen pohjavesipurkauma vaiheen 3 mukainen

Sakatin kaivokselta Kitiseen johdettavan puhdistetun ylijäämäveden pitoisuudet tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 17-17). Kaivokselta purettavien ylijäämävesien määrä tarkastelutilanteessa TT1 on 80 000 – 140 000 m³/kk ja tarkastelutilanteessa TT4 vastaavasti 100 000–160 000 m³/kk. Kaivokselta purettavien ylijäämävesien määrä on suurimmillaan toukokuussa ja pienimmillään joulukuussa. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Laskentaskenaarioita on yhteensä kahdeksan (Taulukko 17-18). Skenaariot jakautuvat SA-skenaarioihin, joissa on laskettu ainoastaan Sakatin kuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu, sekä KK-skenaarioihin, joissa on laskettu kokonaispitoisuus, eli laskennassa on mukana taustakuormitus ja Kevitsan kaivoksen pistekuormitus. Sodankylän ja Pelkosenniemen puhdistamoita ei ole laskennassa mukana. Laskentaskenaariot jakautuvat vielä laskentajakson ja kuormituspisteen mukaisesti: laskentajaksoja on kaksi, 06/2013–05/2014 (kuiva jakso), sekä 06/2017–01/2018 (normaalijakso). Sakatin kaivoksen ylijäämä vedelle on kaksi vaihtoehtoista purkupistettä, A ja B. Laskennat on aloitettu kevättulvan jälkeisestä tilanteesta. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Taulukko 17-17 Sakatin kaivokselta Kitiseen johdettavan puhdistetun ylijäämäveden pitoisuudet tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4. (AFRY Finland Oy 2023d). TT1 ja TT4 kuvaukset: ks. Taulukko 17-16.

Muuttuja	Yksikkö	TT1	TT4
Sulfaatti	mg/l	711	1 131
Nikkeli	mg/l	0,146	0,138

Muuttuja	Yksikkö	TT1	TT4
Kok.N	mg/l	14,0	13,7
Kok.P	mg/l	0,20	0,29
Antimoni	µg/l	2,54	3,78
Arseeni	µg/l	0,17	0,40
Elohopea	µg/l	0,17	0,19
Kadmium	µg/l	0,22	0,074
Kromi	µg/l	3,27	2,96
Kupari	µg/l	4,36	3,24
Lyijy	µg/l	0,10	0,09

Taulukko 17-18 Vedenlaatumallinnuksessa käytetyt laskentaskenaariot. Skenaarioissa KK on mukana Sakatin kuormituksen lisäksi taustakuormitus ja Kevitsan kaivoksen pistekuormitus (AFRY Finland Oy 2023d).

Skenaario	Kuormituspiste	Laskentajakso, vesitilanne	Kuormitukset
SA13A	A	2013–2014, kuiva	Sakatti
SA13B	B	2013–2014, kuiva	Sakatti
KK13A	A	2013–2014, kuiva	Kaikki
KK13B	B	2013–2014, kuiva	Kaikki
SA17A	A	2017–2018, keskimääräinen	Sakatti
SA17B	B	2017–2018, keskimääräinen	Sakatti
KK17A	A	2017–2018, keskimääräinen	Kaikki
KK17B	B	2017–2018, keskimääräinen	Kaikki

Kitisen vedenlaadun mallinnusraportti (Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin jokimallin avulla arvioituna. Päivitys YVA-selostuksen täydennysasiakirjaan; AFRY Finland Oy 2023d) on liitteenä 11.

Vaikutukset pitoisuuksiin Kitisessä Kelukosken altaassa

Kelukosken altaan (26; ks. sijainti Kuva 17-18) osalta pintavesimallissa (AFRY Finland Oy 2023d) on tarkasteltu sulfaatti- ja nikkelipitoisuuksia. Pitoisuudet ja pitoisuuksien nousut on laskettu kuuden tunnin (6 h) keskiarvoina. Pitoisuusmallinnuksessa käytetyt taustapitoisuudet perustuvat ennen vuotta 2021 tehtyihin mittauksiin, joten myös alla esitetyt taustapitoisuudet rajoittuvat korkeintaan vuoteen 2020. Uusimmat näytteenottotulokset vaikuttivat vain vähäisissä määrin tai ei lainkaan taustapitoisuuksien mediaaniarvoihin lukuun ottamatta nikkeliä, jonka mediaani on uusimmat tulokset mukaan luettuna noin 0,6–0,7 µg/l, kun se aiemmin oli noin 0,4 µg/l. Tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta lopullisiin päätelmiin pitoisuuksien vaikutuksista Kitisen vedenlaatuun tai ekologiaan.

Sulfaatti

Aikajaksolla 2009-2020 jokiveden taustapitoisuus sulfaatille on ollut mediaaniarvona 2 – 3 mg/l ja vaihteluväli <2–4 mg/l (näytepisteet 101 ja 123; Kuva 17-14). Näytepiste 101 sijaitsee Matarakosken kohdalla ja piste 123 Myllymaan kohteilla ennen Sattasjoen laskemista Kitiseen. Kyseiset näytepisteet kuvaavat pitoisuutta Kelukosken altaaseen tulevassa vedessä. Pitoisuusmallinnuksessa sulfaatin taustapitoisuutena käytettiin arvoa 2 mg/l, joka vastaa Kitisen yläjuoksulta ja Ylä-Kemijoesta

mitattujen pitoisuuksien keskiarvoa. Altaassa sulfaatin pitoisuusnousuja mallinnettiin neljälle yksittäiselle mallinnuspisteelle KS, KE, A1 ja VO (Kuva 17-17). Koko altaan alueelle tehtiin ns. pitoisuuskenttämallinnus eli koko altaan alueen kattava pitoisuusmallinnus. Laskenta tehtiin erikseen pintakerrokselle ja lähelle pohjaa. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Sulfaattipitoisuuden nousu tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % -tiivistys, 2-vaihe tarvekivilouhos) on Kelukosken altaalla laskentapisteillä KS, KE, A1 ja VO kuivana kautena enimmäkseen alle 10 mg/l. Purkupaikan ollessa pisteessä A, pitoisuuden nousu purkupistettä lähinnä olevan laskentapisteen KS pohjakerroksessa on enimmillään noin 20 mg/l. Vastaavasti vaihtoehdon B tapauksessa pitoisuuden nousu purkupistettä lähinnä olevassa pisteessä VO on enimmillään noin 50 mg/l. Purkupaikkavaihtoehdossa A pitoisuus taustapitoisuus huomioituna on purkupisteen läheisessä laskentapisteessä KS ajoittain lyhytaikaisesti lähellä tasoa 30 mg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B laskentapisteessä VO vastaavasti lähellä tasoa 60 mg/l. Purkupaikkavaihtoehdossa A sulfaattipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvo kuivana kautena purkupaikan alapuolella (KS) on noin 1-2 mg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B purkupaikan alapuolella (VO) noin 10 mg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Sulfaattipitoisuuden nousu tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % -tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos) on Kelukosken altaalla laskentapisteillä KS, KE, A1 ja VO kuivana kautena enimmäkseen alle 10 mg/l. Enimmillään sulfaattipitoisuuden nousu purkupisteen (A) lähimmän laskentapisteen KS pohjakerroksessa on hetkellisesti (alle vuorokauden ajan) tasolla 50 mg/l. Purkupisteen B tapauksessa lyhytkestoinen pitoisuusnousu pohjan lähellä purkupisteen lähimmällä laskentapisteellä VO on enimmillään noin 90 mg/l. Pitoisuus taustapitoisuus huomioituna pohjakerroksessa lähellä purkupistettä on lyhytaikaisesti enimmillään noin tasolla 60 mg/l (purkupiste A) tai lähellä tasoa 100 mg/l (purkupiste B). Purkupaikkavaihtoehdossa A sulfaattipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvo kuivana kautena purkupaikan alapuolella (KS) on noin 2–5 mg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B purkupaikan alapuolella (VO) noin 20–25 mg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kelukosken altaalle laaditussa pitoisuuskenttämallinnuksessa kuvattiin vähäisen virtaaman laskentajakson (kuiva jakso) kuukausittaiset keskimääräiset pitoisuusnousut heinä-, marras- ja huhtikuussa. Mallit laadittiin erikseen kuormitustilanteille TT1 ja TT4. Kelukosken altaan veden sulfaatin pitoisuuskenttämallinnus osoitti kuormituksen vaikuttavan sulfaattipitoisuuteen eniten ylijäämäveden purkupisteen lähialueella lähellä pohjaa. Sulfaattipitoisuuden nousu oli suurimmillaan lähellä pohjaa pienellä alueella (noin 300 x 500 metriä) joen virtaaman ollessa pieni. Pitoisuuden nousut olivat tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) hieman korkeammat kuin tilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos).

Molemmissa tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 ylijäämävesien johtaminen Kelukosken altaan alavirran puoleiseen osaan eli purkupaikkaan B nosti altaassa sulfaatin pitoisuuksia pienemmällä alueella kuin vesien johtaminen altaassa kauempana ylävirran puolella sijaitsevaan purkupaikkaan A. Toisaalta tarkastelutilanteessa TT1 ylijäämävesien johtaminen altaan alaosaan purkupaikkaan B aiheutti suurempia paikallisia pitoisuusnousuja purkupaikan välittömässä läheisyydessä, koska altaan alaosassa kuormitus sekoittuu vesimassaan hitaammin (padon juoksutuksen ollessa nollassa) kuin ylävirran puolelle allasta purkupaikkaan A johdettu kuormitus.

Keskimääräisillä virtaamilla pitoisuusnousut jäävät selvästi kuivaa vuotta pienemmiksi molemmissa tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 (AFRY Finland Oy 2023d). Korkeammat sulfaattipitoisuuden nousut ovat mahdollisia pienien virtaamien aikaan, ja kaikista suurimmat nousut sijoittuvat purkupaikan läheisyyteen ja ovat lyhytkestoisia (alle vuorokausi). Lyhytkestoiset huippupitoisuudetkin jäävät alle ehdotettavaksi kaavaillun ympäristönlaatunormin [vuosikeskiarvo AA-EQS noin 100 mg/l; Suomen ympäristökeskus 2022]. Purkupisteestä A ylijäämävesi kulkeutuu pääosin virtauksen mukana etelään sekoittuen samalla syvyyssuunnassa. Pohjakerroksessa ylijäämävesi kulkeutuu ajoittain myös pohjoiseen, jolloin pitoisuus pisteen KS pohjakerroksessa nousee lyhytaikaisesti. Kelukosken padon tasolla ylijäämävesi on sekoittunut tasaisesti koko vesikerrokseen. (AFRY Finland Oy 2023d.) Yhteenveto Kelukosken altaan pitoisuuksien mallinnustuloksista vähäisen virtaaman laskentajaksolla on esitetty taulukossa (Taulukko 17-19).

Taulukko 17-19 Sulfaatti: vähäisen virtaaman laskentajakson (kuiva vuosi 2013) pitoisuuksien vaihteluväli Kitisen Kelukosken altaassa. Laskentapisteiden KS, KE, A1 ja VO pitoisuuksissa on huomioitu taustapitoisuus ja Sakatin kaivoksen kuormitus. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023d.) Kaivoksen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehtojen A ja B ja laskentapisteiden KS, KE, A1 ja VO sijainti on esitetty edellä (Kuva 17-17). Kuormitusvaihtoehdot TT1 ja TT2 on kuvattu aiemmin tässä luvussa.

Sulfaatti			Tarkastelutilanne TT1 (kuivaläjitys, 80 % -tiivistys, 2-vaihe tarvekivilouhos)						
Nykytila, mediaani (vaihteluväli)[1] mg/l	Vuosi	Purkupaikka	Syvyys	Piste KS mg/l	Piste KE mg/l	Piste A1 mg/l	Piste VO mg/l	Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)	Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)
2–3 (<2–6)	2013	A	Pinta	1–7	1–8	1–8	1–8	Ei normia. *Ehdotus vuosikeskiarvoksi (AA-EQS) tulee olemaan noin 100 mg/l [2]*	Ei normia.
			Pohja	1–27	1–8	1–8	1–8		
		B	Pinta	1–7	1–7	1–7	1–12		
			Pohja	1–7	1–7	1–11	1–56		
Sulfaatti			**Tarkastelutilanne TT4 (märkäläjitys, 65 % -tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos)**						
Nykytila, mediaani (vaihteluväli)[1] mg/l	**Vuosi**	**Purkupaikka**	**Syvyys**	**Piste KS mg/l**	**Piste KE mg/l**	**Piste A1 mg/l**	**Piste VO mg/l**	**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
2–3 (<2–6)	2013	A	Pinta	1–10	1–7	1–11	1–11	Ei normia. *Ehdotus vuosikeskiarvoksi (AA-EQS) tulee olemaan noin 100 mg/l [2]*	Ei normia.
			Pohja	1–61	1–7	1–11	1–11		
		B	Pinta	1–7	1–7	1–9	1–9		
			Pohja	1–7	1–7	1–24	1–95		

[1] *Nykytilan sulfaattipitoisuustiedot ovat Kitisen pisteiltä 101 ja 123 jaksolta 2009–2020.*

[2] *Vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksen (VNa 1022/2006) 12 §:n mukainen suunnitelma – luonnos 15.11.2022 (Suomen ympäristökeskus 2022).*

Nikkeli

Liukoisen nikkelin taustapitoisuus on ollut Kitisessä vuosina 2018–2020 mediaaniarvona noin 0,4 µg/l ja vaihteluväli on ollut 0,2–1,3 µg/l (näytepisteet 101 ja 123; Kuva 17-14). Näytepisteet kuvaavat pitoisuuksia Kelukosken altaaseen tulevassa vedessä. Pitoisuusmallinnuksessa nikkelin taustapitoisuutena käytettiin arvoa 0,3 µg/l. Kelukosken altaassa liukoisen nikkelin pitoisuusnousuja

mallinnettiin neljälle pisteelle KS, KE, A1 ja VO (ks. Kuva 17-17), ja lisäksi koko altaan alueelle tehtiin ns. pitoisuuskenttämallinnus eli koko altaan alueen kattava pitoisuusmallinnus (AFRY Finland Oy 2023d).

Neljän yksittäisen pisteen KS, KE, A1 ja VO laskenta tehtiin erikseen veden pintakerrokselle ja lähelle pohjaa. Suurimmat nikkelin pitoisuusnousut olivat purkupaikkoja lähinnä olevien laskentapisteiden (KS tai VO) pohjanläheisessä kerroksessa. Tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistys, 2-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuuden nousu (6 keskiarvo) oli purkupaikkavaihtoehdossa A purkupaikan läheisen pisteen (KS) pohjakerroksessa enimmillään lyhytaikaisesti noin 4,5 µg/l. Purkupaikan ollessa pisteessä B, vastaava pitoisuusnousu purkupisteen läheisen pisteen (VO) pohjakerroksessa oli enimmillään noin 9 µg/l. Pintavedessä pitoisuudennousut olivat molempien purkupisteiden tapauksessa pääosin alle 1 µg/l. Purkupaikkavaihtoehdossa A pitoisuus oli purkupistettä lähinnä olevan laskentapisteen (KS) pohjakerroksessa hetkellisesti enimmillään hieman yli 5 µg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B (pisteen VO pohjakerroksessa) hieman alle 10 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) kuuden tunnin keskiarvona laskettu pitoisuudennousu pohjalla purkupaikan A läheisyydessä (KS) oli enimmillään hetkellisesti noin 6 µg/l. Purkupistevaihtoehdon B tapauksessa vastaava pitoisuusnousu oli enimmillään hieman alle 10 µg/l purkupaikan läheisyydessä (VO) pohjakerroksessa. Molemmissa purkupistevaihtoehdoissa pitoisuuden nousu pintavedessä oli pääosin alle 1 µg/l. Purkupaikkavaihtoehdossa A pitoisuus taustapitoisuus huomioiden oli purkupisteen alapuolisen pisteen (KS) pohjakerroksessa hetkellisesti enimmillään noin 7,5 µg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B (piste VO, pohjakerros) tasolla 10 µg/l. A kuivan kauden kuukausikeskiarvo oli alle 0,5 µg/l. Purkupaikkavaihtoehdossa B kuukausikeskiarvo oli laskentapisteen VO pohjanläheisessä vedessä enimmillään 2 µg/l ja muualla 0,1 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kelukosken altaan veden liukoisen nikkelin pitoisuuskenttämallinnus (eli mallinnus koko altaan alueelle) tehtiin vähäisen virtaaman laskentajaksolle (kuiva jakso), jolloin pitoisuusnousut ovat suurimmillaan. Pitoisuuskenttämallinnukset laadittiin erikseen tarkastelutilanteille TT1 ja TT4, ja niissä kuvattiin keskimääräiset kuukausittaiset pitoisuusnousut heinä-, marras- ja huhtikuussa. Mallin tulokset osoittivat, että pitoisuusnousu on suurin lähellä pohjaa purkupisteen lähialueella. Molemmissa tarkastelutilanteissa paikalliset pitoisuuden nousut purkupisteiden ympärillä tapahtuivat pienellä alueella, noin 300 x 300 metriä. Hetkelliset huippupitoisuudetkaan eivät ole lähellä nikkelin ympäristönlaatunormia 34 µg/l (MAC-EQS sisämaan pintavedet; Valtioneuvoston asetus nro 1090/2016). Yhteenveto Kelukosken altaan veden nikkelipitoisuuksien mallinnustuloksista vähäisen virtaaman laskentajaksolla pisteiltä KS, KE, A1 ja VO on oheisessa taulukossa (Taulukko 17-20).

Taulukko 17-20 Nikkeli: vähäisen virtaaman laskentajakson (kuiva vuosi 2013) vaihteluväli Kitisen Kelukosken altaassa (Lähde: AFRY Finland Oy 2023d). Laskentapisteiden KS, KE, A1 ja VO pitoisuuksissa on huomioitu taustapitoisuus ja Sakatin kaivoksen kuormitus. Kaivoksen ylijäämävesien purkupaikkavaihtoehtojen A ja B ja laskentapisteiden KS, KE ja A1 sijainti on esitetty edellä (Kuva 17-17). Kuormitusvaihtoehdot TT1 ja TT2 on kuvattu aiemmin tässä luvussa.

Nikkeli		Tarkastelutilanne TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistys, 2-vaihe tarvekivilouhos)							
Nykytila, mediaani (vaihteluväli)[1] µg/l	Vuosi	Purkupaikka	Syvyys	Piste KS µg/l	Piste KE µg/l	Piste A1 µg/l	Piste VO µg/l	Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo) µg/l	Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus) µg/l
Liukoinen pitoisuus 0,4 (0,2–1,3)	2013	A	Pinta	0,2–2,0	0,2–2,3	0,2–1,7	0,2–2,1	Biosaatava pitoisuus 5[2]	Liukoinen pitoisuus 34[3]
			Pohja	0,2–5,2	0,2–2,3	0,2–2,2	0,2–2,1		
		B	Pinta	0,2–2,0	0,2–1,7	0,2–1,7	0,3–1,7		
			Pohja	0,25–2,0	0,2–1,7	0,2–2,2	0,3–9,3		
Nikkeli		**Tarkastelutilanne TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos)**							
Nykytila, mediaani (vaihteluväli)[1] µg/l	**Vuosi**	**Purkupaikka**	**Syvyys**	**Piste KS µg/l**	**Piste KE µg/l**	**Piste A1 µg/l**	**Piste VO µg/l**	**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo) µg/l**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus) µg/l**
Liukoinen pitoisuus 0,4 (0,2–1,3)	2013	A	Pinta	0,2–2,0	0,2–2,4	0,2–2,3	0,2–2,3	Biosaatava pitoisuus 5[2]	Liukoinen pitoisuus 34[3]
			Pohja	0,2–7,8	0,2–2,5	0,2–2,3	0,2–2,3		
		B	Pinta	0,2–2,0	0,2–1,7	0,2–1,7	0,2–2,9		
			Pohja	0,2–2,0	0,2–1,7	0,2–3,1	0,2–10,7		

[1]Nykytilan liukoisen nikkelin pitoisuustiedot ovat Kitisen pisteiltä 101 ja 123 jaksolta 2018–2020.

[2]Nikkelin ympäristönlaatunormi AA-EQS, sisämaan pintavedet, valtioneuvoston asetuksen esittämä taustapitoisuus on mukana lukuarvossa (normi 4 µg/l, tausta 1 µg/l, yhteensä 5 µg/l) (Valtioneuvoston asetus nro 1090/2016.)

[3] Nikkelin ympäristönlaatunormi MAC-EQS, sisämaan pintavedet (Valtioneuvoston asetus nro 1090/2016).

Vaikutukset pitoisuuksiin Kitisen Kelukosken voimalaitoksen alapuolella

Pintavesimallissa on laskettu pitoisuusnousut sekä pitoisuudet taustapitoisuus huomioiden kaikille muuttujille (SO_4, Ni, kok.N, kok.P, Cu, Cr, Cd, As, Hg, Sb ja Pb) Kelukosken padon alapuolella, Kurkiaskan ja Kokkosnivan padoilla (padon yläpuolella) sekä Kemijärven tulovirtaamassa. Pitoisuuksia ei ole mallinnettu erikseen pinta- ja pohjakerrokselle, sillä pitoisuudet pisteillä ovat sekoittuneet tasaisesti koko vesimassaan. Kelukosken padon alapuolinen pitoisuus kuvaa parhaiten vettä, joka lähtee padolta alajuoksulle. Tämä johtuu siitä, että padon juoksutuksen ollessa nollassa purkupistevaihtoehdossa B pitoisuudet nousevat padon yläpuolella hetkittäin paikallisesti korkeammiksi kuin vedessä, joka lähtee padolta alajuoksulle. Alempana olevilla padoilla padon ylä- ja alapuoliset pitoisuudet ovat käytännössä samoja, sillä Sakatin kaivokselta tuleva kuormitus on ehtinyt sekoittua tasaisemmin suurempaan vesimäärään. (AFRY Finland Oy 2023d.) Taustapitoisuuksien kuvaamisen yhteydessä esitettyjen Kitisen näytepisteiden 101 ja 123 sijainti on esitetty Kuvassa (Kuva 17-14). Alla

esitetyt mallinnetut pitoisuudennousut ja pitoisuudet taustapitoisuus huomioituna ajoittuvat keskimääräistä kuivemman jakson aikaan (vuosi 2013).

Tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistys, 2-vaihe tarvekivilouhos) sulfaattipitoisuuden nousu kuivina kuukausina Kelukosken padolla on keskimäärin noin 1–2 mg/l. Enimmillään pitoisuuden nousu on noin 2–3 mg/l, kun käytetään purkupistettä A. Kuormituksen ollessa pisteessä B, korkeimmat lyhytaikaiset pitoisuudennousut ovat noin tasolla 10 mg/l, ja ne osuvat kesälle. Pitoisuudet taustapitoisuus huomioiden ovat vastaavasti enimmillään tasolla 5–6 mg/l (purkupaikka A) ja 12 mg/l (purkupaikka B). Mikäli kaivoksen ylijäämävedet johdetaan purkupisteeseen A, jäävät Kelukosken hetkelliset enimmäispitoisuudet pienemmiksi kuin tilanteessa, jossa ylijäämävedet johdetaan purkupisteeseen B. Eri keskipitoisuudet purkupisteille aiheutuvat pisteiden A ja B erilaisesta viipymästä. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % -tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos) sulfaattipitoisuuden nousu Kelukosken padolla purkupistettä A käytettäessä on enimmillään tasolla 5–6 mg/l. Kun kuormitus on pisteessä B, sulfaattipitoisuuden nousu on enimmillään lyhytaikaisesti noin tasolla 20 mg/l. Pitoisuudet taustapitoisuus huomioiden ovat vastaavasti enimmillään tasolla 10 mg/l (purkupaikka A) ja hieman yli 20 mg/l (purkupaikka B). Mikäli kaivoksen ylijäämävedet johdetaan purkupaikkavaihtoehtoon A, sulfaatin hetkelliset enimmäispitoisuudet jäävät molemmissa tarkastelutilanteissa (TT1 ja TT4) pienemmiksi kuin silloin, jos kuormitus johdetaan purkupaikkavaihtoehtoon B. (AFRY Finland Oy 2023d.) Aikajaksolla 2009-2020 taustapitoisuus sulfaatille on ollut mediaaniarvona 2 – 3 mg/l ja vaihteluväli <2–6 mg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen nikkelin pitoisuusnousut Kelukosken padolla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) ovat kuukausikeskiarvona alle 0,5 µg/l. Pitoisuus taustapitoisuus huomioiden jää alle 1,5 µg/l:n. Enimmillään hetkelliset pitoisuuden nousut ovat 1,5–2 µg/l purkupaikan ollessa pisteessä B. Kuivana jaksona pitoisuus taustapitoisuus huomioiden on Kelukosken padolla purkupaikkavaihtoehdossa B hetkellisesti korkeimmillaan noin 2,5 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % -tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos) liukoisen nikkelin pitoisuusnousut Kelukosken padolla ovat enimmäkseen alle 1 µg/l ja pitoisuudet taustapitoisuus huomioiden alle 2 µg/l. Kuivana jaksona nikkelipitoisuus taustapitoisuus huomioiden on Kelukosken padolla hetkellisesti suurimmillaan noin 2,5 µg/l, kun ylijäämävesien purku tapahtuu pisteeseen B. (AFRY Finland Oy 2023d). Liukoisen nikkelin taustapitoisuus Kitisessä (näytepisteet 101 ja 123) on ollut vuosina 2018–2020 mediaaniarvona noin 0,4 µg/l ja vaihteluväli 0,2–1,3 µg/l.

Kokonaistypen pitoisuuden nousut Kelukosken padolla ovat mallitarkastelussa korkeimmillaan pienen virtaaman aikaan heinä-, marras- ja huhtikuussa. Tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) purkupaikan A tapauksessa pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo ovat 25–32 µg/l ja purkupaikan B tapauksessa 35–40 µg/l. Korkein hetkellinen pitoisuusnousu on 200 µg/l (purkupaikka B). (AFRY Finland Oy 2023d.)

Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) kokonaistypen pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo Kelukosken padolla purkupaikkavaihtoehdossa A on 32–

43 µg/l ja purkupaikan B tapauksessa 49–51 µg/l. Korkein hetkellinen pitoisuusnousu Kelukosken padolla on 230 µg/l (purkupaikka B). (AFRY Finland Oy 2023d.) Keskimääräinen kokonaistypen pitoisuus Kitisessä (näytepisteet 101 ja 123) on ollut ajanjaksolla 2009–2020 noin 340 µg/l ja vaihteluväli noin 250–500 µg/l.

Kokonaisfosforin pitoisuusnousut Kelukoskella tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) ovat hetkellisesti korkeimmillaan noin 1–2 µg/l (purkupiste B). Purkupisteen ollessa kohdassa A pitoisuusnousut ovat enimmilläänkin alle 1 µg/l. Kuukausikeskiarvo pitoisuusnousulle purkupaikkavaihtoehdossa A on 0,4–0,5 µg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B vastaavasti 0,5–0,6 µg/l (TT1). Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) fosforipitoisuuden nousu Kelukoskella on enimmillään hetkellisesti 4–5 µg/l (purkupiste B). Purkupistevaihtoehdon A tapauksessa korkeimmat pitoisuudennousut ovat noin 1–2 µg/l (TT4). Kokonaisfosforin pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo kuivan ajanjakson aikaan purkupaikkavaihtoehdossa A on enimmillään 0,9 µg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B vastaavasti noin 1 µg/l (TT4). (AFRY Finland Oy 2022d). Ajanjaksolla 2009–2020 keskimääräinen kokonaisfosforin pitoisuus Kitisessä (näytepisteet 101 ja 123 on noin 13 µg/l ja vaihteluväli 8–100 µg/l.

Kuparin ja kromin pitoisuus purettavissa kaivoksen ylijäämävesissä on arvioitu suunnilleen samansuuruiseksi (3,2 µg/l ja 3,0 µg/l), joten mallitarkastelussa pitoisuusnousu oli joessa samaa tasoa kummallekin metallille. Tarkastelutilanteissa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu on enimmillään 12,0 ng/l molemmissa tarkastelutilanteissa (TT1; kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos ja TT4; märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen kromin taustapitoisuus vuosina 2015–2020 mediaaniarvona on ollut 0,3–0,5 µg/l ja vaihteluväli 0,3–0,8 µg/l. Liukoiselle kuparille vastaavat taustapitoisuudet ovat olleet seuraavia: mediaani 0,3 µg/l ja vaihteluväli 0,2–1,3 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen kadmiumin keskimääräiset kuukausittaiset pitoisuusnousut Kelukoskella tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 ovat alle 1 ng/l tasolla (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen kadmiumin taustapitoisuudet ovat olleet vuosina 2015–2020 alle määritysrajan (<0,01 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen antimonin suurin kuukausittainen keskimääräinen pitoisuusnousu Kelukoskella tarkastelutilanteissa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) on 7,0 ng/l ja tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) 14 ng/l. Arseenille kuukauden keskimääräinen enimmäispitoisuusnousu on alle 1 nanogrammaa tarkastelutilanteessa TT1 ja 1,5 ng/l tarkastelutilanteessa TT4. (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden taustapitoisuudet liukoiselle antimonille ovat vuosina 2018–2020 olleet alle määritysrajan (<0,05 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen arseenin taustapitoisuus on mediaaniarvona vuosina 2015–2020 ollut noin 0,1 µg/l ja vaihteluväli 0,08–0,18 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen elohopean kaikkien kuukausien keskimääräiset pitoisuusnousut Kelukoskella tarkastelutilanteessa TT1 ovat alle 0,1 ng/l ja tarkastelutilanteessa TT4 alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden taustapitoisuus liukoiselle elohopealle on ollut vuosina 2015–2020

mediaanipitoisuutena alle määritysrajan (<0,02 tai <0,002 µg/l) ja vaihteluväli on ollut <0,002–0,0026 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen lyijyn osalta kaikki kuukauden keskimääräiset pitoisuusnousut Kelukoskella tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 ovat alle 1 ng/l tasolla (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen lyijyn taustapitoisuus on ollut vuosina 2015–2020 mediaaniarvona 0,04 µg/l ja vaihteluväli 0,02–0,12 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Yhteenveto pitoisuuksien mallinnuksen tuloksista Kitisen Kelukosken laskentapisteeltä on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 17-21).

Taulukko 17-21 Kuivaa ja keskimääräistä virtaamajaksoa[2] kuvaava yhteenveto Kitisen Kelukosken laskentapisteen vedenlaatumallinnuksen tuloksista, jokiveden nykyinen pitoisuus (taustapitoisuus) (Lähde: AFRY Finland Oy 2023d) ja ympäristönlaatunormit.

Pitoisuudet (taustapitoisuus huomioituna) ja vertailupitoisuudet:					
		Mallinnettu[2] pitoisuus taustapitoisuus huomioiden, kuukausikeskiarvo (min-max)			
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]**	**Tarkastelutilanne TT1[8]**	**Tarkastelutilanne TT4[9]**	**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
Sulfaatti mg/l	2–3 (2–6)	2,5–5,7	2,9–8,1	Ei raja-arvoa *Ehdotus vuosikeskiarvoksi (AA-EQS) tulee olemaan noin 100 mg/l [10]*	Ei raja-arvoa
Nikkeli µg/l	0,4 (0,2–1,3)	0,3–1,4	0,3–1,6	Biosaatava pitoisuus 5[3]	Liukoinen pitoisuus 34[4]
Pitoisuusnousut ja vertailupitoisuudet:					
		Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus			
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]**	**Tarkastelutilanne TT1[8]**	**Tarkastelutilanne TT4[9]**	**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
Kupari µg/l	0,3 (0,2–1,3)	0,002–0,01	0,002–0,01	Biosaatava pitoisuus 0,5[5]	
Kromi µg/l	0,3–0,5 (0,3–0,8)	0,002–0,01	0,002–0,01	Liukoinen pitoisuus 3,4[5]	
Kadmium µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,01	0,0001–0,0006	0,0001–0,0003	Liukoinen pitoisuus 0,1[3]	Liukoinen pitoisuus 0,45[4]
Antimoni µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,05	0,001–0,01	0,002–0,01	Talousvedelle kokonaispitoisuutena 6[6]	
Arseeni µg/l	0,1 (0,08–0,18)	0,0001–0,0005	0,0002–0,0015	Liukoinen pitoisuus 0,5[5]	Liukoinen pitoisuus 7,9[5]
Elohopea µg/l	<0,002 – <0,02 µg/l (<0,002–0,0026)	<0,00005	0,0001–0,0007	(elohopealle ei ole vuosikeskiarvoa koskevaa normia)	Liukoinen pitoisuus 0,07[4]
Lyijy µg/l	0,04 (0,02–0,1)	0,00004–0,0003	0,0001–0,0003	Biosaatava pitoisuus 1,5[3]	Liukoinen pitoisuus 14[4]

Vedenlaatutekijä	Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]	Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus		Erinomaisen/hyvän tilaluokan[7] raja ravinteiden osalta (Kitisen fys. kem. tilaluokka hyvä 3. kaudella)
		Tarkastelutilanne TT1[8]	Tarkastelutilanne TT4[9]	
Kokonaistyppi µg/l	350 (250–500)	6–40	8–51	450
Kokonaisfosfori µg/l	13 (8–100)	0,1–0,6	0,2–1,1	20

[1] Nykytilan pitoisuustiedot ovat Kitisen pisteiltä 101 (Kim) ja 123 (KiS). Pitoisuudet ovat seuraavilta jaksoilta: liukoinen nikkeli 2018–2020, sulfaatti, kokonaistyppi ja kokonaisfosfori 2009–2020, liukoinen kupari, liuk. kromi. liuk. kadmium, liuk. antimoni, liuk. arseeni, liuk. elohopea, liuk. lyijy 2015–2020.

[2] Taulukossa tarkastellut mallinnettujen pitoisuuksien ja pitoisuusnousujen vaihteluvälit pohjautuvat kuukausikeskiarvoihin, jotka ovat seuraavilta neljältä kuukaudelta: heinäkuu 2013 (pienivirtaamainen kesäkuukausi), marraskuu 2013 (pienivirtaamainen talvikuukausi), heinäkuu 2017 (normaalivirtaamainen kesäkuukausi) ja joulukuu 2017 (normaalivirtaamainen talvikuukausi).

[3] Vuosikeskiarvoa koskeva ympäristönlaatunormi AA-EQS, sisämaan pintavedet. Nikkelin osalta taulukon liukuarvossa on mukana valtioneuvoston asetuksen esittämä taustapitoisuus (normi 4 µg/l, tausta 1 µg/l, yhteensä 5 µg/l). Kadmiumin osalta taulukon liukuarvossa on mukana valtioneuvoston asetuksen esittämä taustapitoisuus (normi 0,08 µg/l, tausta 0,02 µg/l, yhteensä 0,1 µg/l). Lyijyn osalta taulukon liukuarvossa on mukana valtioneuvoston asetuksen esittämä taustapitoisuus (normi 1,2 µg/l, tausta 0,3 µg/l, yhteensä 1,5 µg/l). (Valtioneuvoston asetus nro 1090/2016.)

[4] Hetkellistä pitoisuutta koskeva ympäristönlaatunormi MAC-EQS, sisämaan pintavedet (Valtioneuvoston asetus nro 1090/2016).

[5] Ruotsin sisävesien hyvän kemiallisen tilan raja-arvo alkuaineille ja alkuaineyhdisteille (HVMFS 2019). Arseenin osalta mittaustuloksesta vähennetään taustapitoisuus ennen mittaustuloksen vertaamista raja-arvoon.

[6] Antimonin raja-arvo on talousvedelle ja se perustuu juomavedessä olevan pitoisuuden terveysvaikutuksiin (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 2020).

[7] Kokonaisfosforin ja kokonaistypen ekologisten tilaluokkien raja-arvo välillä erinomainen-hyvä, pintavesityyppi suuret turvemaiden joet (St). Raja-arvon (Aroviita ym. 2019).

[8] Kuormitusvaihtoehto TT1: kuivaläjitys, 80 % tiivistys, 2-vaihe tarvekivilouhos.

[9] Kuormitusvaihtoehto TT4: märkäläjitys, 65 % tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos.

[10] Vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksen (Vna 1022/2006) 12 §:n mukainen suunnitelma – luonnos 15.11.2022 (Suomen ympäristökeskus 2022).

Vaikutukset pitoisuuksiin Kitisen Kurkiaskan voimalaitoksen kohdalla

Kurkiaskan voimalaitos sijaitsee noin 21 kilometriä alavirtaan kaivoksen ylijäämävesien purkupaikasta. Kaikkien pitoisuuslaskennan tarkastelupisteinä käytettyjen voimalaitosten sijainnit on esitetty kuvissa (Kuva 17-10 ja Kuva 17-17). Taulukossa (Taulukko 17-22) esitetyt typen ja fosforin taustapitoisuudet perustuvat Kurkiaskan yläpuolelta mitattuihin arvoihin. Kattavien vedenlaatutulosten puuttuessa Kurkiaskan kohdalta, sulfaatin ja metallien osalta esitetyt taustapitoisuudet perustuvat Kitisen näytepisteiden 101 ja 123 (Kuva 17-14) tuloksiin vuosilta 2009–2020. Tämä lähestymistapa on perusteltua myös siksi, että Kelukosken alapuolella vesimäärä lisääntyy, mutta sulfaatti- tai metallikuormitus ei kasva Kelukosken alapuolisella jokiosuudella. Alla esitetyt mallinnetut pitoisuudennousut ja pitoisuudet taustapitoisuus huomioituna ajoittuvat keskimääräistä kuivemman jakson aikaan (vuosi 2013).

Sulfaattipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvo Kurkiaskan voimalan kohdalla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistys, 2-vaihe tarvekivilouhos) on enimmillään 0,8 mg/l ja pitoisuus

taustapitoisuus huomioituna 4,1 mg/l. Tarkastelutilantilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos) nousu on kuukausikeskiarvona korkeimmillaan 1,8 mg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 sulfaatin pitoisuudet taustapitoisuus huomioituna ovat kuukausikeskiarvoina Kurkiaskan voimalan kohdalla korkeimmillaan marraskuussa (5 mg/l). Pitoisuus käy hetkellisesti enimmillään noin 8 mg/l:ssa (TT4). (AFRY Finland Oy 2023d). Aikajaksolla 2009–2020 jokiveden sulfaatin taustapitoisuus on ollut mediaaniarvona 2–3 mg/l ja vaihteluväli <2–6 mg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen nikkelin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona Kurkiaskan voimalan kohdalla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) on enimmillään 0,16 µg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos) nousu on kuukausikeskiarvona enimmillään 0,22 µg/l. Korkein hetkittäinen pitoisuuden nousu on noin 0,6 µg/l (TT4, purkupaikat A ja B). Tarkastelutilanteessa TT4 nikkelipitoisuus taustapitoisuus huomioiden on Kurkiaskan padolla kuukausikeskiarvona korkeimmillaan noin 0,9 µg/l ja hetkellisesti pitoisuus on enimmillään noin 1,8 µg/l (purkupaikka A). (AFRY Finland Oy 2023d.) Liukoisen nikkelin taustapitoisuus on ollut Kitisessä vuosina 2018–2020 mediaaniarvona noin 0,4 µg/l ja vaihteluväli on ollut 0,2–1,3 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Kokonaistypen pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) Kurkiaskan padolla on enimmillään 15,6 µg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona on enimmillään noin 15,5 µg/l (purkupaikka A) tai noin 21,4 µg/l (purkupaikka B). Hetkellisesti pitoisuuden nousut ovat korkeimmillaan hieman yli 50 µg/l (TT4). Keskimääräinen kokonaistypen taustapitoisuus Kitisessä Kurkiaskan yläpuolella on nykytilanteessa noin 340 µg/l ja vaihteluväli noin 240–440 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kokonaisfosforin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona Kurkiaskan padolla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) on korkeimmillaan 0,22 µg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona on korkeimmillaan noin 0,45 µg/l. Korkeimmat hetkelliset pitoisuudennousut ovat hieman yli 1 µg/l (TT4). Nykytilanteessa keskimääräinen kokonaisfosforin taustapitoisuus Kitisessä Kurkiaskan yläpuolella on noin 12 µg/l ja vaihteluväli 9–37 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kuparin ja kromin pitoisuus purettavissa kaivoksen ylijäämävesissä on arvioitu suunnilleen samansuuruiseksi (3,2 µg/l ja 3,0 µg/l), joten mallitarkastelussa pitoisuusnousu on samaa tasoa kummallekin metallille. Kurkiaskan padon kohdalla sekä tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) että tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo on korkeimmillaan 5 ng/l. (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen kromin taustapitoisuus vuosina 2015–2020 mediaaniarvona on ollut 0,3–0,5 µg/l ja vaihteluväli 0,3–0,8 µg/l. Liukoiselle kuparille vastaavat taustapitoisuudet ovat olleet seuraavia: mediaani 0,3 µg/l ja vaihteluväli 0,2–1,3 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen kadmiumin pitoisuuden nousu Kurkiaskan padolla on mallitarkastelussa kuukausikeskiarvona molemmissa tarkastelutilanteissa (TT1; kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos ja TT4; märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) selvästi alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen kadmiumin taustapitoisuudet ovat olleet vuosina 2015–

2020 alle määritysrajan (<0,01 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen elohopean pitoisuusnousut ovat alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden taustapitoisuus liukoiselle elohopealle on ollut vuosina 2015-2020 mediaanipitoisuutena alle määritysrajan (<0,02 tai <0,002 µg/l) ja vaihteluväli on ollut <0,002-0,0026 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen antimonin pitoisuusnousu on korkeimmillaan 6 ng/l (kuormitustilanne TT4). Arseenin pitoisuusnousut jäävät alle 1 ng/l. (AFRY Finland Oy 2023d). Liukoisen arseenin taustapitoisuus Kitisessä on vuosina 2015–2020 ollut mediaaniarvona noin 0,1 µg/l ja vaihteluväli 0,08–0,18 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Kitisen veden liukoisen antimonin taustapitoisuudet ovat vuosina 2018–2020 olleet alle määritysrajan (<0,05 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen lyijyn pitoisuusnousut Kurkiaskan padolla jäävät alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen lyijyn taustapitoisuus on ollut vuosina 2015–2020 mediaaniarvona 0,04 µg/l ja vaihteluväli 0,02–0,12 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Yhteenveto pitoisuuksien mallinnuksen tuloksista Kitisen Kurkiaskan laskentapisteeltä on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 17-22).

Taulukko 17-22 Kuivaa ja keskimääräistä virtaamajaksoa[2] kuvaava yhteenveto Kitisen Kurkiaskan laskentapisteen vedenlaatumallinnuksen tuloksista, jokiveden nykyinen pitoisuus (taustapitoisuus) (Lähde: AFRY Finland Oy 2023d) ja ympäristönlaatunormit. Numeroviitteiden selitys: katso Taulukko 17-19.

Pitoisuudet (taustapitoisuus huomioituna) ja vertailupitoisuudet:					
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]**	**Mallinnettu[2] pitoisuus taustapitoisuus huomioiden, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus**		**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
		Tarkastelutilanne TT1[8]	**Tarkastelutilanne TT4[9]**		
Sulfaatti mg/l	2–3 (2–6)	2,4–4,1	2,7–5,0	*Ehdotus vuosikeskiarvoksi (AA-EQS) tulee olemaan noin 100 mg/l[10]*	Ei raja-arvoa
Nikkeli µg/l	0,4 (0,2–1,3)	0,3–0,9	0,3–0,9	Biosaatava pitoisuus 5[3]	Liukoinen pitoisuus 34[4]
Pitoisuusnousut ja vertailupitoisuudet:					
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]**	**Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max) kokonaispitoisuus**		**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
		Tarkastelutilanne TT1[8]	**Tarkastelutilanne TT4[9]**		
Kupari µg/l	0,3 (0,2–1,3)	0,001–0,005	0,001–0,005	Biosaatava pitoisuus 0,5[5]	
Kromi µg/l	0,3–0,5 (0,3–0,8)	0,001–0,005	0,001–0,005	Liukoinen pitoisuus 3,4[5]	
Kadmium µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,01	0,0001–0,0002	<0,00005–0,0001	Liukoinen pitoisuus 0,1[3]	Liukoinen pitoisuus 0,45[4]
Antimoni µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,05	0,001–0,003	0,002–0,006	Talousvedelle kokonaispitoisuutena 6[6]	
Arseeni µg/l	0,1 (0,08–0,18)	<0,00005–0,0002	0,0002–0,0006	Liukoinen pitoisuus 0,5[5]	Liukoinen pitoisuus 7,9[5]
Elohopea µg/l	<0,002 – <0,02 µg/l (<0,002–0,0026)	<0,00005	0,0001–0,0003	(elohopealle ei ole vuosikeskiarvoa koskevaa normia)	Liukoinen pitoisuus 0,07[4]
Lyijy µg/l	0,04 (0,02–0,1)	0,00003–0,0001	0,00004–0,0001	Biosaatava pitoisuus 1,5[3]	Liukoinen pitoisuus 14[4]

Vedenlaatutekijä	Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli) Kurkiaskan padolla	Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus		Erinomaisen/hyvän tilaluokan[7] raja ravinteiden osalta (Kitisen fys. kem. tilaluokka hyvä 3. kaudella)
		Tarkastelutilanne TT1[8]	Tarkastelutilanne TT4[9]	
Kokonaistyppi µg/l	340 (240–440)	4–16	6–21	450
Kokonaisfosfori µg/l	12 (9–37)	0,1–0,2	0,1–0,5	20

Vaikutukset pitoisuuksiin Kitisen Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla

Kokkosnivan voimalaitos sijaitsee noin 62 kilometriä alavirtaan kaivoksen ylijäämävesien purkupaikasta. Pitoisuuslaskennan tarkastelupisteinä käytettyjen voimalaitosten sijainnit on esitetty edellä kuvissa (Kuva 17-10 ja Kuva 17-17). Ravinnepitoisuustietojen puuttuessa Kokkosnivan kohdalta, taulukossa (Taulukko 17-23) esitetyt typen ja fosforin taustapitoisuudet perustuvat Kurkiaskan yläpuolelta mitattuihin arvoihin. Sulfaatin ja metallien osalta taustapitoisuudet perustuvat Kelukosken yläpuolisen Kitisen näytepisteiden 101 ja 123 (Kuva 17-14) tuloksiin vuosilta 2009–2020, sillä Kurkiaskan kohdalta ei ole saatavissa kattavia vedenlaatutietoja. Tämä lähestymistapa on perusteltua myös siksi, että Kelukosken alapuolella vesimäärä lisääntyy, mutta sulfaatti- tai metallikuormitus ei kasva Kelukosken alapuolisella jokiosuudella. Alla esitetyt mallinnetut pitoisuudennousut ja pitoisuudet taustapitoisuus huomioituna ajoittuvat keskimääräistä kuivemman jakson aikaan (vuosi 2013).

Sulfaattipitoisuuden nousu on mallilaskennassa (AFRY Finland Oy 2023d) Kokkosnivan voimalan kohdalla keskimääräistä kuivemman jakson aikana tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) kuukausikeskiarvona suurimmillaan 0,58 mg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona on enimmillään 1,2 mg/l. Korkein hetkellinen nousu on noin 4 mg/l (TT4). (AFRY Finland Oy 2023d). Aikajaksolla 2009-2020 jokiveden taustapitoisuus on ollut sulfaatille mediaaniarvona 2−3 mg/l ja vaihteluväli <2–6 mg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen nikkelin pitoisuuden nousu tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) oli Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla kuukausikeskiarvona suurimmillaan 0,12 µg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) nousu on kuukausikeskiarvona korkeimmillaan noin 0,15 µg/l. Enimmillään pitoisuudennousut käyvät hetkellisesti noin 0,4–0,5 µg/l tasolla (TT4). (AFRY Finland Oy 2023d). Nikkelipitoisuus taustapitoisuus huomioiden on Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla kuukausikeskiarvona enimmillään noin 1 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d). Liukoisen nikkelin taustapitoisuus on ollut Kitisessä vuosina 2018–2020 mediaaniarvona noin 0,4 µg/l ja vaihteluväli 0,2–1,3 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Kokonaistyppipitoisuuden nousu Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) on keskimääräistä kuivemman jakson aikana kuukausikeskiarvona suurimmillaan 11,5 µg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona on korkeimmillaan noin 14,4 µg/l. Enimmillään pitoisuuden nousu on hetkellisesti noin 40–50 µg/l (TT4).

Nykytilanteessa Kitisessä Kurkiaskan yläpuolella taustapitoisuus kokonaistypelle on mediaaniarvona 340 µg/l ja vaihteluväli noin 240–440 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kokonaisfosforipitoisuuden nousu Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) on keskimääräistä kuivemman jakson aikana kuukausikeskiarvona suurimmillaan 0,16 µg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona on suurimmillaan 0,31 µg/l. Suurimman osan ajasta pitoisuusnousut olivat alle n 0,3 µg/l, vaikka käyvät hetkellisesti noin 0,9-1 µg/l:n tasolla (TT4). (AFRY Finland Oy 2023d). Nykytilanteessa Kitisessä Kurkiaskan yläpuolella veden taustapitoisuus kokonaisfosforille on mediaaniarvona 12 µg/l ja vaihteluväli 9–37 µg/l.

Liukoisen kuparin ja kromin pitoisuuksien nousut ovat Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) enimmillään 4 ng/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousu on suurimmillaan 3 ng/l. (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen kromin ja kuparin taustapitoisuus vuosina 2015–2020 mediaaniarvona on ollut 0,3–0,5 µg/l ja vaihteluväli 0,3–0,8 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen kadmiumin pitoisuuden nousu on molemmissa tarkastelutilanteissa (TT1; kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) ja TT4; märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) selvästi alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden taustapitoisuus liukoiselle kadmiumille on ollut vuosina 2015–2020 alle määritysrajan (<0,01 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen antimonin pitoisuusnousu Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) keskimääräistä kuivempana jaksona on kuukausikeskiarvona enimmillään 2 ng/l ja tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) vastaavasti 4 ng/l. (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen antimonin taustapitoisuudet ovat vuosina 2018-2020 olleet alle määritysrajan (<0,05 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen arseenin pitoisuuden nousu on molemmissa tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Liukoisen arseenin taustapitoisuus on ollut vuosina 2015–2020 mediaaniarvona noin 0,1 µg/l ja vaihteluväli 0,08–0,18 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen elohopean pitoisuuden nousu Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla on tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) sekä TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen elohopean vuosina 2015–2020 taustapitoisuus on ollut mediaaniarvona alle määritysrajan (<0,02 tai <0,002 µg/l) ja vaihteluväli on ollut <0,002–0,0026 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen lyijyn pitoisuusnousut Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) ja TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) Kokkosnivan voimalaitoksen kohdalla ovat kuukausikeskiarvona alle 1 ng/l. (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen lyijyn vuosina 2015–2020 taustapitoisuus on ollut mediaaniarvona 0,04 µg/l ja vaihteluväli 0,02–0,1 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Yhteenveto pitoisuuksien mallinnuksen tuloksista Kitisen Kokkosnivan laskentapisteeltä on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 17-23).

Taulukko 17-23 Kuivaa ja keskimääräistä virtaamajaksoa[2] kuvaava yhteenveto Kitisen Kokkosnivan voimalaitoksen laskentapisteen vedenlaatumallinnuksen tuloksista, jokiveden nykyinen pitoisuus (taustapitoisuus) (Lähde: AFRY Finland Oy 2023d) sekä ympäristölaatunormit. Numeroviitteiden selitys: katso Taulukko 17-19.

Pitoisuudet (taustapitoisuus huomioituna) ja vertailupitoisuudet:					
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]**	**Mallinnettu[2] pitoisuus taustapitoisuus huomioiden, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus**		**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
		Tarkastelutilanne TT1[8]	**Tarkastelutilanne TT4[9]**		
Sulfaatti mg/l	2–3 (2–6)	2,4–4,5	2,7–5,1	*Ehdotus vuosikeskiarvoksi (AA-EQS) tulee olemaan noin 100 mg/l[10]*	Ei raja-arvoa
Nikkeli µg/l	0,4 (0,2–1,3)	0,3–1,0	0,3–1,0	Biosaatava pitoisuus 5[3]	Liukoinen pitoisuus 34[4]
Pitoisuusnousut ja vertailupitoisuudet:					
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]**	**Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus**		**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
		Tarkastelutilanne TT1[8]	**Tarkastelutilanne TT4[9]**		
Kupari µg/l	0,3 (0,2–1,3)	0,001–0,004	0,001–0,003	Biosaatava pitoisuus 0,5[5]	
Kromi µg/l	0,3–0,5 (0,3–0,8)	0,001–0,004	0,001–0,003	Liukoinen pitoisuus 3,4[5]	
Kadmium µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,01	0,0001–0,0002	<0,00005–0,0001	Liukoinen pitoisuus 0,1[3]	Liukoinen pitoisuus 0,45[4]
Antimoni µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,05	0,0007–0,002	0,002 – -0,004	Talousvedelle kokonaispitoisuutena 6[6]	
Arseeni µg/l	0,1 (0,08–0,18)	0,0001–0,0002	0,0002–0,0004	Liukoinen pitoisuus 0,5[5]	Liukoinen pitoisuus 7,9[5]
Elohopea µg/l	<0,002 – <0,02 µg/l (<0,002–0,0026)	0,00003–0,0001	0,0001–0,0002	(elohopealle ei ole vuosikeskiarvoa koskevaa normia)	Liukoinen pitoisuus 0,07[4]
Lyijy µg/l	0,04 (0,02–0,1)	0,00002–0,00005	0,00004–0,0001	Biosaatava pitoisuus 1,5[3]	Liukoinen pitoisuus 14[4]
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli) Kurkiaskan padolla**	**Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus**		**Erinomaisen/hyvän tilaluokan[7] raja ravinteiden osalta (Kitisen fys. kem. tilaluokka hyvä 3. kaudella)**	
		Tarkastelutilanne TT1[8]	**Tarkastelutilanne TT4[9]**		
Kokonaistyppi µg/l	340 (240–440)	4–12	6–14	450	
Kokonaisfosfori µg/l	12 (9–37)	0,1–0,2	0,1–0,3	20	

Vaikutukset pitoisuuksiin Kemijoesta Kemijärveen tulevassa vedessä

Tarkastelupaikka sijaitsee noin 130 kilometriä alavirtaan kaivoksen ylijäämävesien purkupaikasta. Pitoisuuslaskennan tarkastelupisteinä käytettyjen voimalaitosten sijainnit on esitetty edellä kuvissa (Kuva 17-10 ja Kuva 17-17). Taulukossa (Taulukko 17-24) esitetyt typen ja fosforin taustapitoisuudet perustuvat Kemijärven yläpuolelta mitattuihin arvoihin. Kattavien vedenlaatutietojen puuttuessa

Kemijärven tulovirtaamasta, sulfaatin ja metallien osalta taustapitoisuudet perustuvat Kitisen näytepisteiden 101 ja 123 (Kuva 17-14) tuloksiin vuosilta 2009–2020. Tämä lähestymistapa on perusteltua myös siksi, että Kelukosken alapuolella vesimäärä lisääntyy, mutta sulfaatti- tai metallikuormitus ei kasva Kelukosken alapuolisella jokiosuudella. Alla esitetyt mallinnetut pitoisuudennousut ja pitoisuudet taustapitoisuus huomioituna ajoittuvat keskimääräistä kuivemman jakson aikaan (vuosi 2013).

Sulfaattipitoisuuden nousu Kemijärven tulovirtaamassa on tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) keskimääräistä kuivemman jakson aikana kuukausikeskiarvona suurimmillaan 0,18 mg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona on enimmillään 0,36 mg/l. Korkeimmillaan pitoisuusnousu on hetkellisesti noin tasolla 2 mg/l (TT4). (AFRY Finland Oy 2023d.) Aikajaksolla 2009–2020 jokiveden taustapitoisuus on ollut sulfaatille mediaaniarvona 2 – 3 mg/l ja vaihteluväli <2–6 mg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen nikkelin pitoisuuden nousu Kemijärven tulovirtaamassa on tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) kuukausikeskiarvona korkeimmillaan 0,036 µg/l ja tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) vastaavasti 0,045 µg/l. Enimmillään nousu on hetkellisesti noin 0,25 µg/l (TT4). Nikkelipitoisuus taustapitoisuus huomioituna on kuukausikeskiarvona enimmillään 0,48 µg/l (TT4). (AFRY Finland Oy 2023d.) Liukoisen nikkelin taustapitoisuus on ollut Kitisessä vuosina 2018–2020 mediaaniarvona noin 0,4 µg/l ja vaihteluväli 0,2–1,3 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Kokonaistyppipitoisuuden nousu Kemijärven tulovirtaamassa on tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) kuukausikeskiarvona suurimmillaan 3,5 µg/l ja tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) vastaavasti 4,3 µg/l. Pitoisuusnousu käy muutaman kerran hetkellisesti korkeimmillaan noin tasolla 20–25 µg/l (TT4). Kitisessä Kemijärven tulovirtaamassa taustapitoisuus kokonaistypelle on nykytilanteessa mediaaniarvona 250 µg/l ja vaihteluväli noin 250–380 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kokonaisfosforipitoisuuden nousu Kemijärven tulovirtaamassa on tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) suurimmillaan kuukausikeskiarvona noin 0,05 µg/l ja tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) 0,9 µg/l. Kitisessä Kemijärven tulovirtaamassa taustapitoisuus kokonaisfosforille on nykytilanteessa mediaaniarvona 14 µg/l ja vaihteluväli 8,2–19 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Liukoisen kuparin ja kromin pitoisuuksien nousut Kemijärven tulovirtaamassa ovat molemmissa tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) ja TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) kuukausikeskiarvona 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden liukoisen kromin ja kuparin taustapitoisuus vuosina 2015–2020 mediaaniarvona on ollut 0,3–0,5 µg/l ja vaihteluväli 0,3–0,8 µg/l (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen kadmiumin pitoisuuden nousut Kemijärven tulovirtaamassa ovat kuukausikeskiarvoina alle 1 ng/l sekä tarkastelutilanteessa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) että tarkastelutilanteessa TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos)

(AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden taustapitoisuus liukoiselle kadmiumille on vuosina 2015–2020 ollut alle määritysrajan (<0,01 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen antimonin pitoisuusnousu tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 on enimmillään 1 ng/l ja liukoisen arseenin vastaavasti alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Liukoisen arseenin taustapitoisuus on vuosina 2015–2020 ollut mediaaniarvona noin 0,1 µg/l ja vaihteluväli 0,08–0,18 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Kitisen veden liukoisen antimonin taustapitoisuudet ovat vuosina 2018–2020 olleet alle määritysrajan (<0,05 µg/l) (näytepisteet 101 ja 123).

Liukoisen elohopean pitoisuuden nousut Kemijärven tulovirtaamassa tarkastelutilanteissa TT1 (kuivaläjitys, 80 % tiivistysskenaario, 2-vaihe tarvekivilouhos) ja TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistysskenaario, 3-vaihe tarvekivilouhos) ovat kuukausikeskiarvoina alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Kitisen veden taustapitoisuus on ollut liukoiselle elohopealle vuosina 2015–2020 mediaaniarvona alle määritysrajan (<0,02 tai <0,002 µg/l) ja vaihteluväli on ollut <0,002–0,0026 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Liukoisen lyijyn pitoisuusnousu kuukausikeskiarvona oli selvästi alle 1 ng/l molemmissa tarkastelutilanteissa. Kitisen veden taustapitoisuus on ollut liukoiselle lyijylle vuosina 2015–2020 mediaaniarvona 0,04 µg/l ja vaihteluväli 0,02–0,1 µg/l (näytepisteet 101 ja 123). Yhteenveto mallinnuksen tuloksista Kemijoesta Kemijärveen tulevan veden laskentapisteeltä on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 17-24).

Taulukko 17-24 Kuivaa ja keskimääräistä virtaamajaksoa[2] kuvaava yhteenveto Kemijoesta Kemijärveen tulevan veden laskentapisteen vedenlaatumallinnuksen tuloksista, jokiveden nykyinen pitoisuus (taustapitoisuus) (AFRY Finland Oy 2023d) sekä ympäristölaatunormit. Numeroviitteiden selitys: katso Taulukko 17-19.

Pitoisuudet (taustapitoisuus huomioituna) ja vertailupitoisuudet:					
Vedenlaatutekijä	**Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]**	**Mallinnettu[2] pitoisuus taustapitoisuus huomioiden, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus**		**Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)**	**Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)**
		Tarkastelutilanne TT1[8]	**Tarkastelutilanne TT4[9]**		
Sulfaatti mg/l	2,8 (2,1–3,8)	2,2–2,6	2,3–2,8	*Ehdotus vuosikeskiarvoksi (AA-EQS) tulee olemaan noin 100 mg/l[10]*	Ei raja-arvoa
Nikkeli µg/l	0,36 (0,25–1,8)	0,3–0,5	0,3–0,5	Biosaatava pitoisuus 5[3]	Liukoinen pitoisuus 34[4]

Pitoisuusnousut ja vertailupitoisuudet:					
Veden-laatu-tekijä	Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli)[1]	Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max) kokonaispitoisuus		Ympäristönlaatunormi (vuosikeskiarvo)	Ympäristönlaatunormi (maksimipitoisuus)
		Tarkastelutilanne TT1[8]	Tarkastelutilanne TT4[9]		
Kupari µg/l	0,3 (0,2–1,3)	0,001	0,001	Biosaatava pitoisuus 0,5[5]	
Kromi µg/l	0,3–0,5 (0,3–0,8)	0,001	0,001	Liukoinen pitoisuus 3,4[5]	
Kadmium µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,01	<0,00005–0,0001	<0,00005	Liukoinen pitoisuus 0,1[3]	Liukoinen pitoisuus 0,45[4]
Antimoni µg/l	Jatkuvasti alle määritysrajan <0,05	<0,0005–0,001	0,001	Talousvedelle kokonaispitoisuutena 6[6]	
Arseeni µg/l	0,1 (0,08–0,18)	<0,00005	0,0001	Liukoinen pitoisuus 0,5[5]	Liukoinen pitoisuus 7,9[5]
Elohopea µg/l	<0,002 – <0,02 (<0,002–0,0026)	<0,00005	<0,00005–0,0001	(elohopealle ei ole vuosikeskiarvoa koskevaa normia)	Liukoinen pitoisuus 0,07[4]
Lyijy µg/l	0,04 (0,02–0,1)	0,00001–0,00002	0,00002–0,00003	Biosaatava pitoisuus 1,5[3]	Liukoinen pitoisuus 14[4]
Veden-laatu-tekijä	Taustapitoisuuden mediaani (vaihteluväli) Kemijärven yläpuolella	Mallinnettu[2] pitoisuusnousu, kuukausikeskiarvo (min-max), kokonaispitoisuus		Erinomaisen/hyvän tilaluokan[7] raja ravinteiden osalta (Kitisen fys. kem. tilaluokka hyvä 3. kaudella)	
		Tarkastelutilanne TT1[8]	Tarkastelutilanne TT4[9]		
Kokonaistyppi µg/l	250 (230–380)	2–3	3–4	450	
Kokonaisfosfori µg/l	14 (8,2–19)	0,03–0,05	0,06–0,09	20	

Raakavedenoton vaikutukset Kitiseen

Kaivoksella tarvittava raakavesi otetaan Kitisestä. Ottopaikkavaihtoehdoista pohjoisin sijaitsee lähellä Myllyojan ja Kitisen liittymäkohtaa, keskimmäinen vaihtoehto sijaitsee Kuusivaarankummun kohdalla ja eteläisempi Kotisuvannon kohdalla (ks. Kuva 3-2 Luvussa 3). Kaivoksen ylösajovaiheen vedenottotarve voi olla hetkellisesti 800 m³/h. Ylösajovaiheen vedenottotarve on moninkertainen verrattuna kaivoksen toimintavaiheeseen, jolloin tarve on arviolta 15–25 m³/h. Hetkellisesti vedenottotarve voi toimintavaiheessakin olla 200 m³/h. (AFRY Finland Oy 2023d.) Määrät ovat kuitenkin niin pieniä Kitisen virtaamiin nähden, ettei vedenotolla ole vaikutuksia Kitiseen. Myöskään vedenottopaikan sijaintivaihtoehdolla ei ole merkitystä.

Vaikutukset Kitisen ekologiseen ja kemialliseen tilaan

Vaikutusten arviointi perustuu AFRY Finland Oy:n (2023a) laatimaan pintavesimallinnukseen.

Sulfaatti ja muut suolat

Vedenlaadun mallinnuksen (AFRY Finland Oy 2023d) mukaan sulfaattipitoisuudet jäävät kaikissa kuormitusvaihtoehdoissa ja virtaamatilanteissa melko pieniksi lukuun ottamatta lyhytkestoisia ja pienellä alueella tapahtuvia nousuja pohjanläheisessä vedessä. Huomioitavaa on, että kokonaissuolapitoisuus on arvioitu kaksi kertaa sulfaattipitoisuutta suuremmaksi. Sulfaatin lisäksi pääosa suolakuormituksesta muodostuu maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden sisältämästä kloridista. Kelukosken altaassa sulfaatin pitoisuusnousut ovat enimmäkseen alle 10 mg/l. Sakatin kaivoksen kuormitus, Kevitsan kaivoksen kuormitus ja taustapitoisuus huomioiden suurimmat hetkelliset sulfaattipitoisuudet Kelukosken altaassa pohjan lähellä ovat tasolla 50 mg/l (TT4, purkupaikkavaihtoehto A) tai tasolla 100 mg/l (TT4, purkupaikkavaihtoehto B). (AFRY Finland Oy 2023d). Sulfaattipitoisuus on pohjanläheisessä vedessä purkupisteen lähellä tasolla ≥90 mg/l yhtäjaksoisesti (mallinnetuista 1 h keskiarvoista laskettuna) korkeintaan alle vuorokauden ajan (TT4, purkupaikka B). Kemijärven tulovirtaamassa sulfaatin pitoisuusnousu tarkastelutilanteessa TT1 oli kuukausikeskiarvona enimmillään noin 0,2 mg/l ja tarkastelutilanteessa TT4 enimmillään noin 0,4 mg/l (AFRY Finland Oy 2023d).

Sulfaatille ei ole tällä hetkellä Suomessa pintavesien ympäristönlaatunormeja, mutta ehdotus vuosikeskiarvoksi (AA-EQS) tulee olemaan noin 100 mg/l (Suomen ympäristökeskus 2022). Mallinnetut pitoisuudet eivät ylitä tätä tasoa. Arvioidun tasoisilla sulfaatti- tai suolapitoisuuksilla voidaan arvioida olevan vain vähäinen vaikutus Kitisen nykyiseen vedenlaatuun (AFRY Finland Oy 2023d).

Liukoinen nikkeli

Sakatin vaikutus Kelukosken altaan veden nikkelipitoisuuteen on mallinnuksen mukaan kaikissa tarkastelutilanteissa ja virtaamatilanteissa melko pieni. Tarkastelutilanteessa TT1 Kevitsan kaivoksen vaikutus ja muu taustapitoisuus huomioiden Kelukosken altaan veden nikkelipitoisuus jää pintavedessä pääosin alle 2 µg/l ja pohjakerroksessa alle 4 µg/l. Muutaman kerran pitoisuus pohjakerroksessa käy hetkellisesti tasolla 7–10 µg/l. Tarkastelutilanteessa TT4 pintaveden pitoisuus taustapitoisuus huomioiden on pääosin alle 2 µg/l ja pohjakerroksessa korkeimmillaan hetkellisesti hieman yli 10 µg/l. (AFRY Finland Oy 2023d.) Keskimääräistä kuivemman virtaama aikana tarkastelutilanteessa TT4 (purkupaikkavaihtoehto B) nikkelipitoisuus pysyy yli 5 µg/l tasolla pohjanläheisessä vedessä yhtäjaksoisesti korkeintaan noin kolmen vuorokauden ajan (laskentapiste VO). Kemijärven tulovirtaamassa tarkastelutilanteessa TT4, nikkelipitoisuus taustapitoisuus huomioituna oli kuukausikeskiarvona enimmillään tasoa 0,3–0,5 µg/l (AFRY Finland Oy 2023d).

Biosaatavan nikkelin ympäristönlaatunormi on vuosikeskiarvolle (ns. AA-EQS-normi) 4 µg/l + taustapitoisuus. Ympäristönlaatunormi yksittäiselle nikkelipitoisuudelle on annettu liukoisena pitoisuutena 34 µg/l (MAC-EQS). Liukoisen nikkelin pitoisuudet jäävät alle biosaatavan nikkelin ympäristönlaatunormin tason molemmissa tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 sekä molemmissa purkupaikkavaihtoehdoissa A ja B. Koska biosaatava pitoisuus voi olla korkeintaan yhtä suuri kuin liukoinen tai kokonaispitoisuus, voidaan arvioida myös biosaatavan pitoisuustason jäävän selvästi alle ympäristönlaatunormin. Sakatin kaivoksen ylijäämäveden nikkelikuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen nykyiseen hyvään fysikaalis-kemialliseen tilaan.

Kokonaistyppi ja kokonaisfosfori

Sakatin kaivoksen ylijäämävesien kuormituksen aiheuttamat lasketut typen pitoisuusnousut ovat Kitisessä kaivoksen lähialueella Kelukosken padolla kuivina kuukausina keskimäärin luokkaa 10–40 µg/l tarkastelutilanteessa TT1 ja luokkaa 10–50 µg/l tarkastelutilanteessa TT4. Enimmillään hetkellinen typpilisäys Kelukosken padolla voi olla 50–200 µg/l tarkastelutilanteessa TT1 ja 100–230 µg/l tarkastelutilanteessa TT4. Kemijärven tulovirtaamassa tarkastelutilanteessa TT4 pitoisuuden nousu on kuukausikeskiarvona enimmillään tasoa 3–4 µg/l. Kokonaisfosforin pitoisuudennousu kuukausikeskiarvona Kelukosken padolla tarkastelutilanteessa TT1 on enimmillään 0,6 µg/l ja tarkastelutilanteessa TT4 enimmillään 1,0 µg/l. Kemijärveen tulevassa vedessä pitoisuuden nousun kuukausikeskiarvo on enimmillään 0,05 µg/l (TT1) tai 0,09 µg/l (TT4) (AFRY Finland Oy 2023d).

Kitisen nykyinen erinomaista tilaa vastaava ravinteiden pitoisuus on pienempi kuin erinomaisen ja hyvän luokan välinen raja-arvo, joka on kokonaistypelle 450 µg/l ja kokonaisfosforille 20 µg/l. Sakatin aiheuttamat pitoisuusnousut ovat melko pieniä, joten Sakatin kaivoksen kokonaistyppi- ja kokonaisfosforikuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen 3. kauden fysikaalis-kemiallisen tilan luokitustulokseen (AFRY Finland Oy 2023d).

Liukoinen lyijy

Jokimallilaskennassa liukoisen lyijyn pitoisuusnousu oli Kelukosken padon kohdalla molemmissa tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 keskimääräistä vähäisemmän virtaaman vuonna kuukausikeskiarvona alle 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Biosaatavan lyijyn ympäristönlaatunormi on vuosikeskiarvolle (ns. AAEQS-normi) 1,2 µg/l + taustapitoisuus. Lyijykuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen nykyiseen tilaluokitukseen.

Liukoinen kadmium

Jokimallilaskennassa liukoisen kadmiumin pitoisuusnousu oli Kelukosken padolla molemmissa tarkastelutilanteissa TT1 ja TT4 keskimääräistä vähävirtaamaisempana vuonna kuukausikeskiarvona 1 ng/l (AFRY Finland Oy 2023d). Liukoisen kadmiumin ympäristönlaatunormi on vuosikeskiarvolle (ns. AA-EQS-normi) 0,08 µg/l + taustapitoisuus. Keskimääräistä vähävirtaamaisemman vuoden keskiarvona lasketut pitoisuusnousut jäävät normin antamaa enimmäispitoisuutta pienemmiksi. Kadmiumkuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen nykyiseen tilaluokitukseen.

Liukoinen elohopea

Jokimallilaskennassa liukoisen elohopean pitoisuusnousu oli keskimääräistä vähävirtaamaisempana vuonna Kelukosken padolla kuukausikeskiarvona <1 ng/l (tarkastelutilanteet TT1 ja TT4; AFRY Finland Oy 2023d). Liukoisen elohopean ympäristönlaatunormi hetkelliselle korkeimmalle pitoisuudelle (MAC-EQS) on 0,07 µg/l. Veden liukoiselle elohopealle ei ole annettu normia vuosikeskiarvolle. Euroopan kemikaaliviraston arvioima suurin haitaton elohopean pitoisuus (ns. PNEC-pitoisuus) on sisävesille pitkäaikaisessa altistuksessa 0,057 µg/l (ECHA 2020). Elohopeakuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen nykyiseen tilaluokitukseen.

Liukoinen antimoni ja liukoinen arseeni

Jokimallissa Kelukosken padolle laskettu pitoisuusnousu kuivana jaksona kuukausikeskiarvona liukoiselle antimonille oli enimmillään 0,014 µg/l ja liukoiselle arseenille 0,0015 µg/l (tarkastelutilanne TT4; AFRY Finland Oy 2023d). Antimonille ei ole annettu ympäristönlaatunormia pintavesille. ECHA:n (2020) tietokannassa suurin haitaton antimonin pitoisuus eli ns. PNEC-pitoisuus on sisävesille noin 110 µg/l. Kanadassa on annettu talousvesille antimonille ihmisen terveyteen perustuva raja-arvo 6 µg/l (kokonaispitoisuus) (Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 2020).

Arseenille ei ole Suomessa asetettu ympäristönlaatunormia pintavesille. Ruotsissa sisämaan pintavesien ympäristönlaatunormi on liukoiselle arseenille ja arseeniyhdisteille vuosikeskiarvona 0,5 µg/l ja hetkelliselle pitoisuudelle 7,9 µg/l (HVMFS 2019). Ruotsin ympäristönlaatunormia käytettäessä mittaustuloksesta vähennetään taustapitoisuus ennen vertailua normiin. Kanadassa arseenipitoisuuden ohjearvo sisävesille on 5 µg/l (tiettävästi kokonaispitoisuutena) (Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life 1999). ECHA:n (2020) tietokannassa suurin haitaton arseenin pitoisuus eli ns. PNEC-pitoisuus on sisävesille noin 13 µg/l. Sakatin kaivoksen antimonin ja arseenin kuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen nykyiseen tilaluokitukseen.

Liukoinen kromi ja liukoinen kupari

Liukoisen kromin ja liukoisen kuparin pitoisuus on arvioitu samaksi Kitiseen johdettavissa kaivoksen ylijäämävesissä, joten laskennallinen pitoisuusnousu joen vedessä on sama kummallekin metallille. Suurin kromin ja kuparin pitoisuusnousu oli Kelukosken padolla keskimääräistä kuivempana vuonna kuukausikeskiarvona 0,012 µg/l (TT1 ja TT4). (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kitisen veden liukoisen kromin pitoisuus on vuosien 2015–2020 havaintojen perusteella noin 0,3–0,8 µg/l ja liukoiselle kuparille noin 0,2–1,3 µg/l. Kromille ja kuparille ei ole annettu ympäristönlaatunormeja pintavesille. Arvioidut suurimmat haitattomat pitoisuudet (ns. PNEC-pitoisuudet) ovat sisävesille seuraavia:

- Kromi: noin 6 µg/l (ECHA 2020)
- Kupari: noin 8 µg/l (ECHA 2020)

Kanadassa luonnonvesien suojelussa käytetyt ohjearvot ovat kokonaispitoisuuksina kromille 1,0 – 8,9 µg/l (Cr^{6+} - Cr^{3+}) ja kuparille 2 µg/l (Canadian Water quality guidelines for the Protection of Aquatic Life 2007). Kromin ja kuparin kuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen nykyiseen tilaan.

pH

Sakatin kaivoksen vesivarastoaltaan veden arvioitu pH-taso on 6,0–9,5. Ennen johtamista Kitiseen, ylijäämävesi käsitellään vesienkäsittelyprosessissa (AFRY Finland Oy 2023a), millä voi olla vaikutuksia veden pH-arvoon. Kitiseen johdettavan veden pH:n arvioidaan kuitenkin olevan edellä mainitulla vaihteluvälillä. Vesivarastoaltaan pH:n vaihteluvälin alaraja on korkeampi kuin erinomaisen ja hyvän tilaluokan pH-minimin raja (>5,7). Vesivarastoaltaan vesien arvioitu pH:n yläraja 9,5 on selvästi luonnonvesiä sekä Kitisen perustasoa (noin 6,6–7,3) korkeampi. Kitisessä kaivoksen vesi kuitenkin laimenee suureen vesimäärään, joten ekologisia haittoja ei ole odotettavissa ylijäämäveden pH:n vuoksi.

Biologiset tekijät

Kokonaisuutena arvioiden Sakatin kaivostoiminnan kuormitus ei aiheuta Kitisen vesimuodostumassa sellaista piileväyhteisöihin kohdistuvaa tilan huonontumista, joka johtaisi piilevä-laatutekijän ja sitä kautta biologisen tai ekologisen tilaluokan laskuun (AFRY Finland Oy 2023d).

Sakatin kaivostoiminnan kuormitus ei heikennä merkittävästi myöskään Kitisen vesimuodostuman pohjaeläinyhteisöjä. Kitisen pohjaeläinlajisto on muuttunut suuresti patojen ja allastumisen seurauksena. Sakatin kaivoshankkeella ei arvioida olevan sellaista vaikutusta, joka heikentäisi entisestään Kitisen vesimuodostuman pohjaeläinlajistojen välttävää ekologista tilaa (AFRY Finland Oy 2023d).

Aineiden yhteisvaikutukset Kitisessä

Haitta-aineiden yhteisvaikutukset arvioitiin ns. toksinen yksikkö (*toxic unit*, TU) -menetelmän avulla AFRY Finland Oy:n 2023d) toimesta. Menetelmä on esitetty Geologian tutkimuskeskuksen julkaisemassa kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arviointioppaassa (Kauppila 2015). Menetelmässä kunkin aineen ennustettu ympäristöpitoisuus jaetaan sen ympäristönlaatunormilla. Nämä TU-yksiköt voidaan laskea yhteen, ja jos summa ylittää luvun yksi, haittavaikutuksia voidaan olettaa ilmenevän. (AFRY Finland Oy 2023e.)

Laskennassa huomioitiin ensisijaisesti ne alkuaineet ja yhdisteet, joille on olemassa suomalainen tai ruotsalainen ympäristönlaatunormi tai ohjearvo, jotka on sovitettu pohjoismaisiin olosuhteisiin. Antimonille ei ole pintavesien osalta asetettu ohjearvoa ja siten se olisi perusteltua myös jättää laskennasta kokonaan pois. Ruotsissa on esitetty sulfaatille laatunormia 34 mg/l, mutta sitä ei ole kuitenkaan hyväksytty asetukseen kansalliseksi laatunormiksi. (AFRY Finland Oy 2023e.)

Sulfaatin ja nikkelin pitoisuusarviot perustuvat vesistömallinnuksen tuloksiin, muiden metallien pitoisuusnousut on laskettu mallinnetun sulfaattipitoisuuden perusteella, ja taustapitoisuutena on käytetty Sattasen ja Matarakosken vedenlaatutuloksia 2015–2017. Kuparille, nikkelille, lyijylle ja sinkille laskettiin taustapitoisuuden ja pitoisuuslisäyksen osalta biosaatava pitoisuus Bio-met-työkalun avulla (www.bio-met.net, v. 5). Laskennan edellyttäminä vedenlaadun lisätietoina käytettiin olemassa olevaa keskimääräistä tietoa alueen vedenlaadusta. (AFRY Finland Oy 2023e.)

Laskenta on tehty Kelukosken pitoisuuksilla, suurimmalla kuormitusskenaariolla TT4 (märkäläjitys, 65 % tiivistys, 3-vaihe tarvekivilouhos) ja suurimmalla kuukausikeskiarvolla, joka pääsääntöisesti koski skenaariota KK13B (purkupaikka B, kuiva ajanjakso ja sis. Kevitsan kaivoksen vaikutuksen). Laskennassa on käytetty korkeinta kuukausikeskiarvoa eikä se siten huomioi hetkellisiä pitoisuushuippuja. (AFRY Finland Oy 2023e.)

Kitisen Kelukosken TU-laskennan tulos (0,33) viittaa siihen, että tarkasteltujen aineiden haitallisten yhteisvaikutusten esiintymisen riski on pieni. TU-laskentaan liittyy kuitenkin rajoituksia ja epävarmuustekijöitä. Laskentatapa on hyvin pelkistetty, ja se olettaa kaikkien aineiden vaikutukset summautuviksi. Johtopäätösten tekeminen laskennan tuloksista on epävarmaa, sillä vesistössä toteutuvat vaikutukset riippuvat haitta-ainepitoisuuksien lisäksi monista vesistön fysikaalis-kemiallisista ja biologisista ominaisuuksista (AFRY Finland Oy 2023e). Yhteisvaikutusten arvioinnin luotettavuutta

vähentää se, että laskennassa käytetyt arvioidut ainepitoisuudet perustuvat konservatiiviseen mallinnukseen. Lisäksi Kitisen vesieliöstöön vaikuttaa veden laadun ohella vesistön rakentaminen ja säännöstely.

Vaikutukset Iso Moskujärveen, Pikku Moskujärveen ja Kotajärveen

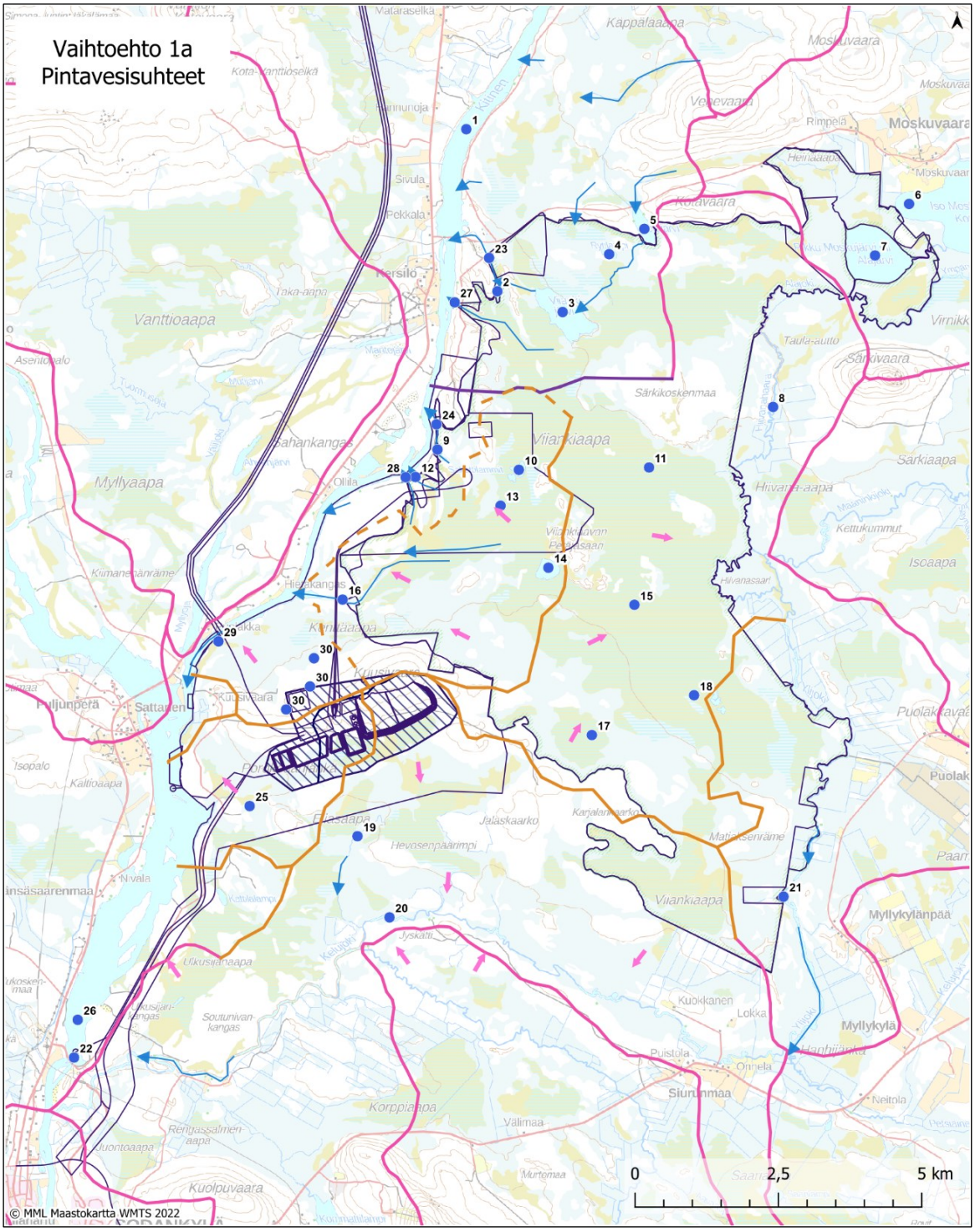
Iso Moskujärvi (6), Pikku Moskujärvi (7) ja Kotajärvi (5) sijaitsevat Viiankiaavan pohjoispuolella (Kuva 17-18). Ne eivät sijaitse kaivostoimintojen tai kaivosrakenteiden valuma-alueilla. Pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) tulosten perusteella pohjaveden korkeuteen kohdistuvat vaikutukset eivät ulotu niiden valuma-alueille. Näin ollen voidaan todeta, että kaivoshankkeella ei ole vaikutusta Iso Moskujärveen, Pikku Moskujärveen tai Kotajärveen.

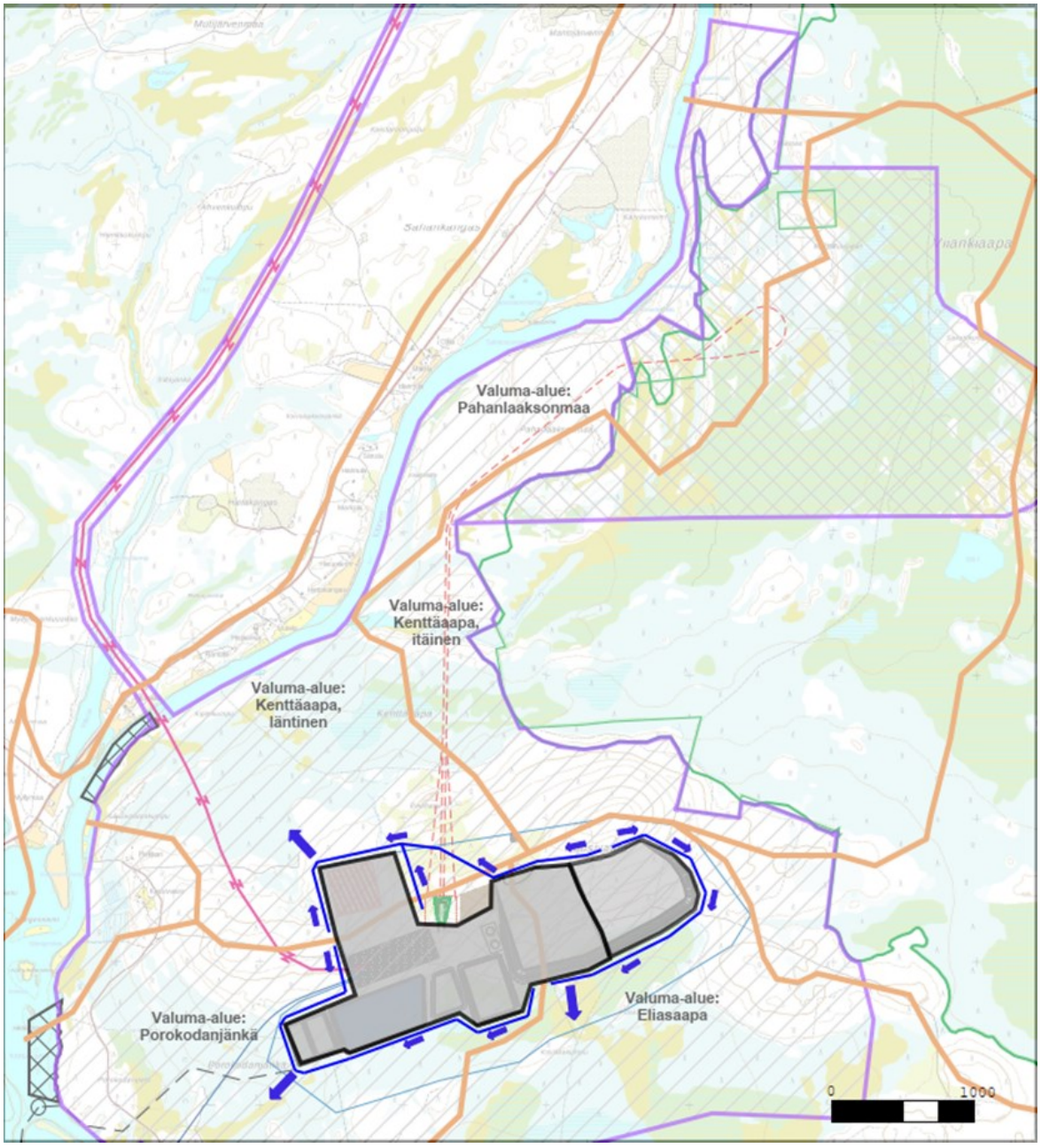
Vaikutukset pintavesiin kaivostoimintojen lähivaluma-alueella

Kaivostoimintojen lähivaluma-alueella tarkoitetaan pieniä puroja, jotka johtavat kaivostoimintojen alueelta lännen suuntaan Kitiseen, etelän suuntaan Kelujokeen (joka on Kitisen sivujoki) ja idän suuntaan Hiivanahaaraan (8). Hiivanahaaran nimi muuttuu alavirrassa Ylijoeksi (Kuva 17-18). Hiivanahaara-Ylijoki on Kelujoen sivujoki. Lisäksi lähivaluma-alueeseen kuuluvat Viiankiaavan alueen ja Viiankiaavan ja Kitisen välialueen järvet ja pienet ja pienehköt lammet, jotka ovat seuraavat (sijainti ks. Kuva 17-18 alempana):

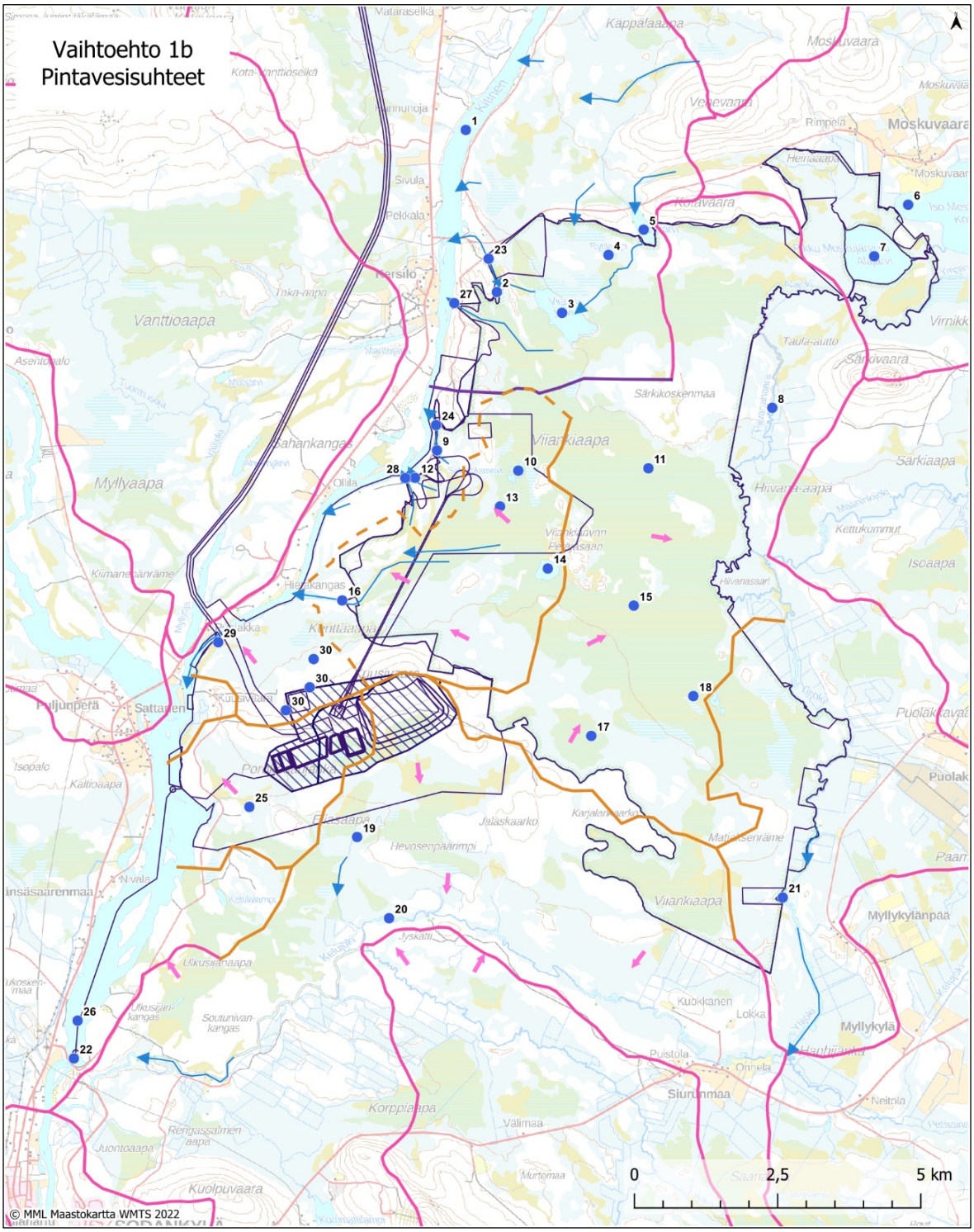
- Viiankijärvi (3; Viiankiaavan pohjoisosassa)
- Sakattilammit (10; kolme suolampea Viiankiaavan länsiosassa)
- Kärväslampi (9; lähellä Kitisen rantaa)
- Kokkolampi (2; Viiankijärven koillispuolella)
- Rytilampi (4; Viiankijärven pohjoispuolella)
- Viiankilammit (18; noin kymmenen erillisen suolammen ryhmä Viiankiaavan kaakkoisosassa)
- Nimetön lampi 1 (13; Petäjäsaaren luoteispuolinen)
- Nimetön lampi 2 (14; Petäjäsaaren lounaispuolinen)
- Nimetön suolampi 3 (11; Petäjäsaaren koillispuolinen ja Kolottamasaaren luoteispuolinen)
- Nimetön suolampi 4 (15; Petäjäsaaren kaakkoispuolinen)
- Nimetön suolampi 5 (17; Petäjäsaaren eteläpuolinen)

Seuraavissa kuvissa (Kuva 17-18 – Kuva 17-29) on esitetty vaihtoehdoittain kaivoksen toimintojen sijoittuminen suhteessa lähialueen vesistöihin ja lähialueen valuma-alueisiin.

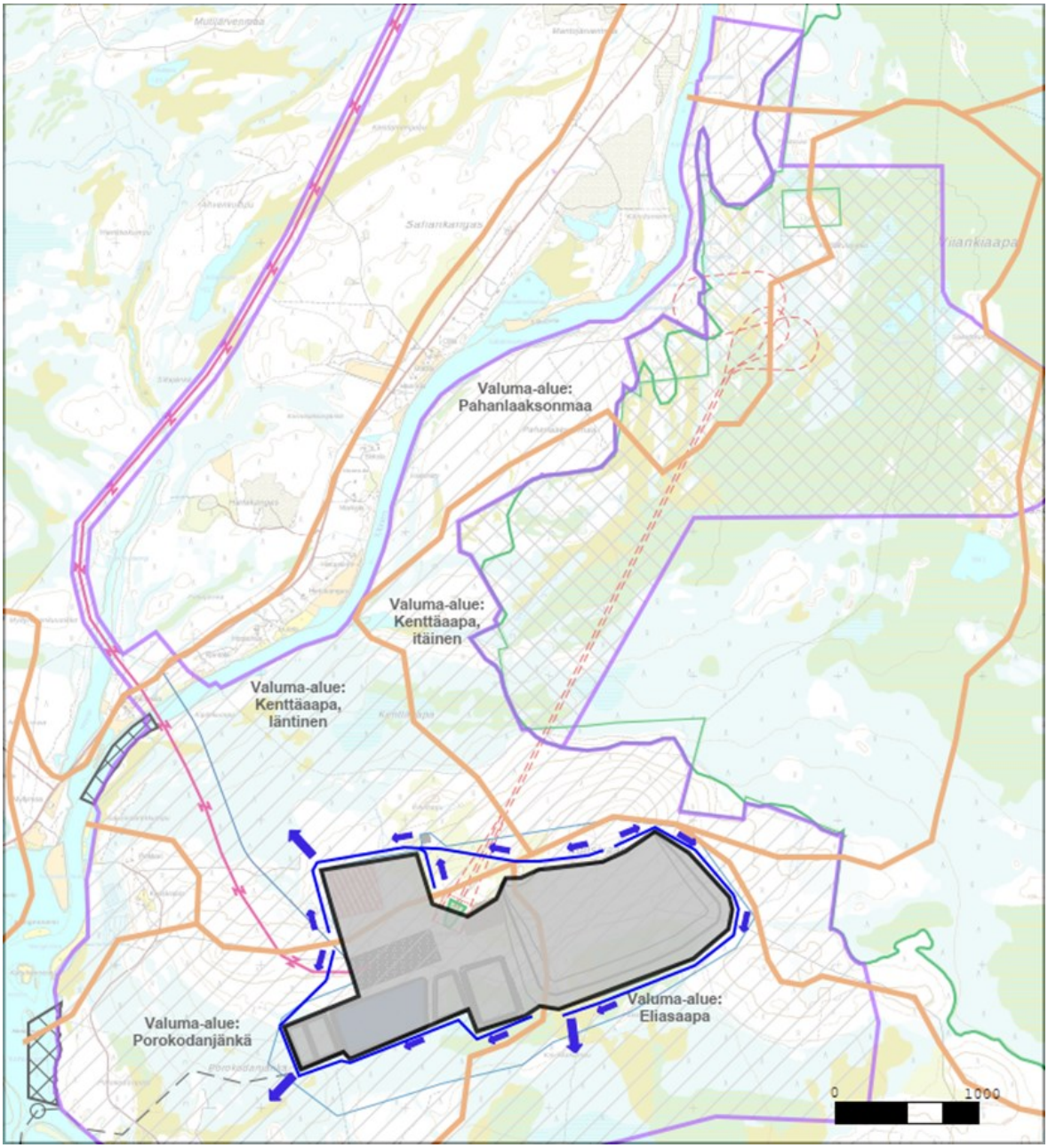

Vaihtoehto 1a
Pintavesisuhteet
Vanttioaapa
Myllyaapa
Viiankiaapa
Moskuvaara
Sivula
Pekkala
Iersilö
Sattanen
Puljunperä
Nivala
Kaltioaapa
Isopalo
Kuolpuvaara
Siurunmaa
Myllykylä
Myllykylänpää
Puolakkavaara
Särkiaapa
Särkivaara
Isoaapa
Kettukummut
Hiivana-aapa
Korppiaapa
Ulkusiianaapa
Jyskäli
Kuokkanen
Lokka
Puistola
Onnela
Neitola
Välimaa
Murtomaa
Rengassalmenaapa
Juontoaapa
Soutunivan kangas
Hevosenpäärimpi
Jalaskaarko
Kuusivaara
Kuusiaapa
Kiimanselänräme
Matiaisenräme
Hiivanasaari
Viiankiavan Päänsaari
Kuusiaapa
Kuusivaara
Kuusiaapa
Kuusivaara
Kuusiaapa
Kuusivaara



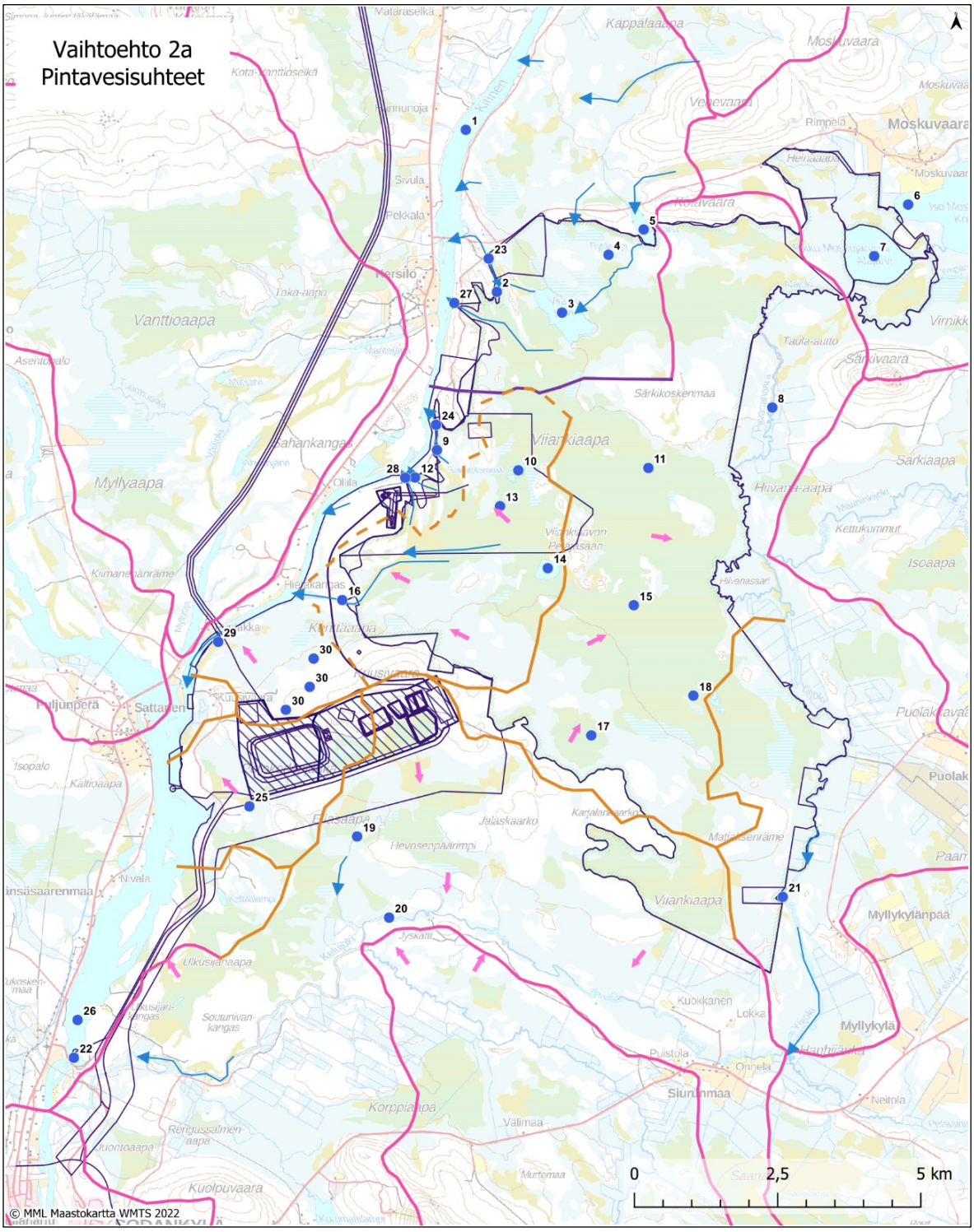
Kuva 17-19 Tehdasalueen valumavesien johtamisen tarkempi rajaus, VE1a. Merkkien selitykset: harmaa alue: valumavedet johdetaan pois luontaiselta valuma-alueelta. Oranssi viiva: luontainen valuma-alueraja. Violetti viiva: hankealueen raja. Violetti raja ja vinoviivoitus: hankealue. Tehdasaluetta ympäröivä vaaleansininen viiva: aita. Siniset nuolet: ympäristön puhtaiden valumavesien johtamisreitti tehdasalueen ohi. Ei mittakaavaa. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a.)



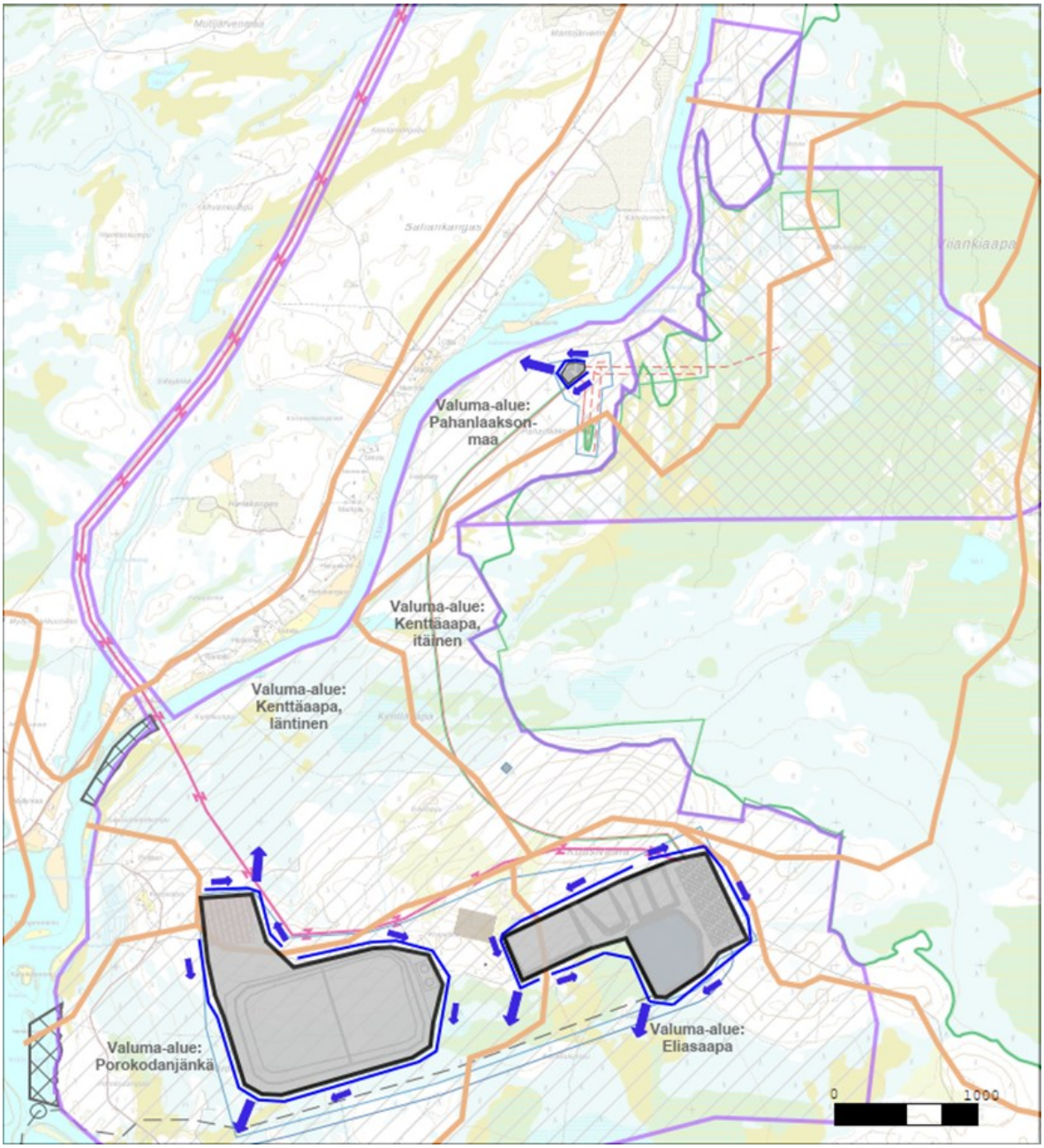
Kuva 17-20 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE1b osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: katso Kuva 17-4.



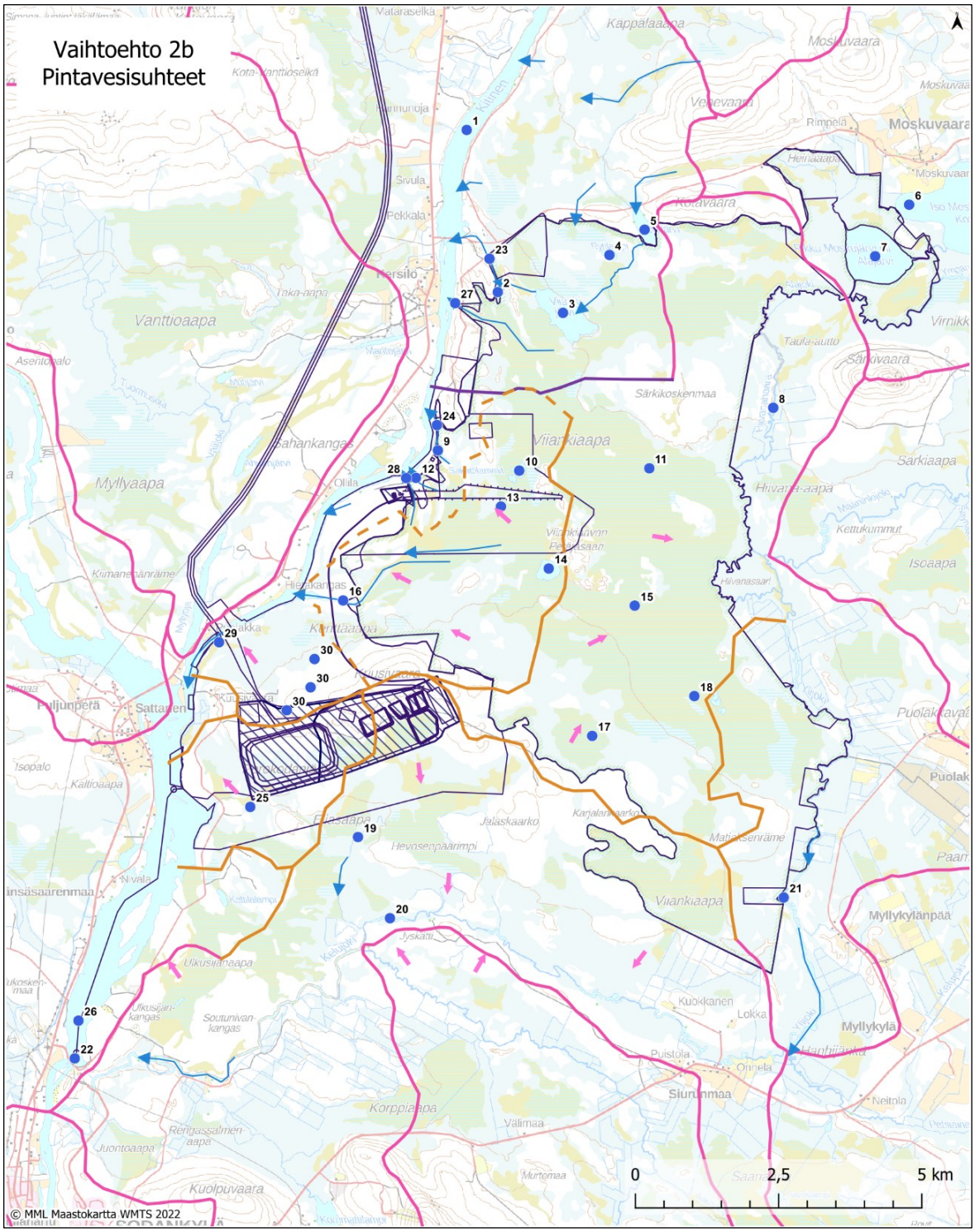
Kuva 17-21 Tehdasalueen valumavesien johtamisen tarkempi rajaus, VE1b. Merkkien selitykset: harmaa alue: valumavedet johdetaan pois luontaiselta valuma-alueelta. Oranssi viiva: luontainen valuma-alueraja. Violetti viiva: hankealueen raja. Violetti raja ja vinoviivoitus: hankealue. Tehdasaluetta ympäröivä vaaleansininen viiva: aita. Siniset nuolet: ympäristön puhtaiden valumavesien johtamisreitti tehdasalueen ohi. Ei mittakaavaa. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a.)



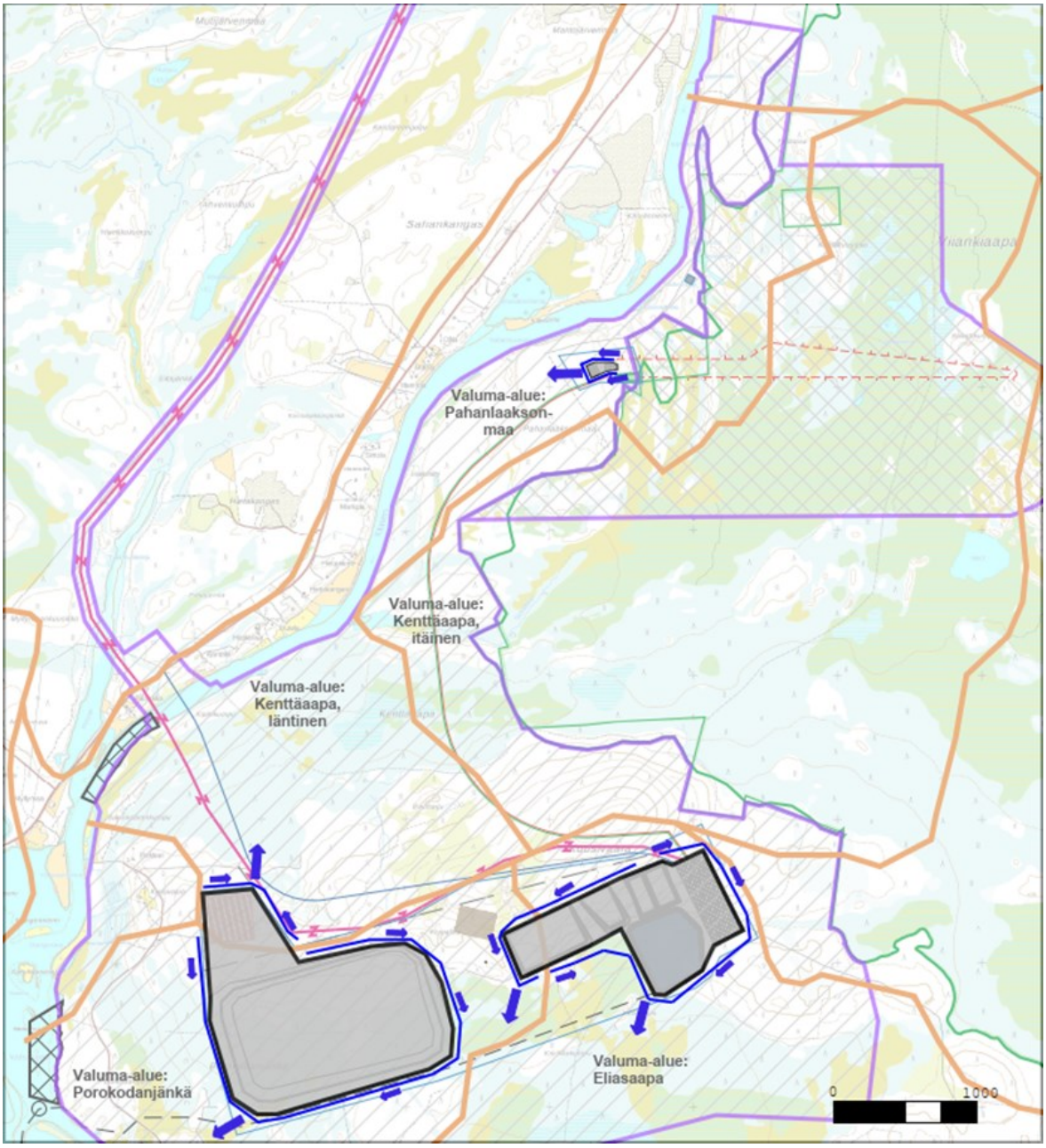
Kuva 17-22 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE2a osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: katso Kuva 17-4.



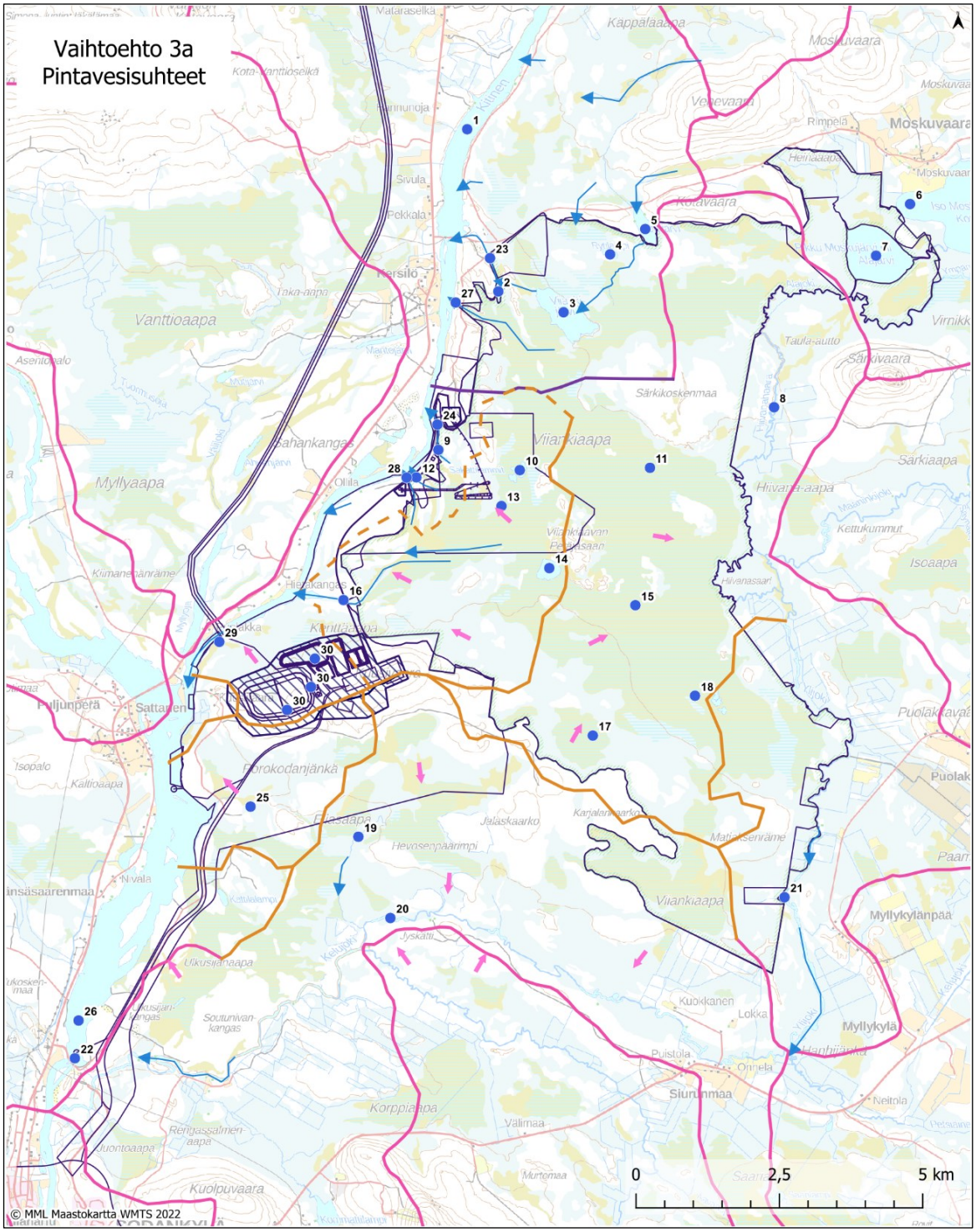
Kuva 17-23 Tehdasalueen valumavesien johtamisen tarkempi rajaus, VE2a. Merkkien selitykset: harmaa alue: valumavedet johdetaan pois luontaiselta valuma-alueelta. Oranssi viiva: luontainen valuma-alueraja. Violetti viiva: hankealueen raja. Violetti raja ja vinoviivoitus: hankealue. Tehdasaluetta ympäröivä vaaleansininen viiva: aita. Siniset nuolet: ympäristön puhtaiden valumavesien johtamisreitti tehdasalueen ohi. Ruskea-vihreä viiva: huoltotie, hihnakuljetin, putkilinja ja voimajohto. Kapea ruskea katkoviiva tehdasalueen ulkopuolisten maanpäällisten toimintojen alueen itäpuolella (kuvan yläosassa): maanalaisen kaivoksen vinotunneli. Ei mittakaavaa. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a.)



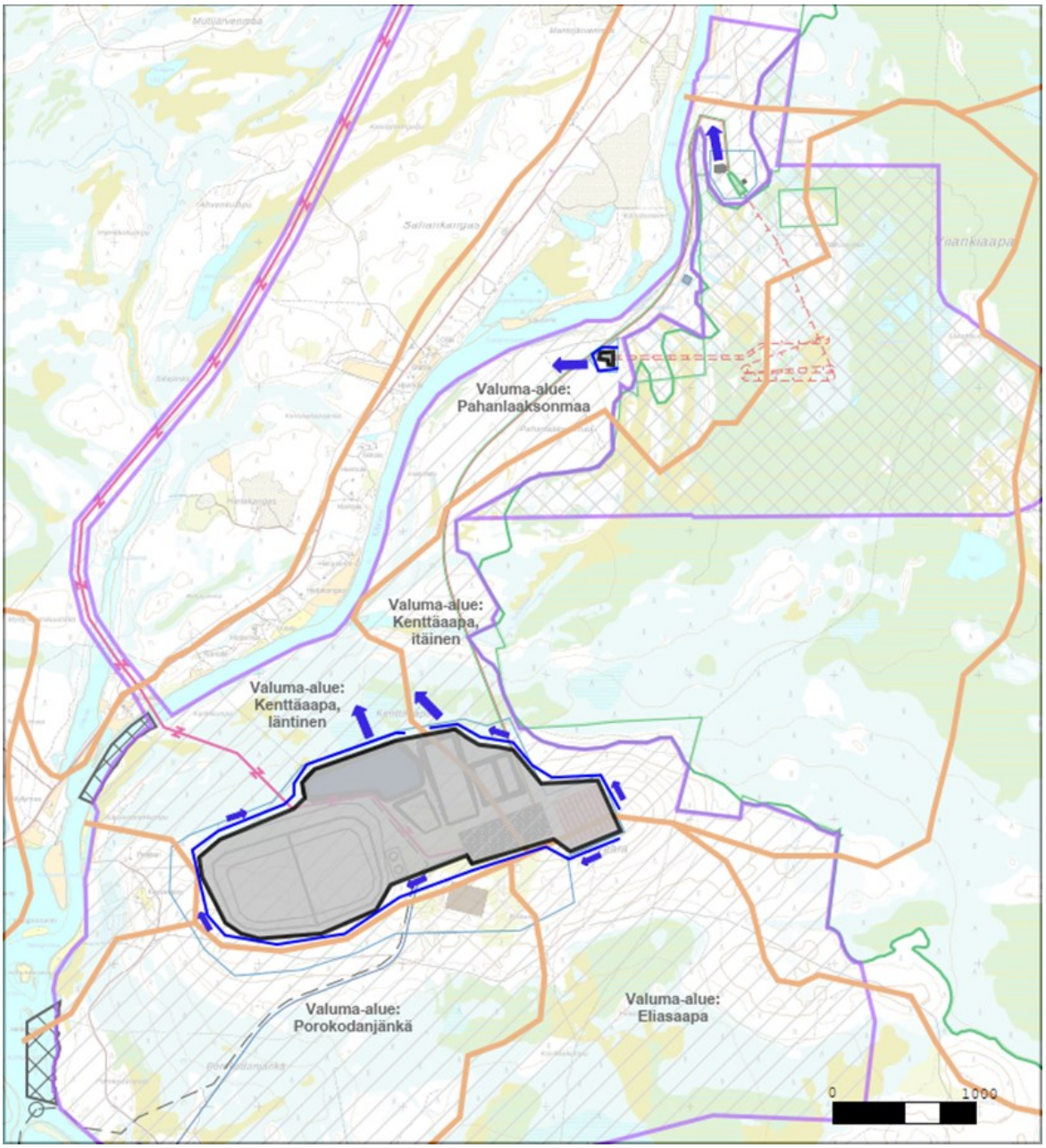
Kuva 17-24 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE2b osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: katso Kuva 17-4.



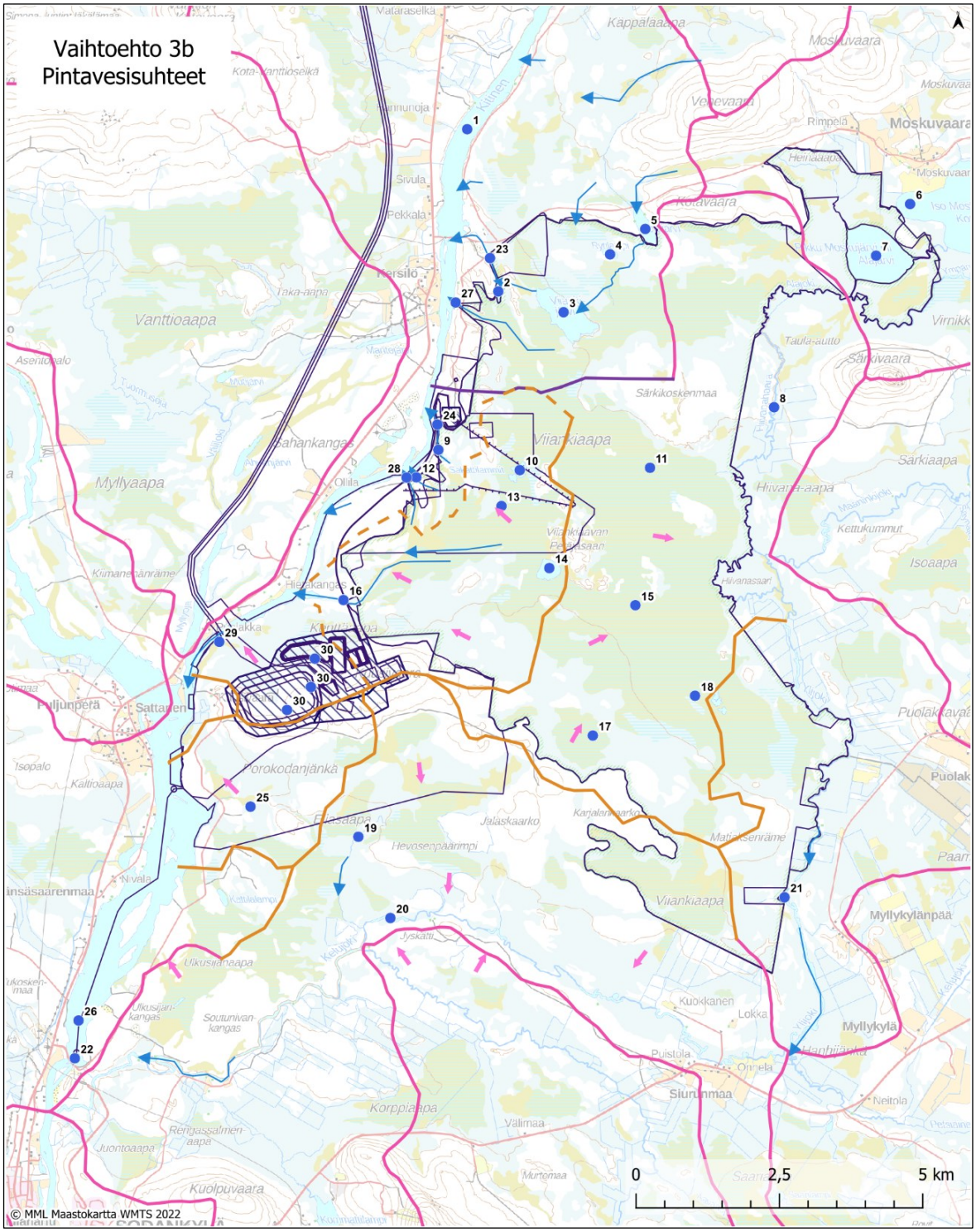
Kuva 17-25 Tehdas- ja toimintoalueen valumavesien johtamisen tarkempi rajaus, VE2b. Merkkien selitykset: harmaa alue: valumavedet johdetaan pois luontaiselta valuma-alueelta. Oranssi viiva: luontainen valuma-alue-raja. Violetti raja ja vinoviivoitus: hankealueen raja ja hankealue. Tehdasaluetta ja maanpäällisten toimintojen aluetta ympäröivä vaaleansininen viiva: aita. Siniset nuolet: ympäristön puhtaiden valumavesien johtamisreitti tehdas- ja toimintoalueen ohi. Ruskea-vihreä viiva: huoltotie, hihnakuljetin, putkilinja ja voimajohto. Kapea ruskea katkoviiva tehdasalueen ulkopuolisten maanpäällisten toimintojen alueen itäpuolella (kuvan yläosassa): maanalaisen kaivoksen vinotunneli. Ei mittakaavaa. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a.)



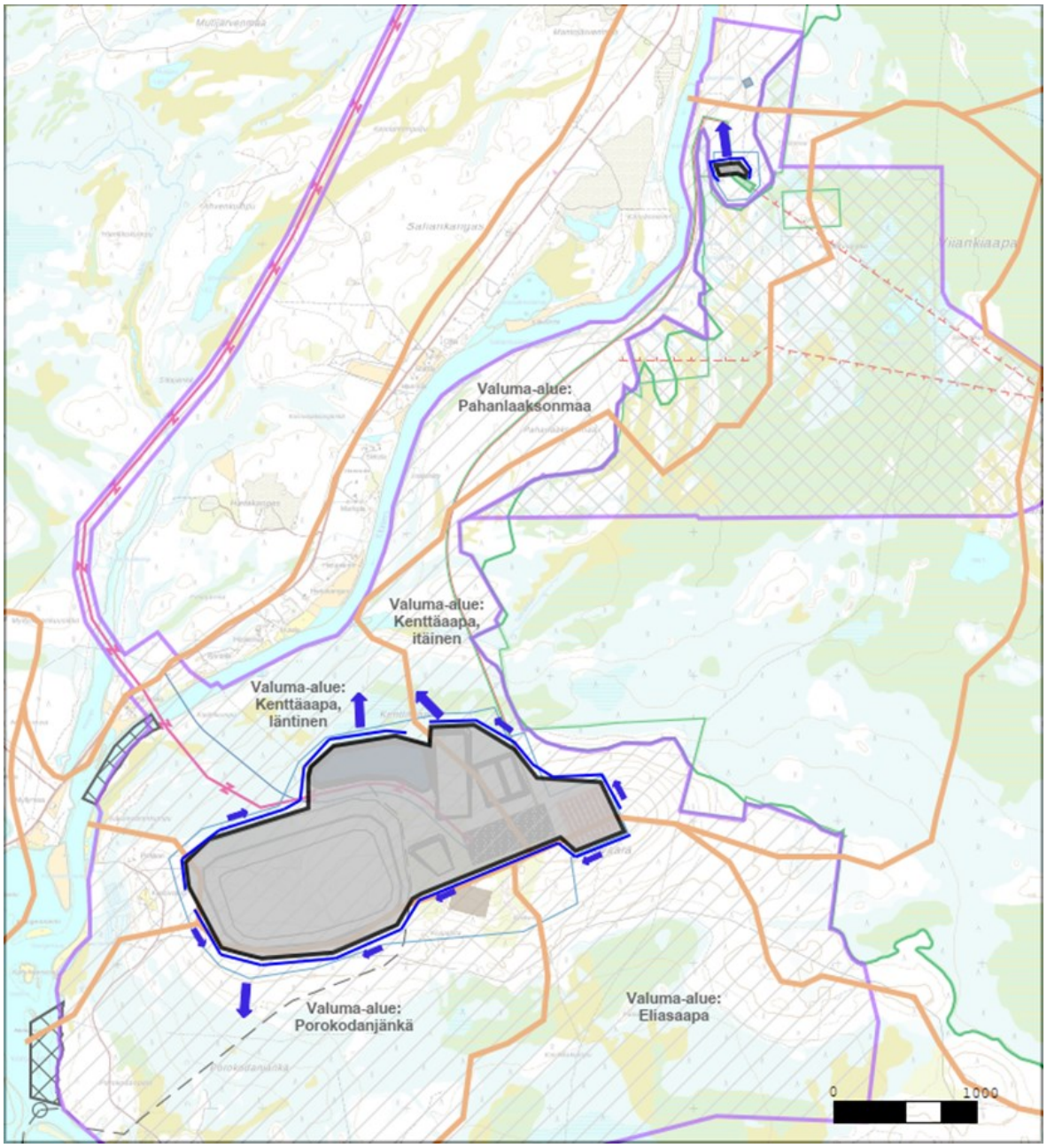
Kuva 17-26 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE3a osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: katso Kuva 17-4.



Kuva 17-27 Tehdas- ja toimintoalueen valumavesien johtamisen tarkempi rajaus, VE3a. Merkkien selitykset: harmaa alue: valumavedet johdetaan pois luontaiselta valuma-alueelta. Oranssi viiva: luontainen valuma-alueraja. Violetti raja ja vinoviivoitus: hankealue. Tehdasaluetta ympäröivä sininen viiva: aita. Siniset nuolet: ympäristön puhtaiden valumavesien johtamisreitti tehdas- ja toimintoalueen ohi. Ruskea-vihreä viiva: huoltotie, hihnakuljetin, putkilinja ja voimajohto. Kapea ruskea katkoviiva tehdasalueen ulkopuolisten maanpäällisten toimintojen alueen itäpuolella (kuvan yläosassa): maanalaisen kaivoksen vinotunneli. Ei mittakaavaa. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a.)



Kuva 17-28 Pintavesiolosuhteet Sakatin kaivoksen lähialueella. Kuvassa on esitetty mustalla vinoviivoituksella hankkeen tehdasalueen toimintojen alue vaihtoehdon VE3b osalta. Sakattiojan valuma-alue (itäinen Kenttä-aapa) on tunnistettavissa siten, että valuma-alueella ovat vesistökohteet 10, 13, 14 ja 16 (16 = Sakattioja). Karttamerkkien ja vesistönumeroiden selitykset: katso Kuva 17-4.



Kuva 17-29 Tehdas- ja toimintoalueen valumavesien johtamisen tarkempi rajaus, VE3b. Merkkien selitykset: harmaa alue: valumavedet johdetaan pois luontaiselta valuma-alueelta. Oranssi viiva: luontainen valuma-alueraja. Violetti raja ja vinoviivoitus: hankealue. Tehdasaluetta ympäröivä sininen viiva: aita. Siniset nuolet: ympäristön puhtaiden valumavesien johtamisreitti tehdasalueen ohi. Ruskea-vihreä viiva: huoltotie, hihnakuljetin, putkilinja ja voimajohto. Kapea ruskea katkoviiva tehdasalueen ulkopuolisten maanpäällisten toimintojen alueen itäpuolella (kuvan yläosassa): maanalaisen kaivoksen vinotunneli. Ei mittakaavaa. (Lähde: AFRY Finland Oy 2023a.)

Maanalaisen kaivoksen kuivanapitovedet, tarvekivilouhoksen kuivanapitovedet, tehdasalueen kuormitteiset hulevedet ja prosessista peräisin olevat vedet johdetaan Kuusivaaran tehdasalueella sijaitsevaan varastoaltaaseen ja otetaan osaksi kaivoksen vesikiertoa. Vesikierron ylijäämävesi

käsitellään ja johdetaan putkea pitkin Kitiseen, joten kaivoksen toiminnassa muodostuvilla vesillä ei ole vaikutusta lähivaluma-alueen pintavesiin.

Mahdolliset pintavesivaikutukset lähivaluma-alueella johtuvat seuraavista tekijöistä:

- Valuma-alueen pinta-alan muutokset, koska nykyisiä luonnonvesien kulkureittejä muutetaan niskaojituksilla suunnitellun tehdasalueen kohdalla
- Huoltotien (VE2a, VE2b, VE3a, VE3b) ja yhdystien alueiden hulevedet, joita ei johdeta kaivoksen ylijäämävesien kanssa putken kautta Kitiseen
- Pintaveden kulkureittejä muuttavat rakenteet (huolto- ja yhdystiet) tehdasalueen ulkopuolella
- Pohjavedenpinnan mahdollinen aleneminen maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen seurauksena (pohjavedenpinnan lasku voi kuivattaa vaikutusalueen pintavesiä).

Rakennus- ja tuotantovaiheessa maanalaiseen kaivokseen tulevaa vesimäärää pyritään rajoittamaan teknisin ratkaisuin ja siten lieventämään pohjavesiin kohdistuvia vaikutuksia (erityisesti pohjavedenpinnan alenemaa). Sakatin kaivoksessa tiivistys- ja tuentamenetelmien käytöllä vähennetään maanalaiseen kaivokseen tulevan vuotoveden määrää. Ensisijaisesti vedentuloa kaivokseen rajoitetaan tiivistämällä kalliotiloja käyttämällä esi- ja jälki-injektointimenetelmiä. Tiivistyksen tarkoituksena on vähentää merkittävästi tunneliin tulevaa vesimäärää, mikä parantaa merkittävästi työturvallisuutta ja työskentelyolosuhteita. Tiivistämisen ohella vedentuloa kaivostiloihin voidaan vähentää tukemalla kalliotiloja. Sakatin kaivoksessa kalliotuennan ensisijainen tarkoitus on vahvistaa ja tukea kalliorakenteita, jotta esiintymän louhinta voidaan toteuttaa turvallisesti niin ihmisten, ympäristön kuin tuotannon näkökulmasta. Tuennalla ja erityisesti tyhjien louhostilojen täytöllä voidaan ehkäistä uusien rakojen ja ruhjeiden syntymistä ja niissä mahdollisesti kulkevan pohjaveden pääsyä maanalaiseen kaivokseen. (AA Sakatti Mining Oy 2022 & Mitta Engineering 2022.)

Maanalaisen kaivoksen sekä tarvekivilouhoksen aiheuttamalla pohjavedenpinnan alenemalla voi olla vaikutuksia alueen pintavesien virtauksiin. Sakatin maanalaisen kaivoksen vaikutuksia alueen pohjavesiolosuhteisiin on arvioitu kahden eri tiivistysskenaarion kautta vaihtoehdolle VE1a (ks. Luku 16 Vaikutukset pohjaveteen). Molemmissa tiivistysskenaariossa oletetaan, että vinotunnelit injektoidaan 150 metrin syvyyteen maanpinnan tasosta ja kaikki merkittävästi vettä johtavat geologiset rakenneteet injektoidaan. Toisessa skenaariossa (80 % tiivistysskenaario) injektointitehokkuuden oletetaan olevan 80 % ja kaivostäytön vedenjohtavuus on maltillinen. Toisessa skenaariossa (65 % tiivistysskenaariossa) injektointitehokkuuden oletetaan olevan 65 % ja kaivostäytön vedenjohtavuus korkea. (AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering 2022.) Pohjaveden suurin alenema ajoittuu talvikuukausiin juuri ennen lumen sulamista (Itasca Denver Inc. 2023).

Tarvekivilouhokselle on laadittu erikseen pohjaveden virtausmallinnus (AFRY Finland Oy 2022f). Lisäksi maanalaisen kaivoksen sekä tarvekivilouhoksen aiheuttamalle pohjavedenpinnan alenemalle on laadittu yhteisvaikutusten mallinnus (Itasca Denver Inc. 2023). Kuusivaaran pohjois- ja eteläpuolella pintavesivaikutusten arvioinnissa on käytetty kumulatiivisia pohjavedenpinnan alenematietoja. Pohjoisen (Kenttäaavan valuma-alueen pohjoisosa, Pahanlaaksonmaa ja sen pohjoispuolinen alue) osalta vaikutusarvio perustuu maanalaisen kaivoksen aiheuttamiin pohjavedenpinnan alenemiin. Välttämistoimilla ei ole vaikutusta pohjavedenpinnan alenemiin Kuusivaaran pohjois- tai

eteläpuolella (Porokodanjänkä, osa Kenttäaavan valuma-alueesta), jolloin yhteisvaikutusten arviointia voitiin soveltaa näillä alueilla.

Vaikutukset kaivostoimintojen alueelta lännen, lounaan, luoteen ja pohjoisen suuntaan sijaitsevalla lähivaluma-alueella (joka kuuluu suoraan Kitiseen purkautuvaan valuma-alueeseen)

Tehdasalueelta länsi-lounaaseen sijaitsee Porokodanjänkä -niminen alue, joka lännen suunnassa rajautuu Kitiseen. Alueella ei ole lampia, eikä selkeitä puroja. Lisäksi alueella yksi noin 400 metrin pituinen Kitiseen laskeva Porokodanjängän oja (25; Kuva 17-18). Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b tehdasalue on osittain Porokodanjängän valuma-alueella. Koska tehdasalueella muodostuvat hulevedet johdetaan ylijäämävesien purkuputken kautta Kitiseen, tehdasalue pienentää jonkin verran Porokodanjängän valuma-aluetta. Siten valuma-alueen pintavesien virtaamat voivat pienentyä. Alueelta Kitiseen laskevan Porokodanjängän eteläpuolisen ojan (25; Kuva 17-18) virtaama todennäköisesti pienentyy hieman ja uoma kuivuu hieman nykyistä helpommin. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b valuma-alueen pinta-ala ei muutu. Pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) perusteella maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhdessä aiheuttama pohjavedenpinnan lasku ulottuu pienelle alueelle Porokodanjängän valuma-alueen pohjoisosassa. Alenema on enimmillään noin puoli metriä (65 % tiivistysskenaario, 22. toimintavuosi, tammikuu). Näin ollen aleneman vaikutus alueen pintavesien virtauksiin on vähäinen.

Vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a yhdystie kulkee Porokodanjängän halki. Tie kulkee Porokodanjängällä suuren osan matkasta maanpinnan vieton eli pintavalumavesien virtauksen suuntaisesti, jolloin vesistövaikutuksia ei ole käytännössä lainkaan. Etelämpänä valumavesien virtaussuunta on paikoitellen risteävä tien kanssa. Alavimpiin kohtiin asennetaan vettä välittävä tierumpu, joten vaikutukset pintavesien kulkuun ovat vain lievää ohjaavaa vaikutusta. Tiellä ei ole merkittäviä vesistövaikutuksia. Lähellä Kitisen rantaa yhdystie kulkee nykyisen yksityistien kohdalla. Vaihtoehdossa VE3a kaivoksen toiminnoista vain em. yhdystie sijaitsee Porokodanjängän alueella ja sen eteläpuolella. Vaihtoehdossa VE3b kaivoksen toimintoja ei sijaitse Porokodanjängän alueella.

Sakattioja (16; Kuva 17-18) sijaitsee tehdasalueen pohjois-koillispuolella olevalla Kenttäaavan (itäinen) valuma-alueella (Kuva 17-18). Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b tehdasalue ei sijaitse käytännössä lainkaan itäisen Kenttäaavan valuma-alueella, joten tehdasalueella ei ole vaikutuksia Sakattiojaan. Sen sijaan vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tehdasalueen koillisosa sijaitsee itäisen Kenttäaavan valuma-alueella (Kuva 17-24 – Kuva 17-29). Siltä osin itäisen Kenttäaavan valuma-alue pienenee, mutta pienentyminen on vähäinen suhteessa koko valuma-alueeseen (Kuva 17-27 ja Kuva 17-29), joten valuma-alueen pienentyminen ei aiheuta mainittavia vaikutuksia Sakattiojassa. Itäisen Kenttäaavan alueella maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhdessä aiheuttama pohjavedenpinnan alenema on pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) mukaan enimmillään yli metrin luokkaa molemmissa tiivistysskenaarioissa (22. toimintavuosi, tammikuu). Pohjaveden pinnan alenemisen myötä Sakattiojan virtaama voi hieman pienentyä, mutta pohjavesien osuus puron hydrologiassa on mittausten (Vesi-Eko Oy 2022, virtaamamittaukset julkaisematon) perusteella niin pieni, että vaikutus on lähes merkityksetön. Sakattiojan virtaamasta pääosan muodostaa kevättulva.

Sakattilammit (3 kpl) (10; Kuva 17-18) sijaitsevat Viiankiaavan länsiosassa itäisen Kenttäaavan valuma-alueella ja ne ovat suolampia. Kaivoksen maanpäällisiä toimintoja ei ole lampien valuma-alueella. Maanalaisen kaivoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema lampien alueella on enimmillään puolen metrin luokkaa (Itasca Denver Inc. 2023). Lammet ovat tehtyjen hapen ja vedyn isotooppitutkimusten perusteella vähäisissä määrin pohjavesivaikutteisia (AASM Oy 2023, julkaisematon), jolloin maanalaisen kaivoksen pohjavedenpintaa alentava vaikutus laskee hieman lampien vedenpinnan korkeutta pohjavesien purkautumisen vähentyessä sekä pidentää viipymää lammissa.

Nimetön lampi 1 (pinta-ala noin 0,5 hehtaaria) sijaitsee Viiankiaavalla Petäjäsaaren luoteispuolella ja nimetön lampi 2 (pinta-ala noin 9,9 hehtaaria) sijaitsee Viiankiaavalla Petäjäsaaren lounaispuolella (13 ja 14; ks. sijainti Kuva 17-18). Kummatkin sijaitsevat itäisen Kenttäaavan valuma-alueella. Kaivoksen maanpäällisiä toimintoja ei ole lampien valuma-alueella, eivätkä pohjavedenpinnan alenemat ulotu lammille asti. Siten lammille ei aiheudu vaikutuksia kaivoksesta.

Tehdasalueen länsi-luoteispuolella pintavedet kulkeutuvat pintavaluntana ilman selkeitä uomia Kitiseen. Alueella (läntisen Kenttäaavan valuma-alue) ei ole lampia tai uomia. Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b tälle alueelle rakennetaan tarvekivilouhos. Tarvekivilouhoksen kuivanapitovedet ohjataan kaivoksen sisäiseen vesikiertoon. Puhtaat aluevedet pidetään erillään louhosalueen vesistä niskaojilla. Kaikissa vaihtoehdoissa Kuusivaaran luoteispuolelle sijoittuu myös voimajohto. Voimajohdolla ei ole vaikutuksia pintavesiin. Lampien ja uomien puuttuessa vesistövaikutuksia ei käytännössä ole läntisen Kenttäaavan valuma-alueella.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tehdasalue sijoittuu kokonaan Kuusivaaran muodostaman vedenjakajan pohjoispuolelle, josta valumavedet luonnontilassa kulkeutuvat länsi-luoteen suuntaan päätyen Kitiseen. Tehdasalueen hulevedet kerätään ja johdetaan kaivoksen sisäiseen vesikiertoon, minkä johdosta tehdasalue pienentää luontaisen valuma-alueen kokoa ja valumavesien määrä pienentyy. Alueella ei ole lampia eikä selkeitä purouomia, vaan valumavedet kulkeutuvat läntisen Kenttäaavan valuma-alueelta Kitiseen pintavaluntana ja maan pintakerroksessa kulkevana vetenä. Lampien ja uomien puuttuessa vesistövaikutuksia ei käytännössä ole. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b Kuusivaaran tehdasalueen ulkopuolella ei ole maanpäällisiä toimintoja.

Vaihtoehdot VE2a ja VE2b ovat maanpäällisten rakenteiden pintavesivaikutusten näkökulmasta käytännössä keskenään samanlaisia tehdasalueen pohjoispuolisella alueella, jonne rakennetaan huoltotie, malmin hihnakuljetin, putkilinja, maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti kaivosvesien keräilyallas, pastalaitos, kuilunostin (vain VE2a), ilmanvaihtoasema ja propaanipoltin. Huoltotie ohjaa pintavesien kulkeutumista tien läheisyydessä, mutta alavimpaan kohtaan eli Sakattiojan uoman kohdalle rakennetaan rumpu, joten Sakattiojan kulku ei muutu. Tiealueella muodostuu hieman kiintoainepitoisia hulevesiä, mutta määrät ovat pieniä, joten tien hulevesien vaikutus rajautuu tien välittömään läheisyyteen. Huoltotien pinnan ja tierakenteiden stabiloitumisen jälkeen tien aiheuttama kiintoainekuormitus pintavesiin on käytännössä merkityksetön.

Pahanlaaksonmaan valuma-alueella maanalaisen kaivoksen pohjavettä alentava vaikutus on pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) mukaan enimmillään puolen metrin luokkaa (65 % tiivistysskenaario, 22. toimintavuosi, tammikuu). Tämän seurauksena Ruosteojan virtaama voi hieman pienentyä ja se voi kuivua entistä nopeammin. Pääosa Ruosteojan virtaamasta muodostuu

pintavesistä, joten muutos on vähäinen (Vesi-Eko Oy 2023, virtaamamittaukset julkaisematon). Alueella on myös lähteitä, joiden virtaamia on käsitelty tarkemmin pohjavesien yhteydessä luvussa 16.

Maanalaisten kaivostoimintojen pohjois-länsipuolella lähellä (noin 70 metriä) Kitisen rantaa, Pahanlaaksonmaan valuma-alueella sijaitsee pienikokoinen Kärväslampi (9; Kuva 17-18). Lammen vedenpinnan korkeudessa on luontaisesti suuri vuotuinen vaihtelu. Kärväslammen pinnan korkeudella ja pohjaveden pinnan korkeudella ei tiettävästi ole merkittävää yhteyttä, joten maanalaisella kaivostoiminnalla ei ole mainittavaa vaikutusta Kärväslammen pinnan korkeuteen.

Kärväslammella ei ole Maanmittauslaitoksen kartassa pysyvää tulo- tai lähtöuomaa, joten valuma-alueen rajat eivät ole tarkasti tiedossa. Lammen pohjoispäästä lähtee puroksi luokiteltu (Eurofins Ahma Oy 2022a) purku-uoma, joka häviää osittain suon alle ja muodostaa selkeän uoman noin 300 metrin päässä lammen pohjoispuolella. Purouoma kuivuu joinain kesinä, mutta esimerkiksi kesällä 2021 virtausta oli mittausten perusteella läpi kesän (Eurofins Ahma Oy 2022a). Lammen ja puron alueella maanalaisen kaivoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema on enimmilläänkin vain noin 0,1 metriä (65 % tiivistysskenaario, 22. toimintavuosi, tammikuu), joten mainittavia vaikutuksia myöskään puroon ei aiheudu. Lisäksi mittausten perusteella puron vesimääristä pääosa on pintavesiä ja etenkin kevättulvan merkitys on suuri (Vesi-Eko Oy 2023, virtaamamittaukset julkaisematon).

Karttatarkastelun perusteella vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b kaivoksen maanpäällisiä toimintoja ei ole lammen valuma-alueella. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b huoltotie sijaitsee nykyisen tien kohdalla lammen ja Kitisen välisellä kapealla (noin 70 metriä) kannaksella. Kun nykyinen tie rakennettiin, se heikensi pintavalumaa suolta Kitiseen, mikä on yksi syy Kärväslammen koon kasvamiseen verrattuna 1960-luvun kokoon (Salonen 2020). Jos vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tien muuttuminen huoltotieksi ei muuta tiepohjan maan pinnan suuntaista vedenläpäisykykyä, tie ei vaikuta lammen veden korkeuteen. Jos tien muuttuminen huoltotieksi vaikuttaa nykyistä tiepohjaa tiivistävästi, eli pintavesien padotusta lisäävästi, lammen pinta voi nousta vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b.

Vaikutukset kaivostoimintojen alueelta pohjoisen suuntaan sijaitsevalla Viiankijärven ja sen lasku-uomassa sijaitsevan Kokkolammen alueella

Viiankijärvi (3; Kuva 17-18) ja sen lasku-uomassa sijaitseva Kokkolampi (2; Kuva 17-18) sijaitsevat kaivosalueen pohjoispuolella. Pohjaveden korkeusmuutosten mallitarkastelussa pohjaveden alenemat eivät ulotu Viiankijärven valuma-alueelle. Näin ollen Viiankijärveen tai Kokkolampeen ei kohdistu vaikutuksia pohjaveden aleneman kautta.

Vaikutukset kaivostoimintojen alueelta pohjoisen suuntaan sijaitsevassa Rytilammessa

Viiankijärven pohjoispuolella sijaitsevalla Rytilammella ei ole tulo- tai lähtöuomia (4; Kuva 17-18). Rytilammen valuma-alueella ei ole maanpäällisiä kaivostoimintoja. Maanalaisen kaivoksen vaikutus pohjaveden tasoon ei ulotu lammen alueelle, maanalainen kaivos ei aiheuta vaikutuksia Rytilammessa.

Vaikutukset kaivostoimintojen alueelta idän suuntaan sijaitsevalla lähivaluma-alueella (joka kuuluu Hiivanahaaraan tai Ylijokeen purkavaan valuma-alueeseen)

Idän suunnan lähivaluma-alueen vedet kulkeutuvat Hiivanahaaraan (8) tai siitä alavirtaan sijaitsevaan Ylijokeen (21). Ylijoesta vesi virtaa Kelujoen kautta Kitiseen (Kuva 17-18).

Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b tehdasalueelta ei kulkeudu pintavesiä idän suuntaan (Kuva 17-18 – Kuva 17-21), ja tehdasalueen ulkopuolella ei ole maanpäällisiä toimintoja idän suunnan valuma-alueella. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b tehdasalueelta ei kulkeudu pintavesiä idän eli Hiivanahaaran ja Ylijoen suuntaan (Kuva 17-22 – Kuva 17-29), ja tehdasalueen ulkopuolella ei ole maanpäällisiä toimintoja idän suunnan valuma-alueella. Maanalaisen kaivoksen pohjaveden pintaa alentava vaikutus ei ulotu Hiivanahaaraan tai Ylijokeen purkavalle valuma-alueelle, joten maanalaisella kaivoksella ei ole vaikutuksia Hiivanahaaraan tai Ylijokeen.

Vaikutukset kaivostoimintojen alueelta etelän suuntaan sijaitsevalla lähivaluma-alueella

Etelän suunnassa lähivaluma-alueen vedet kulkeutuvat puroksi latvaosiltaan luokitellun (Eurofins Ahma Oy 2022a) Eliasojan (19; Kuva 17-18) kautta tai ilman selvää uomaa maan pinnan valuntana ja päätyvät Kelujokeen. Kelujoki laskee Kitiseen.

Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b tehdasalueen itäosa sijaitsee etelän suuntaan virtaavalla lähivaluma-alueella, josta vesi kulkeutuu Eliasojaan (Kuva 17-18– Kuva 17-25). Kuusivaaran tehdasalueella muodostuvat vedet johdetaan sisäiseen kiertoon ja tarvittaessa puhdistukseen ja edelleen purkuputken kautta Kitiseen. Kuusivaaran alueella tehtävien vesienjohtojärjestelyiden ja tarvekivilouhoksen vuoksi vesien purkautuminen alueelta etelään tulee vähentymään. Vaikutus kohdistuu arviolta noin 10 %:iin Eliasojan valuma-alueesta. Lopullinen vaikutus Eliasojan hydrologiassa voi olla tätäkin vähäisempi, sillä jängällä tarkan valuma-alueen tai hydrologian määritteleminen sisältää epävarmuutta. Pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) mukaan maanalainen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen yhdessä aiheuttama pohjaveden pinnan alenema ei ulotu Eliasaavan valuma-alueelle, joten pohjavedenpinnan alenemalla ei ole vaikutuksia Eliasojaan. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tehdasalue ulottuu vain vähän Eliasojan valuma-alueelle (Eliasaapa; Kuva 17-26 – Kuva 17-29), joten tehdasalue ei aiheuta mainittavia vaikutuksia Eliasojassa.

Kuljetusriskit

Mahdollinen kuljetusonnettomuus voi aiheuttaa riskejä pintavesivesille. Pintavesiin kohdistuva kuljetusonnettomuusriski on merkittävin nestemäisille kemikaaleille, koska ne voivat ympäristöön joutuessaan kulkeutua eteenpäin. Kaivoksen lopputuote eli kiinteä raekooltaan hienoa hiekkaa tai silttiä vastaava ja korkeita metallipitoisuuksia sisältävä rikaste ei aiheuta riskiä pintavesille, ellei se joudu suoraan vesistöön. Onnettomuustapauksissa rikaste saadaan nopeasti kerättyä talteen.

17.3.4 Sulkemistöiden aikaiset vaikutukset

Aktiivisen sulkemisvaiheen kestoksi on arvioitu noin 1–2 vuotta. Aikajakson pituuden arvio sisältää epävarmuutta, koska etukäteen ei varmuudella tiedetä, kuuluuko sulkemiseen esim. massojen pois kuljettamista.

Lähtökohtaisesti sulkemistöiden aikaiset vaikutukset pintavesiin ovat useilta osin pitkälle rakennusvaihetta vastaavia. Rakennusvaiheen pintavesivaikutuksia on tarkasteltu edellä luvussa 17.3.2. Sulkemisvaiheessa purettavissa rakenteissa on jossakin määrin vaikutuksia kaivoksen toiminnasta, mutta toiminnan aikaisia jäämiä sisältävät rakenteet poistetaan sulkemissuunnitelman mukaan siten, että merkittäviä vaikutuksia vesiin ei aiheudu.

17.3.5 Sulkemisen jälkeiset vaikutukset

Tehdasalueen altaiden vedet pumpataan vesikiertoon päävesivaraston kautta puhdistukseen tai maanalaisen kaivoksen täyttämiseen. Kalvopohjat poistetaan ja käsitellään rakennusjätteenä. Vesivarastoaltaan pato poistetaan riippuen patoluokasta. Pienempien altaiden penkereiden materiaali käytetään altaiden täyttämiseen. Vedenotto- ja purkuputkien osalta arvioidaan riskit rakenteiden purkamiseen sekä jättämiseen, minkä perusteella päätetään toteutettavasta vaihtoehdosta. Päätöksessä otetaan huomioon maanomistajien ja keskeisen maankäytön tarpeet. Joessa olevat putkilinjat poistetaan ja kierrätetään mahdollisuuksien mukaan.

Matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueelle rakennetaan tiivis peiterakenne ja pinta muotoillaan valumavesien johtamiseksi keräysojiin. Varsinainen sijoitusalueen sulkemisen jälkeinen vesienhallinta suunnitellaan vasta lupavaiheen tarkentavan suunnittelutyön yhteydessä.

Valumavesien kulku palautuu lähemmäs ennen kaivoksen rakentamista vallinnutta tilaa. Tämä tarkoittaa virtaaman palautumista lähemmäs luontaista tasoa lähivaluma-alueen pienissä uomissa, joiden valuma-alueet jossakin määrin pienentyivät kaivoksen toiminnan aikaisten vesienjohtamisjärjestelyjen seurauksena.

Tiet jäävät ennalleen, ja päällystettyjen alueiden purkaminen tai paikalleen jättäminen ratkaistaan alueen tulevan käytön mukaan. Sulkemistoimenpiteiden tarkoitus on ympäristöön kohdistuvien vaikutusten pienentäminen, joten sulkemisen jälkeinen vaikutus lähivaluma-alueen pintavesiin on todennäköisesti pieni. Kitiseen kohdistuvat vaikutukset ovat sulkemisen jälkeen todennäköisesti erittäin pieniä.

17.3.6 Vaikutusten merkittävyys

Kaikki tehdasalueella muodostuvat kuormitteiset vedet eli prosessivedet, kuivanapitovedet ja kuormitteiset hulevedet johdetaan käsittelyn jälkeen ylijäämävesinä Kitiseen. Pitoisuusnousut Kitisessä ovat suhteellisen pieniä ja ne eivät heikennä Kitisen tai sen alapuolisen Kemijoen ekologista ja kemiallista tilaa.

Lähivaluma-alueille ei johdeta kaivoksen toiminnassa ja sen toiminta-alueella muodostuvia kuormitteisia vesiä. Vaikutusmekanismit lähivaluma-alueen pintavesiin liittyvät rakennus- ja purkutöihin,

valuma-alueen pienentymiseen ja mahdolliseen pohjaveden pinnan laskemiseen. Suunnitellun maanalaisen kaivoksen kuivatusvesien johdosta pohjavedenpinta laskee mallinnuksen perusteella Sakattilampien ympäristössä enimmillään noin puoli metriä. Tämä vaikuttaa Sakattilampiin tulevien pohjavesien määrään. Koska Sakattilammit ovat pääosin pintavesivaikutteisia (AASM Oy 2023, julkaisematon), lampiin purkautuvien pohjavesien määrän pienentymisen arvioidaan vaikuttavan vähäisissä määrin itse lampien vedenpinnan korkeustasoon. Kaivosalueen eteläpuolisen, latvaosaltaan puroksi luokitellun Eliasojan virtaama voi jossain määrin vähentyä valuma-alueen pinta-alan pienentymisen vuoksi.

Kitinen

Kitiseen johdettavien vesien ominaispiirteenä ovat luonnonvesiin verrattuna kohonneet sulfaatin, kokonaistypen ja metallien ja alkuaineiden (nikkeli, lyijy, kadmium, elohopea, antimoni, arseeni, kromi, kupari) pitoisuudet. Kitisen herkkyyttä Kelukosken altaan sekä Kelukosken voimalan alapuolisen jokiosuuden osalta voidaan pitää vähäisenä (ks. kriteerit Taulukko 17-1). Pitoisuusnousut Kitisessä riippuvat joen virtaamasta ja ylijäämävesien sekoittumisen tehokkuudesta. Odotetusti suurimmat pitoisuusnousut tapahtuvat purkuputken pään lähialueella Kelukosken voimalan yläpuolisessa altaassa joen pienen virtaaman aikana. Vaikutus Kelukosken altaassa on pieni, ja vaikutuksen merkittävyys on vähäinen kielteinen (Taulukko 17-25).

Taulukko 17-25 Sakatin kaivoksen vaikutuksen merkittävyys toiminnan aikana Kitisessä Kelukosken voimalan yläpuolisessa altaassa, joka on kaivoksen vesien purkupaikka.

	Vaikutuksen merkittävyys						
	Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

		Suuruus						
		Suuri muutos - - -	Keskisuuri muutos - -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos + +	Suuri muutos + + +
Herkkyys	Vähäinen herkkyys			VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b	VE0			
	Kohtalainen herkkyys							
	Suuri herkkyys							

Kaivoksen vaikutus vähenee alavirtaan siirryttäessä laimentumisen seurauksena. Pitoisuusnousut ovat Kitisessä suurimmillaankin keskimäärin pieniä tai melko pieniä, ja suurimmat pitoisuusnousut ovat lyhytkestoisia ja paikallisia. Näin ollen ne eivät heikennä Kitisen tai alapuolisen Kemijoen ekologista tai kemiallista tilaa (Taulukko 17-26).

Taulukko 17-26 Sakatin kaivoksen vaikutuksen merkittävyys toiminnan aikana Kitisessä Kelukosken alapuolisella jokiosuudella.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Herkkyys \ Suuruus	Suuri muutos - - -	Keskisuuri muutos - -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos + +	Suuri muutos + + +
Vähäinen herkkyys				VE0, VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b			
Kohtalainen herkkyys							
Suuri herkkyys							

Lähivaluma-alue

Lähivaluma-alueella tarkoitetaan kaivostoimintojen eli maanpäällisten toimintojen ja maanalaisen kaivoksen vaikutuspiirin ojia, puroja, lampia ja pintavalumavesiä, jotka lännen suunnalla virtaavat suoraan Kitiseen, idän suunnassa Hiivanahaaraan tai siitä alavirtaan sijaitsevaan Ylijokeen (josta purkureitti jatkuu Kelujoen kautta Kitiseen) ja etelän suunnassa Kelujokeen ja sieltä edelleen Kitiseen. Kaivostoimintojen vaikutuspiirin pohjoisella reunalla Viiankiaavan suoalueella on hieman epävarmaa, kulkeutuvatko pintavedet pohjoisen suuntaan Viiankijärveen vai lännen tai etelän suuntaan Kitiseen.

Maanrakennustöiden, kuten yhdystien ja niskaojien rakentamisen aikana lähivaluma-alueen pintavesissä voi tapahtua samentumista. Vaikutukset loppuvat maanrakennustöiden päättymisen ja vedelle alttiiden pintojen stabiloitumisen jälkeen. Maanrakennustöiden aikainen mahdollinen valumavesien samentuminen on suhteellisen lyhytaikainen ja palautuva muutos.

Kaivoksen toiminnan aikana lännen, lounaan ja etelän suunnassa sijaitsevien melko pienten lähivaluma-alueiden pinta-alat pienentyvät tehdasalueen valumavesijärjestelyjen vuoksi. Eniten (50–60 %; arvio, ks. Kuva 17-27 ja Kuva 17-29) pienentyy vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b läntisen Kenttäaavan valuma-alue tehdasalueesta luoteeseen, mutta tällä valuma-alueella ei ole vesiuomia tai lampia. Noin 15–20 % (arvio, ks. Kuva 17-19, Kuva 17-21, Kuva 17-23 ja Kuva 17-25) pienentyy vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b tehdasalueesta lounaaseen sijaitseva Porokodanjängän valuma-alue. Kaivoksen toiminnan aikana etelän suunnan Eliasaavan (Eliasojan) valuma-alue valuma-alueen pinta-ala pienentyy vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b noin 20 % (arvio, ks. Kuva 17-19, Kuva 17-21, Kuva 17-23 ja Kuva 17-25) ja puroksi luokitellun Eliasojan latvaosan virtaama pienenee sen seurauksena karkeasti arvioiden alle 10 % nykyisestä. On kuitenkin huomioitava, että Eliasojan hydrologisia tietoja ei ole saatavissa arvioinnin tueksi ja jängällä tarkka valuma-alueen rajaaminen ei ole

mahdollista. Muutos on vähäinen ja viranomainen arvioi, onko tältä osin tarvetta hakea vesilain mukaista poikkeamislupaa. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b mainittavia vaikutuksia ei aiheudu Eliasojassa, koska tehdasalue ulottuu vain vähän Eliasojan valuma-alueelle.

Kaivoksen toiminta-alueen lähivaluma-alueilla virtaamiin vaikuttavat myös maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen aiheuttamat pohjavedenpinnan alenemat. Kaivoksen toiminta-alueen pohjois-koillispuolella sijaitsevalla itäisen Kenttäaavan valuma-alueella pohjavedenpinnan alenema on enimmillään yli metrin luokkaa, jolloin alueen pintavesien virtaamat pienenevät. Itäisen Kenttäaavan valuma-alueella sijaitsee puroksi luokiteltu Sakattioja sekä lampia (Sakattilammit, Nimetön lampi 1 ja Nimetön lampi 2). Pohjavedenpinnan aleneman myötä Sakattilampien pinnankorkeus laskee hieman ja virtaama Sakattiojassa voi vähäisissä määrin pienentyä. Nimettömiin lampiin 1 ja 2 ei kohdistu vaikutuksia.

Itäisen Kenttäaavan valuma-alueen länsi-luoteispuolella sijaitsevalla Pahanlaaksonmaan valuma-alueella sijaitsee Kärväslampi ja sen puroksi luokiteltu purku-uoma. Merkittäviä vaikutuksia lampeen ei aiheudu, sillä valuma-alue ei pienene missään vaihtoehdossa ja lampi on pintavesivaikutteinen. Pahanlaaksonmaan valuma-alueella pohjavedenpinnan alenema on korkeintaan alle metrin luokkaa, ja alueen pohjoispuolella, jossa puro sijaitsee, alenema on korkeintaan 0,1 metriä. Puro on lähes kokonaan pintavesivaikutteinen, joten myöskään puroon ei aiheudu merkittäviä vaikutuksia.

Yhteenveto vaikutuksen merkittävyydestä lähivaluma-alueen pintaveden laatuun on ohessa taulukkona (Taulukko 17-27). Vaikutukset arvioitiin vähäisiksi kaikkien pintavesien osalta. Sakattilampien herkkyys voidaan arvioida varovaisuusperiaatteella suureksi. Arviointiin vaikuttavat esimerkiksi lampien luonnontilaisuus, niiden sijaitseminen lajistoltaan arvokkaalla alueella sekä pieni koko (ks. kriteerit Taulukko 17-1).

Taulukko 17-27 Sakatin kaivoksen vaikutuksen merkittävyys toiminnan aikana lähivaluma-alueen pintavesiin.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

	Suuruus						
Herkkyys	Suuri muutos -	Keskisuuri muutos -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos +	Suuri muutos +
Vähäinen herkkyys							
Kohtalainen herkkyys			VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b	VE0			
Suuri herkkyys			VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b (Sakattilammit)	VE0			

17.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Rakennusaikana vesistöihin kohdistuvaa kiintoainekuormitusta voidaan vähentää käyttämällä rakennusaineksia, joissa veden aiheuttama eroosio ja huuhtoutuminen on pienempää. Maanrakennustöiden välttäminen tulva-aikoina, varsinkin kevättulvan aikana, vähentää huuhtoutumista. Vesien käsittelyrakenteet, eli mm. ojat ja altaat, rakennetaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, mikä parantaa vesien hallittua käsittelyä.

Vesien käsittelyrakenteet rakennetaan heti, kun se on teknisesti mahdollista, ja muut tehdasalueen rakenteet tehdään niiden jälkeen. Vesien käsittelyrakenteisiin kuuluvat mm. niskaojat, jotka johtavat ympäristön valumavedet tehdasalueen ohi, ja ympärysojat, jotka keräävät tehdasalueen valumavedet hallittuun käsittelyyn. Lisäksi vesien käsittelyn rakenteisiin kuuluvat vesien varastoaltaat, joita käytetään rakennusvaiheessa tehdasalueen valumavesien laskeutusaltaina alueelta ympäristöön lähtevän veden kiintoainepitoisuuden ja sameuden vähentämiseen, rakennetaan heti kun se on teknisesti mahdollista. Kaivoksen tuotantovaiheessa altaita käytetään vesien varastointiin ja niistä lähtevä vesi johdetaan käsittelyn jälkeen Kitiseen.

Toiminnan aikana pintavesivaikutuksia vähentää ylijäämävesien käsittelyn ja vesien varastoinnin hyvä toimintavarmuus ja riskien hallinta. Ylijäämävesien käsittelyn osalta tämä tarkoittaa mm. käsittelyn riittävää mitoitusta myös suuremmille virtaamille ja vaihteleville pitoisuuksille ja lämpötiloille, puhdistusprosessin jatkuvaa seurantaa, rinnakkaisia laitteistoja puhdistamon keskeisimmille toiminnoille, mahdollisia rinnakkaisia käsittelylinjoja, päivystystä erikoistilanteisiin nopeaan vastaamiseen ja sähkön saannin varmistamista varavoiman avulla.

Veden varastoinnin osalta hyvä toimintavarmuus ja riskien hallinta tarkoittavat mm. riittävää altaiden tilavuuden mitoitusta, vesieristysrakenteiden riittäviä varmuuskertoimia, rakentamisvaiheessa hyvää laadunvalvontaa ja sen dokumentointia. Lisäksi riskienhallinta sisältää veden johtamisen rakenteita, joilla voidaan seurata vesieristyksen alapuolelta tulevan veden laatua altaiden vedenpitävyyden varmistamiseksi.

Sulkemistöiden aikana huuhtoutumista aiheuttavien työvaiheiden ajoittaminen tulva-aikojen ulkopuolelle vähentää huuhtoutumista. Sulkemisen jälkeisiä vaikutuksia voidaan vähentää rakentamalla tehokkaat peittorakenteet haitta-aineita sisältäville massoille, jotka ovat alttiina sade- ja sulamisvesille. Peittorakenteiden kunnon säännöllinen tarkastus ja tarvittaessa korjaus vähentää vaikutuksia. Vaikutusten säännöllinen jälkiseuranta vesistöön johdettavissa vesissä ja vesistössä auttaa havaitsemaan mahdollisia ongelmakohtia.

Välttämistoimilla (NE-satelliittiesiintymän louhimattajättäminen) pohjavedenpinnan alenemat eivät ulotu Sakattilammille ja näin ollen Sakattilampiin kohdistuvat vaikutukset vähenevät tai niihin ei kohdistu vaikutuksia. Muita arvioituja pintavesivaikutuksia välttämistoimet eivät muuta. Kokonaisuudessaan välttämistoimien vaikutus pintavesiin on korkeintaan vähäinen myönteinen.

18 Vaikutukset vesiekologiaan ja vesieliöstöön

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
18.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät	Tausta-aineiston kuvaus päivitetty uusilla lähtötiedoilla (mm. puroselvitys).	Puroihin kohdistuvien vaikutusten arviointi edellyttää riittävää perustilaselvitystä niissä esiintyvän lajiston sekä vedenlaadun osalta.
18.2.2 Sähkökoekalastukset	Tekstiä päivitetty uusimman sähkökoe-kalastuksen tiedoilla.	Ks. kohdan 18.2 perustelu.
18.2.4 Pohjaeläimet	Tekstiä päivitetty.	Ks. kohdan 18.2 perustelu.
18.2.6 Vesisammalet	Tekstiä päivitetty uusimpien vesisammalkartoitusten tiedoilla.	Ks. kohdan 18.2 perustelu.
18.4.1 Kalasto ja kalastus	Tekstiä päivitetty uusimman sähkökoekalastuksen tiedolla.	Ks. kohdan 18.2 perustelu.
18.4.2 Pohjaeläimet	Tekstiä päivitetty uusimman pohjaeläinnäytteenoton kuvauksella ja tehty karttapäivitys.	Ks. kohdan 18.2 perustelu.
18.4.3 Piilevät (päällyslevät)	Tekstiä päivitetty uusimman piilevänäytteenoton kuvauksella sekä päivitetty kartta ja taulukko.	Ks. kohdan 18.2 perustelu.
18.4.4 Vesisammalet	Tekstiä päivitetty uusimpien vesisammalkartoitusten tuloksilla.	Ks. kohdan 18.2 perustelu.
18.6.2 Vaikutusten arviointi	Tekstiä päivitetty. Lisätty vaikutusarvio uuteen pintavesimallinnukseen (AFRY Finland Oy 2023d) sekä puroselvitykseen (Eurofins Ahma Oy 2022a) perustuen.	Koska kaivannaisjätteisiin, pohjavesimallinnukseen ja vesitasemallinnukseen liittyvät epävarmuudet ja virhelähteet heijastuvat myös kaivoshankkeen päästöjen ja vesistökuormituksen ja vaikutusten arviointiin, tulee **YVA-selostusta täydentää vesistövaikutusten arvioinnin osalta, kun kaivannaisjätteiden karakterisointia on täydennetty sekä pohjavesi- ja vesitasemallit on päivitetty.** Vesistövaikutusten arvioinnissa tulee huomioida päästöjen vaihteluvälit ja virhemarginaalit. Arviointiselostusta tulee täydentää puroihin kohdistuvien vaikutusten osalta.
18.6.3 Vaikutusten merkittävyys	Tekstiä päivitetty.	Ks. kohdan 18.6.2 perustelu.
18.7	Tekstiä päivitetty.	Ks. kohdan 18.6.2 perustelu.

Yhteenveto vaikutuksista
ja niiden merkittävyydestä

Luvussa tarkastellaan kaivoshankkeen vaikutuksia vesieliöstöön ja niiden kautta vesiekologiaan. Vesieliöistä tarkastellaan kaloja, pohjaeläimiä, piileviä (päällysleviä) ja vesisammalia. Lähteet, lähdeluontotyypit ja lähde-eliöstö sekä niihin kohdistuvat vaikutukset on käsitelty luvuissa 16 Vaikutukset pohjaveteen sekä luvussa 19 Vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen.

18.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue

18.1.1 Vaikutusten muodostuminen

Hankkeesta saattaa aiheutua vedenlaadun muutosten myötä vaikutuksia vesieliöstölle sekä rakennusvaiheessa että toiminnan aikana. Rakennusvaiheessa vesistökuormitusta voi aiheutua kaivosalueen ja tieverkoston rakentamisen maansiirtotöistä johtuvista lisääntyneistä kiintoainekuormituksista, mikä näkyy mm. samentumina vesistöissä. Kiintoainekuormitus voi vaikuttaa esimerkiksi lohikalojen lisääntymiseen heikentävästi, sillä kiintoaines voi tukkia lohikalojen kutusoraikkoja. Samentuma voi melun ohella myös karkottaa kaloja vesistöissä.

Toiminnan aikana vaikutuksia voi muodostua kaivoksen ylijäämävesien johtamisen seurauksena. Puhdistetut ylijäämävedet johdetaan Kitiseen Kelukosken altaaseen. Ylijäämävesien sisältämät raskasmetallit voivat vaikuttaa vedenlaatuun ja heikentää vesieliöstön elinolosuhteita. Raskasmetallit voivat mm. kertyä kaloihin ja heikentää kalojen turvallista elintarvikekäyttöä. Raskasmetalleilla voi olla myös haitallista vaikutusta kalojen lisääntymiseen, mädin selviytymiseen ja kalojen hengittämiseen.

Veden pH:n muutokset vaikuttavat useisiin vesieliöihin ja sitä kautta ravintoketjuihin. Vesikemiallisten ominaisuuksien muutokset (mm. pH) voivat vaikuttaa kalojen viihtyvyyteen sekä suosia eri kalalajeja, jolloin kalastossa saattaa ilmetä lajistomuutoksia tiettyjen lajien eduksi.

Muutokset vesistön rehevyystasossa vaikuttavat myös kalastoon ja muuhun vesieliöstöön pitkällä aikavälillä. Rehevyystason nousu tyypillisesti lisää mm. särkikalojen viihtyvyyttä, kun taas lohikalojen esiintyminen vesistöissä vähenee. Pitkällä aikavälillä tämä voi näkyä lohikalakantojen taantumisena sekä särkikalojen osuuden lisääntymisenä vesistössä.

Hankkeen lähivaluma-alueella voi sekä rakentamisen että toiminnan aikana tapahtua muutoksia pienvesien vesitaloudessa. Pienvesiuomat voivat kuivua tai muuttua kausikuiviksi tai vähävetisemmiksi, millä on heikentävä vaikutus pohjaeläimistöön. Veden vähetessä pohjaeläinyhteisön lajikoostumus köyhtyy ja yksilömäärät vähenevät. Vastaava vaikutus veden vähentymisestä aiheutuu vesisammalille; sammallajisto köyhtyy ja sammalten peittävyys vähenee.

18.1.2 Vaikutusten tarkastelualue

Vaikutusten tarkastelualueena käytetään niitä valuma-alueita, joille hankkeen toiminnot sijoittuvat (ks. luku 17, Kuva 17-4 – Kuva 17-9). Kaivoshankkeen kaikki toiminnot sijaitsevat Kitisen ja sen

sivujoen Kelujoen valuma-alueilla. Hankkeen vesistövaikutukset ja siten myös vesiekologiset vaikutukset ja kalastovaikutukset kohdistuvat siten pääosin Kitisen Kelukosken patoaltaaseen ja Kitiseen tämän alapuolella. Tämän lisäksi hankkeen vaikutusten tarkastelualueeksi on rajattu hankealueen eteläpuolella virtaava Kelujoki, Viiankiaavan Natura-alueella ja sen pohjoispuolella sijaitsevat lammet, Viiankiaavan itäpuolella virtaava Ylijoki sekä Kelukosken patoaltaaseen luoteesta laskeva Sattasjoki.

Kaivoksen vesiä johdetaan vain Kitiseen. Kuusivaaran tehdasalueen hulevedet ja kaivoksen kuivanapitovedet johdetaan kaivoksen sisäiseen vesikiertoon ja ylijäämävedet puhdistettuna Kitiseen. Muissa vesistön osissa kuin Kitisessä mahdolliset vaikutukset muodostuvat rakentamisen tai sulkemisvaiheen aikaisista vaikutuksista, tehdasalueen aiheuttamista muutoksista lähivaluma-alueiden kokoon, ja lisäksi Viiankiaavan alueella vesistövaikutuksia voi aiheutua maanalaisesta kaivoksesta ja tarvekivilouhoksesta johtuvista pohjavedenpinnan korkeuden muutoksista.

18.2 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Vaikutusten arvioinnissa on käytetty pääosin seuraavaa aineistoa:

- AFRY Finland Oy 2023d. Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin jokimallin avulla arvioituna, päivitys YVA-selostuksen täydennysasiakirjaan.
- Ahma ympäristö Oy 2013c. Kersilön pohjaeläinraportti 2012.
- Ahma ympäristö Oy 2014. Selvitys kalastuksesta Kitisellä vuonna 2013.
- Ahma ympäristö Oy 2017a. Viiankiaavan–Kersilön alueen lähivesien kalastustiedustelu 2016.
- Ecomonitor Oy 2020. Kitisen alueen päällyslevät – Piilevämääritykset 2020.
- Eloranta, P. 2016. Kitisen tarkkailun piilevätutkimus 2015.
- Eloranta, P. 2017. Sakatin alueen perustilaselvitys. Piileväanalyysien tulokset 2016 ja 2017.
- Eurofins Ahma Oy 2018a. Pintavesien biologinen tarkkailu, metallimääritykset vuonna 2018.
- Eurofins Ahma Oy 2018b. Sodankylän pohjaeläintarkkailu vuosina 2016 ja 2017.
- Eurofins Ahma Oy 2018c. Vesialueiden bioindikaattoritutkimus 2016–2017.
- Eurofins Ahma Oy 2018d. Sattasjoen ja Kelu-Ylijoen sähkökalastus 2017.
- Eurofins Ahma Oy 2019b. Lähialueen pienvesien kalastustiedustelu 2018.
- Eurofins Ahma Oy 2020c. Selvitys kalastuksesta Kitisellä vuonna 2018.
- Eurofins Ahma Oy 2021c. Kelu- ja Sattasjoen vesisammalten bioindikaatioraportti 2020.
- Eurofins Ahma Oy 2021d. Kelu- ja Ylijoen sekä Kärväslammen purku-uoman sähkökalastus v. 2021.
- Eurofins Ahma Oy 2021e. Virtavesien pohjaeläintarkkailu 2020.
- Eurofins Ahma Oy 2022a. Puroselvitykset 2021.
- Eurofins Ahma Oy 2022b. Kelujoen, Ylijoen ja Eliasojan vesisammalkartoitus 2021.
- Lapin Vesitutkimus Oy 2011a. Viiankiaavan lähialueen vesistöjen kalasto ja kalastus.
- Lapin Vesitutkimus Oy 2011b. Viiankiaavan pohjaeläinselvitys.
- Lapin Vesitutkimus Oy 2012a. Kersilön alueen lähivesien kalastus ja kalasto 2012.
- Luontoselvitys Kangas Oy 2021a. Sakatin alueen uhanalaisten vesisammalien inventointi.
- Luontoselvitys Kangas Oy 2021b. Sakatin hankealueen ja sen ympäristön jokihelmisimpukkakartoitus vuonna 2021.

18.2.1 Kalastoseurannat ja kalataloushaastattelut

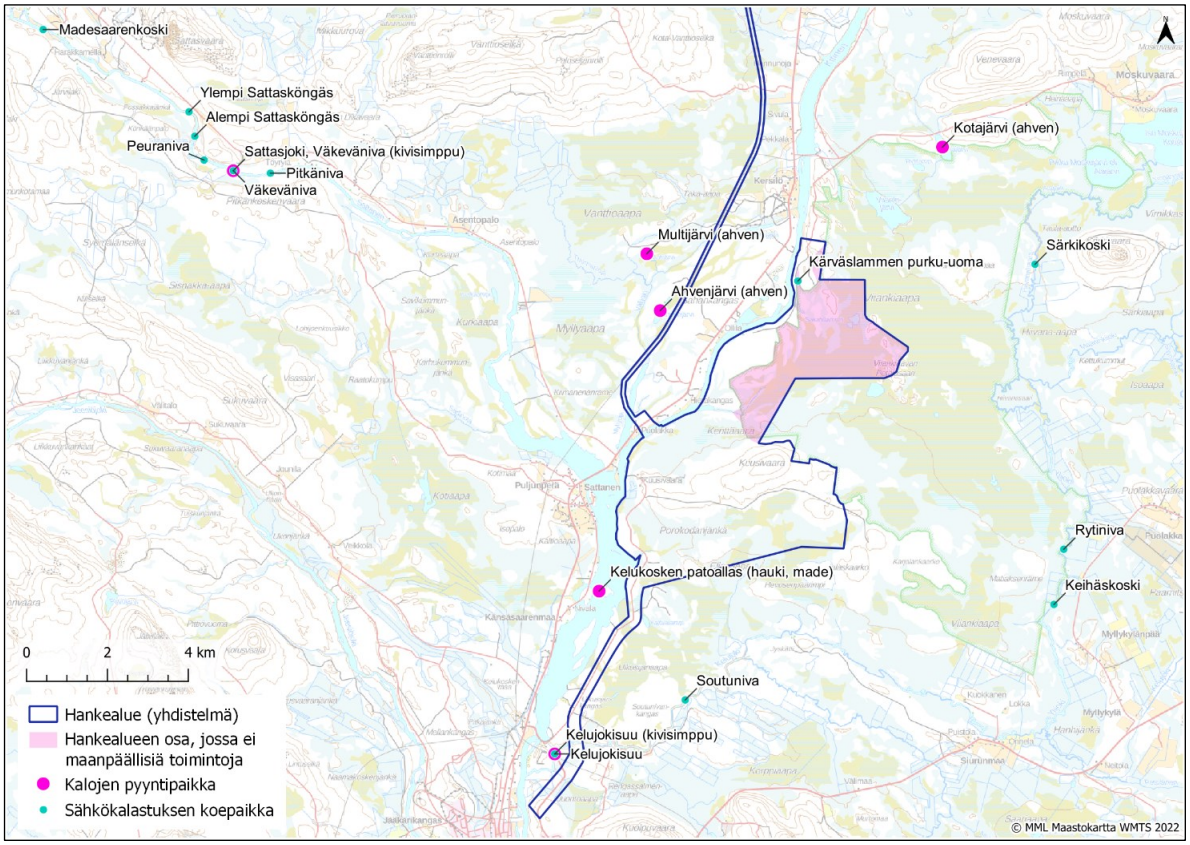
Tietoja hankkeen vaikutusalueen kalastosta ja kalastuksesta Kitisen pääuoman osalta on saatu Kemijoki Oy:n ja PVO-Vesivoima Oy:n kalataloudellisen tarkkailusuunnitelman seurantaraporteista (Ahma ympäristö Oy 2014, Eurofins Ahma Oy 2020c) sekä Boliden Kevitsa Mining Oy:n velvoitetarkkailuraportista (Eurofins Ahma Oy 2018a). Pienvesien osalta tietoja on koottu Sakatin kaivoshankkeen ennakkoselvityksiin kuuluvista selvityksistä (Lapin Vesitutkimus Oy 2011a, 2012a; Ahma ympäristö Oy 2017a). Kalastukseen liittyvät tiedot on kerätty haastattelemalla alueella kalastavia kotitalouksia ja kalastusosakaskuntien yhteyshenkilöitä (vuosina 2010, 2012 ja 2016).

Kalastustiedusteluilla on selvitetty myös useiden pienvesien kalastoa sekä kalastusta hankealueen läheisyydessä (Ahma ympäristö Oy 2017a). Pienvesiselvityksiä on toteutettu mm. Viiankiaavan Natura-alueella ja Kitisen länsipuolella.

18.2.2 Sähkökoekalastukset

Hankkeen ennakkoselvityksinä on tehty Bohlin ym. (1989) periaatteiden mukaisesti sähkökoekalastuksia, joita on toteutettu vuosina 2009, 2017 ja 2021 Ylijoella ja Kelujoella (Lapin vesitutkimus 2011b, Eurofins Ahma Oy 2018d, Eurofins Ahma Oy 2021d) sekä vuosina 2012 ja 2017 Sattasjoella (Lapin Vesitutkimus 2012a, Eurofins Ahma Oy 2018d) (Kuva 18-1). Sähkökoekalastusten tarkoituksena on ollut kartoittaa hankealueen vesistöissä esiintyviä kalalajeja, niiden runsautta sekä lohikalojen osalta mahdollisten luonnonpoikasten esiintyvyyttä alueella. Ennakkoselvitysvaiheessa hankealueen sijainti ei ollut vielä täsmentynyt, joten tutkimuksilla kerättiin perustila-aineistoa mm. hankevaihtoehtojen määritystyötä varten.

Myös Kärväslammesta laskevassa purosta (Kärväslammen purku-uoma) suoritettiin sähkökoekalastus (Eurofins Ahma Oy 2021e) Puroselvityksen yhteydessä vuonna 2021. Kärväslammen puron tapauksessa sähkökalastuksen tarkoituksena oli selvittää, esiintyykö uomassa kalaa ja täyttääkö se siltä osin puron määritelmän (Eurofins Ahma Oy 2022a).



Kuva 18-1 Sähkökalastuskoealojen ja kalojen pyyntipaikkojen (metallimääritykset) sijainti vuosina 2009, 2012, 2016, 2017 ja 2021.

18.2.3 Kalojen metallipitoisuudet

Kalojen metallipitoisuuksia on määritetty kaivoshankkeen perustilaselvitysten yhteydessä sekä Boliden Kevitsa Mining Oy:n velvoitetarkkailun osana. Vuosina 2016–2017 toteutetuissa selvityksissä näytekaloja kerättiin Kelukosken patoaltaalta, Kotajärveltä, Mutijärveltä, Ahvenjärveltä sekä Sattasjokisuulta ja Kelujokisuulta. Näytepisteet on esitetty edellisessä kuvassa (Kuva 18-1). Kelukosken patoaltaalta näytekaloiksi pyydettiin viisi kappaletta haukia ja viisi kappaletta mateita. Kotajärveltä, Mutijärveltä ja Ahvenjärveltä pyydettiin viisi kappaletta ahvenia jokaisesta järvestä. Sattasjokisuulta ja Kelujokisuulta pyydettiin näytekaloiksi kivisimppuja sähkökoekalastusten yhteydessä. (Eurofins Ahma Oy 2018a.)

18.2.4 Pohjaeläimet

Pohjaeläinten perustilan selvittämiseksi kaivoksen hankealueen vesistöissä sekä Kitisen länsipuolisilla alueilla on tutkittu pohjaeläimiä vuosina 2009, 2012, 2016–2017 ja 2020 virtavesistä, lammista ja järvistä (Lapin Vesitutkimus Oy 2011b, Ahma Ympäristö 2013, Eurofins Ahma Oy 2018b, 2021e). Lisäksi puroselvityksen yhteydessä otettiin pohjaeläinnäytteet Kärväslammen purosta (Eurofins Ahma Oy 2022a). Näytepistekartta on esitetty jäljempänä luvussa 18.4.2 (Kuva 18-2).

18.2.5 Piilevät (päällyslevät)

Hankealueen virtavesistöjen kiinteille alustoille kiinnittyneiden piilevien yhteisöjä on tutkittu Kitisellä Kelukosken, Matarakosken ja Vajukosken voimalaitosten alakanavissa vuonna 2015. Kelujoella, Ylijoella ja Sattasjoella piileviä tutkittiin vuosina 2016–2017 sekä 2020 (Eloranta 2016 ja 2017, Ecomonitor Oy 2020). Kärväslammesta laskevalla purolla (Kärväslammen purku-uoma) toteutettiin piilevänäytteenotto vuonna 2021 (Eurofins Ahma Oy 2022a). Näytepistekartta on esitetty jäljempänä luvussa 18.4.3 (Kuva 18-3). Hankealueen muiden vesistöjen piileväyhteisöistä ei ole tietoja.

18.2.6 Vesisammalet

Osana Sakatin hankealueen perustilaselvityksiä vuosina 2016–2017 valuma-alueen virtavesien metalleja ja alkuaineita määritettiin vesisammaleista standardin SFS 5671 ”*Ilmansuojelu. Bioindikaatio. Sammalten kemiallinen analyysi. Näytteenotto, esikäsittely ja tulosten esittäminen*” mukaisesti. Eurofins Ahma Oy otti vesisammalnäytteet vuosina 2016–2017 viidestä pisteestä (Eurofins Ahma Oy 2018c) sekä vuonna 2020 neljästä pisteestä Kelujoesta, Ylijoesta ja Sattasjoesta (Eurofins Ahma Oy 2021e). Näytepistekartta on esitetty jäljempänä luvussa 18.4.4 (Kuva 18-4).

Kärväslammesta laskevalla purolla, Ruosteojalla ja Sakattiojalla tehtiin uhanalaisten vesisammalien kartoitukset (Luontoselvitys Kangas Oy 2021a) Puroselvityksen yhteydessä vuonna 2021. Myös Ylijoella, Kelujoella ja Eliasojalla tehtiin uhanalaisten vesisammalien kartoitus vuonna 2021 (Eurofins Ahma Oy 2022b).

18.2.7 Vaikutusarvioinnin toteutus

Vesiekologiaan, kalastoon ja muuhun vesieliöstöön kohdistuvien vaikutuksien arviointi pohjautuu lähtöaineiston ohella pohja- ja pintavesiin kohdistuvien vaikutusten arviointiin (Luvut 16 ja 17).

Vaikutuksia on arvioitu rakentamisen, toiminnan sekä sulkemisen aikana ja sulkemisen jälkeisessä vaiheessa. Rakentamisen aikaisten vaikutusten arvioinnissa on ollut lähtökohtana tilapäisluonteisesti ilmenevät vaikutukset. Toiminnan aikaiset vaikutukset kohdistuvat selvästi pitemmälle ajanjaksolle kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset. Rakentamisen ja toiminnan aikaisten vaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty kaivoksen suunnitteluasiakirjoja sekä Sakatin aiheuttaman vesistökuormituksen mallinnusta (AFRY Finland Oy 2023d). Toiminnan aikaisten vaikutusten arvioinnissa on huomioitu myös Sakatin kaivoshankkeen ja Kevitsan kaivoksen yhteisvaikutus Kitisen kalastolle.

18.3 Arvioinnin epävarmuustekijät

Arvioinnin epävarmuustekijät liittyvät vesistömallinnuksen epävarmuuteen ja poikkeustilanteisiin.

Vesistö- ja pohjavesimallinnuksen epävarmuustekijät vaikuttavat myös vesiekologiaa koskevan vaikutusarvioinnin epävarmuuksiin. Vaikutukset vesistöissä heijastuvat myös vesieliöstöön ja toteutuneiden vesistövaikutusten poiketessa merkittävästi arvioidusta voi myös kalastoon ja muuhun vesieliöstöön kohdistua arvioitua suurempia tai pienempiä vaikutuksia. Vaikutusten ollessa arvioitua

suurempia raskasmetallien kumuloitumien petokaloihin voi olla myös pitkällä aikavälillä arvioitua suurempaa.

Poikkeustilanteet voivat aiheuttaa vesiekologiaan vaikutuksia, joita ei ole otettu arvioinnissa huomioon.

18.4 Nykytila

18.4.1 Kalasto ja kalastus

Kalakannat ja kalastus suurilla virtavesillä

Kitinen on voimalaitosrakentamisen myötä voimakkaasti muutettu ja virtaamaltaan säännelty joki, millä on ollut vaikutuksensa myös joen luontaiseen kalastoon. Kalastossa on Lapin vesistölle tyypillisiä lajeja: haukea, särkikaloja, ahventa, madetta ja kivisimppua. Arvokaloista Kitisellä ja siihen laskevilla jokihaaroilla esiintyy harjusta, taimenta ja siikaa, joita istutetaan vuosittain velvoiteistutuksina Kemijoki Oy:n, Boliden Kevitsa Mining Oy:n ja PVO-Vesivoima Oy:n toimesta toiminnasta kalastolle ja kalastukselle aiheutuneiden haittojen kompensoimiseksi.

Kitiseltä kalastettu kokonaissaalis Porttipahdan tekojärven alapuoliselta pääuomalta oli vuonna 2018 noin 14 tonnia ja vuonna 2013 noin 27 tonnia. Saaliista suurin osa pyydettiin joko Kelukosken tai Kokkosnivan altailta. Kokkosniva sijaitsee hankealueen alapuolella. (Eurofins Ahma Oy 2020c.)

Kitiseen laskevissa Välijoessa ja Tuormusojassa virtaamat ovat pienet ja pohjat mutaiset. Välijoessa ja Tuormusojassa ei ole lohensukuisille kaloille soveltuvia sorapohjaisia kutualueita. Molemmat joet ovat kalastollisesti vähäarvoisia vesistöjä, joilla ei ole merkitystä kalataloudellisesti.

Arvokalalajeista harjus lisääntyy luontaisesti alueen virtavesistöistä ainakin Kelujoen, Ylijoen ja Sattasjoen koski- ja niva-alueilla koko jokiuomassa. Poikastiheys on selvitysvuodesta riippuen vähäinen tai kohtalainen. Taimenta esiintyy alueen virtavesistöissä paikoitellen. Koski- ja niva-alueiden vähäisyyden vuoksi taimenen luontaista poikastuotantoa ei ole tutkituista alueista kuin Sattasjoella. Sattasjoellakin poikasmäärät olivat pieniä, todennäköisesti koskialueiden uittoperkausten tuloksena muodostuneen paljaspohjaisuuden ja vuolauden vuoksi. Sattasjoella vuonna 1994 suoritetut koskialueiden kunnostustyöt ovat kuitenkin saattaneet lisätä taimenen luontaista lisääntymistä mahdollistavia suojapaikkoja. Vedenlaatunsa puolesta Sattasjoki on arvioitu taimenelle erittäin hyväksi (Huhtala 2008).

Kelukosken patoallas

Kaivostoiminnan ensisijainen vaikutusalue Kitisen pääuomalla on Kelukosken patoallas, joka kattaa noin 17 kilometriä jokiuomaa hankealueen alapuolella.

Kitisen Kelukosken patoaltaalla toteutettiin vuoden 2018 kalastusta koskeva kalastustiedustelu Kemijoki Oy:n velvoitetarkkailuna. Kalastustiedustelun mukaan patoaltaalla kalasti yhteensä 37 kotitaloutta osakaskuntien luvalla ja lisäksi 28 taloutta kalasti Metsähallituksen ja osakaskuntien yhtenäisluvalla. Kalastukseen osallistui yhteensä noin 114 henkilöä. Kalastus oli pääasiassa vetouistelu-,

verkko- ja katiskakalastusta. Ajankäytöllisesti suosituin pyyntimuoto oli osakaskuntien lupien ostajien keskuudessa vetouistelu. Kolmasosa osakaskuntalupien hankkijoista kalasti kesäaikaan verkoilla. Merkittävä osa kalastuksesta tapahtui jäättömänä aikana.

Osakaskuntien luvilla kalastaneiden kokonaissaalis Kelukosken patoaltaalla oli vuonna 2018 yhteensä 1 059 kilogrammaa (kg). Tärkein saalislaji oli hauki (431 kg) ja lisäksi ahvensaalis oli merkittävä (394 kg). Vähemmän tärkeitä saalislajeja olivat made (48 kg), siika (19 kg), taimen (66 kg) ja kirjolohi (26 kg). Särkikalojen yhteenlaskettu saalis oli 76 kg. Vuoden 2013 saaliiseen nähden poikkeavasti harjusta ei saatu lainkaan vuonna 2018. Noin 29 % saaliista saatiin kesä- ja talviverkoilla ja katiskapyynnillä saatiin noin 41 % saaliista. Vetouistelu tuotti noin 11 % saaliista ja loppuosa saatiin muilla pyyntitavoilla.

Vuonna 2013 tehdyn kalastustiedustelun mukaan Kelukosken altaalla kalasti noin sata taloutta, joista kalastukseen osallistui jossakin muodossa noin 140 henkilöä. Kalastus oli pääasiassa vetouistelu-, verkko- ja katiskakalastusta. Kokonaissaalis Kelukosken altaalta oli noin 5 400 kg, josta 57 % oli haukea ja ahventa oli 23 %. Niiden lisäksi saatiin merkittävästi siikaa, taimenta, madetta ja särkikaloja sekä hiukan harjusta ja kirjolohta. Talouskohtainen keskimääräinen saalis oli 54 kg. Kyselyn mukaan merkittävä osa kalastuksesta tapahtui jäättömänä aikana. Kalastustiedusteluiden perusteella Kitisen säännöstelystä johtuvaa avovesikauden aikaista virtauksen vaihtelua sekä pyydysten limoittumista pidettiin merkittävimpinä kalastusta haittaavina tekijöinä.

Vuoden 2013 kalastustiedusteluun verrattuna niin saalismäärät kuin kalastajien kokonaismäärätkin olivat vuonna 2018 selvästi pienemmät. On huomattava, että tulokset eivät välttämättä kaikelta osin kuvastaneet pidemmän aikavälin muutosta, vaan niihin saattoivat vaikuttaa merkittävästi myös pyyntivuoden olosuhteet. Kesä 2018 oli koko maassa poikkeuksellisen lämmin, mikä osaltaan saattoi vaikeuttaa esim. verkkokalastusta ja pienentää vapakalastuksen lohikalasaaliita lomakaudella. (Eurofins Ahma Oy 2019b.)

Kelukosken patoaltaan kalastoa hoidetaan vesivoimayhtiön ja Boliden Kevitsa Mining Oy:n velvoitteena mm. taimenen, siian ja harjuksen poikasistutuksilla. Patoaltaalla voi esiintyä taimenen ja harjuksen osalta myös luonnonkudusta syntyneitä yksilöitä, sillä taimenen ja harjuksen lisääntymistä tapahtuu luontaisesti ainakin patoaltaaseen laskevassa Sattasjoessa.

Kalakannat ja kalastus pienvesillä

Kalastustiedustelujen perusteella hankealueella ja sen lähistöllä sijaitsee useita pienempiä järviä, joista varsinkin Mutijärvellä ja Kotajärvellä on huomattavaa merkitystä kotitalouskalastuksen kannalta. Lisäksi alueella on useampia jokia, joilla on kalastuksellista merkitystä. Hankealueen ja sen lähistön järvet ovat tyypillisiä hauki- ja ahvenvaltaisia vesistöjä.

Viiankiaavan pohjoispuolisilla järvillä kalastus on paikallisten keskuudessa suhteellisen vähäistä, ajoittuen lähinnä keväiseen kutupyyntiin. Kalastollisesti järvissä ovat edustettuina vähempiarvoiset kalalajit hauki, ahven, särki ja kiiski. Poikkeuksen muodostaa Kotajärvi, joka on kahden talouden käytössä oleva yksityisvesialue. 16 metriä syvä Kotajärvi on syvempi kuin alueen muut järvet ja lammet. Sitä on hoidettu säännöllisesti vuotuisilla siianistutuksilla ja järven merkitys

kotitalouskalastuksellisesti on merkittävä. Siian lisäksi Kotajärvestä saadaan ahventa, haukea, muikkua, madetta ja kiiskeä.

Hankealueen länsipuolella sijaitsevat Mutijärvi, Mantojärvi ja Ahvenjärvi ovat alueellisesti tyypillisiä hauki- ja ahvenvaltaisia vesistöjä. Mutijärvi ja Mantojärvi ovat yksityisessä omistuksessa, Ahvenjärven vesialue on Sattasen kalastusosakaskunnan ja muutamien yksityisten tilojen omistama. Kaikissa näissä järvissä kasvaa siikaa istutusten johdosta ja varsinkin Mutijärvessä siikakanta on hyvä ja merkittävä osuus vuotuisesta saaliista on siikaa, lisäksi järvestä kalastetaan ahventa ja madetta. Mutijärvi on kokonaisuudessaan yksityisvesialuetta, jolla kalastusta harjoittaa yksi talous. Mutijärven vuotuiset saalismäärät ovat hieman yli sata kilogrammaa vuosien 2012 ja 2016 haastatteluiden perusteella.

Sähkökoekalastuksen tulokset

Sattasjoella sähkökoekalastuksia tehtiin kuudessa pisteessä vuosina 2012 ja 2017 (Kuva 18-1). Havaittu koskikalasto (Taulukko 18-1) oli pääasiassa kivisimppua, taimenta ja harjusta. Taimenen ja harjuksen havaitut esiintymistiheydet olivat pieniä. Molemmilta lajeilta tavattiin kesänvanhoja luonnonpoikasia, tosin tulosten perusteella taimenen luontainen lisääntyminen Sattasjoella oli vähäistä. Puunuiton vuoksi tehty joen perkaaminen on vähentänyt luontaisia kutuympäristöjä, mikä todennäköisesti vaikuttaa luontaisen lisääntymisen vähäisyyteen viime vuosina tehdyistä joen kunnostustöistä huolimatta. (Lapin Vesitutkimus 2012a, Eurofins Ahma Oy 2018d.)

Ylijoella kolmessa pisteessä tehdyissä sähkökoekalastuksissa havaittiin pääasiassa kivisimppua, mutua, harjusta ja madetta (Taulukko 18-2). Vuonna 2009 harjusta esiintyi kaikilla koealueilla, mutta yksilötiheydet olivat pieniä. Suurin osa oli kesänvanhoja luonnonpoikasia. Vuonna 2017 harjusta esiintyi vain Keihäskoskella ja vuoden 2021 sähkökoekalastuksessa harjusta ei esiintynyt lainkaan. Myöhäisen kalastusajankohdan ja korkean veden takia harjuksen poikaset (ja myös kivisimput) olivat todennäköisimmin jo vaeltaneet viilentyneiden vesien takia hidasvirtaisemmille alueille. Taimenta ei Ylijoella tavattu tutkimuksissa lainkaan. (Lapin vesitutkimus 2011b, Eurofins Ahma Oy 2018d, 2021d.)

Kelujoella sähkökoekalastuksia tehtiin kahdessa pisteessä vuosina 2009 ja 2017 (Soutuniva ja Kelujokisuu). Havaittu lajisto oli pääasiassa kivisimppua ja mutua (Taulukko 18-2). Toisella koealueella esiintyi taimenta ja harjusta, joskin kummankin kohdalla yksilötiheydet olivat pieniä. Harjukset olivat kesänvanhoja luonnonpoikasia. Havaitut taimenet puolestaan olivat kaikki yli 1-vuotiaita, mikä viittaisi taimenen luontaisen lisääntymisen olevan Kelujoella vähäistä. Turvallisuussyistä Soutunivassa ei suoritettu koekalastusta vuonna 2021. Kelujokisuun koealalla esiintyi valtalajina kivisimppuja. Myös harjuksen kesänvanhoja poikasia esiintyi edelleen aikaisempien kalastusvuosien tapaan. Muita saalislajeja olivat pikkunahkiainen ja hauen poikaset. Taimenta ei havaittu vuonna 2021. (Lapin vesitutkimus 2011b, Eurofins Ahma Oy 2018d, 2021d.)

Kärväslammelta laskevassa purossa (Kärväslammen purku-uoma) ei havaittu kaloja vuonna 2021 toteutetun sähkökoekalastuksen yhteydessä (Eurofins Ahma Oy 2022a).

Taulukko 18-1 Sähkökalastettujen koealojen keskimääräinen yksilötiheys (kalayksikköä/aari) ja biomassa (g/aari) Sattasjoella vuosina 2012 ja 2017 (Lähde: Lapin Vesitutkimus 2012a, Eurofins Ahma Oy 2018d).

	2012		2017	
Laji	kpl/aari	g/aari	kpl/aari	g/aari
Taimen 0+	0,1	0,03	0,1	0,03
Taimen ≥1+	0,7	75,1	0,7	75,1
Harjus 0+	0,5	1,1	0,5	1,1
Harjus ≥1+	-	-	-	-
Kivisimppu	10,1	18,8	10,1	18,8

Taulukko 18-2 Sähkökoekalastuksen vuoden 2009 ja 2017 tulokset, keskimääräinen yksilötiheys (kalayksikköä/aari) ja biomassa (g/aari) Ylijoelta sekä Kelujokisuulta. Huom. a=aari. (Lähde: Lapin vesitutkimus Oy 2011b, Eurofins Ahma Oy 2018d, 2021d.)

	Ylijoki Särkikoski			Ylijoki Rytiniva			Ylijoki Keihäskoski			Kelujokisuu		
Laji	2009 kpl/a (g)	2017 kpl/a (g)	2021 kpl/a (g)	2009 kpl/a (g)	2017 kpl/a (g))	2021 kpl/a (g)	2009 kpl/a (g)	2017 kpl/a (g)	2021 kpl/a (g)	2009 kpl/a (g)	2017 kpl/a (g)	2021 kpl/a (g)
Taimen 0+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taimen ≥1+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6 (54,6)	-	-
Harjus 0+	-	-	-	8,8 (13,6)	-	-	3,6 (7,1)	3,0 (15,2)	-	1,5 (2,6)	1,6 (7,0)	-
Harjus ≥1+	7,7 (130, 3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4 (9,7)
Mutu	0,9 (3,4)	-	-	40,5 (104, 3)	-	-	17,5 (48,0)	-	-	-	0,4 (7,0)	-
Kivi-simppu	47,7 (174, 5)	83,9 (259, 9)	4,0 (19,4)	45,8 (166, 5)	19,9 (85,4)	9,4 (42,5)	70,7 (221, 5)	19,9 (68,0)	5 (17)	41,0 (75,9)	41,0 (77,1)	12,9 (32,3)
Made	10,8 (349, 7)	4,8 (107, 0)	-	-	0,6 (27,8)	0,6 (13,2)	5,9 (152, 5)	2,0 (74,7)	-	-	-	-
Hauki	1,6 (84,0)	-	-	-	0,6 (1,3)	1,3 (6,9)	2,0 (32,4)	-	-	-	0,4 (0,8)	0,5 (133,9)
Kym-men-piikki	2,7 (1,8)	-	-	-	-	-	1,0 (1,0)	-	-	-	-	-
Ahven	0,9 (1,8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Särki	-	-	-	-	-	-	1,1 (90,1)	-	-	1,0 (4,1)	0,4 (5,7)	-
Pikku-nahki-ainen	-	-	1,5 (8,9)	-	-	-	-	-	1 (2)	3,4 (6,3)	0,4 (0,4)	0,9 (2,8)

Kalojen metallimääritykset

Vuoden 2016–2017 kalojen metallimäärityksissä (Eurofins Ahma Oy 2018a) kaikkien tutkittujen petokalojen (made ja hauki) elohopean, lyijyn ja kadmiumin pitoisuudet (tuorepainossa) alittivat EU:n määrittämät raja-arvot elintarvikkeena käytettävälle kalalle (Taulukko 18-3). Hauen lihassa todettiin korkeampia metallipitoisuuksia kuin mateessa. Viiden kalan keskiarvopitoisuuksista ainoastaan sinkin pitoisuus oli mateessa korkeampi kuin hauessa. Myös kaikkien tutkittujen ahventen elohopean, lyijyn ja kadmiumin pitoisuudet (tuorepainossa) alittivat EU:n määrittämät raja-arvot elintarvikkeena käytettävälle kalalle (Taulukko 18-4). Kivisimppujen osalta korkeampia metallipitoisuuksia todettiin pääosin Sattasjoen kaloissa. Raskasmetalleista ainoastaan bariumin, koboltin ja mangaanin pitoisuudet olivat Kelujoen simppunäytteissä suuremmat kuin Sattasjoen simpuissa (Taulukko 18-4). (Eurofins Ahma Oy 2018a.)

Taulukko 18-3 Eräiden metallien pitoisuuksia (mg/kg, tuorepaino) havaintoalueilla vuosina 2016–2017 (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2018a).

	Made			Hauki		
	Keskiarvo (mg/kg)	Maksimi (mg/kg)	Minimi (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Maksimi (mg/kg)	Minimi (mg/kg)
Alumiini		29	<10		23	<10
Arseeni	0,302	0,42	0,12	0,456	1	0,13
Kadmium		<0,02	<0,02		<0,02	<0,02
Koboltti		0,036	<0,03		<0,03	<0,03
Kromi		<0,4	<0,4		<0,4	<0,4
Kupari	0,694	0,77	0,62	0,862	1,2	0,66
Rauta	7,42	11	5,5	10,44	13	8,4
Elohopea	0,944	1,4	0,63	1,322	2,1	0,82
Magnesium	1 048	1 320	900	1 452	1 550	1 280
Nikkeli		<0,02	<0,02		2,8	<0,02
Lyijy		0,066	<0,05		0,067	<0,05
Seleeni	1,29	1,7	0,95	1,54	1,7	1,4
Sinkki	18	20	17	15,6	19	14

Taulukko 18-4 Eräiden metallien keskimääräisiä pitoisuuksia (mg/kg, tuorepaino) havaintoalueilla vuosina 2016–2017 (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2018a).

	Kotajärvi (ahven)	Mutijärvi (ahven)	Ahvenjärvi (ahven)	Kelujokisuu (simppu)	Sattasjoki Väkeväniva (simppu)
	Keskiarvo (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)	Keskiarvo (mg/kg)
Alumiini	<10	<10	<10	<10	<10
Arseeni	0,041	<0,03	<0,03	0,12	0,48
Kadmium	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Koboltti	<0,03	<0,03	<0,03	0,3	0,12
Kromi	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Kupari	0,65	0,71	0,61	1,3	1,6
Rauta	6,5	8	8	22	21
Elohopea	0,46	0,59	0,59	0,21	0,24
Magnesium	1560	1530	1470	1030	1260

	Kotajärvi (ahven) Keskiarvo (mg/kg)	Mutijärvi (ahven) Keskiarvo (mg/kg)	Ahvenjärvi (ahven) Keskiarvo (mg/kg)	Kelujokisuu (simppu) Keskiarvo (mg/kg)	Sattasjoki Väkeväniva (simppu) Keskiarvo (mg/kg)
Nikkeli	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Lyijy	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
Seleeni	2,9	1,1	1	1,3	5,2
Sinkki	15	22	15	30	38

18.4.2 Pohjaeläimet

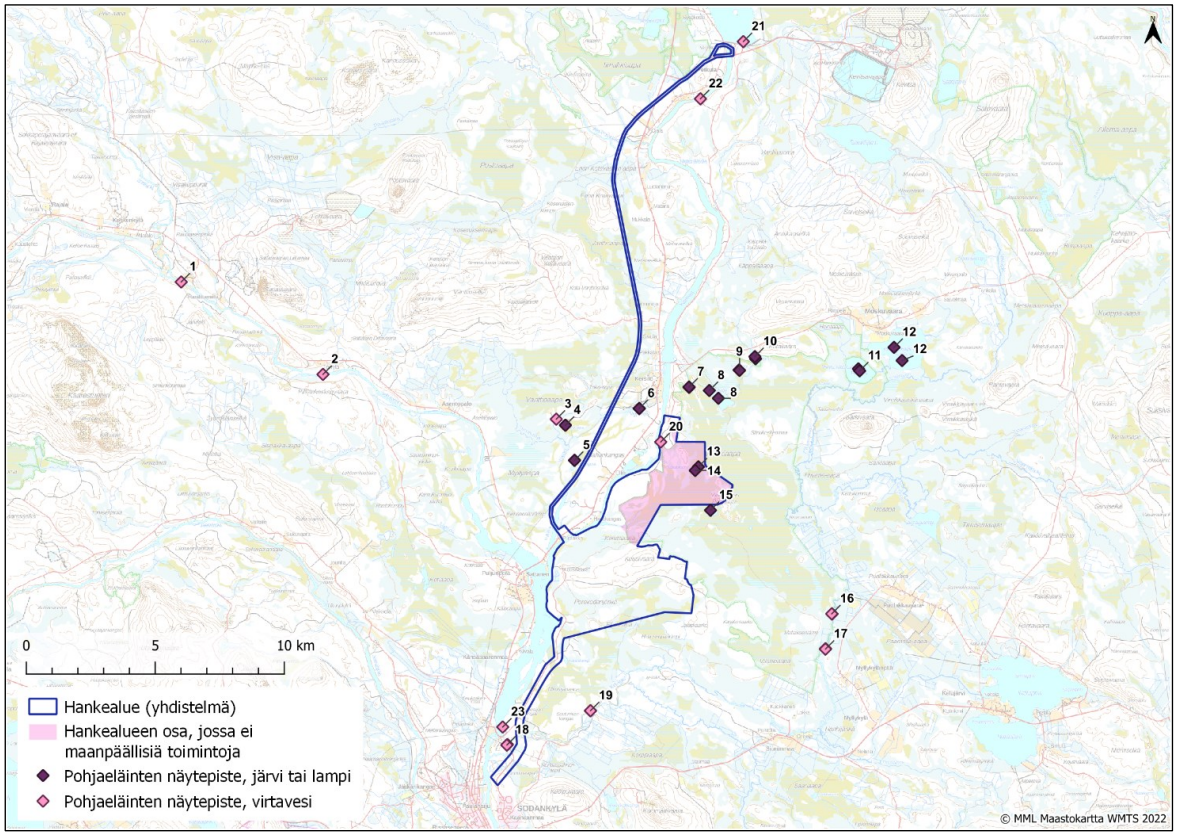
Pohjaeläinten perustilan selvittämiseksi kaivoksen hankealueen vesistöissä sekä Kitisen länsipuolisilla alueilla on tutkittu pohjaeläimiä vuosina 2009, 2012, 2016–2017, 2020 ja 2021 virtavesistä, lammista ja järvistä (Lapin Vesitutkimus Oy 2011b, Ahma Ympäristö 2013, Eurofins Ahma Oy 2018b, 2021e, 2022a).

Hankealueen järvet ovat valtaosin pieniä ja matalia suojärviä ja -lampia. Tutkitut järvet olivat syvempää Kotajärveä lukuun ottamatta suorantaisia ja joko humuspitoisia tai erittäin humuspitoisia. Myös Kotajärvessä veden väri ilmentää suovesien vaikutusta. Iso ja Pieni Moskujärvi ovat luokiteltavissa jonkinasteisiksi läpivirtausjärviksi. Kotajärven, Viiankijärven sekä Kokkolammen läpi virtaavat pienet laskuojat. Osaan alueen järvistä on kohdistunut jossain määrin ihmisvaikutusta asutuksen, maanviljelyn ja karjankasvatuksen seurauksena, lisäksi Viiankijärvessä ja Kokkojärvessä vedenpinnan korkeutta tiedetään säädellyn. Muulta osin ihmisten aiheuttamien vaikutusten arvioidaan olleen suhteellisen vähäisiä.

Järvistä ja lammista pohjaeläinnäytteitä on otettu ainoastaan syvännepaikoista. Osa lammista ja järvistä on niin matalia, että niissä ei voi puhua varsinaisesta syvänteestä. Näytteenottopaikoiksi on valittu karttatarkasteluiden perusteella järven tai lammen syvin kohta.

Tutkitut virtavesikohteet ovat suuruusluokaltaan pieniä jokia, ja lisäksi mukana on yksi puro (Kärväslammen purku-uoma). Näytteenottoalueista varsinkin Kelujoen alapuoliset kohteet sijoittuvat alueelle, jossa on haja-asutuksesta, ojituksesta sekä Puolakkavaaran alueella sijaitsevan Paarnitsa-aavan entisestä turvetuotantoalueesta johtuen luonnonhuuhtoumasta poikkeavaa kuormitusta. Paarnitsa-aavan turvetuotanto on lopetettu vuoden 2020 tuotantovuoden jälkeen ja tuotannon ympäristölupa on rauetettu (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2022). Näytealueita ei edellä mainittujen seikkojen vuoksi kuitenkaan voida pitää täysin luonnontilaisina kohteina.

Syvänteiden pohjaeläinnäytteet on otettu pehmeille pohjille tarkoitetulla Ekman-näytteenottimella. Virtavesien pohjaeläinnäytteet on otettu käsihaavilla (potkuhaavilla). Hankealueen ja sen lähialueiden pohjaeläimistön näytteenottopaikat on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 18-2) ja näytepisteiden nimet sekä näytteenottopäivät taulukossa (Taulukko 18-5).



Kuva 18-2 Pohjaeläimistön näytteenottopaikat vuosina 2009, 2012, 2016–2017, 2020 ja 2021.

Taulukko 18-5 Pohjaeläinten näytteenottopisteiden nimet ja näytteenottopäivät.

Näytepisteen numero	Pohjaeläinten näytepisteen nimi	Näytteenottopäivä
1	Sattasjoki, Madesaarenkoski	8.9.2016, 16.9.2020
2	Sattasjoki, Pitkäkoski	8.9.2016, 16.9.2020
3	Takaoja	10.10.2012
4	Mutijärvi	10.10.2012, 1.9.2016
5	Ahvenjärvi	10.10.2012, 31.8.2016
6	Mantojärvi	10.10.2012, 1.9.2016
7	Kokkolampi	24.11.2009, 5.4.2017
8	Viiankijärvi	24.11.2009
8	Viiankijärvi	9.11.2017
9	Rytilampi	11.1.2009, 5.4.2017
10	Kotajärvi	6.10.2009, 31.8.2016
11	Pieni Moskujärvi	11.10.2009, 8.11.2017
12	Iso Moskujärvi	10.10.2009
13	Sakattilampi N	8.11.2017
14	Sakattilampi S	25.11.2009
15	Nimetön lampi	25.11.2009
16	Ylijoki, Rytiniva	7.9.2017, 16.9.2020
17	Ylijoki, Keihäskoski	7.9.2017, 16.9.2020
18	Kelujoen alaosa	7.9.2016, 14.9.2020
19	Kelujoki, Soutuniva	7.9.2016, 15.9.2020

Näytepisteen numero	Pohjaeläinten näytepisteen nimi	Näytteenottopäivä
20	Kärväslammen purku-uoma	27.9.2021
21	Kitinen, Vajukosken allas	29.9.2020
22	Kitinen, Matarakosken allas	29.9.2020
23	Kitinen, Kelukosken allas	29.9.2020

Vuosien 2009 ja 2012 tutkimuksissa virtavesikohteiden lajisto oli selvitysten mukaan tyypillistä Lapin pienille joille ja puroille (Pöyry Finland Oy 2018). Suurimmat taksoniryhmät olivat kaksisiipiset (surviaissääsket ja mäkärät), koskikorennot, päiväkorennot ja vesiperhoset. Vuosina 2016–2017 virtavesien pohjaeläimiä tutkittiin Viiankiaavan eteläpuolella kahdessa pisteessä Ylijoessa ja kahdessa pisteessä Kelujoessa. Viiankiaavan ja Kitisen länsipuolella virtavesien pohjaeläimiä tutkittiin Sattasjoessa kahdessa pisteessä. Kaikissa tutkimuspisteissä pohjaeläinten yksilömäärä oli jokseenkin samaa suuruusluokkaa, noin 420–1 100 kappaletta. Suurin yksilömäärä oli Sattasjoen Pitkäkoskessa ja pienin Kelujoen alaosan pisteellä. Ekologisten indeksien TT (tyyppiominaiset taksonit), PMA (prosenttinen mallinkaltaisuus) ja T-EPTh (tyyppiominaisten EPT-heimojen lkm.) arvot olivat kaikilla pisteillä hyvässä tai erinomaisessa luokassa. Kaikilla pisteillä ASPT-indeksi, joka kuvaa vesistöön kohdistuvan orgaanisen kuormituksen suuruutta, oli puhtaan veden tasolla (Eurofins Ahma Oy 2018b).

Vuonna 2020 pohjaeläinnäytteitä otettiin Kitisestä, Sattasjoesta, Ylijoesta ja Kelujoesta. Näytealueet käsittivät runsaimmin virtavesille tyypillisiä lajiryhmiä: kaksisiipisiä ja EPT-ryhmän (päivänkorennot, koskikorennot ja vesiperhoset) lajeja. Virtavesien ASPT-indeksit ilmensivät puhtaita vesiä, vaikka Kitisen osalta ASPT-arvot olivat selvästi alhaisempia kuin muissa jokikohteissa. Vuoden 2020 tarkkailukerralla Kitisen näytealueiden PMA-arvot ilmensivät huonoa ekologista tilaa. Taksonimäärän (TT) ja EPT-heimojen lukumäärien perusteella Vajukosken altaan ekologinen tila oli tyydyttävä. Matarakosken altaan osalta TT-määrä ilmensi huonoa ekologista tilaa ja T-EPTh-määrä välttävää ekologista tilaa. Kitisen alimman näytealueen (Kelukosken allas) osalta TT-määrä ilmensi välttävää ekologista tilaa ja T-EPTh-määrä tyydyttävää ekologista tilaa. (Eurofins Ahma Oy 2021e.)

Seuraavassa on verrattu vuoden 2020 tuloksia Sattasjoen, Ylijoen ja Kelujoen näytealueilta vuosien 2016–2017 tuloksiin. Vuoden 2020 tarkkailukerralla Sattasjoen Madesaarenkosken näytealueella ekologinen tilaluokitus nousi yhdellä luokalla kaikkien mittareiden osalta (PMA, TT ja T-EPTh) vuoden 2016 tarkkailukertaan verrattuna. Vuonna 2020 Madesaarenkosken PMA-arvo ilmensi hyvää ekologista tilaa ja TT- sekä T-EPTh-arvot ilmensivät erinomaista ekologista tilaa. Vuoden 2020 tarkkailukerralla Sattasjoen Pitkäkosken näytealueen ekologisissa tilaluokituksissa ei tapahtunut muutosta vuoteen 2016 verrattuna ilmentäen erinomaista ekologista tilaa kaikkien mittareiden osalta. Vuoden 2020 tarkkailukerralla Ylijoen Rytinivan näytealueen PMA-arvon ekologinen tilaluokitus (tyydyttävä) laski yhdellä luokalla vuoteen 2017 verrattuna. TT-arvo oli vuoden 2020 tarkkailukerran perusteella erinomaisen ja hyvän tilaluokituksen rajalla, kun taas vuoden 2017 arvo ilmensi erinomaista ekologista tilaa. T-EPTh-arvo ilmensi erinomaista ekologista tilaa sekä vuonna 2017 että vuonna 2020. Ylijoen Keihäskosken osalta TT- ja T-EPTh-arvoissa ei tapahtunut muutosta ekologisissa tilaluokituksissa tarkkailuvuosien välillä, mutta PMA-arvon osalta ekologinen luokitus laski vuoden 2017 erinomaisesti tilaluokasta vuoden 2020 tyydyttävään tilaluokkaan. Vuoden 2020 tarkkailukerralla Kelujoen näytealueiden TT- ja T-EPTh-arvojen tilaluokitus oli sama kuin vuonna 2016 ilmentäen erinomaista ekologista tilaa. PMA-arvojen osalta molempien näytealueiden ekologinen

tilaluokitus (hyvä) laski yhdellä luokalla vuoteen 2016 verrattuna (erinomainen). (Eurofins Ahma Oy 2021e.)

Kärväslammesta laskevassa purossa (Kärväslammen purku-uoma) toteutettiin pohjaeläintutkimus syksyllä 2021 (Eurofins Ahma Oy 2022a). Suurimmat taksoniryhmät olivat koskikorennot ja kaksisiipiset (surviaissääsket ja mäkärät). Ekologisten tilaindeksien perusteella puron ekologinen tila sijoittuu luokkiin välttävä-tyydyttävä. Heimojen biologisen likaantumisindeksin kokonaissumma (BMWP) oli matala ja heimokohtainen keskiarvokin (ASPT) matalahko (Ruotsissa käytettävällä asteikolla kuitenkin melko korkea). Epästabiilit pohjien olosuhteet hyvin pienissä virtavesissä jättävät tuloksiin kuitenkin tulkinnanvaraisuutta (Eurofins Ahma Oy 2022a).

Tutkitut järvet ja lammet ovat pääosin matalia, joten niiden syvänteiden pohjaeläimistöstä ei voida käyttää nykyisen ohjeistuksen mukaisia ekologisia indeksejä, joita käytetään vesistön ekologisen tilan määrittämisessä. Syvänteiden pohjaeläinten ekologisten indeksien laskenta ei sovellu keskisyvyydeltään alle kolmen metrin järville ja lammille, koska matalien järvien pohjaeläinyhteisöjen luonnollinen vaihtelu on suurta ja heikentyneitä oloja ilmentäviä lajeja esiintyy luonnostaan (Aroviita ym. 2019).

Matalien järvien (keskisyvyys alle kolme metriä) pohjaeläimistön ekologisen tilan määritys perustuu ympäristöhallinnon nykyisen ohjeistuksen mukaan vain rantavyöhykkeen pohjaeläimistöön. Kuitenkin myös matalien järvien syvännepohjaeläintietoja voidaan käyttää ekologisen luokittelun asiantuntija-arvioinnin tukena, varsinkin jos järvessä on selkeä syvännealue (Aroviita ym. 2019). Rantavyöhykkeen pohjaeläimistön käyttö ekologisessa luokittamisessa edellyttää, että järvestä löytyy sopivia kivikkorantoja näytteenottopaikoiksi. Rantavyöhykkeen pohjaeläimistöä ei ole tässä hankkeessa tutkittu.

Vuosina 2016–2017 tutkittiin syvänteiden pohjaeläimistöä Viiankiaavan pohjoispuolisista Viiankijärvestä, Rytilammesta, Kotajärvestä, Iso Moskujärvestä ja Pieni Moskujärvestä sekä Viiankiaavan ja Kitisen länsipuolisista Mantojärvestä, Mutijärvestä ja Ahvenjärvestä (Eurofins Ahma Oy 2018b). Käytännössä suurin osa näytepisteistä ei mataluuden vuoksi edustanut syvännealuetta pohjaeläintutkimuksen kannalta. Matalimpia olivat Iso Moskujärvi ja Pieni Moskujärvi, joissa näytteenottosyvyys oli vain 0,3–0,5 metriä. Huomattavan matalia näytteenottosyvyyksiä (1,5–3,3 metriä) oli Viiankijärvessä, Rytilammessa ja Kokkolammessa. Suurin näytteenottosyvyys (10,5–12,5 metriä) oli Kotajärvessä. Kitisen länsipuolella sijaitsevissa Ahvenjärvessä, Mantojärvessä ja Mutijärvessä näytteenottosyvyys oli 4,5–6,0 metriä.

Selkeästi suurimmat yksilötiheydet (noin 7 000 kpl/m^2) ja taksonimäärät (22) havaittiin erittäin matalissa Iso Moskujärvessä ja Pieni Moskujärvessä. Pienimmät vastaavat määrät havaittiin Rytilammessa, jonka pohjaeläinnäytteissä havaittiin vain yksi eläin, mikä vastasi yksilötiheyttä 7 kpl/m^2, ja taksonimäärä oli yksi. Keskimääräistä pienempiä yksilötiheyksiä (noin 40–110 kpl/m^2) havaittiin Kotajärvessä, Mantojärvessä ja Mutijärvessä. (Eurofins Ahma Oy 2018b.)

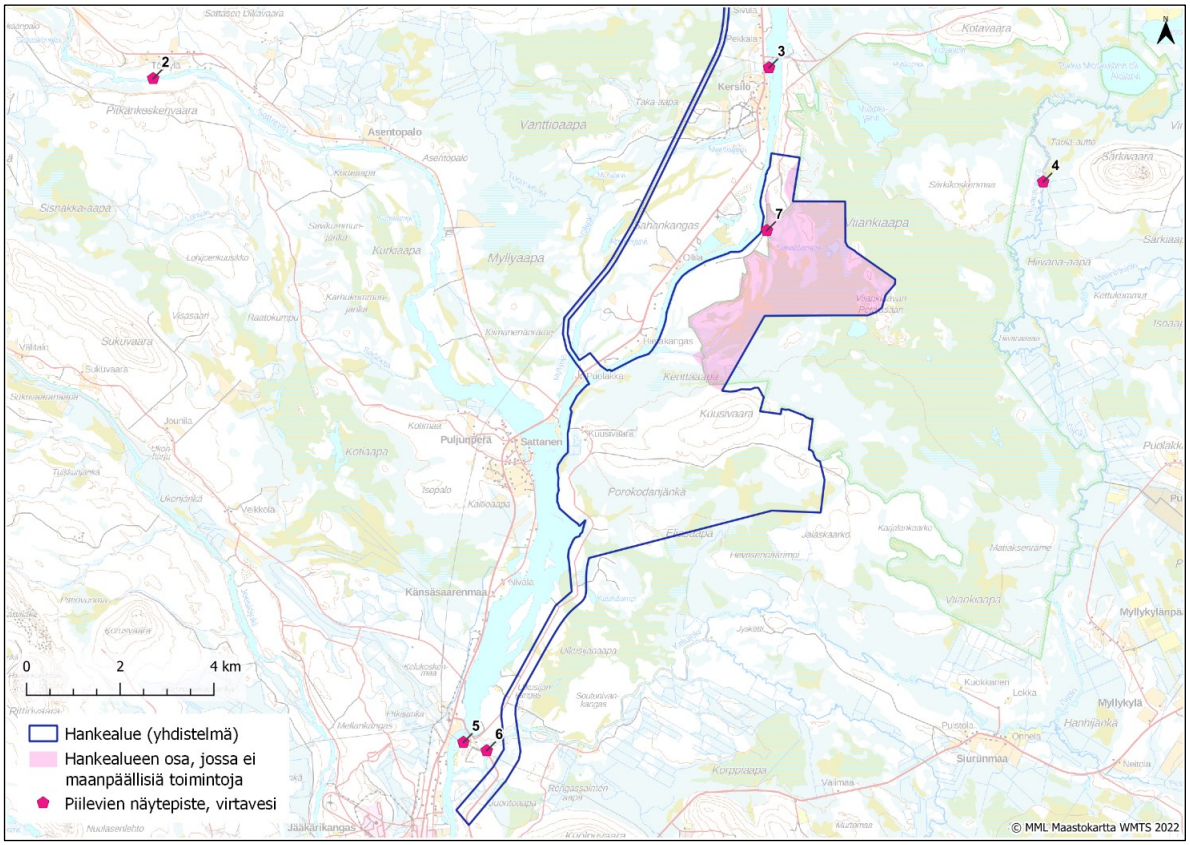
Vuosien 2016–2017 tuloksista lasketut syvännepohjaeläinten ekologiset indeksit antoivat ristiriitaisia tuloksia pohjaeläimistön ekologisesta tilasta (Eurofins Ahma Oy 2018b), mutta indeksien käytössä on huomioitava, että syvännepohjaeläinten ekologisten indeksien laskenta ei sovellu matalille

(keskisyvyys alle kolme metriä) järville, jollaisia tutkitut järvet pääosin tai kaikilta osin ovat. Tutkittujen järvien keskisyvyys ei ole tiedossa.

Syvännepohjaeläinten valtalajeja olivat useimmissa järvissä vähähappisille syvänteille ominaiset Chironomus-suvun surviaissääsket ja Chaoboridae-lahkon sulkasääsket. Biomassan perusteella pohja oli erittäin rehevä Iso Moskujärvessä, rehevä Pieni Moskujärvessä, Viiankijärvessä ja Kokkolammessa, lievästi rehevä Ahvenlammessa ja erittäin karu Kotajärvessä, Rytilammessa, Mantojärvessä ja Mutijärvessä. (Eurofins Ahma Oy 2018b.)

18.4.3 Piilevät (päällyslevät)

Hankealueen virtavesistöjen kiinteille alustoille kiinnittyneiden piilevien yhteisöjä on tutkittu Kitisellä Kelukosken, Matarakosken ja Vajukosken voimalaitosten alakanavissa vuonna 2015 (Eloranta 2016) ja 2020 (Ecomonitor 2020). Kelujoella, Ylijoella ja Sattasjoella piileviä tutkittiin vuosina 2016–2017 ja 2020 (Eloranta 2017, Ecomonitor 2020). Kärväslammesta laskevassa purossa (Kärväslammen purku-uoma) piilevätutkimus suoritettiin vuonna 2021 (Eurofins Ahma Oy 2022a). Näytepisteiden sijainti on esitetty alla (Kuva 18-3) ja nimet sekä näytteenottopäivät seuraavassa taulukossa (Taulukko 18-6). Hankealueen muiden vesistöjen piileväyhteisöistä ei ole tietoja.



Kuva 18-3 Piilevien (päällyslevien) tutkimuspisteet vuosina 2015–2017 ja 2020–2021.

Taulukko 18-6 Piilevien näytepisteiden nimet ja näytteenottopäivät.

Näytepisteen numero	Näytepisteen nimi	Näytteenottopäivä
1	Vajukosken voimalaitos	12.8.2015, 16.9.2020
2	Sattasjoki 6, Pitkäkoski	11.10.2017, 16.9.2020
3	Matarakosken voimalaitos	13.8.2015, 16.9.2020
4	Ylijoki, Särkikoskenmaa	29.8.2016, 16.9.2020
5	Kelukosken voimalaitos	13.8.2015, 15.9.2020
6	Kelujoen alaosa	30.8.2016, 14.9.2020
7	Kärväslammen purku-uoma	8.9.2021

Kitisen vuoden 2015 tutkimuksessa vesistö oli piileväanalyysien tulosten perusteella erinomaisessa ekologisessa tilassa. Piileväyhteisöjen rakenne oli Lapin jokivesille tyypillisen monilajinen, mikä liittyy lähes neutraaliin pH-arvoon, vähähumuksisuuteen sekä melko hitaaseen virtaukseen uomien melko suuresta koosta johtuen (Eloranta 2016). Kitinen on hydrologisesti voimakkaasti muutettu joki säännöstelyn vuoksi. Joessa ei ole enää jäljellä koskielinympäristöjä, joten piilevänäytteet on otettu patoaltaiden rantakivikoista. Piilevien ekologisen tilan mittarit on kuitenkin kehitetty koski-alueiden kivistä otettaville näytteille, joten Kitisen aineiston edustavuus ei siten ole paras mahdollinen.

Vuoden 2020 tutkimusten perusteella Kitinen oli piileväanalyysien perusteella edelleen erinomaisessa ekologisessa tilassa. Näytepisteestä riippuen havaittu tyypille ominaisten taksonien määrä on tyydyttävä tai hyvä ja mallinkaltaisuus hyvä tai erinomainen. (Ecomonitor Oy 2020.)

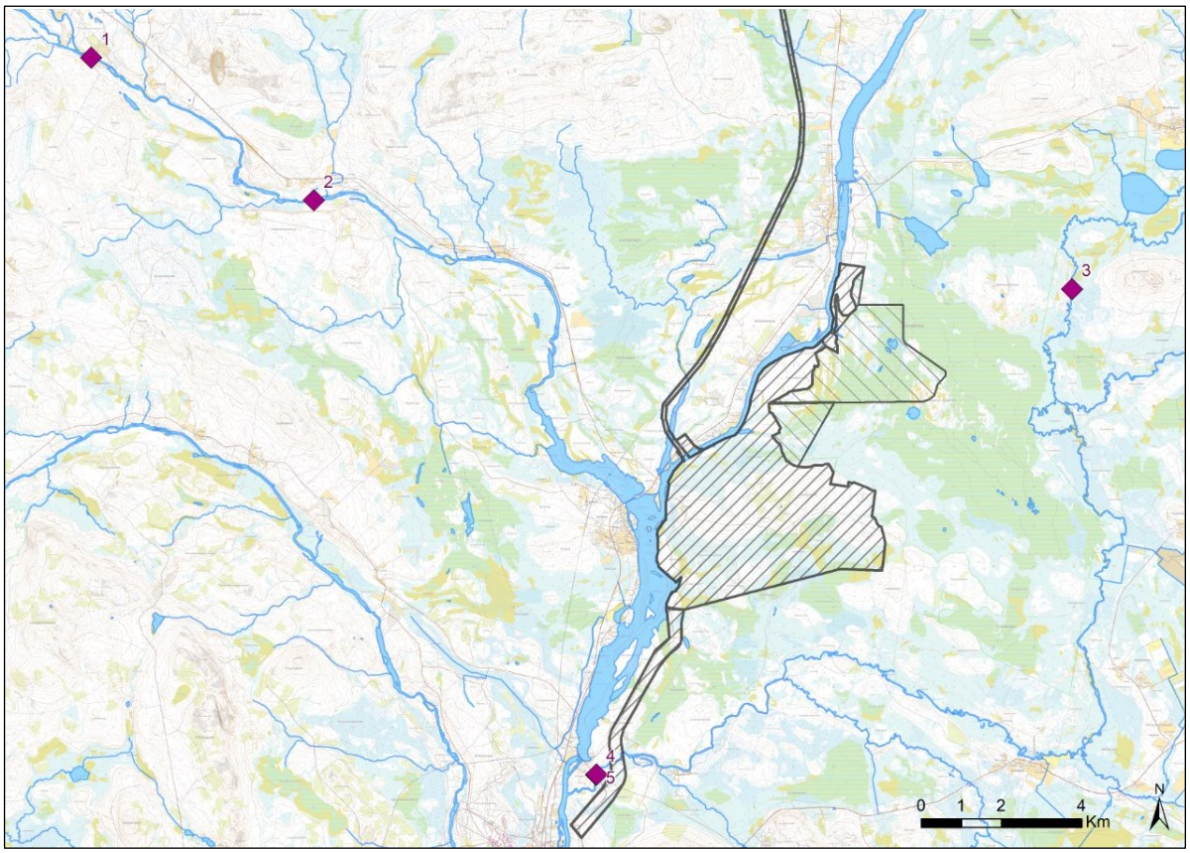
Kelujoen, Ylijoen ja Sattasjoen vuosien 2016–2017 tutkimuksessa vesistö oli piileväanalyysien tulosten perusteella erinomaisessa ekologisessa tilassa eikä merkkejä rehevyydestä tai orgaanisesta kuormituksesta ollut mainittavasti havaittavissa (Eloranta 2017).

Vuoden 2020 tutkimuksissa Sattasjoki sijoittui hyvään ekologiseen tilaluokkaan, mutta veden fosforipitoisuuden tasoa kuvaava TDI-arvo on runsasravinteisella tasolla. Tyypille ominaisten taksonien määrä on tyydyttävä ja mallinkaltaisuus hyvä. Ylijoki sijoittui edelleen erinomaiseen ekologiseen tilaluokkaan, ja TDI-arvo lievästi mesotrofinen. Tyypille ominaisten taksonien määrä on tyydyttävä ja mallinkaltaisuus välttävä. Lajisto pääosin ei edusta tyypillisiä pienten turvemaiden jokien humushappamia olosuhteita, vaan ennemmin neutraaleja, hyvin puskuroituja vesiä. Kelujoki puolestaan sijoittui piilevätutkimusten perusteella ekologiselta tilaluokaltaan hyvän ja erinomaisen luokan rajalle, mutta TDI-arvo on runsasravinteisella tasolla. Tyypille ominaisten taksonien havaittu määrä on erinomainen, mutta valtalajien ollessa epätyypillisiä mallinkaltaisuus on vain välttävä. (Ecomonitor Oy 2020.)

Kärväslammelta laskevassa purossa (Kärväslammen purku-uoma) piilevätutkimuksen tulokset ilmensivät hapahkoa ja melko vähäravinteista vesistöä, jonka vedenlaatu on erinomainen ja orgaaninen kuormitus vähäistä. Ihmistoiminnan kuormitusvaikutusta ei ole tulosten perusteella havaittavissa. (Eurofins Ahma Oy 2022a.)

18.4.4 Vesisammalet

Eurofins Ahma Oy:n otti vesisammalnäytteet metalli- ja alkuainemäärityksiä varten vuosina 2016–2017 viidestä pisteestä Kelujoesta, Ylijoesta ja Sattasjoesta (Kuva 18-4, Taulukko 18-6). Tutkittu sammallaji oli virtanäkinsammal (*Fontinalis dalecarlica*). Tutkimuksesta on tehty erillinen raportti (Eurofins Ahma Oy 2018c). Vuonna 2020 näytteet otettiin Eurofins Ahma Oy:n (2021e) toimesta samoista pisteistä (yht. neljä) lukuun ottamatta kuvassa (Kuva 18-4) ja taulukossa (Taulukko 18-7) esitettyä pistettä 4 (Kelujokisuu), joka on kuitenkin käytännössä sama paikka kuin Kelujoen alaosa (5).



Kuva 18-4 Vesisammalien näytteenottopisteet vuosina 2016–2017 ja 2020.

Taulukko 18-7 Vesisammalien näytteenottopisteiden nimet ja näytteenottopäivät.

Näytepisteen numero	Näytepisteen nimi	Näytteenottopäivä
1	Sattasjoki, Madesaarenkoski	4.9.2017, 16.9.2020
2	Sattasjoki, Pitkäniva	6.9.2017, 16.9.2020
3	Ylijoki, Särkikoskenmaa	29.8.2016, 16.9.2020
4	Kelujokisuu	6.9.2017
5	Kelujoki alaosa	29.8.2016, 16.9.2020

Metalli- ja alkuainepitoisuuksia verrattiin vesisammalille annettuun viitteelliseen luokitukseen, jossa luokitusrajoja on annettu arseenille, kadmiumille, kuparille ja lyijylle (Vuori 2002). Kokonaisuutena tarkastellen arseenin pitoisuudet olivat luokassa kohtalaisen korkea tai korkea, kadmium luokassa

hyvin alhainen tai alhainen, kupari hyvin alhainen tai kohtalaisen korkea ja lyijy hyvin alhainen. Korkeimmat pitoisuudet havaittiin Sattasjoen Madesaarenkoskessa.

Seuraavassa on esitetty vuosina 2016–2017 ja 2020 vesisammalien tutkimuksen metalli- ja alkuainepitoisuuksien jokikohtainen tarkastelu.

Ylijoki

Ylijoki sijaitsee suunnitellun kaivoksen ja Viiankiaavan itäpuolella. Sekä vuonna 2016 että vuonna 2020 vesisammalien arseenipitoisuus oli luokassa kohtalaisen korkea, kadmium alhainen ja kupari ja lyijy luokassa hyvin alhainen. (Eurofins Ahma Oy 2018c, 2021e.)

Kelujoki

Kelujoki sijaitsee suunnitellun kaivoksen eteläpuolella. Sammalien pitoisuuksia on tutkittu vuosina 2016–2017 ja 2020 kahdesta pisteestä, Kelujoki alaosa ja Kelujoki suu, jotka ovat käytännössä sama paikka. Arseenipitoisuus oli sekä vuonna 2017 että 2020 luokassa kohtalaisen korkea, kadmium alhainen tai hyvin alhainen ja kupari ja lyijy luokassa hyvin alhainen. (Eurofins Ahma Oy 2018c, 2021e.)

Sattasjoki

Sattasjoki sijaitsee Kitisen länsipuolella, joka on Sakatin kaivoksen vaikutusalueen ulkopuolella. Vuonna 2017 Sattasjoen ylävirran puoleisella Madesaarenkosken pisteellä arseenin pitoisuus oli luokassa korkea, kupari kohtalaisen korkea, kadmium alhainen ja lyijy hyvin alhainen. Vuosien 2016–2017 tutkimuksen korkeimmat arseeni- ja kuparipitoisuudet havaittiin Madesaarenkosken pisteillä. Sattasjoen alavirran puoleisella Pitkänivan pisteellä pitoisuudet olivat alempia; arseeni luokassa kohtalaisen korkea ja kupari, kadmium ja lyijy luokassa hyvin alhainen. Vuonna 2020 arseenipitoisuus oli Madesaarenkosken pisteellä korkea, mutta kuparin, kadmiumin ja lyijyn pitoisuudet hyvin alhaisia. Pitkänivan pisteellä havaittiin vuonna 2020 niin ikään korkea arseenipitoisuus. Kadmiumin pitoisuus oli alhainen, ja kuparin ja lyijyn pitoisuudet hyvin alhaisia. (Eurofins Ahma Oy 2018c, 2021e.)

Kokonaisuudessaan vesisammalten alkuaine- ja raskasmetallianalyysien tulokset ovat olleet vuonna 2020 hyvin samansuuntaisia verrattuna aiempaan (2016–2017). Käytännössä pitoisuusarvot ja pitoisuuksien suhteet ovat pääsääntöisesti pysyneet samassa suuruusluokassa ja useissa tapauksissa likimain samansuuruisina lukuun ottamatta yksittäisten metallipitoisuuksien kohdalla havaittuja poikkeamia (Eurofins Ahma Oy 2021e).

Vesisammaleiden lajistokartoitukset

Vuonna 2021 Kelujoella, Ylijoella ja Eliasojalla toteutettiin uhanalaisten vesisammalien kartoitus. Kelujoen alajuoksulla havaittiin alueellisesti uhanalaista purotierasammalta (*Racomitrium aciculare)* (Eurofins Ahma Oy 2022b). Kärväslammen purku-uomalla, Ruosteojalla ja Sakattiojalla vuonna 2021 toteutetuissa vesisammalkartoituksissa ei havaittu uhanalaisia vesisammaleita (Luontoselvitys Kangas Oy 2021a).

18.5 Vaikutukset kalastoon ja kalatalouteen

18.5.1 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi

Herkkyyden arviointi perustuu neljään lähtökohtaan: ammatti- ja vapaa-ajan kalastukseen, uhanalaisten kalalajien esiintymiseen, ihmistoiminnan vaikutukseen sekä muutoksista palautumisen nopeuteen (Taulukko 18-8).

Vaikutusalueella esiintyy taimenta, joka on elinympäristöltään vaatelias laji. Taimen ei ole kuitenkaan uhanalainen sisävesissä leveyspiirin 67°00 pohjoispuolella, vaan se on luokiteltu vuonna 2019 silmälläpidettäväksi (Luonnonvarakeskus 2023). Taimen on herkkä ympäristön muutoksille mm. happamuuden suhteen, sillä taimenen lisääntyminen ei onnistu happamissa olosuhteissa. Taimenen lisääntymistä haittaa myös kiintoaines, joka voi peittää ja tukahduttaa taimenen mätiä kutupaikoilla. Muista alueella esiintyvistä kalalajeista elinympäristön suhteen myös harjus sekä pohjalla elävä made ovat vaateliaita. Harjus ja made eivät kuitenkaan ole Suomessa uhanalaisia (Luonnonvarakeskus 2023).

Muutoksen suuruutta on arvioitu vesistövaikutusten kautta (Taulukko 18-9). Muutokset vedenlaadussa heijastuvat väistämättä myös kaloihin. Muutoksen suuruuden arvioinnissa on otettu huomioon myös lähtötilanne ja kalaston nykytila ennen mahdollisia rakennustoimenpiteitä.

Taulukko 18-8 Vaikutuskohteen herkkyys; kalasto ja kalatalous.

Vähäinen	Alue ei ole tärkeä ammattikalastukselle tai vapaa-ajankalastukselle. Alueella ei esiinny uhanalaisia kalalajeja. Alue on voimakkaasti ihmisen muokkaama. Häiriötilasta kalasto palautuu nopeasti ennalleen.
Kohtalainen	Alueella on merkitystä ammattikalastukselle tai vapaa-ajankalastukselle. Alueella reunalla voi esiintyä uhanalaisia kalalajeja. Alueella on kalastoon vaikuttavia muutoksia ihmistoiminnasta. Häiriötilasta palautuminen on hidasta tai kalastolle aiheutuu lieviä pysyviä muutoksia.
Suuri	Alueella on suuri merkitys ammattikalastukselle tai vapaa-ajankalastukselle. Alueella esiintyy uhanalaisia kalalajeja ja sijaitsee niiden lisääntymispaikkoja. Alue on luonnontilainen tai luonnontilaisen kaltainen. Häiriötilasta aiheutuu pysyviä muutoksia kalastolle tai haittaa uhanlaisille kalalajeille.

Taulukko 18-9 Muutoksen voimakkuus ja suunta; kalasto ja kalatalous.

Suuri kielteinen	Hankkeesta aiheutuu suuri haitta kalastolle tai kalastukselle. Hankkeesta aiheutuu merkittävää haittaa kalakannoille, kalojen lisääntymiselle tai vaellukselle.
Keskisuuri kielteinen	Hankkeesta aiheutuu kohtalaisia haittavaikutuksia kalastolle tai kalastukselle. Hankkeesta aiheutuu haittoja kalakantojen tilalle, kalojen lisääntymiselle tai vaellukselle.
Pieni kielteinen	Hanke voi aiheuttaa vähäisiä vaikutuksia kalastolle tai kalastukselle. Vaikutukset eivät vaaranna kalakantojen tilaa, poikastuotantoa tai vaellusta.
Ei vaikutusta	Hankkeesta ei aiheudu vaikutuksia kalastolle tai kalakannoille.
Pieni myönteinen	Hankkeella on vähäisiä myönteisiä vaikutuksia kalastolle tai kalastukselle.
Keskisuuri myönteinen	Hankkeesta aiheutuu kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia kalakannoille, kalojen lisääntymiselle tai vaellukselle. Hankkeesta aiheutuu kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia ammattikalastukselle tai vapaa-ajan kalastukselle.
Suuri myönteinen	Hankkeesta aiheutuu suuria myönteisiä vaikutuksia kalakannoille, kalojen lisääntymiselle tai vaellukselle. Hankkeesta aiheutuu suuria myönteisiä vaikutuksia ammattikalastukselle tai vapaa-ajan kalastukselle.

Kelukosken patoaltaan kalaston päälajit ovat saalistietojen perusteella tyypillisiä kevätkutuisia järvikalalajeja. Tärkeimmät saalislajit ovat hauki ja ahven, jotka ovat elinympäristön suhteen monipuolisija lajeja ja ne kestävät hyvin erilaisia ympäristön tilan muutoksia. Samentumien ja kiintoainekuormituksen arvioidaan aiheuttavan kevätkutuisille kaloille yleisesti vain vähän haittoja lisääntymisen suhteen. Kevätkutuisten särkikalojen viihtyvyyttä voi heikentää vesien happamoituminen, sillä alhainen pH vaikuttaa mm. särkikalojen lisääntymiseen heikentävästi.

Valtaosa Kelukosken patoaltaalla esiintyvistä taimenista ja harjuksista ovat peräisin mm. voimayhtiöiden ja Boliden Kevitsa Mining Oy:n velvoiteistutuksista. Lisäksi patoaltaalla voi esiintyä luonnonkudusta syntyneitä yksilöitä. Patoaltaalla ei kuitenkaan ole taimenen ja harjuksen kutuun soveltuvia kutupaikkoja, vaan luonnonkudusta syntyneet taimenet ja harjukset ovat peräisin Kitiseen laskevista sivuvesistöistä.

Patoaltaaseen laskevassa Sattasjoessa esiintyy luonnonkutuista taimenta. Luonnonkutuista harjusta esiintyy Sattasjoen lisäksi myös Kelujoessa. Nämä sivu-uomat eivät kuitenkaan ole ensisijaisella vaikutusalueella, vaan sijaitsevat suurimman vaikutuksen reuna-alueella.

Patoaltaalla ei harjoiteta merkittävää kaupallista kalastusta. Kalastus on pääasiassa vapaa-ajankalastusta, joillekin alueen kotitalouksille kalastuksella on kuitenkin suuri merkitys. Patoaltaalla paikallisten kiinteistöjä alueella omistavien kotitalouksien lisäksi patoaltaalla harjoitetaan jonkin verran ulkopaikkakuntalaisten toimesta viehekalastusta Kemijoen yhtenäisluvalla. Kitiseen laskevien sivujokien kalastus on satunnaisempaa ja useimmiten paikallisten harjoittamaa kalastusta.

Ylijoessa esiintyy pääasiassa kivisimppua, mutua, harjusta ja madetta. Taimenta ei ole havaittu sähkökoekalastuksissa, ja vuoden 2021 sähkökoekalastuksessa ei havaittu myöskään harjusta. Uhanalaisia kalalajeja Ylijoessa ei koekalastusten perusteella esiinny. Ylijoella ei harjoiteta merkittävää kaupallista kalastusta. Kärväslammen purku-uomassa ei arvioida esiintyvän merkittävää kalakantaa (Eurofins Ahma Oy 2022a).

Kokonaisuutena katsoen vaikutuskohteiden herkkyys on kalaston ja kalatalouden osalta korkeintaan **kohtalainen**. Alueella ei esiinny uhanalaisia kalalajeja. Alueella harjoitetaan vapaa-ajan kalastusta mutta ei merkittävää kaupallista kalastusta. Alueen arvioidaan palautuvan häiriötilasta nopeasti ennalleen. Suurin vaikutus kohdistuu Kitisen pääuomaan, joka on luonteeltaan ihmistoiminnan voimakkaasti muokkaama vesistö.

18.5.2 Vaikutusten arviointi

Rakentamisen aikaiset vaikutukset kalastoon

Vaikutukset alueen kalastoon aiheutuvat rakentamisen aikana mahdollisesta kiintoainekuormituksesta alueen vesistöihin. Rakentamisen aikainen kuormitus kohdistuu pääasiassa Kelukosken patoaltaaseen sekä Kelujoen alaosaan sekä Kitiseen.

Vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a Kelujoen alaosaan rakentamisen aikaisia vaikutuksia aiheutuu yhdystien rakentamisesta ja mahdollisesta sillan rakentamisesta Kelujoen yli. Maansiirtotöiden vaikutuksesta Kelujokeen voi kohdistua samentumaa aiheuttavaa kiintoainekuormitusta. Rakentamisen aikainen kuormitus on luonteeltaan lyhytaikaista ja töiden jälkeen vaikutuksia veden laatuun Kelujoella ei enää synny.

Voimakkaalla kiintoainekuormituksella voi olla merkittävä haittavaikutus etenkin taimenen ja harjuksen kutualueilla. Kiintoaines voi peittää kutualueita ja tukahduttaa mätiä. Kelujoen alaosalla ei kalaston perustietoselvitysten perusteella kuitenkaan sijaitse merkittäviä taimenen tai harjuksen kutualueita. Kelujoelta sähkökoekalastuksessa saadut taimenet ovat olleet todennäköisesti peräisin istutuksista, ja harjuskanta joen alaosalla on yleisesti heikko.

Vaihtoehdoissa VE1b, VE2b ja VE3b Kitisen yli rakennettava silta voi aiheuttaa samentumaa siltapenkereiden rakentamisen yhteydessä. Myös nämä vaikutukset ovat luonteeltaan suhteellisen lyhytaikaisia ja sillan valmistuttua vaikutuksia ei enää esiinny. Samentumavaikutuksia voidaan lieventää rakentamistöiden ajoittamisella alivirtaama-aikaan ja rakentamisaikaisten hulevesien hallintatoimilla. Myös yhdystien rakentaminen sekä ylijäämävesien purkuputken sekä raakavedenottamon rakentaminen Kitiseen voi aiheuttaa hetkellistä veden samentumista.

Samentuma ja melu saattaa karkottaa kaloja alueelta tilapäisesti. Rakennustöiden loputtua kalaston elinympäristö kuitenkin palaa normaaliksi eikä tilapäisestä melusta ja samentumasta aiheudu pysyviä haittavaikutuksia.

Toiminnan aikaiset vaikutukset kalastoon

Toiminnan aikaiset vaikutukset kohdistuvat pääasiassa kaivoksen ylijäämävesien purkuvesistöön. Ylijäämävedet puretaan kaikissa hankevaihtoehdoissa Kitisen Kelukosken patoaltaaseen. Sakatin arvioidun ylijäämävesien kuormituksen vaikutuksia Kitisen sulfaatti-, kokonaisfosfori- ja kokonaistyppi- sekä metallipitoisuuksiin on arvioitu Kitisen virtaus- ja vedenlaatumallinnuksen avulla (AFRY Finland Oy 2023d) (ks. luku 17 Vaikutukset vesistöihin ja veden laatuun ja liite 11). Laskennat ja arviot on tehty kahdelle kuormitustilanteelle, tarkastelutilanteet TT1 ja TT4. Tarkastelutilanteen TT1 kuormitus vastaa tilannetta, jossa matalarikkisen rikastushiekan läjittämiseen käytetään kuivaläjitysmenetelmää ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärät on mallinnettu 80 % tiivistysskenaariolla. TT4 tapaus vastaa tilannetta, jossa rikastushiekka varastoidaan perinteiseen tapaan veden kanssa (märkäläjitys) ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärät on mallinnettu 65 % tiivistysskenaariolla. Myös tarvekivilouhoksen kuivanapitovesimäärä on tarkastelutilanteessa 4 tarkastelutilannetta 1 suurempi. Lisäksi tarkasteltiin kaivoksen ylijäämävesille kahta eri purkupaikkavaihtoehtoa sekä yhteisvaikutuksia alueella jo toimivan Kevitsan kaivoksen kanssa. Kaikki laskennat tehtiin keskimääräisissä sekä vähävetisissä virtaamaolosuhteissa. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Kaikki mallinnetut pitoisuusvaikutukset ovat pieniä, eikä niillä ole merkittävää vaikutusta Kitisen ekologiseen tai kemialliseen tilaan. Sulfaattipitoisuuden ja kokonaissuolapitoisuuden vähäisellä nousulla ei arvioida olevan haitallisia vaikutuksia Kitisen vesiekologiaan tai Kemijärven kerrostumiseen. Kitisen typpi- ja fosforipitoisuudet jäävät Sakatin kaivoksen kuormituksesta huolimatta edelleen ekologisen luokituksen mukaiseen erinomaiseen tilaluokkaan. (AFRY Finland Oy 2023d).

Kitisen kaltaisissa voimakkaasti muutetuissa vesissä luokitteluun vaikuttaa myös tilaa parantavien toteuttamiskelpoisten toimenpiteiden vaikuttavuus. Mallinnettu liukoisen nikkelin pitoisuus jää vaikutusalueella kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa ja olosuhteissa selvästi alle biosaatavalle pitoisuudelle määrätyn ympäristönlaatunormin tason. Suolapitoisuuteen perustuvan laskennan perusteella myös kadmiumin, lyijyn ja elohopean pitoisuuslisäykset jäävät selvästi alle ympäristönlaatunormien. Myös muiden metallien ja puolimetallien osalta vaikutukset jäävät vähäisiksi.

Haitta-aineiden yhteisvaikutuksia Kitisen Kelukosken altaassa on arvioitu ns. TU (toxic unit) -laskennan avulla. Tulosten perusteella haitalliset eri aineiden yhteisvaikutukset ovat epätodennäköisiä. Johtopäätösten tekeminen laskennan tuloksista on kuitenkin epävarmaa, sillä vesistössä toteutuvat vaikutukset riippuvat haitta-ainepitoisuuksien lisäksi monista vesistön fysikaalis-kemiallisista ja biologisista ominaisuuksista. (AFRY Finland Oy 2023e.) Hankkeella ei arvioida olevan Kitisen kemiallista tilaa heikentäviä vaikutuksia.

Toiminnasta ei arvioida aiheutuvan merkittävää pH:n muutosta Kelukosken patoaltaan ja Kitisen vesistöön. Toiminnasta ei myöskään arvioida aiheutuvan merkittävää ravinteiden kasvua tai rehevöitymistä. Tämän perusteella kalaston ei odoteta muuttuvan lajisuhteiltaan Kelukosken patoaltaassa.

Kitisen veden laatuun vaikuttaa myös Sakatin kaivoshankkeen yläpuolella sijaitsevan Kevitsan kaivoksen toiminta. Kevitsan kaivoksen toiminta ei nykyisellään merkittävästi vaikuta Kelukosken patoaltaan kalaston raskasmetallipitoisuuksiin, sillä Kelukosken patoaltaan kalojen on todettu täyttävän elintarvikekelpoisuuden määräykset (Eurofins Ahma Oy 2018a). Kevitsan ja Sakatin kaivosalueiden yhteisvaikutuksen arvioidaan jäävän vähäiseksi Kitisen kalastossa, eikä kalojen elintarvikekelpoisuudessa oleteta tapahtuvan muutosta.

Kelukosken patoaltaaseen laskevalla Sattasjoella ei tapahdu veden laadun muutoksia. Kalojen liikkuminen Sattasjoen ja Kelukosken patoaltaan välillä on kuitenkin mahdollista ja Sattasjoen kalasto voi altistua hankealueen ylijäämävesien vaikutukselle liikkuessaan patoaltaalla. Koska patoaltaan kalastolle aiheutuva vaikutus on vähäinen, myös Sattasjoen kalastolle aiheutuva vaikutus arvioidaan vähäiseksi.

Kelujoen vesitalouteen hankkeella voi olla vaikutuksia. Valuma-alueiden pienentyminen tehdasalueen rakentamisen myötä sekä maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema vähentävät pintavesien virtaamia (ks. luku 17 Vaikutukset vesistöihin ja veden laatuun). Kelujoen virtaaman ei kuitenkaan arvioida merkittävästi muuttuvan, joten Kelujoen alaosan kalastovaikutusten arvioidaan myös jäävän vähäisiksi. Kaivoshankkeella ei arvioida olevan vaikutuksia Ylijoen virtaamiin, joten sillä ei arvioida olevan vaikutuksia myöskään Ylijoen kalastoon.

Hankkeen toiminnan aikaisten kalastovaikutusten arvioidaan käytettävissä olevan aineiston pohjalta jäävän kokonaisuutena suuruudeltaan pieniksi.

Kaivostoiminnan lopettamisen vaikutukset kalastoon

Kaivostoiminnan päättäminen tapahtuu sulkemissuunnitelman mukaisesti. Alueen sulkeminen ei aiheuta erillistä päästölisäystä tai haittavaikutusta. Kaivoksen sulkemisen jälkeen kalastolle ja kalastoon ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia.

18.5.3 Kalastovaikutusten merkittävyys

Hankkeen kalasto- ja kalatalousvaikutusten arvioidaan jäävän kokonaisuutena merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi kaikissa vaihtoehdoissa (Taulukko 18-10; kriteerit ks. Taulukko 18-8 ja Taulukko 18-9). Merkittävyys on sama sekä rakennus- että toimintavaiheessa. Kalojen lajisuhteissa tai kalakannoissa ei arvioida tapahtuvan merkittäviä muutoksia. Hankkeesta aiheutuvat kalastovaikutukset ovat luonteeltaan tilapäisiä ja kalaston tilanteen arvioidaan palautuvan entisen kaltaiseksi mahdollisten häiriöiden jälkeen. Kalojen elintarvikekäyttöön ei hankkeesta arvioida tapahtuvan muutoksia.

Taulukko 18-10 Rakentamis- ja toiminta-aika, kalastovaikutusten merkittävyys eri vaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Herkkyys \ Suuruus	Suuri muutos - - -	Keskisuuri muutos - -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos + +	Suuri muutos + + +
Vähäinen herkkyys							
Kohtalainen herkkyys			VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b	VE0			
Suuri herkkyys							

18.6 Vaikutukset muuhun vesieliöstöön

18.6.1 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi

Herkkyyden arviointi perustuu vaikutuskohteen suojelullisiin arvoihin, eliöstön ja vuorovaikutussuhteiden muutoksensietokykyyn sekä ihmisvaikutuksen voimakkuuteen (Taulukko 18-11).

Muutoksen suuruutta on arvioitu vesistövaikutusten kautta (Taulukko 18-12). Muutokset virtaamissa ja vedenlaadussa heijastuvat vesiekologisiin tekijöihin; eliöstöön ja vuorovaikutussuhteisiin. Muutoksen suuruuden arvioinnissa on myös otettu huomioon lähtötilanne ja ekologinen nykytila ennen mahdollisia rakennustoimenpiteitä.

Taulukko 18-11 Vaikutuskohteen herkkyys; vesiekologia.

Vähäinen	Ei erityisiä suojelullisia arvoja. Eliöstö ja vuorovaikutussuhteet eivät ole erityisen herkkiä muutoksille. Ihmisen vaikutus on selvä ja näkyvä.
Kohtalainen	Vesiekosysteemissä on suojelullisia arvoja. Eliöstö ja vuorovaikutussuhteet ovat kohtalaisen herkkiä muutoksille ympäristössä. Vesiekosysteemi on osittain ihmistoiminnan muovaamaa. Korvaavaa vastaavaa vesiekosysteemiä ei ole paikallisesti olemassa.
Suuri	Vesiekosysteemissä on runsaasti suojelullisia arvoja. Eliöstö ja vuorovaikutussuhteet ovat hyvin herkkiä muutoksille ympäristössä. Vesiekosysteemi on luonnontilaista ja ihmisen vaikutus on vähäinen. Korvaavaa vesiekosysteemiä ei ole olemassa tai suojeltavissa.

Taulukko 18-12 Vesiekologiaan kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt muutoksen suuruusluokan kriteerit.

Suuri kielteinen	Hankkeen aiheuttamat negatiiviset vaikutukset ovat suuria herkille ja suojelullisesti arvokkaille vesiekosysteemeille. Vesiekologinen tila muuttuu hyvin selvästi. Hanke heikentää tai tuhoaa eliöstön vuorovaikutussuhteita ja luonnontilaisuus heikkenee merkittävästi.
Keskisuuri kielteinen	Hankkeen aiheuttamat negatiiviset vaikutukset ovat kohtalaisia herkille ja suojelullisesti arvokkaille vesiekosysteemeille. Vesiekologinen tila heikkenee kohtalaisesti. Hanke heikentää eliöstön vuorovaikutussuhteita ja luonnontilaisuus heikkenee kohtalaisesti.
Pieni kielteinen	Hankkeen aiheuttamat negatiiviset vaikutukset ovat lieviä ja vaikutuksen kohteena oleva vesiekosysteemi on sietokyvyltään hyvä ja suojelullisia arvoja on vähän. Vesiekologinen tila heikkenee lievästi. Eliöstön vuorovaikutussuhteille aiheutuu lievää heikennystä ja luonnontilaisuus heikkenee lievästi.
Ei vaikutusta	
Pieni myönteinen	Hankkeen aiheuttamat positiiviset vaikutukset ovat lieviä ja myönteinen vaikutus kohdistuu joihinkin suojelullisiin arvoihin. Vesiekologinen tila muuttuu lievästi myönteiseen suuntaan. Eliöstön vuorovaikutussuhteille aiheutuu lievää myönteistä vaikutusta ja luonnontilaisuus paranee lievästi.
Keskisuuri myönteinen	Hankkeen aiheuttamat positiiviset vaikutukset ovat kohtalaisia ja myönteinen vaikutus kohdistuu useisiin suojelullisiin arvoihin. Vesiekologinen tila muuttuu kohtalaisesti myönteiseen suuntaan. Eliöstön vuorovaikutussuhteille aiheutuu kohtalaista myönteistä vaikutusta ja luonnontilaisuus paranee kohtalaisesti.
Suuri myönteinen	Hankkeen aiheuttamat positiiviset vaikutukset ovat suuria ja myönteinen vaikutus kohdistuu suureen määrään suojelullisia arvoja. Vesiekologinen tila muuttuu suuresti myönteiseen suuntaan. Eliöstön vuorovaikutussuhteille aiheutuu suurta myönteistä vaikutusta ja luonnontilaisuus paranee erittäin selvästi.

18.6.2 Vaikutusten arviointi

Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Rakentamisen vaikutukset pintavesien eliöstöön liittyvät mahdolliseen kiintoainekuormitukseen. Vesistöjen pohjaeläimet ovat jossakin määrin sopeutuneet veden kiintoainepitoisuuden vaihteluun, koska virtaavissa vesissä sadantapiikit aiheuttavat valuma-alueella eroosiota, joka näkyy veden kiintoainepitoisuuden nousuna ja sameuden kasvuna.

Vesistöjen kiinteille pinnoille kiinnittyneisiin piileviin vaikuttavat mm. valon määrä vedenalaisilla kiinteillä pinnoilla, veden pH-arvo, veden orgaaninen aines, ravinteet ja veden lämpötila. Hienojakoisen epäorgaanisen kiintoaineen mahdollinen väliaikainen laskeutuminen pohjalle voi heikentää vesistöjen kiinteille pinnoille kiinnittynyttä piileväyhteisöä, mutta kasvukaudella se uusiutuu nopeasti (viikoissa).

Vesisammalten kannalta hetkellinen samentuminen ja kiintoaineksen kertyminen kasvustojen päälle heikentää sammalten yhteyttämistä, mutta rakennustöistä johtuva mahdollinen samentuma on lyhytaikaista ja mahdollisesti kertynyt kiintoaines huuhtoutuu ylivirtaamakaudella pois, jolloin vaikutus vesisammaliin on vähäinen.

Kitinen

Sillan osalta rantavyöhykkeessä tapahtuva rakentaminen aiheuttavat pintavesiin työn aikaista samentumista vaihtoehdoissa VE1b, VE2b ja VE3b, mutta Kitisessä laimentuminen on niin tehokasta, että työn aikaiset vaikutukset veden laatuun ovat erittäin vähäisiä ja käytännössä olemattomia. Näin ollen myös rakennustöiden vaikutukset Kitisen vesieliöstöön ovat merkityksettömiä.

Kelujoki

Rakennusvaiheessa Kelujoen alaosaan voi kohdistua kiintoainekuormitusta vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a yhdystien rakentamisesta ja mahdollisesta sillan rakentamisesta Kelujoen yli. Maansiirtotöiden vaikutuksesta Kelujokeen voi kohdistua samentumaa aiheuttavaa kiintoainekuormitusta. Rakentamisen aikainen kuormitus on luonteeltaan lyhytaikaista ja vaikutukseltaan vähäistä. Näin ollen myös vaikutukset vesieliöstöön jäävät vähäisiksi.

Lähivaluma-alue

Kaivoksen toiminta-alueen eteläpuolinen puro (Eliasoja) on pieni ja laimentuminen on vähäisempää, joten rakennustyön aikaista lievää vesien samentumista voi esiintyä sateisina jaksoina. Kaivostoimintojen ulkopuoliset puhtaat aluevedet pidetään erillään kaivoksen vesikierrossa olevista vesijakeista ns. niskaojilla. Näin ollen kiintoainetta voi kulkeutua lähinnä sadevesien mukana työstettyjen alueiden maan pinnalta vesiin, ennen kuin maan pinta stabiloituu kasvien vaikutuksesta. Todennäköisesti samennusvaikutus on lyhytaikainen, tuntien tai muutaman päivän luokkaa, jolloin vaikutukset pohjaeläimistöön Eliasojassa ovat vähäisiä.

Toiminnan aikaiset vaikutukset

Kitinen

Kitisessä (1; Kuva 17-4) laimentuminen on tehokasta ja mallinnetut kaivoksen ylijäämäveden aiheuttamat pitoisuusnousut ovat suhteellisen pieniä, joten pohjaeläimiin kohdistuvia vaikutuksia ei oleteta olevan. Hetkelliset, korkeat sulfaattipitoisuudet voivat aiheuttaa paikallisia vaikutuksia piileväyhteisöihin Kelukosken altaassa purkupaikan lähialueilla lähinnä purkupistevaihtoehdossa B (AFRY Finland Oy 2022d).

Kelujoki ja Ylijoki

Kaivostoiminnalla voi olla vaikutuksia Kelujoen (20; Kuva 17-4) virtaamaan lähinnä valuma-alueiden pinta-alojen pienentymisen vuoksi, mutta vaikutus on vähäinen. Näin ollen myös vaikutukset vesieliöstöön jäävät vähäisiksi. Ylijoen (21; Kuva 17-4) virtaamiin kaivostoiminnalla ei arvioida olevan vaikutuksia. Siten vaikutuksia ei ole myöskään joen vesieliöstöön.

Lähivaluma-alue

Toiminnan aikaiset vaikutukset lähivaluma-alueella liittyvät pääosin virtaaman pienentymiseen lähivaluma-alueen puroissa niiden uomien osalta, joiden valuma-alue pienentyy tehdasalueen vaikutuksesta. Myös maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema voi vähentää pintavesien virtaamia (ks. Luku 17 Vaikutukset vesistöihin ja veden laatuun).

Pohjaveden pinnan alenemisella voi olla puroksi luokitellun Sakattiojan (16; Kuva 17-4) virtaamaan korkeintaan vähäinen vaikutus, koska pohjavesien osuus puron hydrologiassa on mittausten (Vesi-Eko Oy 2023) perusteella hyvin pieni. Vaikutukset Kärväslammen puroon (24; Kuva 17-4, Luku 17) ovat myös korkeintaan vähäiset, sillä puron alueella maanalaisen kaivoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema on vain noin 0,1 metriä ja lisäksi mittausten perusteella puron hydrologiassa pintavesien merkitys (etenkin kevättulva) on suuri (Vesi-Eko Oy 2023).

Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b tehdasalueen itäosa sijaitsee etelän suuntaan virtaavalla lähivaluma-alueella, josta vesi kulkeutuu Eliasojaan (19; Kuva 17-4). Eliasojan latvaosa on luokiteltu puroksi (Eurofins Ahma Oy 2022a). Valuma-alueen pienentymisellä on vähäinen vaikutus Eliasojan virtaamaan. Virtaaman pieneneminen voi lisätä riskiä uoman ajoittaiseen kuivumiseen. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tehdasalue ulottuu vain vähän Eliasojan valuma-alueelle, joten tehdasalueen aiheuttamat vaikutukset ovat merkityksettömiä tai korkeintaan vähäisiä Eliasojassa. Pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) mukaan maanalainen kaivos ja tarvekivilouhos alentavat vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b pohjaveden pintaa Eliasaavan valuma-alueen pohjoisosassa enimmillään noin puoli metriä, ja Eliasojan kohdalle alenema ei ulotu. Näin ollen vaikutukset Eliasojan virtaamaan merkityksettömiä tai korkeintaan vähäisiä.

Vesimäärän pienentyminen ja varsinkin ajoittainen kuivuminen heikentää purojen pohjaeläimistöä ja piileväyhteisöä. Pienten uomien ajoittaisesta kuivumisesta aiheutuva pohjaeläinten taantuminen on palautuvaa, eli pohjaeläimistö toipuu olojen parantuessa. Puroselvityksen (Eurofins Ahma Oy 2022a) yhteydessä todettiin, että Eliasojalta ja Sakattiojalta ei voitu ottaa standardinmukaista pohjaeläinnäytettä tai piilevänäytettä puron pienen koon ja laajempien mineraaliaineksen peittämien pohjien puuttuessa. Kärväslammen purosta on otettu pohjaeläin- ja piilevänäytteet (Eurofins Ahma Oy 2022a).

Pienvesien vesisammalyhteisöihin aiheutuu vaikutuksia purouomien veden vähentymisestä, joka voi olla syklistä tai jatkuvaa. Pitkällä aikavälillä veden vähyys muuttaa vesisammallajistoa siten, että kuivumista paremmin sietävät lajit runsastuvat ja herkät, vaateliaat lajit taantuvat ja häviävät. Sakattiojalla, Eliasojalla tai Kärväslammen purolla (Kärväslammen purku-uoma) ei ole todettu uhanalaisia vesisammalia (Luontoselvitys Kangas Oy 2021a, Eurofins Ahma Oy 2022a).

Viiankiaavan pohjoisosassa sijaitsevien Sakattilammien (10; Kuva 17-4) vedenpinnan taso voi hieman laskea maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen aiheuttaman pohjaveden pinnan aleneman myötä. Vedenpinnan tason laskulla voi olla vähäinen vaikutus lampien kasvillisuuteen ja vesieliöiden esiintymiseen.

Sulkemistöiden aikaiset vaikutukset

Sulkemistyöt vastaavat pintavesiin kohdistuvalta vaikutukseltaan rakennusvaihetta (ks. edellä). Sulkemiseen liittyvillä toimilla pyritään estämään kaivostoiminnan jälkivaikutuksia.

Sulkemisen jälkeiset vaikutukset

Sulkemisen yhteydessä lähivaluma-alueen vesien kulku palautetaan lähemmäs kaivosta edeltänyttä tilaa. Eliasojan osalta pohjaeläimistön, piilevien ja vesisammalien elinolosuhteet paranevat verrattuna kaivoksen toiminnan aikaan.

Alueelle jäävät massat, eli matalarikkinen rikastushiekka, eristetään vesikontaktia vähentävällä tavalla, joten sulkemisen jälkeisen vaikutuksen oletetaan olevan lähivaluma-alueella vähäinen. Kitisessä laimentuminen on tehokasta, joten siellä sulkemisen jälkeisten vaikutusten oletetaan olevan erittäin pieniä tai merkityksettömiä.

Pohjaveden pinnan palautuminen 65 % tiivistysskenaariossa tapahtuu hiekka- ja sorakerrostumissa noin kymmenessä vuodessa tasolle, joka poikkeaa korkeintaan 0,1 metriä kaivostoimintaa edeltäneestä tilanteesta. Noin 75 vuoden kuluessa pohjavedenpinnan palautuminen vastaa käytännöllisesti katsoen tilannetta, jossa kaivostoimintaa ei ole ollut lainkaan. 80 % tiivistysskenaariossa 0,1 metrin poikkeama saavutetaan viidessä vuodessa. (Itasca Denver Inc. 2023.)

Rakentamisen ja toiminnan aikana haitallisten vaikutusten alaisina olleen vesieliöstön palautuminen on osin epävarmaa.

18.6.3 Vaikutusten merkittävyys

Kitinen

Kitisessä ei odoteta olevan rakentamis- tai sulkemisvaiheessa pohjaeläimistöön tai kiinteille alustoille kiinnittyneisiin piileviin kohdistuvia vaikutuksia, koska rakennustöistä johtuva pintavesien samennus laimenee suureen vesimäärään. Toiminnan aikana ja toiminnan päättymisen jälkeen kaivoksen aiheuttamat pitoisuusnousut Kitisessä arvioidaan kokonaisuutena sen tasoisiksi, että vesieliöille ei aiheudu haittoja. Hetkelliset, selkeästi keskimääräistä korkeammat sulfaattipitoisuudet voivat aiheuttaa paikallisia vaikutuksia piileväyhteisöihin Kelukosken altaassa purkupaikan lähialueilla purkupistevaihtoehdossa B (AFRY Finland Oy 2023d). Hetkellisistä ja pienellä alueella tapahtuvista mahdollisista muutoksista huolimatta on kuitenkin arvioitu, että kokonaisuutena Kitisen pohjaeläimiin ja kiinteille alustoille kiinnittyneisiin piileviin ei kohdistu vaikutuksia. Merkittävyys on esitetty yhteenvetotaulukkona alla (Taulukko 18-13; ks. kriteerit Taulukko 18-11 ja Taulukko 18-12).

Taulukko 18-13 Sakatin kaivoksen vaikutuksen merkittävyys Kitisen pohjaeläimistöön ja kiinteille alustoille kiinnittyneisiin piileviin.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Herkkyys \ Suuruus	Suuri muutos - - -	Keskisuuri muutos - -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos + +	Suuri muutos + + +
Vähäinen herkkyys				VE0, VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b			
Kohtalainen herkkyys							
Suuri herkkyys							

Kelujoki

Rakennustöiden aiheuttama kiintoainekuormitus voi aiheuttaa Kelujoen alaosassa lyhytaikaista sementumista. Kaivoksen toiminnalla on korkeintaan vähäinen merkitys Kelujoen virtaamaan. Vaikutus on kuitenkin niin vähäinen, että mahdolliset vesieliöstöön kohdistuvat vaikutukset arvioidaan myös vähäisiksi. Vesistön herkkyyttä lisää kuitenkin se, että Kelujoen alajuoksulla on havaittu alueellisesti uhanalaista purotierasammalta (*Racomitrium aciculare)* (Eurofins Ahma Oy 2022b). Jokihelmisimpukkaa ei kartoituksessa havaittu Kelujoen alajuoksulla (Luontoselvitys Kangas Oy 2021b). Kokonaisuudessaan Kelujoen alaosan herkkyyden voidaan arvioida olevan kohtalainen (ks. kriteerit Taulukko 18-11).

Lähivaluma-alue

Maanrakennustyömaalta voi sadevesien mukana kulkeutua kiintoainekuormitusta kaivostoimintojen eteläpuoliseen Eliasojaan, mikä voi aiheuttaa ajoittaista veden sementumista. Rakennusaikaiset vaikutukset arvioidaan kuitenkin vähäisiksi. Eliasojan virtaama voi pienentyä Eliasaavan valuma-alueen pienentyessä vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b, mutta vaikutus on vähäinen. Sakattiojan ja Kärväslammen puron (Kärväslammen purku-uoma) virtaamiin kaivostoiminnalla on korkeintaan vain vähäinen vaikutus. Eliasojalta ja Sakattiojalta ei ole voitu ottaa standardinmukaisia pohjaeläin- tai piilevänäytteitä. Purojen alueella ei ole havaittu uhanalaisia vesisammalia. Pieni koko lisää purojen herkkyyttä muutoksille. Puroista luonnontilaisin on Kärväslammen puro, mutta ihmistoiminnan vaikutus on havaittavissa kaikkien edellä mainittujen purojen ympäristössä, mikä vähentää niiden herkkyyttä muutoksille. Sakattilammien vedenpinnantason alenemisella voi olla kohtalainen vaikutus lampien vesikasvillisuuteen. Sakattilampien herkkyys on varovaisuusperiaatteella arvioitu suureksi huomioiden mm. lampien luonnontilaisuus, niiden sijainti lajistoltaan arvokkaalla alueella ja lampien pieni koko (ks. kriteerit Taulukko 18-11). Eliasojan, Sakattiojan ja Kärväslammen puron pohjaeläimiin, kiinteille alustoille kiinnittyneisiin piileviin ja vesisammaliin sekä Sakattilammien

vesikasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten merkittävyys on esitetty yhteenvetotaulukkona alla (Taulukko 18-14; ks. kriteerit Taulukko 18-12).

Taulukko 18-14 Sakatin kaivoksen vaikutuksen merkittävyys lähivaluma-alueen pienvesien (Eliasoja, Sakattioja ja Kärväslammen puro) pohjaeläimistöön, kiinteille alustoille kiinnittyneisiin piileviin ja vesisammaliin sekä Sakattilammien vesikasvillisuuteen.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Herkkyys \ Suuruus	Suuri muutos -	Keskisuuri muutos -	Pieni muutos -	Ei vaikutuksia	Pieni muutos +	Keskisuuri muutos +	Suuri muutos +
Vähäinen herkkyys							
Kohtalainen herkkyys			VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b	VE0			
Suuri herkkyys			VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b (Sakattilammit)	VE0			

18.7 Yhteenveto vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä

Hankkeesta arvioidaan aiheutuvan rakennusaikana lyhytaikaista ja tilapäistä haittaa kalastolle ja kalastukselle kalojen karkottumisen myötä Kitisessä ja Kelujoen alaosassa. Rakennusaikaisten vaikutusten arvioidaan kuitenkin olevan vähäisiä ja kalaston tilan palaavaan ennalleen rakennustöiden loputtua. Toiminnanaikaisen vaikutuksen kalastolle ja kalastukselle arvioidaan jäävän vähäiseksi. Kaivoksen ylijäämävesien ei arvioida muuttavan Kitisen ekologista tilaa eikä aiheuttavan kalojen elintarvikekelpoisuuden heikkenemistä.

Kitisessä ei odoteta olevan rakentamis- tai sulkemisvaiheessa pohjaeläimistöön tai kiinteille alustoille kiinnittyneisiin piileviin kohdistuvia vaikutuksia, koska rakennustöiden aiheuttama pintavesien samennus laimenee suureen vesimäärään. Toiminnan aikana ja toiminnan päättymisen jälkeen kaivoksen aiheuttamat pitoisuusnousut Kitisessä arvioidaan kokonaisuutena sen tasoisiksi, että vesieliöille ei aiheudu haittoja.

Kaivostoiminnalla voi olla vähäinen vaikutus Kelujoen virtaamaan. Virtaaman väheneminen voi hieman heikentää uomien pohjaeläimistön ja kiinteille alustoille kiinnittyneiden piilevien sekä vesisammallajiston tilaa. Kelujoen alajuoksulla havaitaan alueellisesti uhanalaista purotierasammalta. Vaikutuksen merkittävyys on kuitenkin vähäinen.

Rakentamis- ja sulkemisvaiheeseen kuuluu maanrakennustöitä, joiden aiheuttama kiintoainekuormitus voi vähäisissä määrin heikentää lähivaluma-alueen puron (Eliasoja) pohjaeläimistöä, piileväyhteisöjä ja vesisammalyhteisöjä väliaikaisesti. Vaikutusten merkittävyys on vähäinen.

Kaivostoiminnan aikana valuma-alueiden pienentymisellä ja maanalaisen kaivoksen sekä tarvekivilouhoksen pohjavedenpintaa alentavalla vaikutuksella voi olla korkeintaan vähäinen vaikutus lähivaluma-alueen purojen (Sakattioja, Kärväslammen puro, Eliasoja) virtaamiin. Virtaaman väheneminen voi hieman heikentää uomien pohjaeläimistön ja kiinteille alustoille kiinnittyneiden piilevien sekä vesisammallajiston tilaa. Vaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Sakattilammien vesikasvillisuuteen ja vesieliöihin arvioidaan kohdistuvan vähäinen muutos lampien vedenpinnan tason alenemisen myötä.

Toiminnan päättymisen jälkeen lähivaluma-alueen uomien valuma-alueiden pinta-alojen odotetaan palautuvan lähemmäs ennen kaivosta vallinnutta tilannetta, joten toiminnan päättymisen jälkeen kaivos ei todennäköisesti enää merkittävästi vaikuta lähivaluma-alueen uomiin virtaaman kautta. Kaivoksen sulkemistoimien tarkoitus on vähentää vaikutuksia vesistöön, joten veden laatuun kohdistuvien vaikutusten odotetaan olevan lähivaluma-alueella pieniä toiminnan päättymisen jälkeen. Vaikutusten alaisina olleiden vesieliöyhteisöjen palautuminen on epävarmaa.

18.8 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää rakennusaikaan rakentamalla kaivoksen vesien ohjaus- ja käsittelyrakenteet, kuten niskaojat ja laskeutusaltaat, heti toiminnan alussa. Laskeutusaltaiden avulla kiintoainekuormitusta ja samentumien haittavaikutuksia vesistöihin voidaan vähentää merkittävästi.

Kitisen yli rakennettavan sillan rakennustöiden ajoittaminen kevätkutuisten kalojen kutuajan ulkopuolelle vähentää riskiä kalojen lisääntymisen häiriintymiselle.

Kelujoella mahdollisen sillan rakennustöiden ajoittaminen kesäaikaan pienentää riskiä rakennustöistä aiheutuville haitoille harjuksen kutualueille joen alaosassa.

Siltojen rakennustöiden aiheuttamaa kiintoaineshuuhtoumaan voidaan ehkäistä ajoittamalla rakentamistyöt alivirtaama-aikaan ja käyttämällä työmaalla muodostuvien hulevesien hallintatoimia.

Mikäli NE-satelliittiesiintymä jätetään louhimatta (välttämistoimenpide), pohjavedenpinnan alenemat pienenevät merkittävästi Sakatin esiintymän alueella. Välttämistoimien seurauksena pohjavedenpinnan alenemat eivät ulotu itäisen Kenttäaavan valuma-alueella sijaitsevien Sakattilampien alueelle, jolloin niiden ekologiaan ei kohdistu vaikutuksia kaivostoiminnasta. Arvioituihin kalastovaikutuksiin ei tule muutoksia välttämistoimenpiteiden johdosta.

19 Vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
19 Vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen	Koko luvun rakenne muutettu, nykytilanne päivitetty uuden aineiston pohjalta ja vaikutukset arvioitu uudelleen.	-
19.2.1 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät	Lähtötietoluettelon päivitys (tietojen ajankohtaistaminen, uudet kartoitustiedot).	-
19.2.2 Arvioinnin epävarmuustekijät	Pohjaveden virtausmallinnusten epävarmuustekijät huomioitu.	Pohjavesimallinnukseen liittyvät **epävarmuudet ja virhemarginaalit tulee huomioida myös hankkeeseen suunniteltujen toimintojen osalta, kuten vesienkäsittely, vesienvarastointi ja jätealueet sekä kaikissa tehdyissä vaikutusarvioinneissa, joissa hyödynnetään pohjavesimallinnuksen tuloksia pohjaveden pinnankorkeuksista ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden määräarvioita eri vuosina.**
19.3 Luontotyyppien ja kasvillisuuden nykytila	Päivitykset viimeaikaisista kartoituksista saatujen lisätietojen perusteella (alustavat isonuijasammal- ja kiiltosirppisammalesiintymistiedot, 2021 puroselvitystiedot, uudet lähdekartoitusten tiedot, lähteiden kategoriat). Tarvekivilouhoksen alle jäävät metsätyypit huomioitu.	-
19.4 Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten arviointi	Tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus huomioitu, purojen vaikutustenarviointi päivitetty. Rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia lähteisiin on tarkasteltu niiden fyysisen tuhoutumisen, pohjavedenpinnan alenemisen sekä pintavesiolosuhteiden muutosten näkökulmasta. Tehdasalueella toteutettavien rakennustöiden vaikutukset on huomioitu luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvioinneissa.	Kun ottaa huomioon suunniteltujen läjitysalueiden sijoittuminen Kuusivaaran alueelle, tulee niiden merkitystä tarkastella myös muun muassa alueen lähteiden luonnontilaisuuden säilymisen kannalta. Lisäksi yhteysviranomainen muistuttaa, että tehdasalueen ympärille kaivettava reunaoja sekä tiet kuivattavat pohjavesivaikutteisia luontotyyppejä. Arviointiselostuksesta ei käy ilmi onko edellä mainittua kuivattavaa vaikutusta huomioitu luontotyypeille ja uhanalaiselle lajistolle aiheutuvien vaikutusten arvioinnissa.

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
19.4 Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten arviointi	Hydrologisten vaikutusten uudelleen arviointi Itasca Denver Inc. (2023) ja AFRY Finland Oy:n (2022a) mallinnustietojen perusteella. Pohjavesimallinnusten epävarmuustekijät huomioitu.	Pohjavesimallinnukseen liittyvät **epävarmuudet ja virhemarginaalit tulee huomioida myös hankkeeseen suunniteltujen toimintojen osalta, kuten vesienkäsittely, vesienvarastointi ja jätealueet sekä kaikissa tehdyissä vaikutusarvioinneissa, joissa hyödynnetään pohjavesimallinnuksen tuloksia pohjaveden pinnankorkeuksista ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden määräarvioita eri vuosina.**
	Mallinnusaluetta on laajennettu merkittävästi, mallinnus suoritettu uudelleen (Itasca Denver Inc. 2023) ja mallinnustulokset huomioitu luontoon kohdistuvien vaikutusten arvioinneissa.	Arviointiselostuksessa on todettu, että kaivoksen kuivanapidosta aiheutuvat pohjavesimuutokset eivät mallinnuksen perusteella aiheuta pohjavedenpinnan alenemista Eliasaavalla tai Kenttäaavan eteläosissa. Yhteysviranomainen huomauttaa, etteivät Eliasaapa ja Kenttäaapa sijaitse mallinnusalueella. Erityisesti Kenttäaavalla sijaitsevat lähteet ja huurresammallähteet sijaitsevat lähellä vinotunnelilinjausta, joten ei voida sulkea pois myös pohjaveden pinnan alenemisesta tai virtausmuutoksista aiheutuvia vaikutuksia näille luontotyypeille.
	Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvat vaikutukset on arvioitu uudelleen uusien mallinnusten ja uuden lähtöaineiston pohjalta. Erityistä huomiota on kiinnitetty lähteisiin kohdistuviin vaikutuksiin huomioiden myös mahdolliset veden laatuun kohdistuvat vaikutukset.	Yhteysviranomainen katsoo, että hankkeesta vastaavan tulee jo tässä vaiheessa huomioida alueella sijaitsevat lähteet paremmin, ja arvioida myös lähteiden veden laatuun liittyvät vaikutukset. **Lähteisiin kohdistuvien vaikutusten arviointi korostuu erityisesti Kuusivaaran alueella**, jossa sijaistee huurresammallähteitä.
19.4.8 Haitallisten vaikutusten vähentäminen	Lisätty kompensaatiomenettelystä päivitetyt tiedot.	-

19.1 Johdanto

Tässä luvussa käsitellään kasvillisuuden (ml. sammalet) ja luontotyyppien nykytilaa sekä arvioidaan kaivoksen rakentamisesta, toiminnasta sekä sulkemisen jälkeisiä niihin kohdistuvia vaikutuksia. Tämän luvun nykytilankuvauksessa ja vaikutusarvioinnissa keskitytään hankealueelle Natura-alueen ulkopuoliselta osalta, mutta arvioinnissa huomioidaan myös Natura-alue vaikutusalueen kokonaisuudessa. Viiankiaavan Natura-alueelle on laadittu erillinen Natura-arviointi (Ramboll Finland Oy 2023a). Natura-arvioinnissa on käsitelty Natura-alueen osalta sen suojeluperusteina olevat Natura-

luontotyypit, niille ominainen lajisto sekä etenkin suojeluperusteena oleva lajisto. Tässä arvioinnissa tarkastellaan myös Natura-alueelle sijoittuvaa lajistoa, joka ei ole suojeluperusteena.

19.2 Tarkastelualue ja lähtötiedot

19.2.1 Tarkastelualue

Hankealue: Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen hankealue on määritelty alueeksi, jolle sijoittuu kaivoksen tehdasalue ja muut maanpäälliset toiminnot sekä maanalainen alue, jolla vinotunnelit ja esiintymä sijaitsevat (Luku 2, Kuva 2-2). Lisäksi hankkeen maankäyttöä muuttaviin kohteisiin lukeutuvat kaivoshankkeeseen liittyvä tiestö sekä Kitisen tai Kelujoen ylittävä silta ja alueen sähköntarpeeseen toteutettava 110 kV voimajohtolinja.

Vaikutusalue: Luontovaikutusten tarkastelualue on varsinaista hankealuetta ja mm. kaavoitettavaa aluetta laajempi, etenkin tarkasteltaessa luontotyyppejä ja lajistoa, jotka ovat riippuvaisia hydrologisista muutoksista, eli pinta- tai pohjavesien kautta tapahtuvista muutosvaikutuksista. Vesistöjen kautta tapahtuvat muutosvaikutukset saattavat välittyä hyvinkin laajalle alueelle. Vesiekologisia vaikutuksia on tarkasteltu enemmän luvussa 18 Vaikutukset vesiekologiaan ja vesieliöstöön. Luontotyyppi- ja kasvillisuusvaikutusten arvioinnin kannalta merkittävimpiä alueita ovat Kuusivaaran lähialueet sekä pohjavesimallinnusten osoittamien pohjanveden alenemakäyrien alueet. Etenkin toiminta-alueelle ja niiden läheisyyteen sijoittuvilla soilla ja pohjavesivaikutteisilla luontotyypeillä voi tapahtua luontotyyppien muutosvaikutuksia ja sitä kautta myös kasvillisuuden ja sammallajiston kasvupaikoille kohdistuvia vaikutuksia.

Tässä luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen (ml. sammalet) kohdistuvassa vaikutusarvioinnissa tarkastellaan Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolelle sijoittuville luontotyypeille ja kasvillisuudelle aiheutuvia vaikutuksia lähinnä kasvuolosuhteisiin kohdistuvien vaikutusten kautta. Vaikutusarvioinnin painopiste kohdistuu suojelullisesti arvokkaiden ja lakisääteisten luontotyyppien ja lajiston olosuhteiden muutosten arviointiin. Lisäksi on tarkasteltu rakentamisen myötä poistuvien talousmetsien alueiden olosuhteita yleisen lajiston ja yleisten metsätyyppien kautta. Natura-alueelle sijoittuvaa lajistoa on tarkasteltu siltä osin, kun on olemassa lajistotietoa, joka ei sisälly suojeluperustelajistoon.

Hankkeen välittömät vaikutukset kohdistuvat etenkin Kuusivaaran ympäristöön, mihin rakentuu kaivoksen tehdasalue kaikissa hankevaihtoehdoissa, ja maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b. Toimintojen sijoittelu Kuusivaaran alueella vaihtelee vaihtoehdoittain. Päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3 maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja maanpäällisiä toimintoja sijoittuu Pahanlaaksonmaalle tai Pahanlaaksonmaan pohjoisosaan Tihiämaalle. Kuusivaaralle sijoittuu myös tarvekivilouhos, jonka vaikutukset kohdistuvat Kuusivaaran lisäksi sitä ympäröiville suoalueille.

Vaikutuksia syntyy myös hankevaihtoehdosta riippuen rakennettavan yhdystien ja Kelujoen tai Kitisen yli rakennettavan sillan alueilla sekä Kuusivaarasta Vajukosken kytkinasemalle rakennettavan voimajohdon alueella, hihnakuljettimen alueella, ylijäämävesien purkuputken ja raakavedenottoalueiden alueella. Hankkeen välilliset vaikutukset kasvillisuudelle ja luontotyypeille ilmenevät pohjaveden mahdollisen aleneman sekä pölyvaikutusten myötä. Pohjaveden pintaa alentavat vaikutukset kohdistuvat tietyillä etäisyysvyöhykkeillä tarvekivilouhoksesta, vinotunneleista ja maanalaisesta

kaivoksesta pohjavesistä riippuvaisille luontotyypeille ja niiden lajistolle. Kasvillisuuteen kohdistuvat pölyvaikutukset ilmenevät kaivoksen maanpäällisten toimintojen lähialueella. Lisäksi hankkeen vaikutuksilla on ajallinen skaala, sillä useiden vaikutustyyppien aiheuttamat muutosvaikutukset kumuloituvat kaivoksen arvioidun toiminta-ajan jatkuessa noin 20 vuotta.

Selvitysalue: Selvitysalue on eri vuosina toteutettujen luontotyyppi- ja lajistoselvitysten kattamat inventointialueet, jotka liittyvät hankkeen nykytilan inventointeihin (Kuva 19-1). Hankkeen luontotyyppi- ja lajistoselvityksiä on kohdistettu Viiankiaavan Natura-alueelle, josta tarkimmin on inventoitu alueen länsiosaa hankealueella ja sen läheisyydessä. Lisäksi on inventoitu laajalti Kenttäaapaa sekä Eliasaavan ja Porokodanjängän pohjoisosat. Koko hankealueella on tehty sekä luontotyyppi- että uhanalaisten lajien kartoitus sekä lähdekartoitus sisältäen lajiston. Kasvillisuusselvityksiä on tehty myös Käppäläaavan alueella, joka ulottuu etäälle varsinaisesta hankkeen vaikutusalueesta, joten Käppäläaapaan kohdistuvia inventointeja ei ole esitetty vaikutusarviointien pohjaksi toteutettujen selvitysten inventointipäivämäärissä. Hankkeeseen liittyvän 110 kV voimajohdon reitiltä laaditut inventoinnit sijoittuvat osittain etäälle varsinaisesta kaivosalueesta. Niitä on käsitelty YVA-selostuksen luvussa 27 (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a).

19.2.2 Lähtötiedot

Alueen luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen liittyen hankkeen suunnitteluvaiheessa on laadittu seuraavia selvityksiä, jotka ovat sisältäneet maastotutkimuksia ja lajistoinventointeja:

- AFRY Finland Oy 2020. Kuusivaaran uhanalaisten kasvilajien selvitys 2020 (luonnos 30.10.2020).
- AFRY Finland Oy 2020b. Sakatin hankkeen luontoselvitys vaihtoehtoiset vedenottoalueet ja Kuusivaaran tielinjauksen alue vuonna 2020.
- Ahma ympäristö Oy 2009a. Sakatti 1–5 valtausten uhanalaislajien kartoitus.
- Ahma ympäristö Oy 2009b.Viianki (13, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 33, 34, 43, 46, 47, 49 ja 55) ja Sarki 1- valtausten uhanalaislajien kartoitus.
- Ahma ympäristö Oy 2015b. Sakatti 1–5, Kasvillisuusvaikutusten seuranta 2015.
- Ahma ympäristö Oy 2015c. Sakatti 1–5 -malminetsintäalueen luontotyyppiselvitys 2015, kartoitukset vuosina 2012–2014.
- Ahma ympäristö Oy 2015g. Kersilö-Kuusivaara luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitys 2015.
- Ahma ympäristö Oy 2016a. Neidonkenkäselvitys 2016.
- Ahma ympäristö Oy 2016c. Sakatti 1–5 malminetsintäalueiden sammal- ja putkilokasvikartoitukset vuosina 2012–2015.
- Ahma ympäristö Oy 2016f. Viiankiaavan luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitys 2016.
- Ahma ympäristö Oy 2018. Sakatti 1–5 kasvillisuusvaikutusten seuranta 2017.
- Eurofins Ahma Oy 2018e. Tailings-alueiden luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitys 2017.
- Eurofins Ahma Oy 2019f. Kaava-alueen eteläosan luontotyyppi- ja kasvillisuuskartoitus 2018–2019 sekä 2012.
- Eurofins Ahma Oy 2019g. Malminetsinnän kasvillisuusvaikutusten seuranta 2018.
- Eurofins Ahma Oy 2021f. Kelujoen, Ylijoen ja Eliasojan vesisammalkartoitus 2021.
- Eurofins Ahma Oy 2022a. Puroselvitykset 2021 (sis. Luontoselvitys Kangas Oy 2021).
- Eurofins Ahma Oy 2022h. Sakatti-Eliasaapa kasvillisuuskartoitus 2022 sekä malminetsintätoimintaan liittyvät kartoitukset (epävirallinen paikkatietoaineisto, raportointi kesken).
- Lapin Vesitutkimus Oy 2010. Viiankiaavan luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitykset 2009–2010
- Lapin Vesitutkimus Oy 2012b. Korvaavien alueiden yleiskartoitus 2011.
- Ramboll Finland Oy 2019a. Sakatin alueen lähteiden biologinen kartoitus.
- Ramboll Finland Oy 2019c. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen 110 kV liityntävoimajohdon luontoselvitys.
- Ramboll Finland Oy 2020a. Viiankiaavan itäosan potentiaalisten lähteiden biologinen kartoitus.
- Ramboll Finland Oy 2020c. Ulkusijanaavan viitasammakkoselvitys.
- Ramboll Finland Oy 2021. Viiankiaavan alueen potentiaalisten lähteiden biologinen kartoitus.
- Ramboll Finland Oy 2022a. Viiankiaavan alueen lähdekasvillisuusseuranta 2021.

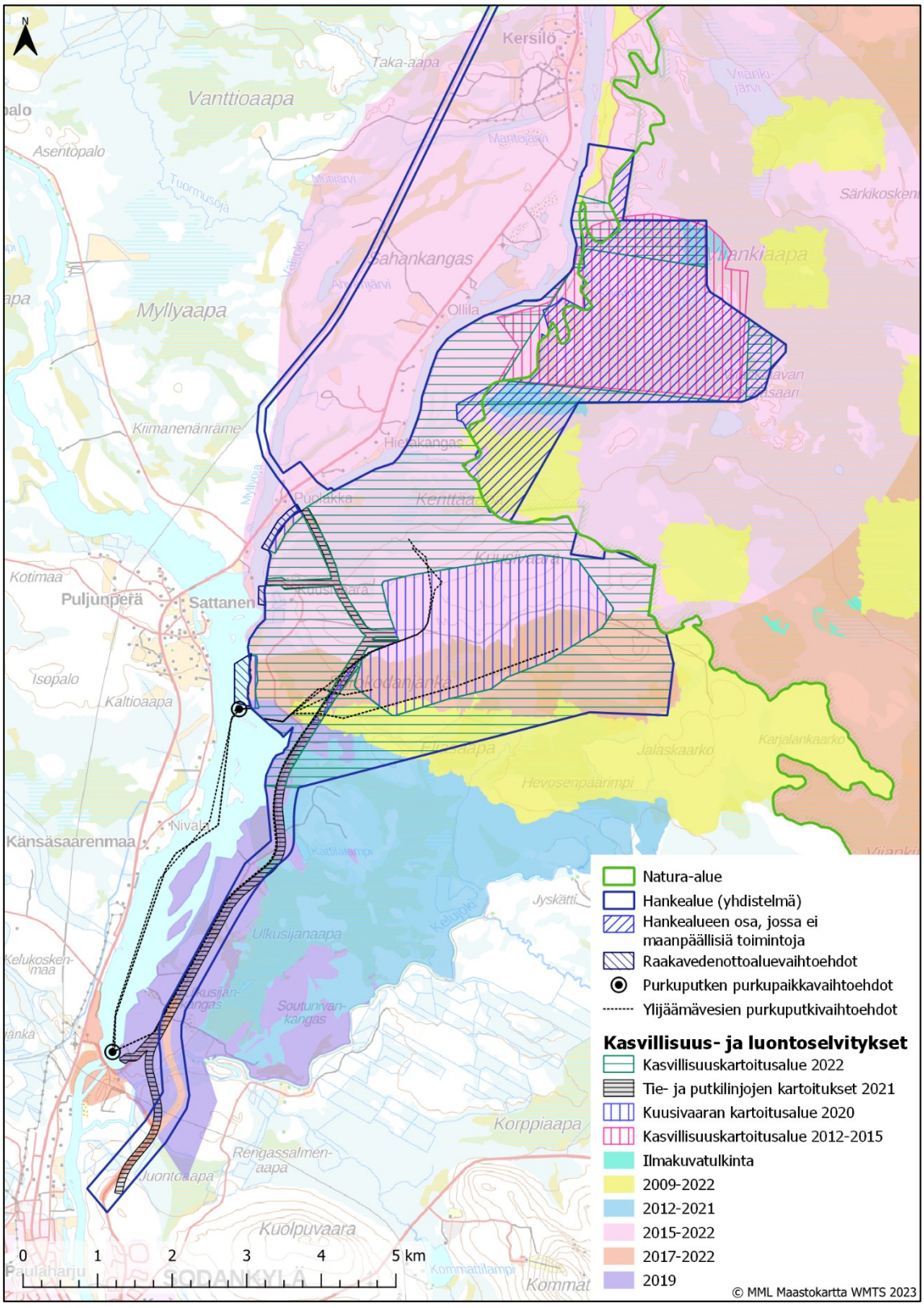
Natura-alueen ulkopuolisille osille sijoittuvat luonto- ja lajistoselvitykset ovat tässä luvussa esitettyjen luontovaikutusarviointien taustatietoina. Kuusivaaran alueelle on toteutettu kasvillisuus- ja luontotyyppiselvityksiä vuosina 2009–2010 (Lapin Vesitutkimus Oy 2010), jolloin aluetta on inventoitu 37 maastotyöpäivän ajan. Kuusivaaraa ja sitä ympäröiviä soita, Kersilön aluetta sekä Kitisen ympäristöä hankealueen kohdalla on inventoitu myös vuonna 2015 heinä-syyskuussa yhteensä 29 maastopäivää (Ahma ympäristö Oy 2015g). Kaava-alueen eteläosan luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitys (Eurofins Ahma Oy 2019f), Sakatin alueen lähteiden biologinen kartoitus (Ramboll Finland Oy 2019a) sekä neidonkenkäselvitys (Ahma ympäristö Oy 2016a) kohdistuvat myös pääosin Natura-alueen ulkopuolelle. Kesän 2020 aikana on toteutettu Kuusivaaran uhanalaisen kasvilajiston inventointi

sekä Kuusivaaran tielinjauksen sekä vaihtoehtoisten vedenottoaluiden inventoinnit, joihin on käytetty yhteensä viisi maastotyöpäivää kahden inventoijan toimesta (AFRY Finland Oy 2020b). Vuonna 2022 tehtiin kesä-syyskuussa lisää uhanalaisten kasvien kartoitusta, johon käytettiin noin neljä henkilötyökuukautta (Eurofins Ahma Oy 2022h).

Rikastushiekka-alueiden luontotyyppi- ja kasvillisuusinventoinnit (Eurofins Ahma Oy 2018e) kohdistuvat pääasiassa Moskuvaarantien pohjoispuolella Käppäläaavalle. Lisäksi rikastushiekka-alueiden inventointeja on kohdennettu Eliasaavan, Poro-Kotamaan ja Kuusivaaran, Kuusivaarantien ja Kelukosken alueille. Hankealueen eteläosaan (kaava-alue) on toteutettu vuonna 2019 luontotyyppi- ja kasvillisuuskartoitus (Eurofins Ahma Oy 2019f), joka on tarkentanut ja koonnut yhteen vuosien 2018–2019 sekä 2012 selvitykset Eliasaavan eteläpuolisilta alueilta aina Ulkusijankankaalle saakka. Kelukosken alueen selvitys on toteutettu vuonna 2019, Kelukoskentien selvitys vuonna 2018 ja Ulkusijanaavan selvitykset vuonna 2012. Selvitettyjen alueiden pinta-alat kattavat noin 18 km². Vuosina 2021 ja tehdyt lähdeselvitykset kohdistuivat Viiankiaavan kohteiden lisäksi Eliasaavalle, Poronkodanjänkälle, Kenttäaavalle ja Ulkusijanaavalle (Ramboll Finland Oy 2021, 2022b, 2023c). Hankkeen vaatimalle 110 kV voimajohdolle on laadittu oma ympäristöselvitys (Ramboll Finland Oy 2019c). Vuonna 2021 tehtiin puroselvityksiä Viiankiaavan länsipuolisille alueille, Kenttäaavan länsiosaan, Kuusivaaralle, Porokodanjängälle ja Eliasaavalle (Eurofins Ahma Oy 2022h). Sakatin uhanalaisten vesisammalien inventointi (Luontoselvitys Kangas Oy 2021a) kohdistui Natura-alueen ulkopuolisille uomille ja puro-osille Kärväslammen purku-uoma, Ruosteoja ja Sakattioja. Lisäksi kartoitettiin syyskuussa 2021 Kelujoen, Ylijoen ja Eliasojan vesisammaleita (Eurofins Ahma Oy 2021f).

Useiden eri vuosien aikana kasvillisuus- ja luontotyyppi-inventoinneissa kartoitetut alueet on esitetty kartassa (Kuva 19-1). Kasvillisuus- ja luontoselvitysten erillisraporteissa on vaihtelevasti esitetty myös maastossa inventoitu kävelyreitti kartalla.

Luontotyyppi- ja kasvillisuusselvityksissä alueelta on paikannettu metsälain 10 §:n, vesilain 11 §:n sekä luontotyyppien uhanalaisuusluokituksessa uhanalaisia ja silmälläpidettäviä (CR, EN, VU, NT) luontotyyppejä. Ennen vuotta 2019 toteutetuissa inventoinneissa luontotyyppien uhanalaisuutta on tarkasteltu aiemman uhanalaisuusarvioinnin perusteella (Raunio ym. 2008) ja ne on määritelty Pohjois-Suomen uhanalaisuusluokituksen mukaisesti. Luontotyyppien ja lajiston uhanalaisuusluokitus on esitetty tässä arviointityössä niiden uusimpien statusten mukaisesti (Kontula & Raunio 2018, Hyvärinen ym. 2019).



Kuva 19-1 Hankkeessa toteutettujen kasvillisuus- ja luontotyyppiselvitysalueiden sijoittuminen.

19.2.3 Arvioinnin epävarmuustekijät

Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvioinnin suurimmat epävarmuustekijät liittyvät suoluonnon ja lähteiden sekä muiden pohjavesivaikutteisten luontotyyppien vesitalouteen. Maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnus (Itasca Denver Inc. 2023) on laadittu hankevaihtoehdolle VE1a ja tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus (AFRY Finland Oy 2022a) hankevaihtoehdon VE1a mukaiselle tarvekivilouhoksen sijainnille. Pohjaveden virtausmallit ovat tältä osin riittävän luotettavia vaihtoehdon vaikutusarviointia varten. Muiden hankevaihtoehtojen osalta ei voida esittää yhtä tarkkoja arvioita pohjaveden alenemista ja tämän myötä pohjaveden aleneman vaikutusten arvioinnissa on merkittävää epävarmuutta, joka kohdistuu tiettyihin luontotyyppeihin. Mahdollisuutta ennakoimattomiin laaja-alaisiin hydrologisiin vaikutuksiin ja sen myötä merkittäviin luontotyyppi- ja kasvillisuusvaikutuksiin ei voida myöskään täysin sulkea pois. Koska hankevaihtoehdoille VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b ei ole laadittu maanalaisen kaivoksen osalta pohjaveden virtausmallinnusta, näiden hankevaihtoehtojen osalta ei voida esittää varmoja johtopäätöksiä luontotyypeille ja kasvillisuudelle kohdistuvista muutosvaikutuksista. Tarvekivilouhoksen osalta asiantuntijana-arviona tehty tulkinta on riittävä vaikutusten arvioimiseksi.

Arviossa käytetyillä pohjaveden virtausmalleilla ei voida kuvata tarkasti suoalueilla turpeessa tapahtuvia pohjaveden pinnankorkeuden muutoksia, sillä turpeessa tapahtuvat ekohydrologiset prosessit ovat monimutkaisia ja niiden tarkka numeerinen mallintaminen ei tarkastelun vaatimassa laajuudessa ole mahdollista. Käytetyt pohjaveden virtausmallit kuvaavat lähinnä turpeen alapuolisessa kivennäismaassa tapahtuvaa pohjaveden alenemaa. Turvekerros on kuvattu malliin yhdellä vedenjohtavuusarvolla, mikä jättää huomioimatta esimerkiksi turpeen alimpien tiiviiden ja huonosti vettä johtavien kerrosten vaikutukset. (Ramboll Finland Oy 2023a.) Isotooppitutkimusten perusteella suuri osa kausikosteikoihin purkautuvasta vedestä on hyvin lyhyen viipymän pinta- ja pintakerrosvaluntaa (Salonen 2020). Turvekerroksen alla olevan pohjavesikerroksen pohjavedenpinnan muutokset eivät välttämättä näy yhtä suurina turvekerroksessa.

Alenema vaikuttaa pohjaveden keskimääräiseen pinnankorkeuteen ja siten pohjaveden pinnankorkeuden todellinen muutos luonnontilaisesta keskivedenpinnasta saattaa olla suurempi, kuin historiallinen suurin havaittu poikkeama. Siten pienetkin pohjaveden pinnankorkeuden alenemat saattavat vaikuttaa luontotyyppien ja pohjavedestä riippuvaisten lajien säilymiseen, jos pohjaveden pinnankorkeus laskee aleneman myötä toistuvasti alle kasvillisuuden selviämisen kannalta kriittisen tason. Tämän vuoksi mallinnettujen alenemien suuruutta (vedenpinnan hetkellistä tasomuutosta) ei voi suoraan verrata havaintohistoriasta saatuun pohjaveden pinnankorkeuden luonnolliseen vaihteluväliin (havaittu minimi- ja maksimiarvo). (Ramboll Finland Oy 2023a.) Alenemien ekologisia vaikutuksia voi kompensoida kuitenkin se, että kaivostoiminnan myötä syntyvä alenema pienenee lisääntyvän pohjaveden muodostumisen myötä. Painekorkeuden muutoksesta johtuva vedellä kyllästymättömän huokostilavuuden kasvu lisää muutoin pintavaluntana kulkeutuvan veden suotautumista, etenkin kevään sulamiskauden aikana. Näin syntynyt pohjaveden alenema saattaa todellisuudessa lisätä pohjaveden muodostumista. Tätä kompensatorista vaikutusta ei ole mallinnuksessa huomioitu (Itasca Denver Inc. 2023). Mallin oletuksista ja käytetyistä parametreista aiheutuvan konservatiivisuuden perusteella alle 0,5 metrin alenema-alue ei välttämättä todellisuudessa näy turvekerroksessa lainkaan (Ramboll Finland Oy 2023a).

Suunnitelulla maanpäällisellä toiminnalla kuten Kuusivaaran tehdasalueella ja tarvekivilouhoksella sekä tiestöllä voi olla häiriövaikutuksia alueen eläimistölle, mm. hirville ja poroille. Häiriövaikutus voi aiheuttaa muutoksia eläinten kulkureiteissä ja laidunnustavoissa, mikä voi vaikuttaa laidunnusvaikutuksista hyötyvien lajien kuten isonuijasammalen menestymiseen alueella. Heikot kilpailijat voivat kärsiä umpeen kasvusta, mikäli laidunnusvaikutus vähenee. Eläinten käyttäytyminen ja eläinten ja kasvillisuuden väliset ekologiset suhteet ovat vaikeasti ennustettavissa.

Syklisen pohjaveden aleneman vaikutuksista suojelullisesti arvokkaaseen kasvillisuuteen ja arvokkaisiin luontotyyppeihin kuten esimerkiksi pohjavesivaikuteisiin soihin, lettoihin ja huurresammallähteisiin ei ole käytettävissä tieteellistä tutkimustietoa tai vertailukelpoista seurantatietoa vaikutusmekanismeiltaan vastaavien hankkeiden aiheuttamista vaikutuksista pitkällä aikavälillä. Pohjaveden alenema ja pohjavesivaikutuksen väheneminen vaikuttavat suoveden mineraalikoostumukseen ja pH-arvoon. Ei ole kuitenkaan yleisesti sovellettavissa olevaa tutkimustietoa siitä, minkä suuruinen alenema aiheuttaa muutoksia tai siitä, mikä muutosten aikajänne on.

Hankkeesta aiheutuvilla pohjaveden alenemilla ja ilmastonmuutoksella voi olla yhteisvaikutuksia suon vesitalouteen ja kasvillisuuden kasvupaikkaolosuhteisiin, mutta niiden voimakkuutta on vaikea arvioida tutkimus- ja vertailuaineiston puuttuessa. Itasca Denver Inc. (2023) toteutti herkkyysanalyysin ilmastonmuutoksen vaikutusten arvioimiseksi sekä 80 % että 65 % tiivistysskenaarioille. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia mallinnettiin yhdellä viranomaisten kanssa yhdessä sovitulla ilmastoskenaariolla. Herkkyysanalyysin perusteella mallissa käytetyllä pohjaveden muodostumismäärällä on suuri vaikutus mallinnettuun alenemaan niin, että kuivina vuosina mallinnetut alenemat ovat suurempia ja sateisina vuosina pienempiä. On huomioitava, että myös RCP4.5-skenaarion ennusteita voimakkaammat lämpötilojen ja sademäärien muutokset ovat mahdollisia vuoteen 2100 mennessä, mikä lisää mallin epävarmuutta.

Lähdeympäristöt pysyvät nykytilanteessa osittain sulana talviaikaan tasalämpöisen pohjaveden vaikutuksesta. Hankkeen aiheuttamat hydrologiset muutokset ja pohjavedenpinnan mahdolliset säännölliset talviaikaiset alenemat saattavat aiheuttaa joidenkin nykytilanteessa virtaamiltaan vähäisempien lähteiden osalta jääpeitteisen kauden pidentymistä tai joinakin vuosina aiheuttaa aiemmin sulana pysyneiden lähteiden jäätymistä. Jäätyminen ja sen myötä tapahtuva kasvuston kuivuminen ja vaurioituminen saattavat aiheuttaa ennakoimatonta taantumista suojelullisesti arvokkaassa sammallajistossa ja lähdesammallajiston runsaussuhteiden vähittäistä muuttumista pitkällä aikavälillä. Tietyt suojelullisesti arvokkaat lähdesammallajit ovat sopeutuneet kasvamaan ympäristössä, joka pysyy pääasiassa ympäri vuoden sulana. Alentuneen pohjavedenpinnan korvautuminen vuosittain pintavalunnalla (lumien sulaminen) saattaa aiheuttaa laadullisia muutoksia lähdeympäristöissä pitkällä aikavälillä. Vastaavia epävarmuuksia liittyy myös muiden suojelullisesti arvokkaiden luontotyyppien ja kasvilajien vasteeseen syklisen talvikuivuuden jatkuessa vuosia ja vuosikymmeniä.

Kuusivaaran tehdasalue ja Pahanlaaksonmaalle sijoittuvien rakenteiden alueet (VE2 ja VE3) sekä niiden lähialueet ja hankkeeseen liittyvän tiestön ja voimalinjan alueet on tutkittu luontotyyppien ja kasvillisuuden osalta hyvällä tarkkuudella, vaikka hankkeen kokonaisvaikutusalue on hyvin laaja. Tarkemman inventointien kohdistuminen ja painottuminen rakentamistoimien alueelle tai Natura-alueelle saattaa vääristää luontotyyppien ja lajiston nykytilanteen esiintymistietoutta. Tarkemmin kartoitetut alueet saattavat vaikuttaa lajirikkaammilta kuin vähemmän tarkasti kartoitetut alueet.

Toisaalta kokenut kartoittaja voi arvioida alueen lajirikkautta ja potentiaalisten uhanalaisten lajien esiintymistodennäköisyyttä alueella alustavasti luontotyyppitietojen ja kasvupaikkaolosuhteiden perusteella, mikä vähentää tätä epävarmuustekijää. Useiden vuosien aikana laadittuja, lähinnä Viiankiaavan alueelle liittyviä, luontotyyppi-inventointeja on täydennetty hankealueen ja kaava-alueen inventoinneilla sekä alueelle tulevan tielinjan inventoinneilla. Kivennäismaan metsäisille luontotyypeille, talousmetsille sekä yleisille suotyypeille kohdistuvassa vaikutusarvioinnissa ei ole merkittäviä epävarmuuksia aineiston suhteen.

Kuusivaaran ympäristöön sijoittuvat isonuijasammalesiintymien havaintotiedot ja Eliasaavan keski- ja eteläosan kiiltosirppisammalhavainnot kuuluvat Eurofins Ahma Oy:n kesällä 2022 tehtyihin kartoituksiin, joiden raportointi ja sammalnäytteiden tarkistus mikroskoopilla on vielä kesken. Mikroskooppinen varmistus on tärkeä osa sammalten määrityksessä, joten näihin havaintotietoihin liittyy epävarmuustekijöitä. Ei voida poissulkea myöskään mahdollisuutta, että kiiltosirppisammalnäytteiden seassa olisi lapinsirppisammalhavaintoja. Havainnot on kuitenkin otettu huomioon arvioinnissa, koska molemmat ovat tiukasti suojeltuja ja muutoksille herkkiä lajeja, joihin voi kohdistua osin merkittäviä vaikutuksia.

Sen sijaan pohjavesivaikutteisten luontokohteiden osalta laajojen alueiden inventointi on haastavaa ja myös Natura-alueen ulkopuolella lähdevaikutteisten luontotyyppien ja vesilain määrittelemien lähteiden esiintymien riittävän kattavaan paikannukseen liittyy lievää epävarmuutta. Samoin näille pohjavesivaikutteisille soille sijoittuvan uhanalaisen, erityisesti suojeltavan ja direktiivilajiston sijaintitiedon ja esiintymien laajuuden osalta inventoinnin kattavuudessa laajoilla ja vaikeakulkuisilla suoalueilla liittyy epävarmuutta.

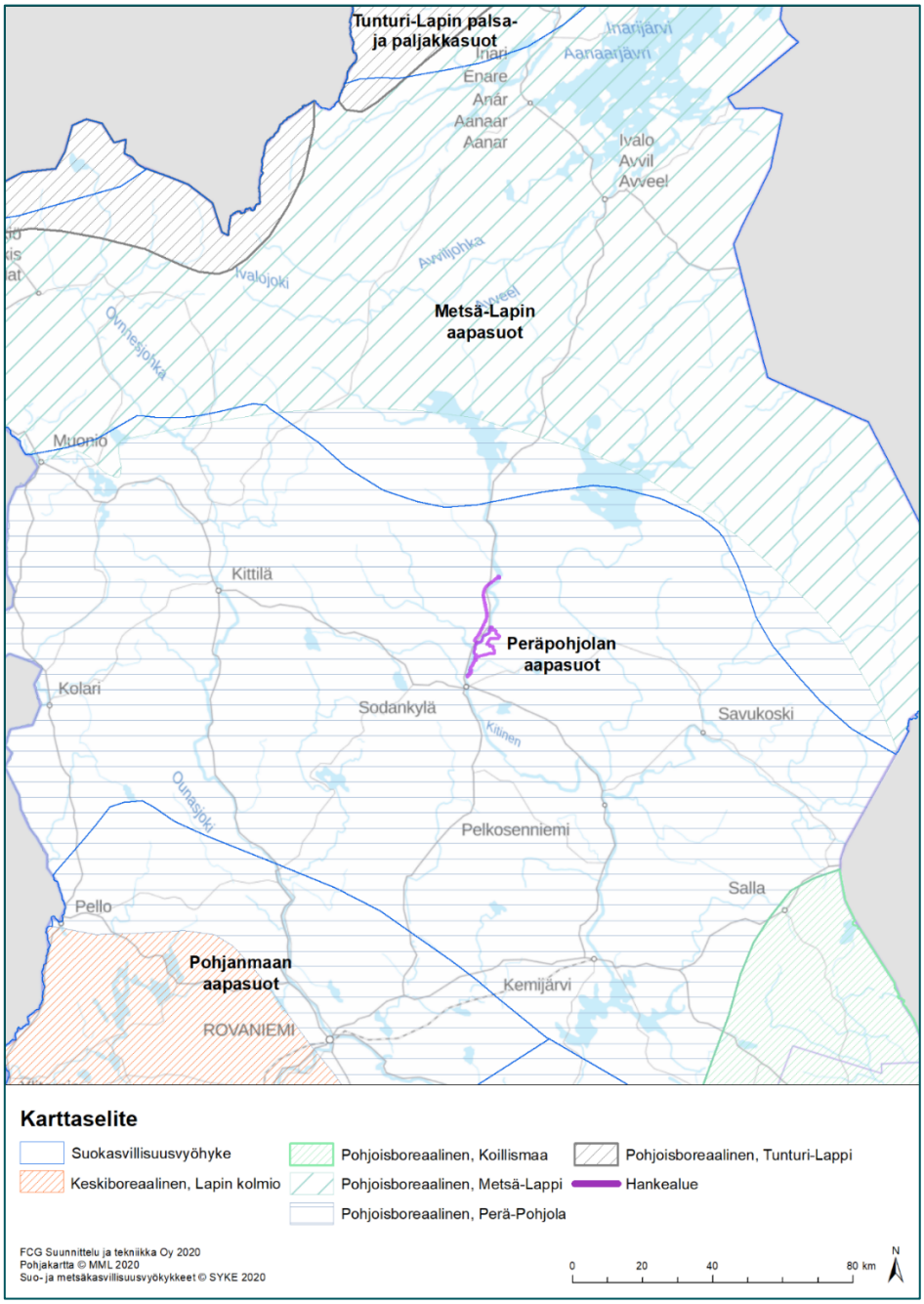
Vaikutusarvioinnissa merkittävän haasteen tuo suoluontoa kuivattavien vaikutusten ajallinen ulottuvuus 20 toimintavuoden ajalle. Useilla vaikutuksilla on ajan myötä kumuloituvia ominaisuuksia ja eri vaikutustyyppien yhteisvaikutukset saattavat olla lopulta suurempia, kuin mihin toteutetut realistiset arviot antavat viitteitä.

Arvioinnin epävarmuuksiin voidaan lukea myös se, että kiviainespölyn ja metallipitoisen pölyn pitkäaikaisvaikutuksista lähteiden ja lettojen vaateliaalle sammallajistolle ei ole olemassa tutkimustietoa. Tarvekivilouhoksen toiminnasta aiheutuvaa pölyvaikutusta ei ole mallinnettu, joten sen osalta pölyvaikutuksia ei ole huomioitu.

19.3 Luontotyyppien ja kasvillisuuden nykytila

19.3.1 Kasvillisuusalue

Hankealue sijoittuu metsäkasvillisuusvyöhykkeissä Pohjoisboreaaliselle Perä-Pohjolan vyöhykkeelle (4b) ja soiden aluejaossa Keski- ja Pohjois-Peräpohjolan aapasoiden alueelle (4c) (Kuva 19-2Kuva 19-2). Vyöhykkeille tyypillistä ovat keskimäärin melko karut kangasmetsät sekä laajat aapasuokokonaisuudet.



Kuva 19-2 Hankealueen sijoittuminen Suomen metsä- ja suokasvillisuusvyöhykkeillä.

19.3.2 Hankealueen ja lähialueen metsät

Hankealueen kivennäismaan kangasmetsät maanpäällisten rakentamistoimien alueella ovat pääosin tuoreita ja kuivahkoja mäntyvaltaisia kangasmaita. Sekapuustoisia kuusivaltaisia kankaita esiintyy paikoin moreeniselänteiden alaosissa soiden laiteilla. Hankealueen tuoreet kangasmaat ja kuivahkot kankaat sijoittuvat lähes yksinomaan Kitisen lähialueelle. Kuivia ja lehtomaisia kankaita on niukemmin. Lehtomaisia kankaita sijoittuu lähinnä Kitiseen purkautuvien purojen varsille ja kuivia

kankaita esiintyy Petäjäsaaren alueella. Hankealueen pohjoisosista on paikannettu tuoreita runsasravinteisia lehtoja. Ravinteisimmat kasvupaikat sijoittuvat soille (Ahma ympäristö Oy 2015g).

Valtaosa hankealueen kangasmetsistä on puustoltaan varttuneita tai uudistuskypsiä. Hankealueen ja selvitysalueiden vanhimmat metsät sijoittuvat Viiankiaavan Natura-alueelle ja ovat puustoltaan pääosin yli 200-vuotiaita (Hjelt & Pääkkö 2006).

Metsien luonnontilaisuusaste vaihtelee. Hankealueen länsiosissa kivennäismaan metsät ovat selvästi luonteeltaan talousmetsiä ja luonnontilaisemmat metsät sijoittuvat Viiankiaavan laajan suoalueen metsäsaarekkeisiin, jotka ovat Natura-alueella. Suoalueen metsäsaarekkeita on myös käsitelty 1900-luvun alussa harsintahakkuin, ja hakkuita on kohdistunut myös puustoisille soille (Eurofins Ahma Oy 2019g). Alueen kivennäismaan metsien ja suometsien käsittelyhistoria ilmenee myös lahopuujatkumon puutteena. Luonnontilaisimmatkaan metsät eivät ole sellaisia edustavia boreaalisia luonnonmetsiä, joita alueelle voisi sijoittua. Tämä ilmenee tarkasteltaessa aluetta *monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet* -analyysin tulosten kautta (Mikkonen ym. 2018).

19.3.3 Hankealueen ja lähialueen suot

Sodankylän koko kunnan pinta-alasta lähes 30 % on soiden peitossa. Kunnassa on 688 yli 20 hehtaarin kokoista suota, joiden kokonaispinta-ala on 335 055 hehtaaria (Muurinen 2015). Aapasuot ja keidassuot ovat yleisin soiden päätyyppi. Turvekerrokset alueen soilla ovat ohuita, ja turvetta on pääosin alle kahdeksan metriä (Niinikoski & Päätönen 2015).

Hankealueen (Kuva 19-3) suot ovat pääosin ojittamattomia ja luonnontilaisia avosoita. Puustoiset suot, jotka keskittyvät kangasmetsien reunaosille, ovat etupäässä rämeitä. Yleisimmät rämetyypit ovat pallosararäme ja korpiräme. Varsinaisten korpien osuus on vähäinen. Alueen laajimmat yhtenäiset avosuot eli aapasuot ovat Viiankiaapa, Eliasaapa, Ulkusijanaapa ja Kenttäaapa. Nevojen ja lettojen lisäksi alueella on myös luhtia ja kausikosteita soita. Luhtia esiintyy suovesien purkureiteillä sekä kangasmaalaiteissa ja lampien läheisyydessä.

Hankealueelle sijoittuva **Viiankiaapa** on edustava aapasuokompleksi, jolla esiintyy inventointien perusteella monipuolinen ja suojelullisesti arvokas lajisto. Viiankiaavalle on ominaista laajat ja upottavat rimmet, joita halkovat kapeat ja kiemurtelevat jänteet. Viiankiaavan alueella oli myöhäisjääkautisessa vaiheessa jäiden patoama jääjärvi, jonka paikalle nykyinen suoalue on muodostunut. Viiankiaavan suon pinnan korkeus vaihtelee pääosin 188–190 m mpy, ja turvekerroksen paksuus ulottuu yli kuuteen metriin (Åberg ym. 2017a). Viiankiaapa on topografisesti tasaista ja pintavesien virtaus on erittäin hidasta ja monimutkaista turvekerrosten läpi. Viiankiaavalla tapahtuu veden imeytymistä turvekerroksesta paremmin vettä läpäiseviin karkearakeisiin maakerroksiin. Turvekerroksen pohja on kuitenkin laajalti tiivistä, mikä estää imeytymisen. (AA Sakatti Mining Oy 2020.)

Viiankiaavan aapasuokokonaisuudelle on tyypillistä koivulettojen ja rimpisten koivulettojen suuri määrä. Laajin yhtenäinen lettoalue sijaitsee Viiankilampien eteläpuolella, ulottuen Ylijoen varteen ja Matiaksenrämeen laiteille saakka. Alueella on myös laajoja lierosammalrimpilettoja. Rimpiset koivuletot vaihettuvat rimpikoon kasvaessa liukuvasti erilaisiin rimpilettoihin. Varsinaisten ravinteisten lettojen lisäksi Viiankiaavalta löytyy myös laajoja ruohoisia, keskiravinteisia nevoja sekä karumpia

rimpinevoja, jossa jänteet muodostuvat rahkarämemättäistä. Viiankiaavalla on myös laajoja rahka-, tupasvilla- ja pallosararämealueita sekä ohutturpeisia kangasrämeitä. Erilaisia, pääosin karuja rämetyyppejä esiintyy etenkin kangasmetsien laiteilla ja kangassaarekkeiden väleissä. Paikoin rimpisuot rajoittuvat lähes suoraan kivennäismaan kangasmetsiin (Eurofins Ahma Oy 2018d). Viiankiaapa sisältyy Natura-alueeseen ja sen olosuhteita on käsitelty tarkemmin Natura-arvioinnissa (Liite 6, Ramboll Finland Oy 2023a).

Eliasaavalla on ravinteisuuden vaihtelun ja topografian mosaiikkimaisuuden vuoksi runsaasti erilaisia edustavia suotyyppejä. Arvokkaimmat avosuot ovat pääasiassa eutrofisia lettoja. Eliasaavalla on jonkin verran käsiteltyjä räme- ja korpikuvioita, mutta pääasiassa se on luonnontilainen ja lajistoltaan monipuolinen. Eliasaavalla ei esiinny sellaisia ojituksia tai muita toimenpiteitä, jotka vaikuttaisivat suon vesitalouteen. Eliasaavan lettojen lajistossa esiintyy uhanalaisia ja direktiivilajistoon lukeutuvia putkilokasvi- ja sammallajeja, kuten lettorikko, isonuijasammal ja kiiltosirppisammal. Puustoisista letoista alueella on lettorämettä ja -korpea sekä koivulettoa ja vähäisesti lehtokorpea. Puuttomat lettolierorimpiletot ovat alueella ovat varsin yleisiä. Varsinaiset letot vaihettuvat mesotrofisiin nevoihin ja lettonevoihin. Kuusivaaran eteläpuolelle jää keskusallasmainen rimpisuoalue, jolla on huomattavia ja monimuotoisia lettoja (Ahma ympäristö Oy 2015g, Lapin Vesitutkimus Oy 2012, Eurofins Ahma Oy 2018e, 2022h.)

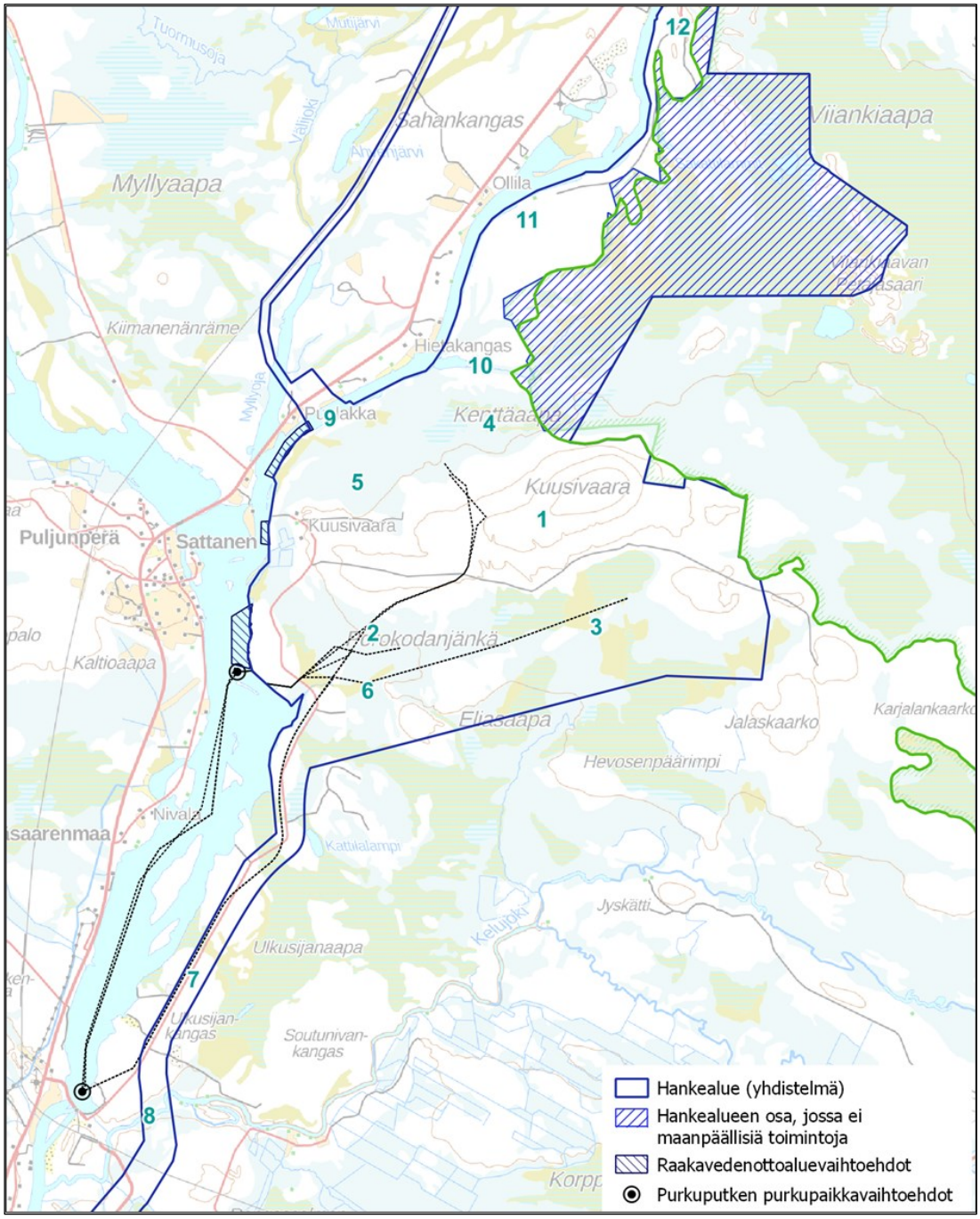
Porokodanjänkä sijoittuu Eliasaavan länsiosiin ja se koostuu erityyppisistä letoista, joiden laiteilla on keskiravinteisia saranevoja sekä suon itäosassa vähäravinteisia rämeitä ja nevoja. Porokodanjängän lettojen erikoisuutena on runsas järviruokovaltaisuus ja lettojen kasvillisuus on hyvin monipuolista, erityisesti sammalissa. Eliasaavan ja Porokodanjängän välissä esiintyy vähäravinteisempia nevoja ja rämeitä. (Eurofins Ahma Oy 2018e.)

Ulkusijanaapa on pääosin aapasuota, joka sijoittuu suurimmaksi osaksi Kelujoen valuma-alueelle. Suot ovat kokonaisuudessaan oligo-mesotrofisia nevoja, rimpinevoja, luhtia, rämeitä, korpia sekä näiden yhdistymiä. Ulkusijanaapa on kokonaisuutena Eliasaapaa karumpi. Korkiakummun itäpuolisella alueella suot monipuolistuvat ja siellä tavataan yleisesti em. suotyyppien lisäksi erilaisia luhtia, lettoja ja lettonevoja. Letot ovat pääasiassa väli- tai rimpipintaisia ravinteikkaita avosoita. Luhtaisuus on soiden vallitseva erityispiirre erityisesti Ulkusijankumpujen itäpuolella. (Eurofins Ahma Oy 2019f.)

Soutunivankankaalla on tulvametsää, jonka kasvillisuudessa näkyy toistuvien tulvien vaikutukset, eikä turvekerrosta pääse ajoittaisen kuivumisen takia syntymään. Ulkusijankankaan laiteessa esiintyy kausikosteikkoja, jotka kuivahtavat kesän myötä. (Eurofins Ahma Oy 2019f.)

Kenttäaapa on hyvin monipuolinen aapasuokokonaisuus, jonka ravinteisuus vaihtelee oligo-eutrofian välillä. Kenttäaavalla suotyypit vaihtelevat jatkuvasti ja kuviot ovat paikoin hyvin pienialaisia. Kenttäaavalle on ominaista myös luhtaisuus, erityisesti Kenttäaavan länsi-lounaisosassa, missä on laajasti oligotrofisia lyhytkorsinevoja sekä rämeitä. Pohjois-koillisosassa on laajoja rimpipintasoita, joissa pääasiallisin suotyyppi on *Scorpidium*-rimpiletto. Ruoppaisuus on vallitseva piirre rimmissä. Kenttäaavan pohjoisosissa on myös runsaasti muitakin lettoisia suotyyppejä. Lähteisyyttä esiintyy Kuusivaarankumpujen kaakkoispuolella, jossa on useita meso-eutrofisia lähteitä sekä tihkupintoja (Ahma ympäristö Oy 2015g). Alueella on tehty ojien kaivua, jonka syystä osalla Kuusivaarakumpujen kaakkoispuolen lähteiden luonnontilaisuus ja edustavuus ovat heikentyneitä (Ramboll Finland Oy

2019). Kenttäaavan eteläosiin sijoittuu eutrofisia lähteikköluontotyyppejä (Ramboll Finland Oy 2019a).



Kuva 19-3 Kartta hankealueesta (1: Kuusivaara, 2: Poronkodanjänkä, 3: Eliasaapa, 4. Kenttäaavan itäosa, 5: Kenttäaavan länsiosa, 6. Porokodanjänkän eteläosa/Porontokanmaa, 7: Ulkusijanaapa/Ulkusijankangas, 8: Kelujoki/Kelukoski, 9: Kitinen ja Kipittikumpu, 10: Sakattioja, 11: Pahanlaaksonmaa, 12: Ruosteoja-Tihiämaa, Poikkijoenkangas).

19.3.4 Hankealueen ja lähialueen joet, purot ja lammet

Kitinen on lähialueella merkittävin vesistö, joka ei kuitenkaan säännöstelyn takia ole luonnontilainen. Kitisen latvat saavat alkunsa Sodankylän Maanselältä ja se laskee Kemijokeen Pelkosenniemellä. Kitisen latvoilla on Porttipahdan tekojärvi ja vesivoimala. Kersilön pohjoispuolella oleva Matarakosken voimalaitos on aloittanut toimintansa vuonna 1995 ja hankealueen eteläosiin sijoittuva Kelukosken voimalaitos on aloittanut toimintansa vuonna 2001. Voimalaitosten toiminnalla on ollut vaikutusta erityisesti jokivarsien kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin. Kitisen pääuoman vesistöjärjestelyt ovat muuttaneet joen luonnetta, joten luontaisia tulvia ei esiinny ja tämän seurauksena rannat ovat pensoittuneet. Kitisen rannalla on rippeitä vanhoista tulvaniityistä. Hankealueen lähialueella esiintyy rannoilla saraluhtia pensaikkoisten luhtarantojen lisäksi. (Ahma ympäristö Oy 2015a.) Muita lähialueen jokia ovat Viiankiaavan itäpuolta pitkin virtaava joki (Hiivanahaara, Ylijoki) sekä hankealueen eteläpuolelle sijoittuva Kelujoki.

Hankealueella on monenlaisia erikokoisia ja -pituisia uomia, joiden kautta Viiankiaavan sekä Kuusivaaran eteläpuolisten soiden vedet purkautuvat lännessä virtaavaan Kitiseen. Vuonna 2021 tehdyssä puroselvityksessä (Eurofins Ahma Oy 2022a) tutkittiin Viiankiaavan länsipuolella, Sakattiojalla, Eliasojalla, Kuusivaarassa ja Kuusivaarantien varressa olevia uomia ja todettiin Kärväslammen purkuuoman, Sakattiojan sekä Eliasojan yläosan olevan vesilain 3 luvun 2 §:n mukaisia puroja. Selvityksissä ei havaittu suojelullisesti huomioitavaa sammal- tai pohjaeläinlajistoa ja vesistöillä ei todettu olevan erityistä merkitystä kalastolle (Eurofins Ahma Oy 2021f). Eliasoja on sekä pinta- että pohjavesivaikutteinen (Ramboll Finland Oy 2021). Sakattioja on pääosin pintavesivaikutteinen, ja sen virtaamasta pääosan muodostaa kevättulva. Siinä on jossain määrin havaittavissa myös pohjavesivaikutteisuutta, sillä sen ympäristön suoalueilla esiintyy laajasti pohjavesivaikutteisuutta ilmentäviä sammalia (Ramboll Finland Oy 2021). Sakattiojan alajuoksun läheisyydessä sijaitsee lähde Pah-L1.

Hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä on useita lampia, joista suurimpiin lukeutuvat Sakattilammet sekä Petäjäsaaren nimetön lampi. Muita lampia ovat Kärväslampi ja Kattilalampi. Hankkeen vaikutusalueelle sijoittuvia valuma-alueita, vesistöjä ja niiden vesikemiallisia ja -fysikaalisia ominaisuuksia on käsitelty luvussa 17 Vaikutukset vesistöihin ja veden laatuun.

19.3.5 Lähteet ja pohjavesivaikutteiset suot

Hankkeen vaikutusten tarkastelualueella esiintyy rehevien soiden lisäksi lähteisyyttä ja lähteisiä soita, jotka ovat merkittävä osa alueen suoluonnon edustavuutta. Pahanlaaksonmaan ja Viiankiaavan vaihettumisalueella on muinaisiin jokikerrostumiin liittyviä, ainakin osittaisia orsivesilähteitä, joista toiset ajoittain ehtyvät kuivina aikoina, kun taas toiset purkavat pohjavettä suolle ympäri vuoden (Salonen 2019). Etenkin keväällä pohjavettä purkautuu Viiankiaavalla lähteisille soille (Salonen ym. 2020). Viiankiaavan Petäjäsaaressa tapahtuu ilmeisesti myös pohjaveden purkautumista, samoin kuin paikoittain muuallakin suolla, Kolottamasaaren pohjoispuolella ja Viiankilampien alueella. Osa pohjaveden purkautumisesta sijoittuu turpeen alapuolisten lajittuneiden kerrostumien alueille, joiden kerrostumiseen ovat vaikuttaneet Kitisen aikaisemmat vaiheet (Salonen 2019). Eliasaavalla lähdekeskittymiä on kolmella eri alueella, Porokodanmaalla, Koivikkokummun koillisosassa sekä Jalaskaarron pohjoisosassa. Lähteiden ravinteisuus vaihtelee eutrofiasta meso-eutrofiaan. Eutrofiset

lähteet eli huurresammallähteet ovat melko harvalukuisia selvitysalueella, mutta niillä esiintyy huomionarvoista lajistoa (Eurofins Ahma Oy 2018d, Ramboll Finland Oy 2019a–2023c).

Lähteiden esiintymistä on kartoitettu erilaisin hydrogeologisin menetelmin vuosina 2015–2022 Helsingin yliopiston ja AASM Oy:n toimesta. Lämpötilakartoituksilla (pohjaveden ympäristöstä poikkeava lämpötila) ja veden isotooppikoostumustutkimuksilla sekä talvella auki pysyviä pohjaveden purkauskohteita havainnoimalla voidaan tunnistaa pohjaveden purkauspaikkoja maastossa. Näiden ennakkoselvitysten perusteella toteutettiin kesäkausina 2019–2022 biologisin menetelmiin perustuvia lähdeinventointeja (Ramboll Finland Oy 2019a–2023c), joiden tuloksena Viiankiaavan länsiosan ja Kuusivaaran ympäristön alueilla paikannettiin tai tarkistettiin 25 selvärajaista lähdettä (Taulukko 19-1). Lähteiden määrityskriteerinä ovat olleet indikaattorikasvillisuus, lähdeveden lämpötila ja lähteen rakenne. Lähteet sijoittuivat Kuusivaaran länsipuolisille soille, Eliasaavalle, Porokodanjängälle, Viiankiaavalle, Kenttäaavan kaakkoisosiin, Kitisen törmän juurelle ja Ulkusijanaavalle (Kuva 19-4). Biologisin menetelmiin tehtyihin lähdeselvityksiin liittyy epävarmuustekijöitä, koska voimakkaasti pintavesivaikutteisilla suoalueilla sijaitsevien lähteiden tunnistaminen biologisin menetelmin on haastavaa. Näillä kohteilla pintavesivaikutus voi peittää pohjavesivaikutteisuuden, jolloin paikalla ei esiinny lainkaan lähdekasvillisuutta. Yhdistämällä hydrogeologiset ja biologiset menetelmät tunnistettiin yhdeksän lähdekohdetta lisää (Vii-HL 1-8 ja Eli-HL1).

Edellä mainittujen lisäksi lähteitä on Ulkusijankankaan eteläosassa kankaan ja luhdan välisellä vaihettumisvyöhykkeellä sekä Kelujoen vanhaan uomaan muodostuneella suolla (Eurofins Ahma Oy 2019f).

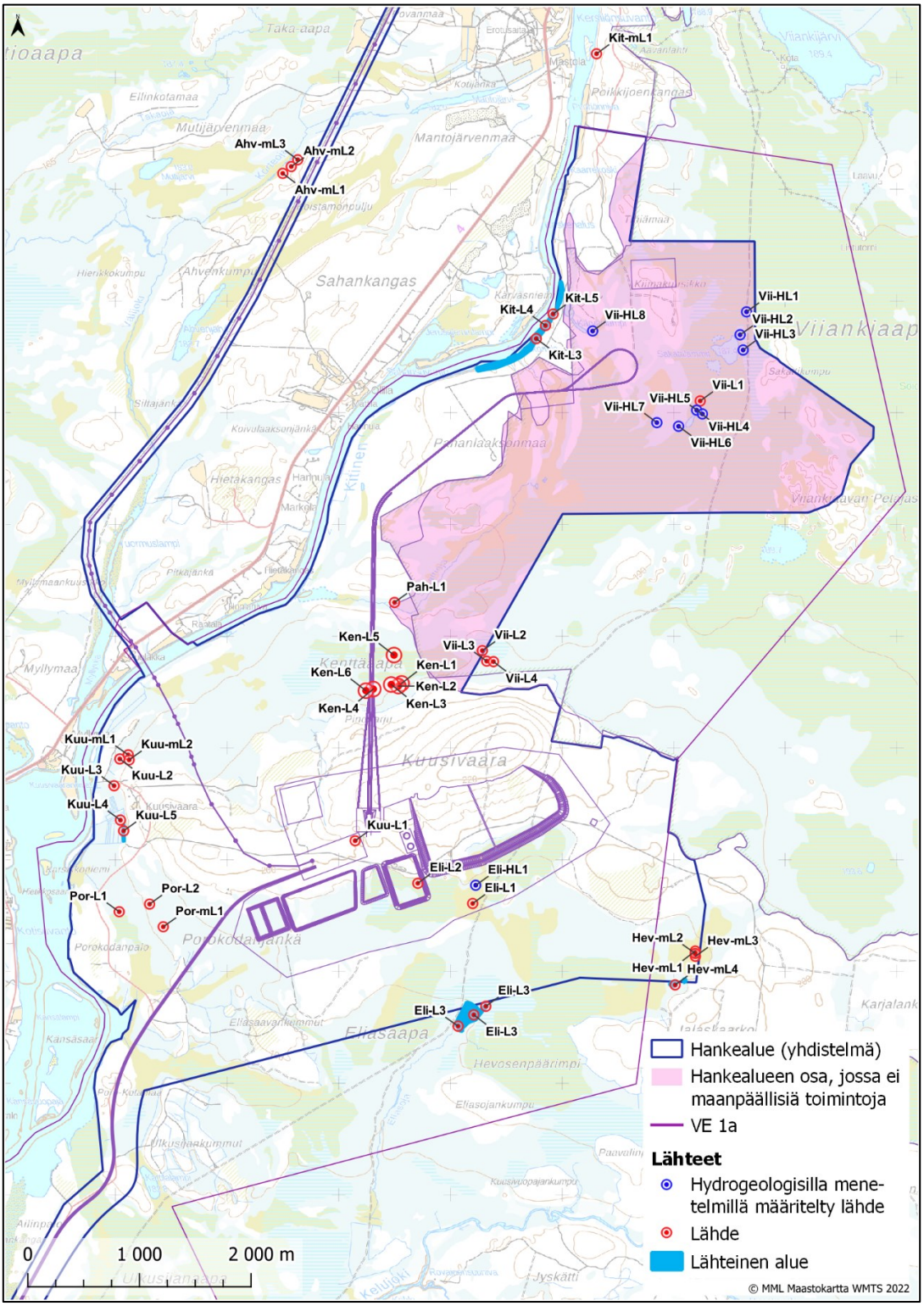
Vuosina 2019–2022 biologisin menetelmin tehdyissä lähdeinventoinneissa tarkistetut ja lähteiksi todennetut pohjavesipurkaumat ovat yhtä lukuun ottamatta luonnontilaisia ja pääosin meso-eutrofisia (Taulukko 19-1). Kuusivaaran ympäristöstä ja Viiankiaavan länsiosista paikannettiin inventoineissa 25 meso-eutrofista lähdettä (Ramboll Finland Oy 2019a–2022a), joten lähteikköluontotyyppejä esiintyy alueellisesti kohtalaisen paljon. Kenttäaavalla ja Kitisen törmällä on hyvin runsasravinteisia huurresammallähteitä ja muutamia keskiravinteisia lähteitä (Ramboll Finland Oy 2019a). Huurresammallähteissä vaateliasta lajistoa ylläpitää usein kalkkivaikutus (Kontula & Raunio 2018). Kenttäaavan alueella ja Kitisen törmällä paikannettujen huurresammallähteiden vaateliaaseen lajistoon lukeutuvat mm. turjanhorsma, kalkkilähdesammal, särmälähdesammal, pohjanhuurresammal, kalkkihuurresammal ja sirohuurresammal. Selvärajaisten lähteiden lisäksi pohjavesi purkautuu pintaan laajahkona tihkupintaisella alueella Kitisen rantatörmän alueella ja Kuusivaaran etelärinteen alaosalla. Eliasojan latvaosissa on lähteitä sekä pinta- että pohjavesivaikutteisia kohtia.

Viiankiaavalla, Kenttäaavalla, Poronkodanjängällä, Eliasaavalla ja Ulkusijanaavalla esiintyy laajoilla alueilla suokasvillisuuden seassa pohjavesivaikutteisuutta ilmentävää lajistoa, mikä viittaa pohjaveden tihkumiseen suon pinnalle. Pohjavesivaikutteisuuden voimakkuus vaihtelee. Yleisimmin pohjavesivaikutus ilmenee muutaman indikaattorisammallajin esiintymisellä suokasvillisuuden seassa, jolloin kyseessä on heikosti pohjavesivaikutteinen suo. Viiankiaavan vetisillä alueilla esiintyy sekä pohja- että pintavaikutteisuutta, josta hyötyvät tietyt vaateliat lajit kuten lapinsirppisammal ja kiiltosirppisammal. Voimakkaammin pohjavesivaikutteisilla alueilla esiintyy lähdelettoja.

Lähteiden lajistossa on useita uhanalaisia ja silmälläpidettäviä lajeja. Selvitysalueen lähteiden merkittävimpiin lajeihin lukeutuvat erittäin uhanalaiset ja erityisesti suojeltavat kalkkilähdesammal, kalkkihuurresammal ja turjanhorsma. Huomionarvoista lajistoa ja niihin kohdistuvia vaikutuksia on käsitelty tarkemmin taulukossa (Taulukko 19-8).

*Taulukko 19-1 Viiankiaavan ja Kuusivaaran alueella vuoden 2019–2022 inventoinneissa biologisin menetelmin tarkistetut luonnontilaiset ja sen kaltaiset lähteet (eu: eutrofinen/huurresammallähde, mes: mesotrofinen, ol: oligotrofinen). (Lähde: Ramboll Finland 2019a–2022a). *Eli-L3 koostuu useista lähteistä ja laajemmasta lähteisestä alueesta. Lähteiden pinta-ala yhteensä noin 500 m^2, koko lähteisen alueen pinta-ala on noin kolme hehtaaria.*

Lähde ID	Tyyppi	Pinta-ala (m^2)	Alue	Ravinteisuustaso
Eli-L1	lähde	748	Eliasaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)
Eli-L2	lähde	185	Eliasaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)
Eli-L3	lähde	500*	Eliasaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)
Ken-L1	huurresammallähde	25	Kenttäaapa	Hyvin runsasravinteinen (eu)
Ken-L2	huurresammallähde	68	Kenttäaapa	Hyvin runsasravinteinen (eu)
Ken-L3	lähde	80	Kenttäaapa	Hyvin runsasravinteinen (eu)
Ken-L4	huurresammallähde	92	Kenttäaapa	Hyvin runsasravinteinen (eu)
Ken-L5	lähde	76	Kenttäaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)
Ken-L6	lähde	34	Kenttäaapa	Hyvin runsasravinteinen (eu)
Kit-L1	tihkupintainen alue	405	Kitisen törmä	Runsasravinteinen (mes-eu)
Kit-L2	tihkupintainen alue	-	Kitisen törmä	Vähä-keskiravinteinen (ol-mes)
Kit-L3	lähde	388	Kitisen törmä	Runsasravinteinen (mes-eu)
Kit-L4	lähde	22	Kitisen ranta-alue	Keskiravinteinen (mes)
Kit-L5	huurresammallähde	67	Kitisen törmä	Hyvin runsasravinteinen (eu)
Kuu-L1	lähde	68	Kuusivaara	Runsasravinteinen (mes-eu)
Kuu-L4	lähde	115	Kuusivaara	Keskiravinteinen (mes)
Kuu-L5	lähde	875	Kuusivaara	Keskiravinteinen (mes)
Pah-L1	lähde	20	Pahanlaaksonmaa	Keskiravinteinen (mes)
Por-L1	lähde	215	Porokodanjänkä	Runsasravinteinen (mes-eu)
Por-L2	lähde	32	Porokodanjänkä	Runsasravinteinen (mes-eu)
Ulk-L1	lähde	10	Ulkusijanaapa	Vähäravinteinen (mes)
Vii-L1	lähde	9	Viiankiaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)
Vii-L2	lähde	133	Viiankiaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)
Vii-L3	lähde	1	Viiankiaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)
Vii-L4	lähde	43	Viiankiaapa	Runsasravinteinen (mes-eu)



Kuva 19-4 Viiankiaavan–Kenttäaavan ja Kuusivaaran alueelta paikannetut lähteet vuosien 2019–2022 lähdeinventointien (Lähde: Ramboll Finland Oy 2019a, 2020a, 2021, 2023c) sekä muiden luontotyyppi-inventointien perusteella (-mL päätteet: Eurofins Ahma Oy 2019a).

19.3.6 Rakentamisalueiden luontotyypit

Hankealueen luontotyyppejä on inventoitu useiden vuosien aikana ja inventointien painotus on kohdistunut hankealueelle ja Viiankiaavalle. Inventoituja ja rajattuja luontotyyppejä on koottu tietokannoiksi ja tarkasteltu paikkatietona sekä yleisten että erityisesti uhanalaisten ja silmälläpidettävien luontotyyppien osalta. Eri aineistoista kootut luontotyyppikartat on esitetty liitteessä 7. Luontotyyppejä on tarkasteltu Suomen luontotyyppien uusimman uhanalaisuusluokituksen (Kontula & Raunio 2018, Pohjois-Suomi) mukaisesti sekä Pohjois-Suomen että koko maan uhanalaisluokkien osalta. Karttakuvissa (Kuva 19-7 ja Kuva 19-8) on esitetty alueelta paikannetut uhanalaisten ja silmälläpidettävien luontotyyppien sijoittuminen Pohjois-Suomen (Kuva 19-5) uhanalaisuusluokkien osalta. Hankkeen rakentamisalueet ja hankevaihtoehdot on esitelty luvuissa 3.3–3.9 sekä luontotyyppien liitekartoilla (Liite 7). Rakentamisalueilla esiintyville luontotyypeille kohdistuvat suorat vaikutukset eli ne jäävät rakenteiden alle ja häviävät. Rakentamisalueiden välittömille lähialueille kohdistuu rakentamisesta reunavaikutuksia kuten kuivattamisvaikutuksia ja pölyämistä.

Kuusivaaran kivennäismaa-alue sekä Kuusivaaran laiteille sijoittuvat suot, jotka ovat osa Eliasaapaa, Kenttäaapaa ja Porokodanjänkää, on käsitelty tehdasalueena, jossa eri hankevaihtoehtojen mukaiset rakenteiden sijoittelut vaihtelevat. Lisäksi Kuusivaaralle sijoittuu tarvekivilouhos (pinta-ala noin kymmenen hehtaaria), joka sijoittuisi kaikissa vaihtoehdoissa kangasmetsään. Kuusivaaran kivennäismaa-alue on pääosin luontotyyppeinä kuivahkoa ja tuoretta kangasta sekä suurelta osin myös luontotyyppinä määrittelemätöntä talousmetsää, soranottoaluetta ja tiepohjaa. Lisäksi Kuusivaaran kivennäismaa-alueelle sijoittuu lähdeluontotyyppiä sekä pienialaisia kuvioita lehtomaista kangasta, metsäkortekorpea, ruohokorpea ja lähdekorpea. Kuusivaaraa ympäröivillä soilla esiintyy puustoisten rämeiden luontotyypeistä yleisiä ja karuja tyyppejä, kuten tupasvilla-, sara-, pallosara-, rahka- ja lyhytkorsirämeitä. Alueella esiintyy myös lettoisuutta ilmentäviä letto- ja lettonevarämeitä. Puustoisten korpien luontotyypeistä Kuusivaaran ympäristöön sijoittuu mm. aito-, sara- ja lettokorpia. Avoimien soiden eli nevojen ja lettojen luontotyyppeinä Kuusivaaran ympäristössä eli osin eri tehdasaluevaihtoehtojen alueella ja/tai välittömästi lähialueilla, esiintyy lyhytkorsi-, rimpi- ja luhtanevoja, rimpisiä koivulettoja, välipintalettoja, lettonevoja, luhtalettoja ja rimpilettoja.

Kuusivaaran suunnitellulla tehdasalueella sijaitsevista luontotyypeistä lettorämeet (VU), lettokorvet (VU), välipintaletot (EN) ja aitokorvet (VU) ovat Pohjois-Suomessa luontotyyppeinä uhanalaisia. Kuusivaaran tehdasalueella sijaitsevat aitokorvet, rimpiletot (NT) ja rimpinevat (LC) lukeutuvat kansainvälisiin vastuuluontotyyppeihin.

Eliasaavan pohjoisosan luontotyypit on osittain esitelty jo edellä Kuusivaaran yhteydessä, sillä tehdasalueen toiminnoista eri hankevaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) osa sijoittuu altaiden ja läjitysalueiden osalta Eliasaavalle. Eliasaavan pohjois- ja keskiosille aiheutuu myös välillisiä vaikutuksia, joiden kohteena ovat kangasrämeet, aitokorvet, lettonevat, lettorämeet, välipintarämeet, välipintaletot, rimpiletot, lähteiköt, lettokorvet ja lettonevarämeet. Näistä lettorämeet (VU, lettokorvet (VU), aitokorvet (VU) ja välipintaletot (EN) ovat Pohjois-Suomessa uhanalaisia, aitokorvet ja rimpiletot kansainvälisiä vastuuluontotyyppejä.

Eliasaavan länsiosien suoluontotyyppeihin vaikuttavat eteläisen yhdystien rakentaminen kaikissa hankevaihtoehtojen a-vaihtoehdoissa sekä ylijäämävesien purkuputkien rakentaminen

vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b. Tällä osuudella rakentamisalueilla esiintyy kangas-, korpi-, rimpineva-, sara- ja lettorämeitä, rimpinevoja, välipintalettoja sekä koivulettoja. Näistä lettorämeet (VU), koivuletot (VU), välipintaletot (EN) ja kangaskorvet ovat Pohjois-Suomessa uhanalaisia sekä rimpinevat, koivuletot ja kangaskorvet vastuuluontotyyppejä.

Porokodanjängän itä- ja koillisosiin sijoittuu eri hankevaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) tehdasalueen toimintoja ja Porokodanjängän keski- ja länsiosiin eteläisen yhdystien rakentamisaluetta sekä ylijäämävesien purkuputken eri vaihtoehtoja. Rakentamisalueilla esiintyy kivennäismaaosilla kuivahkoja ja tuoreita kankaita sekä karumpia rämetyyppejä, joista yleisimmät ovat tupasvilla-, sara-, pallosara- ja lyhytkorsirämeet. Lisäksi esiintyy lettorämeitä, lettokorpia ja aitokorpia. Nevojen ja lettojen tyypeissä Porokodanjängän rakentamisalueilla esiintyy saranevoja, rimpinevoja, rimpilettoja, välipintakoivulettoja ja välipintalettoja. Ylijäämävesien purkuputken alueelle Porokodanjängällä sijoittuu lettokorpia, sararämeitä, rimpisiä koivulettoja, välipintalettoja, metsäluhtia ja Kitisen jokitörmällä tuoreita kankaita.

Porokodanjängän rakentamisalueiden luontotyypeistä Pohjois-Suomessa uhanalaisia ovat lettorämeet (VU), aitokorvet (VU), lettokorvet (VU), välipintaletot (EN) ja välipintakoivuletot (EN). Kansainvälisiä vastuuluontotyyppejä ovat välipintakoivuletot, aitokorvet, rimpiletot ja rimpinevaletot.

Kenttäaavan eteläosiin sijoittuu Kuusivaaran tehdasalueen toimintoja päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3. Lisäksi Kenttäaavan etelä- ja keskiosiin sijoittuu sekä hihnakuljettimen, räjähdevaraston ja huoltotien rakenteita että Kuusivaaran tehdasalueen, kaivoksen sisäänkäynnin (VE1) ja tarvekivilouhoksen rakentamisesta aiheutuvia välillisiä vaikutuksia, joiden kohteina ovat osin karut suotyypit; tupasvillarämeet, rahkarämeet, sararämeet, lyhytkorsirämeet, rimpinevarämeet ja sarakorvet. Rakentamista ja niiden välillisiä vaikutuksia ulottuu Kenttäaavalla myös välipintaletoille, lettorämeille, lettonevarämeille, huurresammallähteiköille, aitokorpiin, lettonevoille, luhtanevoille, rimpiletoille ja rimpinevarämeille. Kenttäaavan lounaisosia koskee pohjoisen yhdystien rakentaminen kaikissa hankevaihtoehtojen b-alavaihtoehdoissa ja voimalinjan rakentaminen kaikissa hankevaihtoehdoissa. Kenttäaavan lounaisosissa rakentamisalueilla ja niiden lähialueella esiintyy ruohokorpia, saranevoja, sarakorpia, sararämeitä, tuoreita kankaita, lettonevoja ja isovarpurämeitä.

Kenttäaavan rakentamisalueiden luontotyypeistä Pohjois-Suomessa uhanalaisia ovat välipintaletot (EN), lettorämeet (VU) ja aitokorvet (VU) sekä vastuuluontotyyppejä rimpiletot ja aitokorvet.

Ulkusijanaavan ja **Ulkusijankankaan** kautta kohti Kelukoskea on hankevaihtoehtojen alavaihtoehdoissa a osoitettu eteläinen yhdystie sekä ylijäämävesien purkuputki vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b. Ulkusijanaavalla rakentamisalueille sijoittuu sara-, rimpi-, luhta- ja mesotrofisia rimpinevoja, korpi-, sara-, pallosara-, kangas- ja lettorämeitä sekä ruohokorpia ja avoluhtia. Suolla on havaittu pohjavesivaikutteisuutta sekä lähteeksi määritelty kohde (Ramboll Finland Oy 2021, 2023c). Luontotyypeistä uhanalaisia ovat lettorämeet ja vastuuluontotyyppejä rimpinevat.

Kelujoen lähialueella eteläinen yhdystie ja joen ylittävä silta sijoittuvat ruohokorpien, rimpinevarämeiden, korpirämeiden, isovarpurämeiden ja aitokorpien alueille. Näistä aitokorvet ovat uhanalaisia. Kelujoki lukeutuu luontotyyppiin havumetsävyöhykkeen joet ja pikkupurot, joka on Pohjois-Suomessa silmälläpidettävä ja valtakunnallisesti vaarantunut. Kelujoen pohjoispuolella, eteläisen

yhdystien alueelle sijoittuu kivennäismaiden osalta pääosin tuoreita ja kuivahkoja kankaita. Ulkusijankankaalla ja Juontoaavan eteläpuolella on runsaasti luontotyyppinä määrittämättömiä talousmetsäalueita.

Kitisen jokitörmille ja joen lähialueelle pohjoisen yhdystien rakentamisalueilla sijoittuu sarakorpia, kangaskorpia, tuoreita kankaita, lehtomaisia kankaita, ruohokorpia, kangasrämeitä, saranevoja, avoluhtia, pensaikkoluhtia, lettonevarämeitä, välipintalettoja, lettokorpia ja aitokorpia. Näistä uhanalaisia ovat kangaskorvet, aitokorvet, lettokorvet ja välipintaletot sekä vastuuluontotyyppejä kangaskorvet.

Kitisen jokitörmän alueelle sijoittuu rakentamista myös hankevaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b, joiden huoltotie ja hihnakuljetin sijoittuvat Tihiämaalla ja Pahanlaaksonmaalla jokitörmän tuntumaan. Tällä osuudella jokitörmän alueella esiintyy lähteikköjä, huurresammallähteikköjä, suoaroja, luhtanevoja, metsäluhtia, ruohokorpia, lähdekorpia ja aitokorpia, joista aitokorvet (VU) ovat Pohjois-Suomessa uhanalaisia.

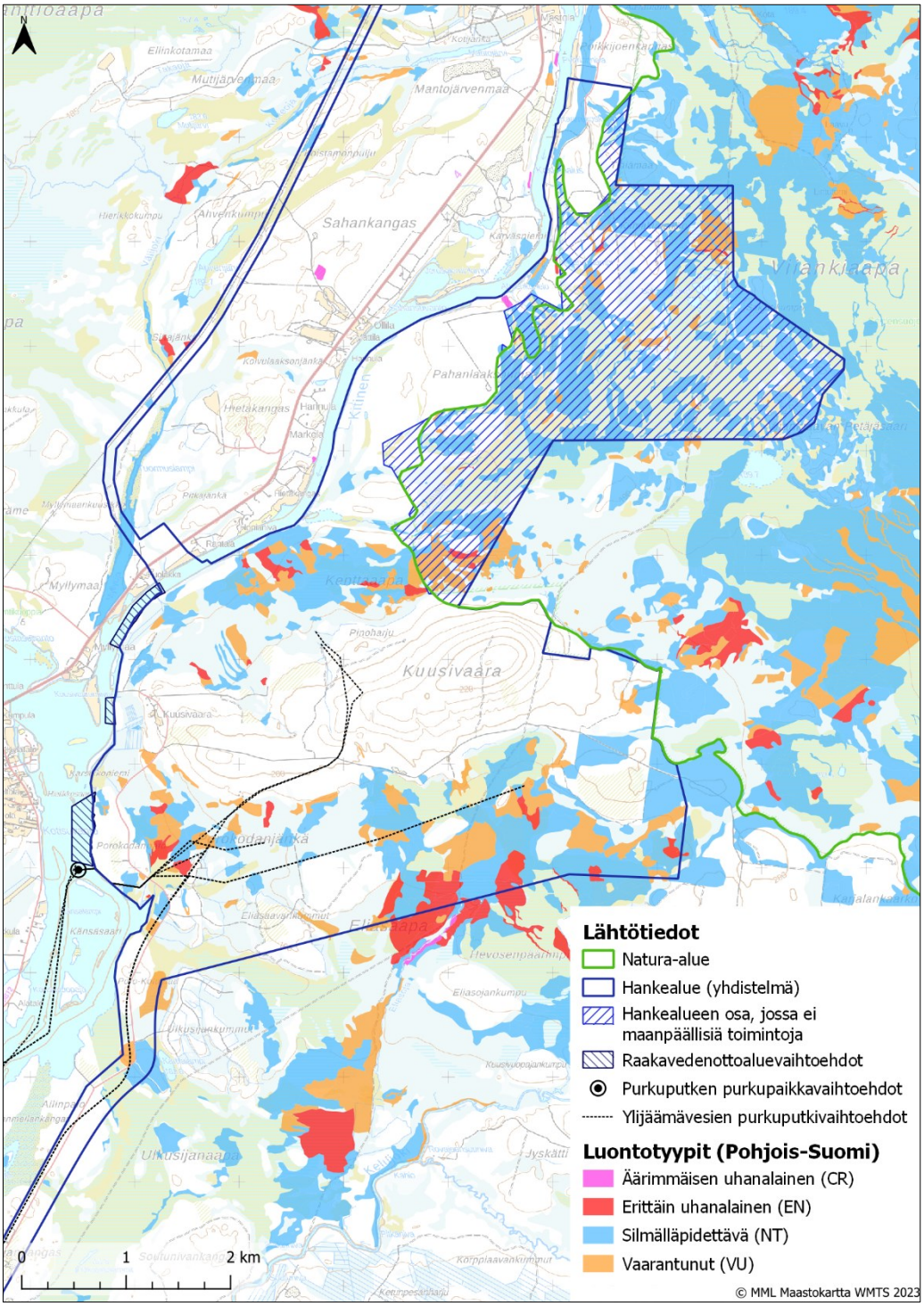
Raakaveden ottoalueen vaihtoehto RV2 sijoittuu kaikissa päävaihtoehdoissa (VE1, VE2 ja VE3) Kitisen rannalle olevalle tulvaniitylle. Tulvaniityt ovat Pohjois-Suomessa äärimmäisen uhanlaisia (CR).

Sakattiojan alueelle sijoittuu hankevaihtoehtojen VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b kuljetin ja huoltotie. Sakattiojalla ja sen lähialueella esiintyy luhtanevoja, metsäluhtia, rimpinevoja, saranevoja, aitokorpia, suoaroja ja lähteikköjä, joista aitokorvet (VU) ovat uhanalaisia ja rimpinevat vastuuluontotyyppejä.

Pahanlaaksonmaalle ja sen pohjoisosaan **Tihiämaalle** sijoittuu hankevaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b hihnakuljetin ja huoltotie sekä maanalaisen kaivoksen toimintaan liittyvät pystykuilut. Näille alueille sijoittuu pääosin kuivahkon kankaan talousmetsiä sekä pienialaisesti tuoreita kankaita ja yksi kuvio luontotyyppiä tuoreet runsasravinteiset lehdot (VU), joka on Pohjois-Suomessa uhanalainen.

Edellä esitettyjä hankealueen eri osiin sijoittuvia rakentamisalueiden luontotyyppejä on esitetty liitteen 7 kartoilla sekä vaikutusarvioinnin taulukossa (Taulukko 19-6).

Eliasaavalle, Kenttäaavalle ja Porokodanjängälle sijoittuu lisäksi runsaasti Pohjois-Suomessa silmälläpidettäviin lukeutuvia suoluontotyyppejä (Kuva 19-5).



Kuva 19-5 Pohjois-Suomessa uhanalaiset ja silmälläpidettävät inventoidut ja rajatut luontotyypit kaivoksen hankealueella. Luontotyyppiaineisto koottu alueelle laadituista luontoselvityksistä. Uhanalaisuusluokitus Suomen luontotyyppien uhanalaisuuden uusimman luokituksen mukainen (Kontula & Raunio 2018). Viiankiaavan Natura-alueelle sijoittuvia Natura-luontotyyppejä ei ole tässä kartassa esitetty. Uhanalaiset ja silmälläpidettävät luontotyypit on esitetty tarkemmin luontotyyppinimillä taulukossa (Taulukko 19-6) sekä karttaliitteissä (Liite 7).

19.3.7 Merkittävä kasvillisuus ja uhanalaislajisto

Hankkeen inventoinneissa paikannettu tai aiempien uhanalaistietojen perusteella tarkistettu huomionarvoinen putkilokasvi- ja sammal-, kääväkäs- ja jäkälälajisto on esitetty liitekartoilla (Liite 7).

Hankealueelle sijoittuvat metsät ovat pääasiassa vahvasti talousmetsäkäytössä olevia havupuuvaltaisia metsiä, joiden lajisto on hyvin yleistä kangasmetsälajistoa. Metsien ikärakenteesta ja käyttöhistoriasta johtuen Kuusivaaran, Ulkusijankankaan ja Pahanlaaksonmaan alueille ei näille alueille kohdennettujen inventointien perusteella sijoitu arvokkaita kivennäismaan metsäisiä luontotyyppejä, niillä esiintyvää arvokasta kääväkäslajistoa tai muuta vanhanmetsän indikaattorilajistoa. Hankealueella kasvistollinen arvo on meso-eutrofisissa soissa ja lähteisissä sekä rehevien korpien lajistossa. Eliasaapa–Ulkusijanaapa on suokokonaisuutena edustava ja monipuolinen alue, jolla esiintyvät kaikki Viiankiaavallakin tavattavat luontodirektiivin kasvilajit (Lapin Vesitutkimus Oy 2012b).

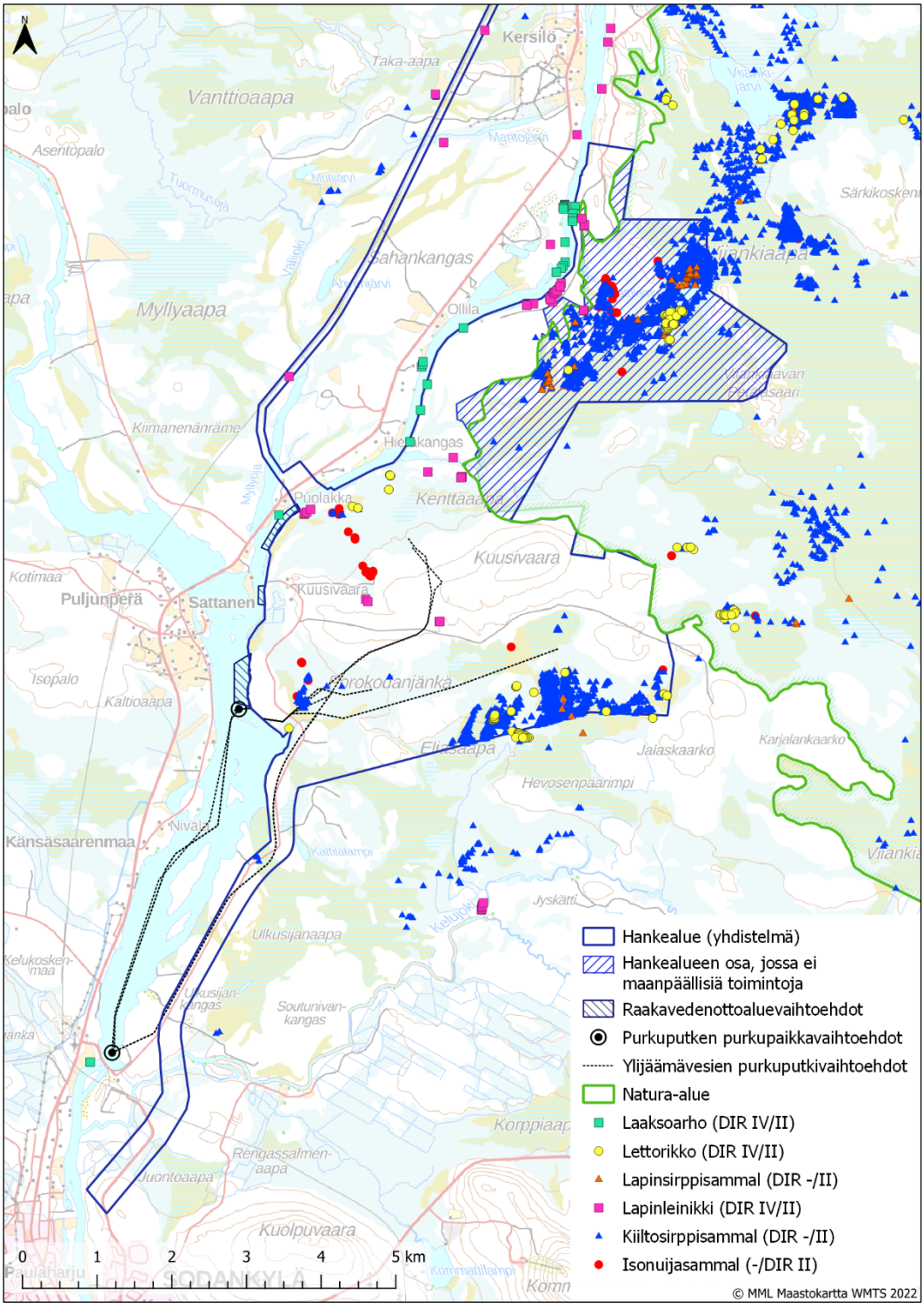
Putkilokasveista Kelukoskella ja Kitisen rantatörmällä esiintyvä laaksoarho (*Moehringia lateriflora*), hankealueen pohjoisosassa esiintyvä neidonkenkä (*Calypso bulbosa*), pohjoisen yhdystien ja voimalinjan alueella sekä Kuusivaaralla ympäröivillä soilla esiintyvä lapinleinikki (*Ranunculus lapponicus*) ja Kenttäaavan länsiosassa sekä Eliasaavalla esiintyvä lettorikko (*Saxifraga hirculus*) lukeutuvat EU:n luontodirektiivin liitteen II ja IV b lajistoon, joista lettorikko (VU) ja neidonkenkä (VU) ovat uhanalaisia, laaksoarho (NT) silmälläpidettävä ja lapinleinikki (LC) elinvoimainen. Kaikki direktiivilajit ovat rauhoitettuja (Luonnonsuojeluasetus 1997/160, liite 3a, 2021/521). Luontodirektiivin liitteen II lajiston suojelu tapahtuu Natura 2000-verkoston puitteissa ja liitteen IV b lajisto on luonnonsuojelulain 49 §:n mukaisesti suojeltua lajistoa, jonka esiintymän heikentäminen on kiellettyä. Lähteikkölajeina Kenttäaavan eteläosan huurresammallähteille sijoittuvat erittäin uhanalaiset (EN) lajit turjanhorsma (*Epilobium laestadii*) ja kalkkihuurresammal (*Palustriella commutata*), jotka lukeutuvat erityisesti suojeltaviin lajeihin (Luonnonsuojeluasetus 1997/160, liite 4, 2021/521). Kalkkihuurresammal on lisäksi kiireellisesti suojeltavien lajien listalla (Suomen ympäristökeskus 2020b).

Sammallajistossa lettolajit kiiltosirppisammal (*Hamatocaulis vernicosus*) ja isonuijasammal (*Meesia longiseta*) lukeutuvat EU:n luontodirektiivin liitteen II lajistoon ja ne ovat rauhoitettuja. Uhanalaisuusluokitukseltaan kiiltosirppisammal on silmälläpidettävä (NT) ja isonuijasammal on erittäin uhanalainen (EN), lisäksi Kenttäaavan länsi- ja eteläosassa, Porokodanjänkän länsiosassa ja Eliasaavan pohjoisosassa esiintyvä isonuijasammal on luonnonsuojelulain perusteella erityisesti suojeltava laji (Luonnonsuojeluasetus 2013/471). Kiiltosirppisammalen esiintymät Viiankiaavan Natura-alueella ja Eliasaavan keski- ja eteläosassa ovat melko runsaita. Lisäksi pienempiä kiiltosirppisammalesiintymiä sijaitsee Kenttäaavan ja Porokodanjängän länsiosissa (Kuva 19-6). Viiankiaavan Natura-alueella esiintyy uhanalaista (VU) lapinsirppisammalta (*Hamatocaulis lapponicus*), joka lukeutuu direktiivin liitteen II lajien lisäksi erityisesti suojeltaviin lajeihin. Kiiltosirppisammal, lapinsirppisammal ja isonuijasammal ovat Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperusteina ja tämän osalta vaikutuksia on käsitelty tarkemmin Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a).

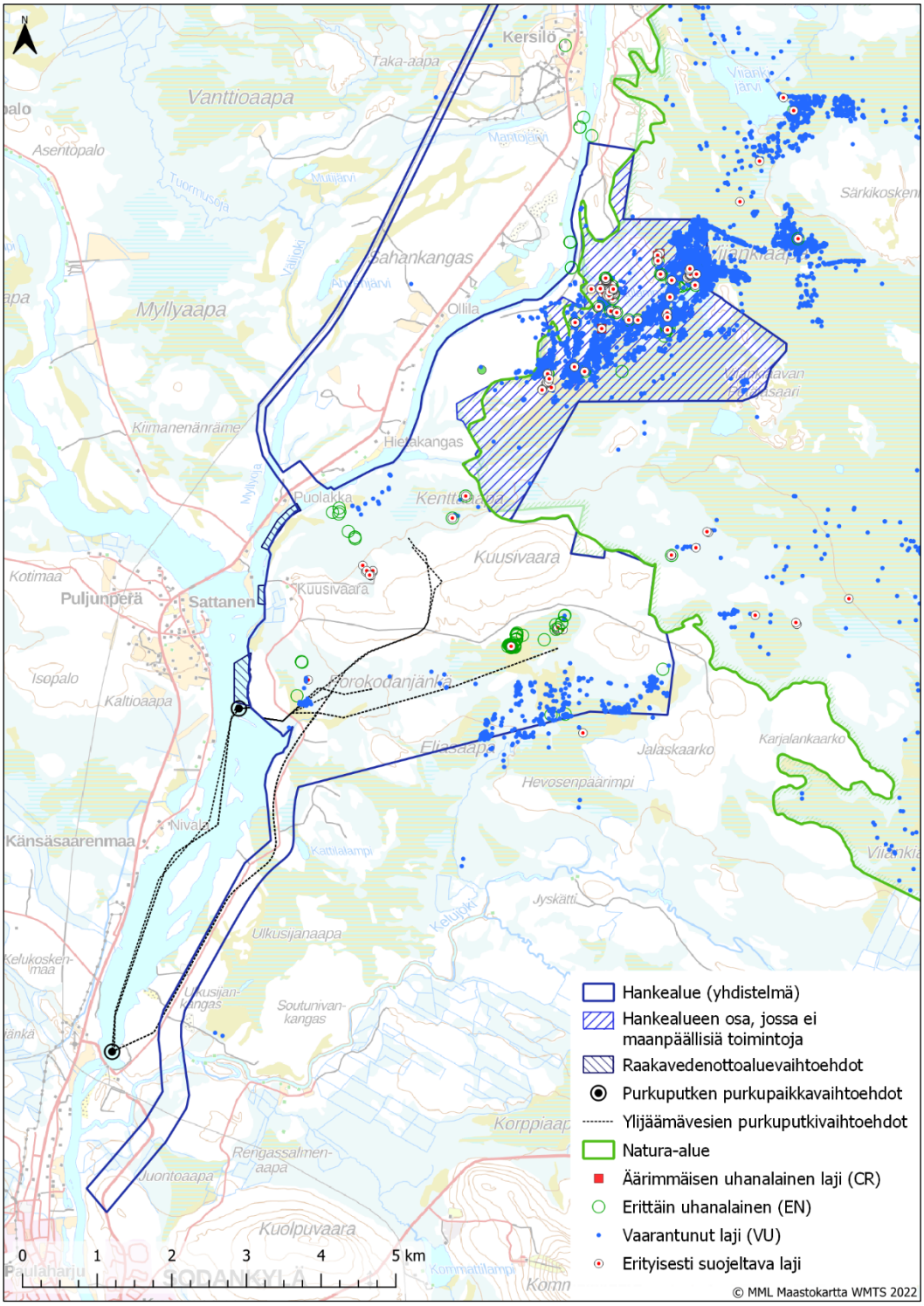
Hankkeen vaikutusalueen lähdekohteilla esiintyy myös kalkkilähdesammalta (*Philonotis calcarea*) ja kalkkisirppisammalta (*Drepanocladus sendtneri*), jotka ovat uhanalaisuusluokituksessa erittäin uhanalaisia (EN) ja lukeutuvat erityisesti suojeltaviin lajeihin (Luonnonsuojeluasetus 1997/160, liite 4, 2021/521).

Hankealueelle sijoittuu lettojen ja lähteikköjen ns. vaateliasta lajistoa ja lähteiden indikaattorilajistoa, joista osa on uhanalaisia ja osa silmälläpidettäviä. Tämä vaateliaampi lajisto osoittaa kasvupaikkansa runsasravinteisuutta ja/tai pohjavesivaikutteisuutta. Vaatelias lajisto on erityisesti tyypillistä tietyille luontotyypeille, kuten huurresammallähteille ja lettoluontotyypeille. Näihin vaateliaisiin indikaattorilajeihin lukeutuvat mm. huurresammallähteiden silmälläpidettävä (NT) ja alueellisesti uhanalainen (RT, vyöhykkeellä 4b) sirohuurresammal (*Cratoneuron filicinum*) ja silmälläpidettävä (NT) pohjanhuurresammal (*Palustriella decipiens*) sekä alueellisesti uhanalainen (RT) särmälähdesammal (*Philonotis seriata*). Kyseisen lähdelajiston kasvupaikat eli huurresammallähteet on luontotyyppinä luokiteltu koko maassa silmälläpidettäväksi (NT), Etelä-Suomessa erittäin uhanalaiseksi (EN) ja Pohjois-Suomessa säilyväksi (LC). Lähteet ovat vesilain 11 § mukaisesti suojeltuja pienvesiä.

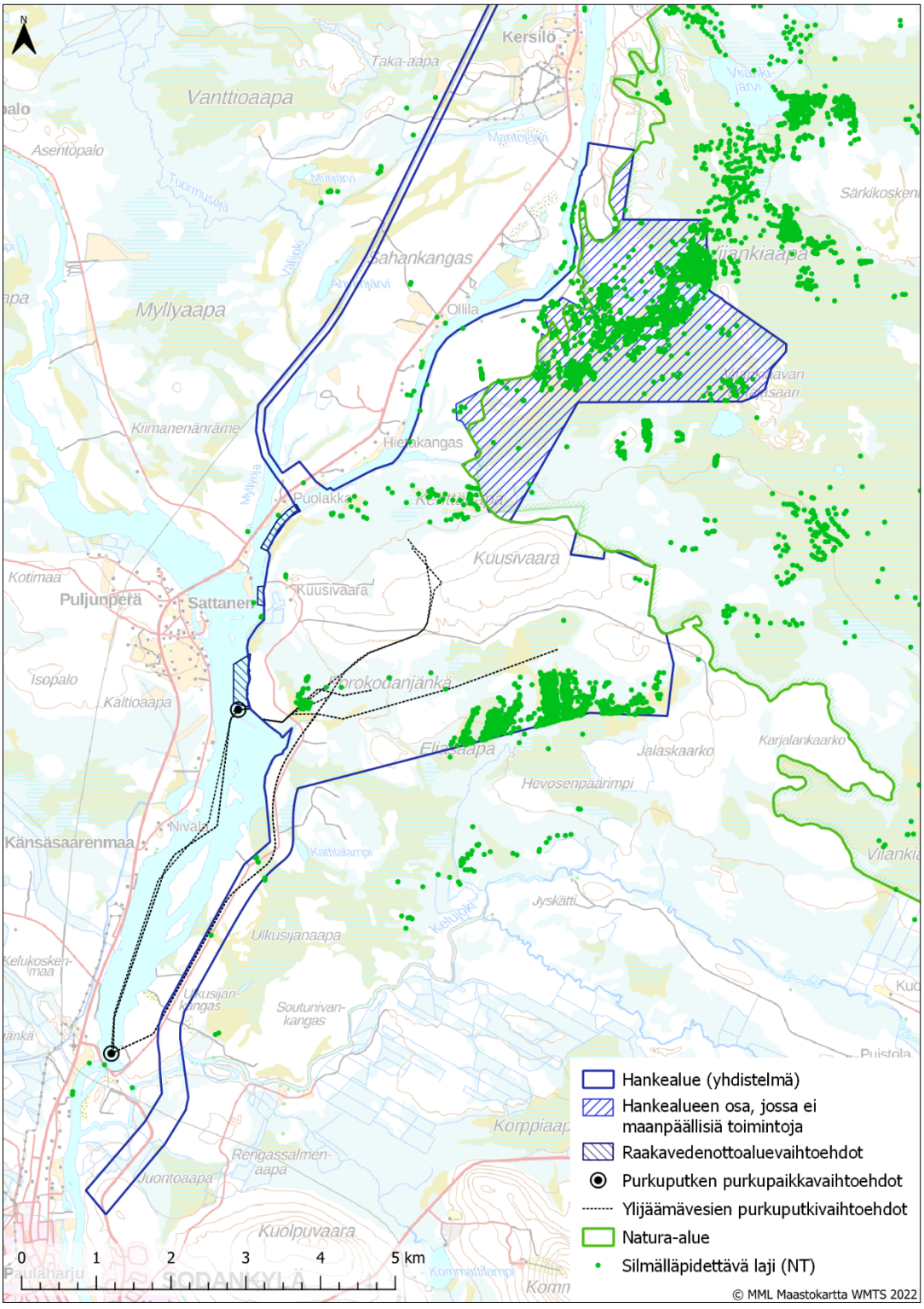
Kansainväliset vastuulajit ovat tiettyjä pohjoisia alkuperäislajeja, joiden säilymisestä Suomella on vastuu, mutta lainsäädännössä määriteltyä asemaa vastuulajeilla ei ole (Ympäristö.fi). Vastuulajeihin lukeutuvat hankealueelta paikannetuista huomionarvoisista lajeista vaarantunut (VU) lettosara (*Carex heleonastes*), kellosinilatva (*Polemonium acutifoloium*), pohjansirppisammal (*Sarmentypnum tundrae*) ja luhtakilpisammal (*Cinclidium subrotundum*).



Kuva 19-6 Luontodirektiivin liitteiden IV b ja II kasvi- ja sammallajien esiintyminen kaivoksen hankealueella. Kartalla ei ole esitetty neidonkengän esiintymää, joka sijoittuu hankealueen pohjoisosiin (esiintymispaikat salassa pidettäviä). Direktiivien mukainen kasvi- ja sammallajisto on koottu myös taulukkoon (Taulukko 19-8).



Kuva 19-7 Tiedossa olevat uhanalaisten sammalten, putkilokasvien, jäkälien ja kääväkkäiden esiintymät kaivoksen hankealueella ja sen ympäristössä. Huomionarvoinen lajisto on esitetty koosteena taulukossa (Taulukko 19-8).



Kuva 19-8 Tiedossa olevat silmälläpidettävien sammalten, putkilokasvien ja kääväkkäiden esiintymät kaivoksen hankealueella ja sen ympäristössä. Huomionarvoinen lajisto on esitetty koosteena taulukossa (Taulukko 19-8).

19.4 Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten arviointi

19.4.1 Vaikutusten muodostuminen

Mahdolliset vaikutukset tarkastelualueen kasvillisuudelle aiheutuvat alueen luontotyypeille aiheutuvista pinta-alan menetyksistä sekä lajien elinympäristöjen tai kasvupaikkojen kaventumisesta tai niiden luonnontilan heikentymisestä. Vaikutusten merkittävyys kasvaa etenkin arvokkaiden suoluontotyyppien, lähteiden, lähdeluontotyyppien sekä huomionarvoisten sammal- ja putkilokasvilajiston esiintymien vähentyessä tai heikentyessä. Vaikutusarviointi painottuu enemmän luontotyyppivaikutusten kuvailuun ja etenkin hydrologisten vaikutusten arviointiin. Kasvillisuuden osalta huomionarvoisin lajisto esiintyy ravinteisilla ja usein välipintaisilla soilla, jotka ovat riippuvaisia tietystä suovedenpinnan tasosta sekä osin myös pohjaveden tuomasta ravinteisuudesta.

Välittömät vaikutukset

Kaivoksen maanpäällisten rakenteiden rakentamisen myötä alkuperäisiä elinympäristöjä häviää ja muuttuu. Tämä muuttaa aiemmin luonnontilaisen kaltaisia puustoisia ja avoimia suoalueita sekä lähinnä talouskäytössä olevia metsäalueita täysin teolliseksi ympäristöksi, eli muutos on merkittävä. Muutosten ja siten myös vaikutusten sijainti ja laajuus vaihtelee merkittävästi eri hankevaihtoehtojen välillä. Kuusivaaraan ja sen ympäristöön sijoittuvien rakenteiden lisäksi kaivoksen sisäänkäynti ja kaivoksen toimintaan liittyviä rakenteita sijoittuu Pahanlaaksonmaalle (VE2) tai Pahanlaaksonmaan pohjoispuolelle Tihiämaalle (VE3). Lisäksi näissä vaihtoehdoissa maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin ja Kuusivaaran välille rakennetaan hihnakuljetin ja huoltotie.

Välilliset vaikutukset

Louhinnan ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolelle vinotunnelien, tarvekivilouhoksen ja kaivostilojen kuivana pitäminen edellyttää kuivatusvesien pumppausta, mikä aiheuttaa pohjaveden pinnan alenemista kaivosalueella ja sen ympäristössä. Pohjaveden pinnan alenemalla voi taas olla vaikutusta pohjavesivaikutteisiin luontotyyppeihin (Ramboll Finland Oy 2023a).

Hydrologisten vaikutusten arviointi perustuu hankevaihtoehdolle VE1a laadittuihin maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksiin (Itasca Denver Inc. 2023) ja tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnukseen (AFRY Finland Oy 2022a). Maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnus on tehty vain vaihtoehdosta VE1a, jossa vinotunnelit sijoittuvat Natura-alueen ja Kitisen väliselle alueelle ja vasta lähempänä Sakatin esiintymää Natura-alueen alapuolelle. Maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnus on tehty käyttäen kahta eri tiivistysskenaariota (65 % injektointitehokkuus ja 80 % injektointitehokkuus). Molemmilla skenaarioilla maanalaiseen kaivokseen tuleva vesimäärä on pienin toiminnan alkuvaiheessa ja kasvaa toiminnan edetessä. Huippukohta saavutetaan kuitenkin jo ensimmäisinä tuotantovuosina, jonka jälkeen määrä pysyy suhteellisen tasaisena. Eri skenaarioilla mallinnettujen kuivanapitovesien määrissä ei ole suurta eroa (alle 5 % vuorokausitasolla) (Itasca Denver Inc. 2023).

Pohjavedenpintaa alentaa maanalaisen kaivostoiminnan lisäksi tarvekiven louhiminen Kuusivaarassa. Vaikutusalue rajoittuu Kuusivaaran ympäristöön ja sen laajuus riippuu tarvekivilouhoksen

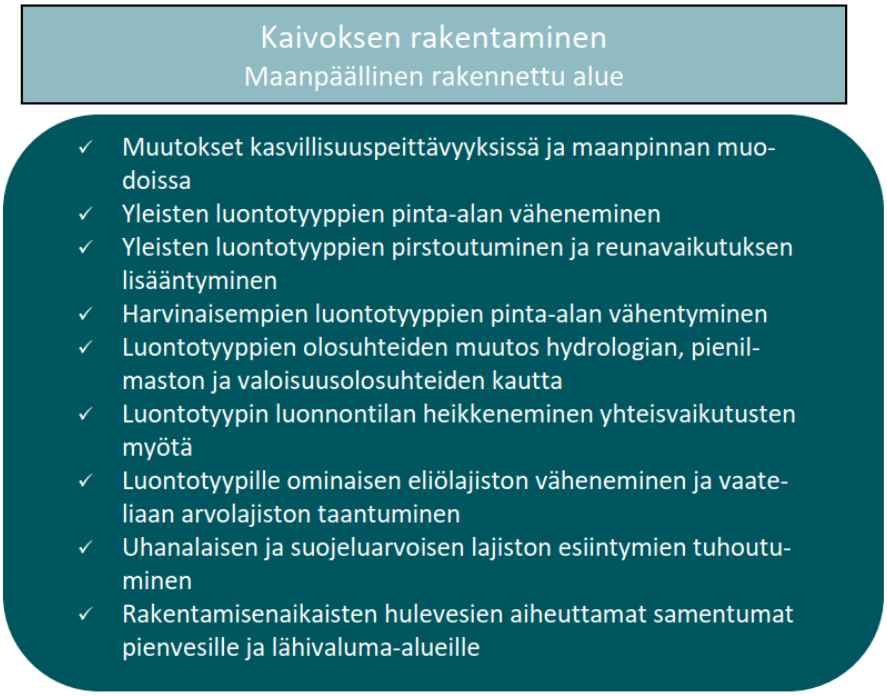
sijainnista ja louhinnan syvyydestä. Tarvekivilouhoksen osalta mallinnus on tehty vaihtoehdon VE1a mukaiselle tarvekivilouhoksen sijainnille (AFRY Finland Oy 2022a). Vaihtoehdossa VE1b louhoksen sijaintipaikka on vastaava. Muiden sijaintipaikkavaihtoehtojen osalta (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b) pohjavesipinnan alenema on arvioitu mallinnetun vaihtoehdon pohjalta (AFRY Finland Oy 2022a). Koska pohjavesimallissa käytettiin yleistettyjä, koko aluetta koskevia vedenjohtavuuden ja muiden hydrogeologisten parametrien arvoja, simuloidun louhoksen kuivanapitovesien määrän ja louhoksen ympärille muodostuvan pohjaveden aleneman voi olettaa pätevän myös vaihtoehtoisille sijainneille.

Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden aiheuttamaa pohjavedenpinnan alenemaa on mallinnettu myös yhteisvaikutusten osalta (Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineisto). Yhteisvaikutusten mallinnuksen tulosten perusteella alenema ja sen vaikutusalue ovat pienempiä etenkin Porokodanjängän ja Eliasaavan suunnassa kuin mitä tarvekivilouhoksen mallinnustulokset näyttävät. Yhteisvaikutusten mallinnusta pidetään kuitenkin luotettavampana (ks. Luku 16 Vaikutukset pohjaveteen).

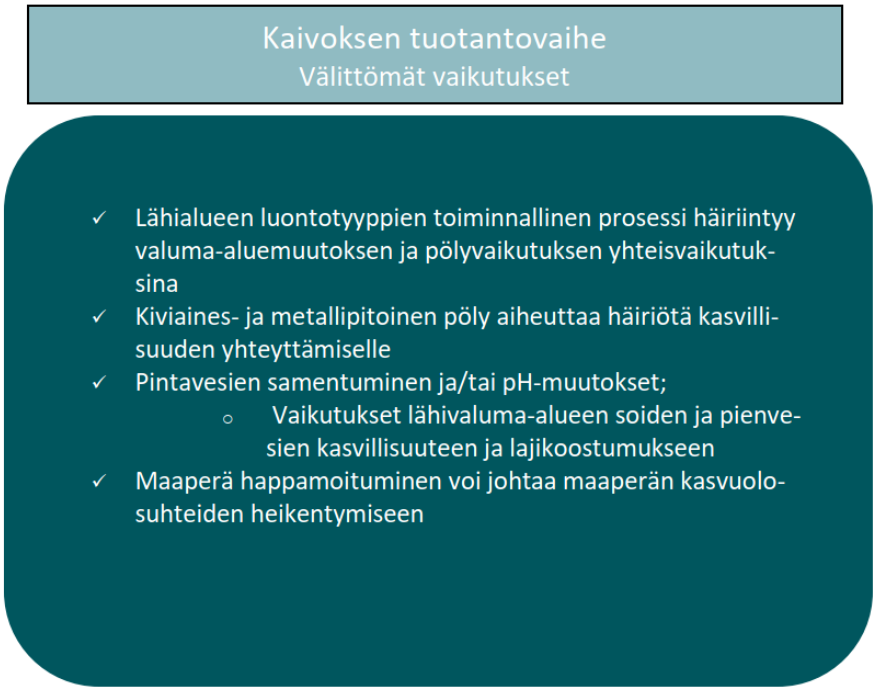
Kaivostoiminnan myötä ympäristöön leviävä pöly voi vaikuttaa sen leviämisalueen kasvillisuuteen. Kaivoksen rakentamisvaiheessa pölyämistä aiheuttavia toimintoja ovat raskaiden ajoneuvojen liikenne sekä rakentamisalueen maansiirto- ja räjäytystyöt. Sakatin kaivoksen toimintavaiheessa varsinainen kaivostoiminta on maanalaista toimintaa, jolloin pölypäästöt jäävät selvästi avolouhintaa pienemmiksi. Pölypäästöjä aiheutuu kuitenkin maan pinnalla suoritettavasta malmin käsittelystä, kuljetuksesta, maa- ja kiviainesten varastoinnista, tarvekivilouhoksesta sekä rikastushiekka-alueen toiminnoista. Rikastushiekan tuulieroosio on yksi keskeisistä pölypäästöjen lähteistä. Pölypäästöjen leviäminen ympäristöön on arvioitu leviämismallilla, joka kokonaisuudessaan on esitetty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 15 sekä YVA-selostuksen liitteenä (Liite 12).

Seuraavassa on esitetty vaikutustyypit, jotka voivat ilmetä hankkeen rakentamisen/rakentumisen myötä (Kuva 19-9) sekä vaikutustyypit, jotka voivat ilmetä hankkeen toiminnan aikana (Kuva 19-10 ja Kuva 19-11). Rakentamisen ja toiminnan aikaiset vaikutustyypit ovat osittain samoja. Toiminnan aikana korostuu toimintavuosien edetessä pohjavesistä riippuvaisten luontotyyppien ja lajiston olosuhteiden muutos. Toiminnanaikaisten vaikutusten tarkastelussa on huomioitu sekä 65 % ja 80 % tiivistysskenaariot, joilla rajoitetaan maanalaiseen kaivokseen tulevaa vesimäärää. Lievennystoimet on käsitelty tarkemmin luvussa 19.3.7.

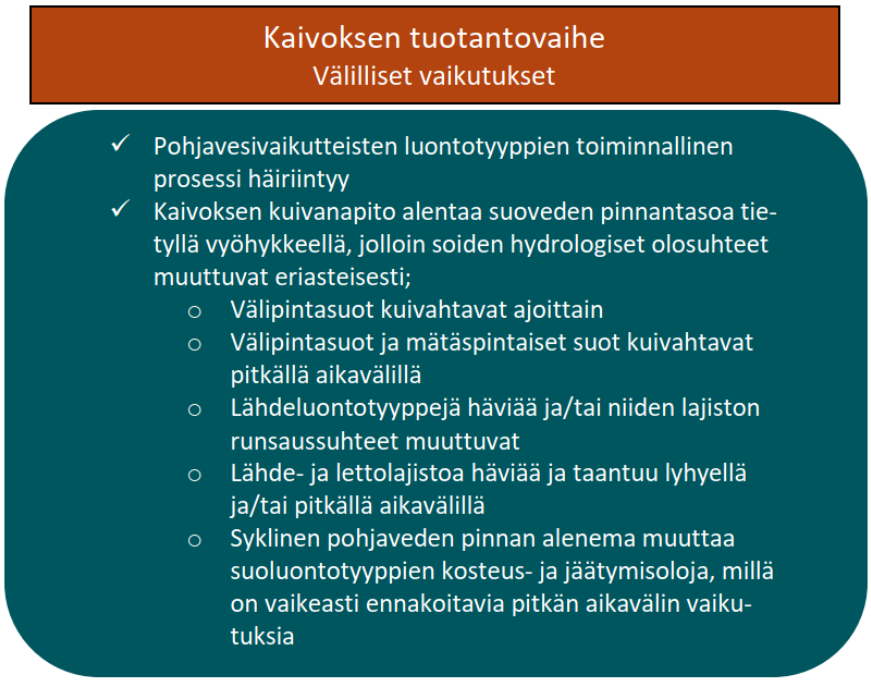
Luontotyyppien ja kasvillisuuden osalta luontovaikutusten tarkastelualueen laajuus on pääosin sidoksissa alueen hydrologiaan ja siinä tapahtuviin muutoksiin.



Kuva 19-9 Vaikutusten arvioinnissa tarkasteltavien luontovaikutusten muodostumisen yleisiä periaatteita kaivoksen ja sen maanpäällisten perusrakenteiden rakentamisvaiheessa.



Kuva 19-10 Vaikutusten arvioinnissa tarkasteltavien välittömien luontovaikutusten muodostumisen yleisiä periaatteita kaivoksen tuotantovaiheessa, kaivoksen maanpäällisten osien lähialueella.



Kuva 19-11 Vaikutusten arvioinnissa tarkasteltavien välillisten luontovaikutusten muodostumisen yleisiä periaatteita. Vaikutustyypillä on toimintavuosien myötä kumuloituvia ominaisuuksia.

19.4.2 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi

Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa vaikutuksen suuruutta on suhteutettu vaikutuskohteen herkkyyteen. Herkkyyden määrittelyssä käytetyt kriteerit luontotyypeille ja kasvillisuudelle on esitelty seuraavissa taulukoissa (Taulukko 19-2 ja Taulukko 19-3). Vaikutuksen ja muutoksen suuruuteen liittyvää kriteeristöä on avattu luontotyyppien ja lajiston osalta tarkemmin taulukoissa (Taulukko 19-4 ja Taulukko 19-5).

Taulukko 19-2 Luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt herkkyyskriteerit.

Vähäinen	Suomen/EU:n tasolla luokittelemattomia tai suojelemattomia luontotyyppejä. Luontotyypit eivät ole erityisen herkkiä muutoksille. Ihmisen vaikutus luontotyypeissä on selvä ja näkyvä.
Kohtalainen	Alueella on silmälläpidettäviä (NT) tai muutoin huomionarvoisia luontotyyppejä. Alueella on luontotyyppien monimuotoisuutta ja sisältää arvolajistoa. Silmälläpidettävät ja huomionarvoiset luontotyypit ovat kohtalaisen herkkiä muutoksille ympäristössä ja/tai alue vaatii jatkuvia toimenpiteitä, jotta luontotyypit säilyvät ominaiselle arvolajistolle sopivina. Luontotyypit ovat ihmistoiminnan muovaamia. Korvaavia vastaavia luontotyyppejä ei ole paikallisesti olemassa.
Suuri	Alueella on useita uhanalaisia ja suojeltavia luontotyyppejä. Alueen luontotyyppien monimuotoisuus on erittäin suurta ja sisältää runsaasti arvolajistoa. Suojeltavat ja uhanalaiset luontotyypit ovat hyvin herkkiä muutoksille ympäristössä ja/tai alue vaatii jatkuvia toimenpiteitä, jotta luontotyypit säilyvät ominaiselle arvolajistolle sopivina.

	Luontotyypit ovat luonnontilaisia ja ihmisen vaikutus on vähäinen. Korvaavaa vastaavaa aluetta ei ole olemassa tai suojeltavissa.

Taulukko 19-3 Arvokkaaseen kasvilajistoon kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt herkkyyskriteerit.

Vähäinen	Alueella tai sen lähiympäristössä ei todennäköisesti sijaitse uhanalaista ja suojeltavaa lajistoa. Mahdollinen esiintymisalue ei ole erityisen herkkä muutoksille ympäristössä, jolloin ne eivät vaikuta heikentävästi lajiston esiintymispotentiaaliin. Alue ei ole juurikaan luonnontilassa ja ihmisen vaikutus on selvä.
Kohtalainen	Alueella ja/tai lähiympäristössä esiintyy uhanalaista ja suojeltavaa lajistoa. Esiintymisalue on melko herkkä muutoksille ja arvokkaalle lajistolle tärkeät ympäristön ominaispiirteet heikentyvät. Alue on luonnontilaltaan kohtalainen tai hyvä. Korvaavaa vastaavaa aluetta ei ole paikallisesti olemassa tai suojeltavissa.
Suuri	Alueella ja/tai lähiympäristössä esiintyy runsaasti uhanalaista ja suojeltavaa lajistoa. Esiintymisalue on hyvin herkkä muutoksille ja arvokkaalle lajistolle tärkeät ympäristön ominaispiirteet heikentyvät selvästi. Alue on luonnontilainen. Korvaavaa vastaavaa aluetta ei ole paikallisesti olemassa tai suojeltavissa.

Taulukko 19-4 Luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt muutoksen suuruusluokan kriteerit.

Suuri kielteinen	Kielteiset vaikutukset ovat suuria suojeltaville ja uhanalaisille luontotyypeille. Suuria osia suojeltavista ja/tai uhanlaisista luontotyypeistä menetetään ja/tai ne pirstoutuvat ja/tai niiden luonnontila heikkenee erittäin selvästi. Ominaispiirteet heikentyvät hyvin selvästi merkittävällä osalla luontotyypeistä.
Keskisuuri kielteinen	Kielteiset vaikutukset ovat kohtalaisia suojeltaville ja uhanalaisille luontotyypeille. Osia suojeltavista ja/tai uhanlaisista luontotyypeistä menetetään ja/tai ne pirstoutuvat ja/tai niiden luonnontila heikkenee kohtalaisesti. Ominaispiirteet heikentyvät kohtalaisesti osalla luontotyypeistä.
Pieni kielteinen	Kielteiset vaikutukset kohdistuvat tavanomaisiin luontotyyppeihin. Luontotyyppien luonnontila ja ominaispiirteet heikkenevät lievästi.
Ei vaikutusta	
Pieni myönteinen	Myönteiset vaikutukset kohdistuvat tavanomaisiin luontotyyppeihin. Luontotyyppien luonnontila ja ominaispiirteet paranevat lievästi.
Keskisuuri myönteinen	Myönteiset vaikutukset ovat kohtalaisia suojeltaville ja uhanalaisille luontotyypeille. Suojeltavien/uhanalaisten luontotyyppien luonnontila paranee kohtalaisesti. Ominaispiirteet paranevat kohtalaisesti osalla luontotyypeistä.
Suuri myönteinen	Myönteiset vaikutukset ovat suuria suojeltaville ja uhanalaisille luontotyypeille. Suojeltavien/uhanalaisten luontotyyppien luonnontila paranee selvästi. Ominaispiirteet paranevat selvästi suurella osalla luontotyypeistä.

Taulukko 19-5 Arvokkaaseen kasvilajistoon kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt muutoksen suuruusluokan kriteerit.

Suuri kielteinen	Kielteiset vaikutukset kohdistuvat alueelle, jolla sijaitsee runsaasti suojeltavaa ja uhanalaista kasvilajistoa. Hankkeen vaikutuksesta suojeltavien ja uhanalaisten lajien

	kasvupaikkoja tuhoutuu ja hanke heikentää lajien säilymismahdollisuuksia alueella selvästi. Lajien leviämispotentiaali heikkenee selvästi.
Keskisuuri kielteinen	Kielteiset vaikutukset kohdistuvat alueelle, jolla sijaitsee suojeltavaa ja uhanalaista kasvilajistoa. Hankkeen vaikutuksesta suojeltavien ja uhanalaisten lajien kasvupaikkoja tuhoutuu osia ja hanke heikentää lajien säilymismahdollisuuksia alueella kohtalaisesti. Lajien leviämispotentiaali heikkenee kohtalaisesti.
Pieni kielteinen	Kielteiset vaikutukset kohdistuvat alueelle, jolla sijaitsee vähän suojeltavaa ja uhanalaista kasvilajistoa. Hankkeen vaikutuksesta suojeltavien ja uhanalaisten lajien kasvupaikkoja heikkenee vähän ja lajien säilymismahdollisuudet heikkenevät lievästi. Lajien leviämispotentiaali heikkenee jonkin verran.
Ei vaikutusta	
Pieni myönteinen	Hanke parantaa vähän suojeltavan ja uhanalaisen kasvilajiston esiintymisoloja.
Keskisuuri myönteinen	Hanke parantaa kohtalaisesti suojeltavan ja uhanalaisen kasvilajiston esiintymisoloja.
Suuri myönteinen	Hanke parantaa suuresti suojeltavan ja uhanalaisen kasvilajiston esiintymisoloja.

19.4.3 Vaikutusten merkittävyys

Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten merkittävyys määritellään asteikolla*; ei vaikutusta – vähäinen vaikutus –kohtalainen vaikutus – suuri vaikutus*. Vaikutuksen merkittävyyttä arvioitaessa huomioidaan luontokohteen/lajin kasvupaikan arvo ja herkkyys sekä vaikutuksen suuruusluokka.

Hankkeen vaikutusalueelle sijoittuu lajistoa, joka on uhanalaista, erityisesti suojeltavaa tai direktiivien mukaista. Lajisto on sidoksissa kasvupaikkaan, joten vaikutusten merkittävyyttä tarkastellaan enemmän luontotyyppien kautta, sillä arvokkailla luontotyypeillä esiintyy usein myös huomionarvoinen lajisto.

Vaikutuksen merkittävyys määräytyy kohteen herkkyysarvioinnin kautta ja siihen liittyvät luontotyypin tai lajin lainsäädännöllinen status, yleisyys alueellisesti ja valtakunnallisesti sekä alttius muutosvaikutuksille. Uhanalaiseksi määritellyllä luontotyypillä ei välttämättä ole lainsäädännöllistä statusta, mutta osalla niistä esiintyy lakisääteistesti merkittävää indikaattorilajistoa. Vaikutuksen merkittävyyttä on siten tarkasteltu näiden tekijöiden summana, eli uhanalainen tai kansainvälinen vastuuluontotyyppi, jolla esiintyy erityisesti suojeltavaa tai luontodirektiivin lajistoa, on muutosvaikutusten suhteen tarkastelussa herkin. Herkkyyden lisäksi vaikutuksen merkittävyys riippuu vaikutustyypistä ja sen voimakkuudesta, muutoksen laajuudesta sekä ajallisesta kestosta.

19.4.4 Rakentamisen aikaiset vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen

Rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset luontotyypeille

Tässä vaikutusarvioinnin osuudessa tarkastellaan luontotyyppejä, joihin kohdistuu suoria pinta-alamenetyksiä kaivoksen maanpäällisten rakenteiden sekä näihin liittyvien tiestön, purkuputkien ja sähkölinjojen alueilla. Vaikutuksista on koottu tämän luvun lopussa oleva Taulukko 19-8.

Luontotyyppivaikutukset ja kasvillisuudelle aiheutuvat vaikutukset ilmenevät samoissa vaikutuskohteissa ja –tyypeissä. Kasvillisuudelle aiheutuvia vaikutuksia tulee siten tarkasteltua myös niiden kasvupaikkojen myötä. Kasvillisuudelle aiheutuvia vaikutuksia on arvioitu yleisellä tasolla talousmetsälajistolle sekä erityisesti huomionarvoiselle lajistolle. Vaikutusarviointi perustuu kaivoksen nykyisen suunnitteluvaiheen mukaisiin toimintoihin ja niissä esitettyihin lievennystoimenpiteisiin. Häiriö- ja poikkeustilanteiden aiheuttamia vaikutuksia ei tässä luvussa ole arvioitu. Välillisiä vaikutuksia, kuten pohja- ja pintavesivaikutukset, on käsitelty jäljempänä luvussa 19.4.5 sekä luvussa 17.3.2.

Tarvekivilouhoksen valmistelevat työt ja pääosin myös ensimmäisen vaiheen louhinta toteutuvat rakennusaikana eli vuosien 1–3 aikana. Tarvekivilouhoksesta aiheutuu sekä välittömiä vaikutuksia että välillisinä vaikutuksina pohjavedenpinnan alenemia. Pohjavedenpinnan alenemien aiheuttamia vaikutuksia on kuvattu ja arvioitu jäljempänä toiminta-aikana tapahtuvien vaikutusten arvioinnin yhteydessä, koska alenemat kasvavat vähitellen ja rakennusaikana niiden merkittävyys ei ole kovinkaan suuri. Lisäksi mahdolliset vaiheet 2 ja 3 tarvekiven louhinnassa toteutuvat vasta myöhemmin kaivoksen toiminta-aikana.

Kaivoksen maanpäällisten perusrakenteiden rakentamisvaiheessa metsä- ja suoalueilta raivataan kasvipeitteet ja alueet ojitetaan sekä toteutetaan maansiirtotöitä. Tämä muuttaa Kuusivaaran ympäristössä aiemmin luonnontilaisen kaltaisia puustoisia ja avoimia soita sekä Kuusivaaran talousmetsiä täysin teolliseksi ympäristöksi. Lisäksi se kaventaa ympäröivien soiden valuma-alueita. Kuusivaaran rakentamisalueiden lähiympäristöön aiheutuu myös maanrakennustöiden alkuvaiheessa niskaojia kaivettaessa vähäistä kiintoainekuormitusta, mikä voi aiheuttaa lähimpien vesistöjen väliaikaista samentumista. Rakentaminen talviaikaan vähentää maaperäeroosioita, kun taas kevättulvat lisäävät huuhtoumia rakentamisen alaisena olevilta alueita lähimmille soille ja vesistöihin. Vesienkäsittelyrakenteet ml. niskaojat pyritään rakentamaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa huuhtoumista aiheutuvien haittojen vähentämiseksi.

Tehdasalue sijoittuu kaikissa hankevaihtoehdoissa Kuusivaaraan ja sen lähiympäristöön. Kuusivaaraan sijoittuvat toiminnat eri hankevaihtoehdoissa on esitetty tarkemmin luvuissa 3.3–3.9. Kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapitovedet, prosessivedet ja tehdasalueen kuormitteiset hulevedet johdetaan vesivarastoaltaalle, josta edelleen takaisin prosessiin tai ylijäämävesien vesienkäsittelyn kautta Kitiseen. Hankkeen aiheuttamia vesistövaikutuksia on tarkasteltu luvussa 17 Vaikutukset vesistöihin ja veden laatuun. Ylijäämävesien purkuputkivaihtoehdot sijoittuvat Eliasaavan-Porokodanjängän ja Kitisen rantatörmän alueelle ja purkuputki kaivetaan maaosuuksilla kivennäismaahan ja suohon ja putken asentamisen jälkeen kaivanto täytetään. Suohon kaivettava putkilinja heikentää paikallisesti sen alueella olevan suon hydrologiaa. Kaivanto toimii osittain vettä johtaen ja riippuen suotyypistä (välipinta, mätäspinta) kaivanto saattaa heikentää suotyypin luonnontilaa. Haittojen vähentämiseksi putkilinja rakennetaan siten, että vettä johtavaa kanavaa ei synny. Putkikaivanto ei kuitenkaan vastaa ojan kuivattavaa vaikutusta ja kasvillisuus palautuu osittain kaivamisen jälkeen.

Kuusivaaraan perustettavat maanpäälliset toiminnot ovat pääosin samoja kaikissa tarkastelluissa hankevaihtoehdoissa, mutta rakenteiden sijainti Kuusivaaran tehdasalueella vaihtelee. Kuusivaaran tehdasalueelle sijoittuvat rikastushiekan ja sivukiven sijoitusalueet, rikastamo, vesienkäsittelyrakenteet ja vesien varastoaltaat, toimistorakennukset, lämpölaitos, tarvekivilouhos sekä varastoja. Hankevaihtoehdossa VE1a ja VE1b Kuusivaaraan sijoittuu myös maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja

malmin kuljettamiseen käytettävä hihnakuljetin. Hankevaihtoehdoissa VE2a ja VE2b muut em. rakenteet ovat myös Kuusivaarassa, mutta maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti, ilmanvaihtoasema, propaanipoltin, nostotorni (VE2a) ja pastalaitos sijoittuvat Pahanlaaksonmaalle. Vaihtoehdossa VE3a Pahanlaaksonmaalle sijoittuu nostotorni, pastalaitos, ilmanvaihtoasema ja propaanipoltin, mutta maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Pahanlaaksonmaan pohjoisosaan Tihiämaalle. Kaivoksen sisäänkäynnin alueelle sijoittuu myös ilmanvaihtoasema ja propaanipoltin. Vaihtoehdossa VE3b kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Pahanlaaksonmaan pohjoisosaan, vastaavasti kuin vaihtoehdoissa VE3a, ja alueelle rakennetaan myös ilmanvaihtoasema, propaanipoltin ja pastalaitos. Lisäksi vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan välille sijoittuu huoltotie, hihnakuljetin, putkilinja ja 20 kV voimajohto. Hankkeen vaihtoehtoiset yhdystiet on suunniteltu etelän (Ulkusijanaapa ja Kelujoki) tai pohjoisen (Kitisen ylitys) kautta.

Kuusivaarassa sekä hankevaihtoehdosta riippuen sen etelä- ja pohjoispuolella kaivoshankkeeseen liittyvät rakenteet aiheuttavat suoria pinta-alan menetyksiä niiden alueella oleville metsille ja soille (Liite 7). Lisäksi hankkeeseen liittyvän tiestön ja voimajohdon pylväspaikkojen alueilla suoria pinta-alamenetyksiä aiheutuu niiden alueelle jäävien metsien ja soiden luontotyypeille.

Liitteessä 7 on esitetty Kuusivaaran tehdasalueelle sijoittuvat toiminnot hankevaihtoehdossa VE1a sekä inventoinneissa paikannetut luontotyypit. Tehdasalueelle jäävät kivennäismaan metsät Kuusivaarassa ovat tuoreita ja kuivahkoja kankaita, ja näille kohdistuu pinta-alan menetyksiä kaikissa hankevaihtoehdoissa. Alueelle sijoittuu eri-ikäisten talousmetsien lisäksi metsäautotie ja pieni maa-ainestenottoalue. Kaikki metsät Kuusivaarassa ovat vahvasti metsätalouskäytössä. Tehdasalueen eli rikastamon, toimiston ja malmin välivaraston rakentamisalueelle sijoittuu puustoltaan nuoria ja varttuneita mäntyvaltaisia metsiä. Vaikutukset metsäluonnolle Kuusivaaran rakentamisen myötä ovat merkittävyydeltään **vähäisiä**, sillä alueelle ei sijoitu erityisen edustavia ja monipuolisia kivennäismaan metsäisiä luontotyyppejä, ja lisäksi rakentamisalueiden lähialueella kangasmetsien herkkyys muutokselle on pieni.

Kuusivaaran eteläosaan ja sen etelä-länsipuolisille soille sijoittuu hankevaihtoehdoissa VE1a ja VE1b varastoaltaita tai kaivannaisjätteiden sijoitusalueita. VE1a:n osalta mainitut rakenteet on osoitettu Porokodanjängällä puustoisten soiden eli erityyppisten korpien ja rämeiden alueelle sekä Eliasaavan pohjoisosassa lettoisille soille, avoimille nevoille ja puustoisille rämeille. Hankevaihtoehdossa VE1b varastoaltaita sijoittuu samoille alueille Porokodanjängällä ja Eliasaavalla kuin hankevaihtoehdossa VE1a, mutta rikastushiekka-alue on laajempi märkäläjityksen vuoksi.

Molemmissa vaihtoehdoissa (VE1a ja VE1b) Eliasaavan pohjoisosan lähde Eli-L2 jää tehdasalueelle sijoittuvien rakenteiden alle. Eliasaavan pohjoisosan lähteet ja lähteiköt Eli-L1 ja Eli-HL1 jäävät aidatun alueen sisälle, mutta niiden alueella ei toteuteta rakentamistoimenpiteitä. Lähteille kohdistuu pölyvaikutuksia, lähivaluma-alueen olosuhteiden muutoksia ja Kuusivaaran rakentumisen myötä lähteelle purkautuvan pohjaveden määrä vähenee, jolloin nämä vaikutukset yhdessä muuttavat lähteen olosuhteita siinä määrin, että lähteiden luonnontila tulee muuttumaan ja Eliasaavan meso-eutrofinen lähteikkö Eli-L1 sekä lähde Eli-HL1 pitkällä aikavälillä tuhoutuvat.

Kuusivaaran eteläosaan ja sen etelä-länsipuolisille soille sijoittuu hankevaihtoehdoissa VE2a ja VE2b varastoaltaita tai kaivannaisjätteiden sijoitusalueita. Hankevaihtoehdossa VE2b varastoaltaita

sijoittuu samoille alueille Porokodanjängällä ja Eliasaavalla kuin hankevaihtoehdossa VE2a, mutta rikastushiekka-alue on laajempi märkäläjityksen vuoksi. Hankevaihtoehdoissa VE2a rikastushiekan sijoitusalue on sijoitettu enemmän Porokodanjängälle, missä niiden alueella on myös lettojen ja rimpinevojen suoluontotyyppejä. Hankevaihtoehdoissa VE2a ja VE2b rikastushiekan sijoitusalue sijoittuu lähemmäksi Porokodanjängän lettojen meso-eutrofisia lähteikköjä (Por-L1, Por-L2) sekä pohjavesivaikutteisia lettoja. Tehdasalue sijoittuu vaihtoehtoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b Porokodanjängän ja Eliasaavan valuma-alueelle, joille kohdistuu vaikutuksia.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tehdasalue sijoittuu Kuusivaaran pohjoisosaan, Sakattiojan valuma-alueelle ja vaikutukset muodostuvat Kuusivaaran pohjoispuolisille Kenttäaavan soille. Vesivarasto-allas ja rikastushiekka-alue sijoittuvat puustoisten rämeiden alueelle sekä vähäisemmässä määrin puustoisten korpien alueelle. Kuusivaaran pohjoisosan valumavedet nykytilanteessa kulkeutuvat länsi-luoteen suuntaan päätyen Kitiseen. Tehdasalueen hulevedet johdetaan kaivoksen sisäiseen vesikiertoon, joten vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tehdasalueen luoteispuolinen Kenttäaavan (Sakattiojan) valuma-alue pienenee, mutta pienentyminen on vähäinen suhteessa koko valuma-alueeseen. Kenttäaavan eteläosaan, vesivarastoaltaan kohdalle ja rikastushiekan sijoitusalueelle, sijoittuu lettoja, rimpinevoja ja rimpinevarämeitä, joilla esiintyy vaateliasta ja lakisääteisesti huomionarvoista putkilokasvi- ja sammallajistoa. Kenttäaavalle sijoittuu huurresammallähteitä (Ken-L1, Ken-L2, Ken-L3, Ken-L4 ja Ken-L6) sekä yksi meso-eutrofinen purolähde (Ken-L5). Kahdessa lähteessä (Ken-L4, Ken-L5) esiintyy myös erityisesti suojeltavan lajien kasvupaikkoja (Ramboll Finland Oy 2019a). Kenttäaavan pohjavesivaikutteisille välipintaletoille, huurresammallähteille ja lähteiköille, huomioiden niiden herkkyys muutoksille, kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan merkittävyydeltään **suuria** maanpäällisten rakenteiden osalta vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b. Vaikutuksen merkittävyys määräytyy kohteen herkkyys ja muutoksen suuruus huomioiden, sillä Kenttäaavan lähteille aiheutuu päävaihtoehdossa VE3 tehdasalueelle tulevista rakenteista sekä kuljettimesta, huoltotiestä ja putkilinjasta johtuen suoria pinta-alan menetyksiä ja lähteiköillä esiintyy erityisesti suojeltavaa lajistoa. Huurresammallähteet ovat inventointien perusteella alueellisesti harvalukuisia (Eurofins Ahma Oy 2018), mutta Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa ne on arvioitu Pohjois-Suomessa luontotyyppeinä säilyviksi (Kontula & Raunio 2018).

Kuusivaaralle suunnitellaan **tarvekivilouhos**, jonka sijoitusvaihtoehdot on tarkemmin esitetty luvuissa 3.3–3.9. Louhos kattaisi noin kymmenen hehtaarin kokoisen alueen, jolla esiintyy vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 vähäistä herkkyystasoa omaavaa tuoreen kankaan talousmetsää. Louhoksen itäinen vaihtoehto (VE3) sijoittuu sekä tuoreen kankaan että kuivahkon kankaan talousmetsään.

Kaivoksen liikenne- ja voimajohtoyhteyksissä on tarkasteltu sekä pohjoista että eteläistä yhdystievaihtoehtoa. Sen sijaan 110 kV voimajohtoreitti on jokaisessa hankevaihtoehdossa sama, eli Kenttäaavan ja Kitisen välisellä alueella. Hankealueella pohjoinen yhdystie (vaihtoehdoissa VE1b, VE2b ja VE3b) sekä voimajohtoreitti sijoittuvat Kuusivaaran länsiosiin ja Kenttäaavan lounaisosaan.

Kaivokselle tulevan 110 kV voimajohdon osalta on laadittu ympäristöselvitykseen sisältynyt luontoselvitys (Ramboll Finland Oy 2019c). Kuusivaaran tehdasalueelle tuleva 110 kV voimajohtolinja ja pohjoinen yhdystie sijoittuvat samaan raivattavaan maastokäytävään, jolloin niiden aiheuttama metsiä ja puustoisia soita pirstova vaikutus sijoittuu samoille alueille. Voimajohdon maastokäytävä ja pohjoinen yhdystie sijoittuvat Kuusivaaralla kuivahkolle kankaalle ja Kenttäaavan lounaisosissa

puustoisten rämeiden, lettojen ja puustoisten korpien alueille. Kuusivaaran kivennäismaa-alueen ja Kenttäaavan rajalla esiintyy heikkoa pohjavesivaikutusta, joka ilmenee lettoisuutena lähinnä välipinnoilla. Kenttäaavan etelä- ja lounaisosissa suot ovat voimajohto- ja tielinjauksen reitillä paikoin mesotrofisia rimpinevarämeitä. Kipittikummun pohjoispuolella, Kitisen rantaan rajoittuvalla alueella esiintyy luhtaisia soita. Kitisen ylityksen jälkeen voimajohtolinja sijoittuu samaan maastokäytävään olemassa olevan Vajukoski–Sodankylä 110 kV voimajohdon kanssa. Kenttäaavan suoluontotyyppien osalta pohjoisen yhdystien vaikutukset arvioidaan lettojen ja Kipittikumpujen alueella esiintyvien direktiivilajien lapinleinikin ja isonuijasammalen esiintymisen vuoksi kohteiden herkkyys huomioiden merkittävyydeltään **kohtalaisiksi**. Lajistovaikutukset kuvaillaan tarkemmin alempana.

Eteläisessä yhdystievaihtoehdossa (VE1a, VE2a, VE3a) yhdystielinjaus noudattelee pääosin nykyistä Kuusivaarantietä, jonka osalta rakennetaan uusi silta Kelujoen yli ja kaivoksen yhdystie liittyy vt 5:n uuteen linjaukseen. Eteläinen yhdystie suuntautuu Kuusivaaralta Porokodanjängän länsiosien yli, missä se ylittää pääosin puustoisia rämeitä ja osin myös korpea, tuoretta kangasta ja lettoja. Porokodanmaalla eteläinen yhdystie sijoittuu nuorten mäntyvaltaisten talousmetsien alueelle sekä ylittää Ulkusijanaavalla luhtaisia nevoja, joille sijoittuu muutama kiiltosirppisammalen esiintymä. Ulkusijankankaalla eteläinen yhdystie sijoittuu varsin vahvasti käsiteltyjen talousmetsien alueille. Kivennäismaan metsien osalta eteläisen yhdystien rakentamisalueella ei ole erityisiä luontoarvoja. Soiden osalta eteläisen yhdystien vaikutukset arvioidaan lettojen ja direktiivilajin esiintymisen vuoksi kohteiden herkkyys huomioiden merkittävyydeltään **kohtalaisiksi**.

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakennetaan lisäksi hihnakuljetin, jonka yhteydessä on huoltotie ja 20 kV sähkölinja Kuusivaaran tehdasalueelta Pahanlaaksonmaalle. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b hihnakuljetin rakennetaan huurresammallähteiden Ken-L4 ja Ken-L6 sekä uhanalaisten suoluontotyyppien välipintaletot ja lettorämeet ylitse. Huurresammallähteessä Ken-L4 esiintyy uhanalaisia ja erityisesti suojeltavia lajeja (ks. alempana lajistovaikutukset). Vaihtoehdossa VE3a ja VE3b hihnakuljetinta rakennetaan uhanalaisten suoluontotyyppien välipintaleton ja lettorämeen ylitse.

Maanpäällisten kaivostoimintojen lähialueella sekä osin myös kuljetusreittien alueella syntyy lisäksi pölystä aiheutuvia haittavaikutuksia kasvillisuudelle. Rakentamisen aikana, ja mahdollisesti myös ajoittain toimintavaiheessa, tarvekiven ja tunnelin louhinta aiheuttavat ympäristöön kohdistuvan pölyämisen ajanjakson, joka on vaikutuksena väliaikainen. Kuusivaaran alueen rakentamisesta ja rakentamiseen liittyvästä liikennöinnistä aiheutuva pöly kohdistuu pääosin yleisille luontotyypeille ja niillä esiintyvälle kasvillisuudelle. Pölyn aiheuttamat haitalliset vaikutukset kasvillisuudelle ja sitä kautta luontotyyppien edustavuudelle Kuusivaaran ympäristössä ovat merkittävyydeltään **vähäisiä** tai **kohtalaisia**, riippuen luontotyypin yleisyydestä ja herkkyydestä. Kohtalaisia vaikutuksia Kuusivaaran ympäristössä rakentamisesta ja liikennöinnistä aiheutuvasta pölyämisestä ja kerääntyvästä pölystä arvioidaan aiheutuvan lähteikköjen ja välipintalettojen luontotyypeille, joiden lajisto on sidoksissa suo- ja lähdevesien pH:n ja sähkönjohtavuuden arvoihin. Vaikutuksen konkreettiseen ilmenemiseen liittyy epävarmuutta tutkimustiedon puuttuessa.

*Taulukko 19-6 Hankkeen eri vaihtoehtojen alueille sijoittuvat luontotyypit ja pinta-alat (hehtaaria, ha), joille kohdistuu rakentamisesta johtuen suoria vaikutuksia. Pinta-alat on laskettu tehdasalueille aidatun alueen ulkorajojen mukaan (aidatun alueen ja varsinaisen tehdasalueen väliin saattaa jäädä luontotyyppejä, joille ei osoiteta suoraa rakentamista). Vaihtoehtojen välittömän rakennusalan pinta-aloihin on laskettu myös vaihtoehtoon liittyvän purkuputken, hihnakuljettimen (VE2 ja VE3), yhdystien, huoltotien (VE2 ja VE3) ja voimajohdon välitön pinta-alan menetys. Pohjois-Suomessa uhanalaiset luontotyypit on taulukossa korostettu. Uhanalaisluokat: CR: äärimmäisen uhanalainen, EN: erittäin uhanalainen, VU: vaarantunut, NT: silmälläpidettävä, LC: säilyvä, DD: puutteellisesti tunnettu. Lähteet ovat vesilailla 11 § suojeltuja pienvesiä (suuri herkkyystaso). *Metsätalouskäytössä olevien kangasmetsien luonnontilaisuus, edustavuus ja siten herkkyys ovat heikentyneet.*

Vaikutuksen merkittävyys								
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +		
Luontotyyppi	**P-Suomi**	**Koko Suomi**	**VE1a, ha**	**VE1b, ha**	**VE2a, ha**	**VE2b, ha**	**VE3a, ha**	**VE3b, ha**
Kivennäismaiden metsät								
Taimikot	-	-	1,7	1,7	1,0	0,1	0,9	0,1
Kuivat kankaat*	VU	EN	17,8	5,7	16,1	8,30	6,9	0,2
Kuivahkot kankaat*	VU	EN	173,8	161,9	151,9	123,3	150,4	141,6
Tuoreet kankaat*	NT	VU	108,4	100,4	74,5	141,4	173,7	171,6
Lehtomaiset kankaat	NT	VU	0,3	0,3	0,4	0,3	0,6	0,5
Tuoreet runsasravinteiset lehdot	VU	EN					0,2	0,2
Rämeet								
Isovarpurämeet	LC	NT	5,8	5,2	6,3	5,8	16,5	18,1
Kangasrämeet	NT	VU	6,0	6,1	5,2	5,0	1,7	1,1
Korpirämeet	NT	EN	0,7	2,0	0,4		0,4	
Pallosararämeet	NT	EN	7,7	4,9	8,3	10,9	10	9,9
Rahkarämeet	LC	LC	17,0	17,0	16,8	16,9	2,4	2,4
Sararämeet	LC	VU	16,1	15,8	16,7	30,2	12,24	11,7
Tupasvillarämeet	LC	NT	7,8	7,4	7,4	8,9	3,7	3,5
Korvet								
Aitokorvet	**VU**	EN	0,5	0,5	0,3	0,1	1,8	1,7
Kangaskorvet	**VU**	EN	0,3	0,3	0,2	0,3	1,4	0,9
Ruohokorvet	NT	VU	2,3	2,2	2,3	2,2	1,7	1,6
Nevat								
Kalvakkanevat	LC	NT			0,3		1,0	1,7
Lettonevat	NT	VU	8,1	8,1	8,45	8,4	2,4	2,7
Luhtanevat	LC	NT	1,3	1,3	0,8	0,3	0,9	0,5
Rimpinevat	LC	LC	22,7	21,6	22,4	22,1	0,6	
Saranevat	LC	NT	12,7	10,5	12,1	13,6	2,5	3
Letot								
Koivuletot	**VU**	EN	0,2	0,2	0,6		0,2	
Lettokorvet	**VU**	VU	2,8	1,1	0,4	5,3	1,2	0,4
Rimpiletot	NT	VU	25,7	25,7	26,3	27,7	4,7	6,3
Välipintakoivuletot	**EN**	CR	0,3	0,3	0,08	0,04	0,3	0,3
Välipintaletot	**EN**	EN	1,8	1,8	1,8	1,8	2,3	3,1
Lähdeletot	NT	VU					0,04	0,04
Neva- ja lettorämeet, neva- ja lettonevat								
Lettonevarämeet	NT	VU	3,9	4,5	3,8	3,8	3,1	7,5
Lettorämeet	**VU**	VU	16,4	14,1	14,7	17,2	7,4	8,9
Lyhytkorsinevat	LC	NT	12,7	12,3	11,8	13,1		

Luontotyyppi	P-Suomi	Koko Suomi	VE1a, ha	VE1b, ha	VE2a, ha	VE2b, ha	VE3a, ha	VE3b, ha
Lyhytkorsirämeet	LC	NT	8,3	8,4	0,3	11,6	3,9	4,9
Rimpinevarämeet	LC	LC			0,3	3,4	3,1	2,6
Sarakorvet	NT	VU	4,4	4,4	3,8	7,8	1,9	2,6
Lähteikkoluontotyypit								
Lähteet (sis. huur-resammallähteet)	LC	VU	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1
Luhdat ja suoarot								
Suoarot	DD	DD	0,03	0,03	0,06	0,6	0,5	0,03
Avoluhdat	LC	LC	1,8	0,2	1,4	0,5	0,3	0,2
Pensaikkoluhdat	LC	LC	0,8	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3
Metsäluhta	DD	DD	0,5	0,2	0,4	0,1	0,3	0,6
Yhteensä			**491**	**446,8**	**418,5**	**491,7**	**421,5**	**410,6**
Uhanalaiset tai lailla suojelleet luontotyypit, yhteensä			**22,7**	**18,7**	**18,1**	**25,1**	**14,7**	**15,3**

Arvokkaimmiksi tulkitut luontotyypit on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 19-7).

Taulukko 19-7 Hankealueen inventoinneissa todetut uhanalaiset (Kontula & Raunio 2018) tai muutoin suojellullisesti arvokkaat (Vesilaki) luontotyypit, joille kohdistuu välitön pinta-alan menetys Pohjois-Suomessa uhanalaisen luontotyypin uhanalaisuusluokka sekä vastaavan luontotyypin luokka koko maassa (Kontula & Raunio 2018). VU; vaarantuneet, EN; erittäin uhanalaiset, CR; äärimmäisen uhanalaiset. Suomen vastuuluontotyypit (Kontula & Raunio 2018) kursivoituna.

VE1a	lettorämeet (VU/VU), välipintaletot (EN/EN), aitokorvet (VU/EN), lettokorvet (VU/VU), koivuletot (VU/EN), *rimpinevat, rimpiletot, aapasuot*, lähteet
VE1b	aitokorvet (VU/EN), välipintaletot (EN/EN), lettokorvet (VU/VU), lettorämeet (VU/VU), koivuletot (VU/EN*), rimpiletot, rimpinevat, aapasuot*, lähteet
VE2a	lettorämeet (VU/VU), aitokorvet (VU/EN), välipintaletot (EN/EN), lettokorvet (VU/VU), *rimpiletot, rimpinevat, aapasuot*, lähteet
VE2b	lettorämeet (VU/VU), välipintaletot (EN/EN), aitokorvet (VU/EN), lettokorvet (VU/VU), välipintaletot (EN/EN), *rimpiletot, rimpinevat, aapasuot*, lähteet
VE3a	lettorämeet (VU/VU), välipintaletot (EN/EN), aitokorvet (VU/EN), kangaskorvet (VU/EN), tuoreet runsasravinteiset lehdot (VU/EN), *rimpiletot, aapasuot, rimpinevat*, lähteet
VE3b	lettorämeet (VU/VU), aitokorvet (VU/EN), tuoreet runsasravinteiset lehdot (VU/EN), kangaskorvet (VU/EN), *rimpiletot, aapasuot*, lähteet

Rakentamisen vaikutukset kasvillisuuteen ja sammalistoon

Kasvillisuusvaikutuksissa suorat menetykset ja välilliset vaikutukset muodostuvat luontotyyppien eli kasvupaikkojen muutosten kautta sekä tavanomaiselle talousmetsälajistolle että vaateliaammille ja lakisääteisesti huomionarvoiselle lajistolle.

Kuusivaaran tehdasalueen, vaihtoehtoisen yhdystien, voimajohtokäytävän sekä hihnakuljettimen ja huoltoteiden (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b) alueilta raivataan rakennus- ja asennustöitä varten puusto ja alueet ojitetaan sekä tiepohjat pohjustetaan maamassojen vaihdoilla. Tehdasalueen liikennöitävät alueet sekä tiestö pääasiassa asfaltoidaan. Kuusivaaran tehdasalueella puustoa ja metsämaannosta poistuu 2,5–3,3 km² laajuiselta alueelta hankevaihtoehdosta riippuen. Rakentamisalueiden raivaamisen seurauksena tehdasalueen ja huoltotiestön lähialueiden kasvillisuus muuttuu

avoimemman kasvupaikan lajistoksi. Reunavaikutuksen lisääntyminen suosii avoimiin ympäristöihin sopeutunutta lajistoa ja alueelle leviää todennäköisesti ihmistoiminnan mukana myös ns. kulttuurivaikutteista kasvilajistoa. Kuusivaaran talousmetsäalueella vaikutus kohdistuu yleiseen metsälajistoon, joka sietää myös reunavaikutusta. Rakentamisalueilla vaikutukset ovat pysyviä, mutta nämä muutosvaikutukset tehdasalueen lähialueen tavanomaiselle metsä- ja suolajistolle arvioidaan merkittävyydeltään **vähäisiksi kielteisiksi** ja ne kohdistuvat pääosin alueellisesti ja valtakunnallisesti yleisiin metsäluontotyyppeihin.

Kuusivaaran etelä- ja länsiosissa rakentamisalueilla soille aiheutuvat vaikutukset niin ikään muuttavat kasvupaikan ominaisuuksia pysyvästi, sillä rakennusalueille tuodaan runsaasti murskeita ja maamassoja, joten entisten suoaltaiden alueella luontainen uudelleen soistuminen kaivoksen toiminnan loputtua ei tuota alueelle enää entisen kaltaisia suotyyppejä ja niille ominaista lajistoa.

Mahdolliset tehdasalueen ja tarvekivilouhoksen häiriövaikutukset eläimiin kuten hirviin ja poroihin voivat vaikuttaa Kuusivaaraa ympäröivillä soilla tapahtuvaan laidunnukseen ja eläinten kulkemiseen, mikä voi edelleen vaikuttaa alueen kasvillisuuteen. Jotkut lajit kuten heikot kilpailijat isonuijasammal ja lettorikko hyötyvät eläinten laiduntamisesta ja niiden tallautumisvaikutusten johdosta rikkoutuvassa kasvillisuuspeitteestä.

Pölyn aiheuttamat vaikutukset yleiselle metsäkasvillisuudelle ilmenevät tarvekivilouhoksen alueella sekä läjitys- ja kuljetusalueiden lähialueella ja niitä on arvioitu edellisessä luvussa luontotyyppivaikutusten yhteydessä.

Joidenkin putkilokasvi- tai sammallajien osalta suorat kasvupaikan pinta-alan menetykset muuttavat lajin runsautta alueellisesti ja tietyillä lajeilla se koskee suotuisan suojelutason tarkastelun kautta myös laajemmin lajin populaatiokokoa. Erityisesti suojeltavien ja EU:n luontodirektiivin lajien kohdalla negatiivinen muutosvaikutus populaatiokoossa eli esiintymien tuhoutumisen vaikutus arvioidaan varovaisuusperiaatteella lajien herkkyys huomioiden merkittävyydeltään **kohtalaiseksi** tai **suureksi** kielteiseksi. Näiden lakisääteisten lajien osalta kyseeseen tulevat mahdollisesti luonnonsuojelulain poikkeamismenettelyt, etenkin direktiivilajin ja/tai erityisesti suojeltavan lajin esiintymän heikentyessä tai tuhoutuessa. Uhanalaiset lajit on listattu luonnonsuojeluasetuksessa (Luonnonsuojeluasetus 1997/160, liite 4 2021/521), ne liittyvät vahvasti yleiseen luonnon monimuotoisuuden turvaamistavoitteeseen, ja ne tulisi huomioida maankäytön suunnittelussa. Uhanalaiseksi tai silmälläpidettäväksi listatun lajin esiintymän tuhoaminen ei kuitenkaan vaadi luonnonsuojelulain poikkeuslupamenettelyä.

Kuusivaaran pohjoispuolella Kenttäaavalle sekä eteläpuolella Eliasaavalle sijoittuu eutrofisia lähteitä ja lähteisiä soita sekä lettoja, joten näiden kasvupaikkojen osittaisen tuhoutumisen ja olosuhteiden muutoksen myötä häviää myös vaateliasta ja uhanalaista lajistoa, joista osa on erityisesti suojeltavia tai EU:n luontodirektiivin lajistoa.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 19-8) on listattu suojelullisesti arvokasta sekä muutoin merkittävää tai harvalukuista putkilokasvi- ja sammallajistoa, joiden kasvupaikkoihin kohdistuu rakentamisesta suoria muutosvaikutuksia. Lajiston esiintymät ovat joko aiemmista rekisteritiedoista tai niiden esiintymiä on todennettu kaivoshankkeen luonto- ja lajistoselvitysten yhteydessä.

Taulukko 19-8 Taulukossa esitetään eri vaihtoehtojen vaikutukset hankealueen inventoinneissa paikannetut tai uhanalaisrekisterin perusteella tarkistetut putkilokasvi- ja sammallajit, jotka ovat joko EU:n luontodirektiivin liitteiden II ja IV lajistoa, luonnonsuojelulain erityisesti suojeltavia, uhanalaisia (CR, EN, VU), silmälläpidettäviä (NT) tai alueellisesti uhanalaisia (RT) kasvillisuusvyöhykkeellä 4b, rauhoitettuja tai Suomen kansainvälisiä vastuulajeja. Tässä taulukossa ei ole tarkasteltu Natura-alueelle sijoittuvia suojeluperustelajeja. Dir. II ja/tai IV = luontodirektiivin liitteen II ja/tai IV laji, r. = rauhoitettu, Es = erityisesti suojeltavat lajit (luonnonsuojeluasetus), KiiS = kiireellisesti suojeltavat lajit, VaL = Suomen kansainvälinen vastuulaji, Uhanalaisuus; CR = äärimmäisen uhanalainen, EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä, LC = elinvoimainen ja RT = alueellisesti uhanalainen. Vaikutuksen merkittävyys asteikolla. Tehdasalue käsittää aidatun alueen. Tässä taulukossa ei ole huomioitu pohjavesivaikutuksia. Lajeille, joita ei ole esitetty taulukossa ei kohdistu vaikutuksia.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Laji	Tieteellinen nimi	Status	Uhanalaisuus 2019	Kasvupaikka (luontotyyppi), yleisyys ja runsaus hankealueella ja Viiankiaavalla	Hankevaihtoehto, jonka alueella vaikutusta muodostuu ja vaikutuksen merkittävyys
Laaksoarho	*Moehringia lateriflora*	Dir. II ja IV, r.	NT	Kelukoski, Kitisen rantatörmä, useita esiintymiä	VE3a, VE3b esiintymiä sijaitsee hihnakuljettimen ja huoltotien läheisyydessä
Neidonkenkä	*Calypso bulbosa*	Dir. II ja IV, r., VaL	VU	Niukka esiintymä hankealueen pohjoisosissa	VE2a, VE2b, VE3a, VE3b esiintymä sijaitsee kaivoksen rakenteiden läheisyydessä
Lettorikko	*Saxifraga hirculus*	Dir. II ja IV, r. VaL	VU	Eliasaapa, Kenttäaapa, Porokodanjänkä letot, lähteiköt, useita esiintymiä, Viiankiaavalla suojeluperuste ja lajin esiintymät paikoin runsaita Natura-alueella	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ylijäämäveden purkuputki (VE1a, VE2a, VE3b)
Lapinleinikki	*Ranunculus lapponicus*	Dir. II ja IV, r., VaL	LC	Kuusivaara, Kenttäaapa, Kitisen ranta-alue, luhtaiset ruoho- ja heinäkorvet, lähteikot, sarakorvet Kohtalaisen runsas, johtuen alueen lukuisista edustavista korpikohteista	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b tehdasalue (esiintymiä tuhoutuu), eteläinen yhdystie, pohjoinen yhdystie, huoltotie ja 110 kV voimalinja
Turjanhorsma	*Epilobium laestadii*	Es., VaL	EN	Vain yksi esiintymä paikannettu Kenttäaavan lähteessä Ken-L5	VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b esiintymä jää tehdasalueen rakenteiden alle
Kalkkilähdesammal	*Philonotis calcarea*	Es.	EN	Yksi esiintymä Kenttäaavan huurresammallähtessä Ken-L4	VE2a, VE2b VE3a, VE3b tehdasalue, hihnakuljetin ja huoltotie (esiintymä tuhoutuu)

Laji	Tieteellinen nimi	Status	Uhanalaisuus 2019	Kasvupaikka (luontotyyppi), yleisyys ja runsaus hankealueella ja Viiankiaavalla	Hankevaihtoehto, jonka alueella vaikutusta muodostuu ja vaikutuksen merkittävyys
Isonuijasammal	*Meesia longiseta*	Es. Dir. II, r., KiiS	EN	Eliasaapa, letot, lettoräme, muutama paikannettu esiintymä Eliasaavan pohjoisosissa Natura-alueen suojeluperuste, Viiankiaavalla useita esiintymiä	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b esiintymiä jää tehdasalueen rakenteiden alle
Karhunlovisammal	*Schistochilopsis grandiretis*	Es.	EN	Eliasaapa, letot, lettoräme	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b esiintymä jää tehdasrakenteiden alle
Kiiltosirppisammal	*Hamatocaulis vernicosus*	Dir. II, r.	NT	Kenttäaapa, Eliasaapa, Ulkusijanaapa, Viiankiaapa, mesotrofiset nevat, lähdevaikutteiset letot	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a esiintymiä jää eteläisen yhdystien ja tehdasalueen alle
Tupsurustojäkälä	*Ramalina roesleri*	Es.	CR	vanhat metsät, Viiankiaavan Natura-alueella, ei suojeluperustelaji	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b
Sirohuurresammal	*Cratoneuron filicinum*		NT	Kenttäaavan huurresammallähteet	VE2a, VE2b, VE3a, VE3b esiintymiä jää tehdasalueen tai hihnakuljettimen ja huoltotien alle
Pohjanhuurresammal	*Palustriella decipiens*		NT	huurresammallähteet, Kenttäaapa, Kitisen rantaalue	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b, tehdasalue, vinotunneli, hihnakuljetin ja huoltotie (esiintymiä tuhoutuu)
Kalkkihuurresammal	*Palustriella commutata*	Es., KiiS	EN	Kenttäaavan huurresammallähde Ken-L4	VE2a, VE2b, VE3a, VE3b esiintymä jää tehdasalueen, hihnakuljettimen ja huoltotien alle
Kaitakämmekkä (lapinkämmekkä)	*Dactylorhiza traunsteineri*	r.	VU	Kenttäaapa, Poronkodanjänkä, Eliasaapa, lettoräme	VE1a, VE1b, esiintymiä jää aidatun alueen sisäpuolelle ja purkuputken (purkupaikka A) alle VE2a, VE2b esiintymiä jää tehdasalueen rakenteiden alle
Lettosara	*Carex heleonastes*	VaL	VU	Eliasaapa, rimpisuot, letot	VE1a, VE2a
Vaaleasara	*Carex livida*	VaL	LC	Eliasaapa, Kenttäaapa, Viiankiaapa, Porokodanjänkä, mesotrofiset nevat,	VE1a, VE2a, VE3a esiintymä jää eteläisen yhdystien alle
Pohjansirppisammal	*Sarmentypnum tundrae*	VaL	LC	luhtanevat, rimpinevat, letot	VE1a, VE2a, VE3a eteläinen yhdystie
Tataarikohokki	*Silene tatarica*		NT	Kuusivaarantie, hiekkakentät, tienpientareet	VE1a, VE2a, VE3a eteläinen yhdystie

Laji	Tieteellinen nimi	Status	Uhanalaisuus 2019	Kasvupaikka (luontotyyppi), yleisyys ja runsaus hankealueella ja Viiankiaavalla	Hankevaihtoehto, jonka alueella vaikutusta muodostuu ja vaikutuksen merkittävyys
Kanadanluppo	*Bryoria fremontii*		NT	kuiva kangas	VE2a, VE2b, VE3a, VE3b tehdasalue hihnakuljetin ja huoltotie (esiintymä tuhoutuu)
Kellosinilatva	*Polemonium acutiflorum*	VaL	LC	Kenttäaapa, Eliasaapa, Kelujoen ranta-alue	VE1a, VE2a, VE3a eteläinen yhdystie
Pallopäärahkasammal	*Sphagnum wulfianum*	VaL	LC	korvet, kangasräme	VE1a, VE2a, VE a eteläinen yhdystie
Hetekinnassammal	*Scapania paludosa*		VU	Kenttäaapa, Porokodanjänkä rimpinevat, letot runsas Viiankiaavan Natura-alueella	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b 110 kV voimalinja
Kaltiokinnassammal	*Scapania uliginosa*		NT	Kuusivaarantie, rimpinevat, letot	VE1a, VE2a, VE3a eteläinen yhdystie
Suopuna-kämmekkä	*Dactylorhiza incarnata* ssp. *incarnata*		NT	Kenttäaapa, Eliasaapa, Poronkodanjänkä, mesotrofiset nevat, letot	VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a, VE3b esiintymiä jää tehdasalueen ja purkuputken (purkupaikka A) alle
Soikkokaksikko	*Neottia ovata*	r.	LC	Kenttäaapa, mesotrofiset nevat, letot	VE3a, VE3b esiintymiä jää tehdasalueen ja purkuputken alle (purkupaikka A)
Ahokissankäpälä	*Antennaria dioica*		NT	Pahalaaksonmaa, Kelujoen ja Kitisen törmät	VE1b, VE2b, VE3b esiintymiä sijaitsee lähellä purkuputken linjausta (purkupaikka B)
Luhtalemmikki	*Myosotis scorpioides*		RT	Kitisen rannat, Kuusivaarassa	VE1b, VE2b, VE3b pohjoinen yhdystie
Leskenlehti	*Tussilago farfara*		RT	Kitisen rannat	VE 1b, VE2 b, VE3 b pohjoinen yhdystie
Siperianvehniö	*Elymus fibrosus*		VU	vanha esiintymätieto, ei paikannettu (Kelukoski)	VE1a, VE2a, VE3a eteläinen yhdystie

Luontodirektiivin liitteen IV b putkilokasvit ja II sammalet

Neidonkengän niukka esiintymä sijoittuu hankealueen pohjoisosiin, missä esiintymän lähialueella on hankevaihtoehdoissa VE2a, VE2b ja VE3a kaivoksen sisäänkäynnin rakenteita sekä VE3a ja VE3b levennettävä huoltotiealue. Lajin esiintymän olosuhteille arvioidaan aiheutuvan lieviä pölyvaikutuksia sekä levennettävän tien aiheuttamia kasvupaikan mahdollisia hydrologisia muutosvaikutuksia. Kokonaisuutena hankkeen vaikutukset lajin esiintymälle arvioidaan merkittävyydeltään **kohtalaisiksi**.

Lettorikon esiintymiä sijoittuu Eliasaavan ja Kenttäaavan pohjavesivaikutteisille letoille, Kitisen ranta-alueen suolle, Porokodanjängän länsiosiin sekä erityisesti Viiankiaavalle. Suoria lajin kasvupaikan menetyksiä ei eri hankevaihtoehtojen rakentamisesta aiheudu. Esiintymien lähialueelle rakentamisen sekä valuma-aluemuutosten myötä kasvupaikkojen heikentymisen arvioidaan aiheuttavan

merkittävyydeltään **kohtalaista** haittaa lettorikon esiintymille Kuusivaaran ympäristössä. Lisäksi lajin esiintymiä sijoittuu Porokodanjängän länsiosissa putkilinjojen lähialueelle, jolloin linjan kaivaminen saattaa aiheuttaa lajin kasvupaikan heikentymistä. Lettorikon esiintymien heikentyminen on mahdollista vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3 ja VE3b. Hankevaihtoehtojen tarkemmassa suunnittelussa lajin osalta tulee mahdollisesti kyseeseen lajisuojelusta poikkeaminen.

Lettorikko on myös Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperustelaji, joten sen Natura-alueella sijaitsevien esiintymien olosuhteiden muutoksia on käsitelty tarkemmin Sakatin kaivoshankkeen Natura-arvioinnissa (Liite 6).

Lapinleinikin esiintymiä häviää Kuusivaaran tehdasrakenteiden alueella kaikissa hankevaihtoehdoissa sekä suorien että epäsuorien (pohjavesi-) vaikutusten takia. Lapinleinikki on uhanalaisuusluokitukseltaan elinvoimainen laji ja sen esiintymiä on Peräpohjolan kasvillisuusvyöhykkeellä (4b) melko runsaasti. Laji on rauhoitettu ja lukeutuu Suomen vastuulajeihin. Pohjoinen yhdystie kulkee vaihtoehdoissa VE1b, VE2b ja VE3b Kipittikummuilla sijaitsevan ison lapinleinikkiesiintymän lävitse, jolloin esiintymä tuhoutuisi. Myös voimalinja sijoittuisi Kipittikumpujen esiintymän läheisyyteen, mutta esiintymää voitaisiin huomioida rakentamistöiden ajankohdalla ja pylvässijoittelulla, jolloin vaikutukset jäisivät pieneksi. Vaikutukset lapinleinikille arvioidaan kokonaisuudessaan merkittävyydeltään **kohtalaisiksi** lajin runsaus ja uhanalaisstatus huomioiden, mutta esiintymien tuhoutuminen vaatii tarkemman poikkeuslupamenettelyn, jossa tarkastellaan laajemmin lajin populaatiokokoa sekä elinvoimaisuutta alueellisesti.

Laaksoarhon paikannettuja esiintymiä sijoittuu Kitisen tulvarannoille. Hankkeella ei arvioida olevan lajin olosuhteita heikentäviä vaikutuksia missään vaihtoehdossa.

Isonuijasammalen esiintymiä Eliasaavan pohjoisosassa ja Kenttäaavalla jäävät tehdasrakenteiden alle hankevaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE 2a, VE 2b, VE3a ja VE3b, jolloin ne häviävät. Pohjoinen yhdystie rakennetaan VE 1b, VE2b ja VE3b Kipittikumpujen kaakkoispuolisella suoalueella sijaitsevan isonuijasammalen läheisyyteen. Rakentamistyöstä ja tieojasta voi aiheutua mahdollisten tien läheisyydessä aiheutuvien kuivahtamisvaikutusten kautta heikentymistä tällä esiintymälle. Tarvekivilouhoksen vaiheen 3 aiheuttama pohjaveden alenema vaikuttaa heikentävästi Kenttäaavan isonuijasammalen kasvupaikkaolosuhteisiin (Taulukko 19-13). Suurin osa Kuusivaaran ympäristön isonuijasammalesiintymistä siten tuhoutuisi tai heikentyisi. Isonuijasammalesta on tiedossa Suomessa alle 400 esiintymää (Lajitietokeskus 2023). Suuri osa Sodankylän alueen isonuijasammalhavainnoista on tehty Eliasaavalla, Kenttäaavalla ja Viiankiaavan länsiosalla eli hankkeen vaikutusalueella. On todennäköistä, että isonuijasammalen esiintymiä on alueella enemmän kuin on tiedossa, koska hankealueen vaikutusalue on systemaattisesti kartoitettu toisin kuin suurin osa muista alueen soista. Käytettävissä olevien esiintymistietojen perusteella arvioidaan vaikutusten merkittävyys **suureksi kielteiseksi**. Tämä arviointi perustuu osin vielä tarkistamatta oleviin lajihavaintotietoihin, joten tähän liittyy epävarmuustekijöitä.

Kiiltosirppisammalen hajanaisia esiintymiä Kenttäaavan ja Kenttäaavan länsiosissa, Eliasaavan pohjoisosassa sekä eteläisen yhdystien lähialueella häviävät useissa eri hankevaihtoehdoissa. Poronkodanjängän esiintymä mahdollisesti heikentyy tarvekivilouhoksen vaiheen 3 aiheuttavan pohjaveden aleneman seurauksena (Taulukko 19-13). Näiden suhteellisen pienalaisten esiintymien häviämisen

tai heikentämisen merkittävyys arvioidaan **kohtalaiseksi kielteiseksi**. Lajista on olemassa laajempia esiintymiä lähialueella, Viiankiaavalla sekä Eliasaavan keski- ja eteläosassa, rimpiletoilla ja lettonevoilla.

Erityisesti suojeltavat ja erittäin uhanalaiset lajit

Kalkkihuurresammalen ja **kalkkilähdesammalen** esiintymät Kenttäaavan huurresammallähteessä Ken-L4 tuhoutuisivat rakentamisen vuoksi vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Kalkkihuurresammal ja kalkkilähdesammal ovat herkkiä muutoksille lähteestä purkautuvan pohjaveden määrässä, virtaamassa ja mineraalipitoisuudessa. Kalkkihuurresammaleesta on tiedossa viimeisten kymmenen vuoden ajalta alle 200 havaintopaikkaa (Lajitietokeskus 2023), joista useat sijoittuvat alle 30 km päähän Käppäläaavan lähteisiin. Kenttäaavan kalkkihuurresammalesiintymä on sen sijaan pieni ja eristäytynyt, joten se lienee altis satunnaistekijöiden seurauksena tapahtuvalle häviämiselle. Kenttäaavan kalkkihuurresammalen esiintymispaikan tuhoutuminen tai heikkeneminen lajin säilymiselle arvioidaan merkittävyydeltään **kohtalaiseksi kielteiseksi**. Kalkkilähdesammaleesta on viimeisten kymmenen vuoden ajalta tiedossa alle 150 havaintoa (Lajitietokeskus 2023), jotka kaikki sijoittuvat etäälle lähteestä Ken-L4. Pienen ja eristyneen esiintymän luontainen häviämisriski satunnaistekijöiden takia on suhteellisen suuri, joten esiintymän merkittävyys lajin säilymiselle paikallisella tasolla on suhteellisen heikko. Kenttäaavan esiintymän tuhoutumisen merkittävyys on silti **suuri kielteinen**, koska alueen ainoan esiintymän häviäminen poistaisi lajin mahdollisuuden levitä muihin soveltuviin kasvupaikkoihin eli alueen muihin huurresammallähteisiin.

Karhunlovisammalen esiintymiä jäävät aidatun tehdasalueen sisäpuolelle hankevaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE2b, jolloin ne todennäköisesti tuhoutuvat. Hankevaihtoehdossa VE1b esiintymät jäävät tehdasalueen rakenteiden alle, jolloin esiintymät tuhoutuvat. Lajin populaatiokoko Suomessa on pieni (alle 150 havaintoa, Lajitietokeskus 2023), ja kaksi esiintymää sijoittuu Viiankiaavan Natura-alueella hankkeen vaikutusalueelle. Alle 30 kilometrin etäisyydellä on tiedossa muita yksittäisiä esiintymiä Viiankiaavan itäpuolella. Kahden esiintymän häviämisen vaikutus lajin säilymismahdollisuuksiin paikallisella tasolla arvioidaan merkittävyydeltään **kohtalaiseksi kielteiseksi**.

Turjanhorsmaa havaittiin Kenttäaavan lähteessä Ken-L5, joka arvioidaan tuhoutuvan vaihtoehdoissa VE 2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Lisäksi turjanhorsma kasvaa lähes poikkeuksetta lähilajiensa ja niiden risteymien seassa ja on siksi haastava tunnistettava. Tästä syystä ei voida poissulkea mahdollisuutta, etteikö lajia esiintyisi muissakin alueen lähteissä ja kannan koosta on vaikea tehdä johtopäätöksiä olemassa olevan tiedon perusteella. Olemassa olevien tietojen perusteella alueen ainoan turjanhorsman esiintymän tuhoutumisen merkittävyys lajin säilyttämiselle paikallisella tasolla arvioidaan **suureksi kielteiseksi**. Turjanhorsma on esiintymien vähälukuisuuden ja populaatioiden pienuuden vuoksi altis satunnaiselle häviämiselle, mikä korostaa yksittäisten esiintymispaikkojen merkittävyyttä lajin säilymiselle.

19.4.5 Toiminnan aikaiset vaikutukset luontotyypeille ja kasvillisuudelle

Tässä vaikutusarvioinnissa tarkastellaan varsinaisen kaivostoiminnan, eli maanalaisen kaivoksen toiminnan etenemisen, Kuusivaarassa sijaitsevien tehdasalueen toimintojen, liikenteen (yhdystie, huoltotie) sekä malmin- ja sivukiven siirron (hihnakuljetin) vaikutuksia arvokkaille luontotyypeille ja

lajistolle. Kaivoksen toiminnan aikaisilla vaikutusmekanismeilla on toimintavuosien edetessä kertautuvia ja voimistuvia ominaisuuksia. Vaikutusarviointi perustuu suunnitelmien mukaisiin toimintoihin ja niiden sijainteihin.

Toiminnan aikaisissa vaikutuksissa luontotyypeille ja kasvillisuudelle aiheutuvat merkittävimmät vaikutukset ovat välillisiä vaikutuksia, jotka muodostuvat maaperän pohjaveden pinnantason muutosten myötä.

Hydrologiset vaikutukset luontotyypeille

Hydrologiset vaikutukset muodostuvat sekä pohja- että pintavesivaikutusten kautta.

Pintavesivaikutukset

Kuusivaaralle suunniteltu tehdasalue sijoittuu Porokodanjängän ja Eliasaavan valuma-alueille pienentäen valuma-aluetta vaihtoehtojen VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b osalta noin 10 %. Vaihtoehtojen VE3a ja VE3b osalta toiminnot sijoittuvat pääasiassa Kenttäaavan valuma-alueeseen (ks. luku 17.3.2). Porokodanjängältä Kitiseen laskevan ojan virtaama pienenee valuma-alueen pienentymistä vastaavasti. Oja ei ole luonnontilainen vaan ihmistoiminnan seurauksena syntynyt (Eurofins Oy 2022) ja siten ei kuulu vesilain piiriin (Luku 19.3.4.), joten Porokodanjängän ojalle aiheutuvat vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään **vähäisiksi** (vaihtoehdot VE1a, VE1b, VE2a ja VE3a).

Kaivoksen toiminnan aikana etelän suunnan Eliasaavan (Eliasojan) valuma-alue valuma-alueen pinta-ala pienentyy vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b noin 20 % (arvio, ks. Kuva 17-19, Kuva 17-21, Kuva 17-23 ja Kuva 17-25) ja puroksi luokitellun Eliasojan latvaosan virtaama pienenee sen seurauksena karkeasti arvioiden alle 10 % nykyisestä. On kuitenkin huomioitava, että Eliasojan hydrologisia tietoja ei ole saatavissa arvioinnin tueksi ja jängällä tarkka valuma-alueen rajaaminen ei ole mahdollista. Muutos on **vähäinen** ja viranomainen arvioi, onko tältä osin tarvetta hakea vesilain mukaista poikkeamislupaa. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b mainittavia vaikutuksia ei aiheudu Eliasojassa, koska tehdasalue ulottuu vain vähän Eliasojan valuma-alueelle.

Kuusivaaran tehdasalueen ja tarvekivilouhoksen rakentamisen myöten myös pintavesivalunta Kuusivaaraa ympäröiville suoalueille vähenee. Kuusivaara ympäröivät suot ovat suureksi osin rinnesoita, joiden suopinnan kautta Kuusivaaralta tulevat pintavedet virtaavat alamäkeä ja kerääntyvät vetiselle allikkoalueille sekä rimpinevoihin ja rimpilettoihin. Pintavesivalunta vaikuttaa suoalueiden vesitasoon ja ravinteisuustasoon (mineraalipitoisuus).

Vaikutukset kohdistuvat etenkin vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b suunniteltujen tehdasrakenteiden eteläpuoliselle Eliasaavan pohjoisosan vetisellä suoalueella esiintyville silmälläpidettäville luontotyypeille rimpiletot, lettonevat ja lettonevarämeet sekä uhanalaisille lettorämeille (VU). Koivikkokummun ja Palokummun eteläpuoliselle alueelle eli Eliasaavan keski- ja eteläosalle ja siellä esiintyvien uhanalaisten luontotyyppiin lettorämeet (VU), välipintaletot (EN), koivuletot (VU) ja välipintakoivuletot (EN) sekä silmälläpidettäviin luontotyyppeihin lettokorvet, sarakorvet, ruohokorvet, korpirämeet, lettonevat, lettonevarämeet ja rimpiletot kohdistuvien pintavesivaikutusten arvioidaan olevan vähäisempiä. Eliasaavan keskiosalla on iso direktiivilajien esiintymä (kiiltosirppisammal ja lettorikko), jota käsitellään jäljempänä lajistoon kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa.

Lisäksi tehdasalueen rakentamisella voi olla kuivattavia vaikutuksia sen lähialueen suoalueille eli erityisesti silmälläpidettäville rimpiletoille, lettonevoille ja uhanalaisille lettorämeille.

Vaihtoehtoissa VE3a ja VE3b tehdasalue rakennetaan Kuusivaaran pohjoisrinteelle, jolloin pintavesivalunta Kenttäaavalle vähenee. Vaikutukset ilmenevät toiminta-aikana ja ne kohdistuvat uhanalaisiin lettorämeisiin, välipintalettoihin sekä silmälläpidettäviin rimpilettoihin.

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakennetaan lisäksi hihnakuljetin, jonka yhteydessä on huoltotie ja 20 kV sähkölinja Kuusivaaran tehdasalueelta Pahanlaaksonmaalle. Eri alavaihtoehdoissa tämä hihnakuljetin ja huoltotie sijoittuvat Kuusivaaran pohjoispuolella Kenttäaavan yhtenäisten lettoalueiden itäpuolelle. Alueen rakentaminen ja raivaaminen muuttavat Kenttäaavan eteläosan hydrologiaa yhteisvaikutuksena valuma-alueen pienentymisen kanssa siinä määrin, että vaikutus lettojen luontotyypeille on merkittävyydeltään **kohtalainen** tai **suuri**. Vaikutukset ilmenevät ajan kuluessa toiminta-aikana.

Yllä mainituista lettotyypeistä rimpiletot, koivuletot ja reunavaikutteiset lettorämeet ovat herkimmät muutoksille pintavalunnassa. Muut suotyypit heikentyvät myös, mikäli pintavesivalunnan vähentäminen aiheuttaa muutoksia suon vesitasoon. Valuma-alueen pienentymisen vaikutusten suuruuden on arvioitu olevan merkittävyydeltään **vähäinen** – **kohtalainen** edellä mainittuihin reunavaikutteisiin rimpilettoihin, koivulettoihin ja lettorämeisiin.

Pohjavesivaikutukset

Maanalaisen kaivoksen (vinotunnelit ja tuotantotunnelit) ja tarvekivilouhoksen kuivanapidon arvioidaan aiheuttavan maaperän pohjavedenpinnan laskua (Itasca Denver Inc. 2023, AFRY Finland Oy 2022a). Pohjavedenpinnan alenema koskettaisi erityisesti Kuusivaaran aluetta. Toiseksi suurimmat alenemat tapahtuvat Pahanlaaksonmaalla, jonka alla sijaitsevat suunnitelmien mukaiset Sakatin esiintymälle johtavat vinotunnelit (vaihtoehto VE1a). Kolmas alue, jolle alenemat kohdistuvat on Kenttäaavan keski- ja pohjoisosa. Pohjaveden alenemat ja niiden eteneminen eri toimintavuosissa on käsitelty tarkemmin luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen. Natura-alueelle eri toimintavuosina kohdistuvat pohjaveden alenemat ja niiden vaikutukset käsitellään Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a). Mallinnettu maaperän pohjaveden alenema vaihtelee vuodenajoittain ollen suurin lopputalvella ja pienin lumien sulamisvesien täydentäessä pohjavesivarastoja keväällä touko–kesäkuussa. Aleneman syklinen vuosittaisvaihtelu on eri alueilla eri suuruista, turvealueilla tyypillisesti 0,2–0,5 metriä ja Pahanlaaksonmaalla jopa kaksi metriä. (Itasca Denver Inc. 2023.)

Kuusivaaran alueella on todettu olevan oma erillinen pohjavesisysteeminsä ja tällä alueella pohjaveden imeytyminen on tehokasta huuhtoutuneen moreenin sekä rinteen juurella olevien hiekkakerrostumien ansiosta (Salonen 2020). Kuusivaaran alueella muodostunutta pohjavettä on todettu purkautuvan mm. Kenttäaavan ja Eliasaavan alueella kartoitetuissa huurresammallähteissä ja muissa lähteissä (Ramboll Finland Oy 2019a ja 2021). Kuusivaaran tehdasalueen rakentaminen muuttaa kaikissa hankevaihtoehdoissa sen ympäristöön Porokodanjängälle, Eliasaavalle ja etenkin Kenttäaavalle purkautuvien pohjavesien määrää mm. valuma-alueiden pienentymisen johdosta. Tällä on vaikutusta muodostuvan pohjaveden määrään. Valuma-alueen pienenemisen merkittävyyden arvioidaan kuitenkin olevan pieni (ks. Luku 17).

Maaperän pohjaveden pinnantason laskulle herkkiä luontotyyppejä (ja niillä esiintyvää lajistoa) ovat etenkin lähteet ja lähteiköt, lähdepurot sekä lähde- ja pohjavesivaikutteiset suot, jotka ovat riippuvaisia tietystä suoveden pinnantasosta sekä pohjavesivaikutuksesta johtuvasta veden mineraalipitoisuudesta.

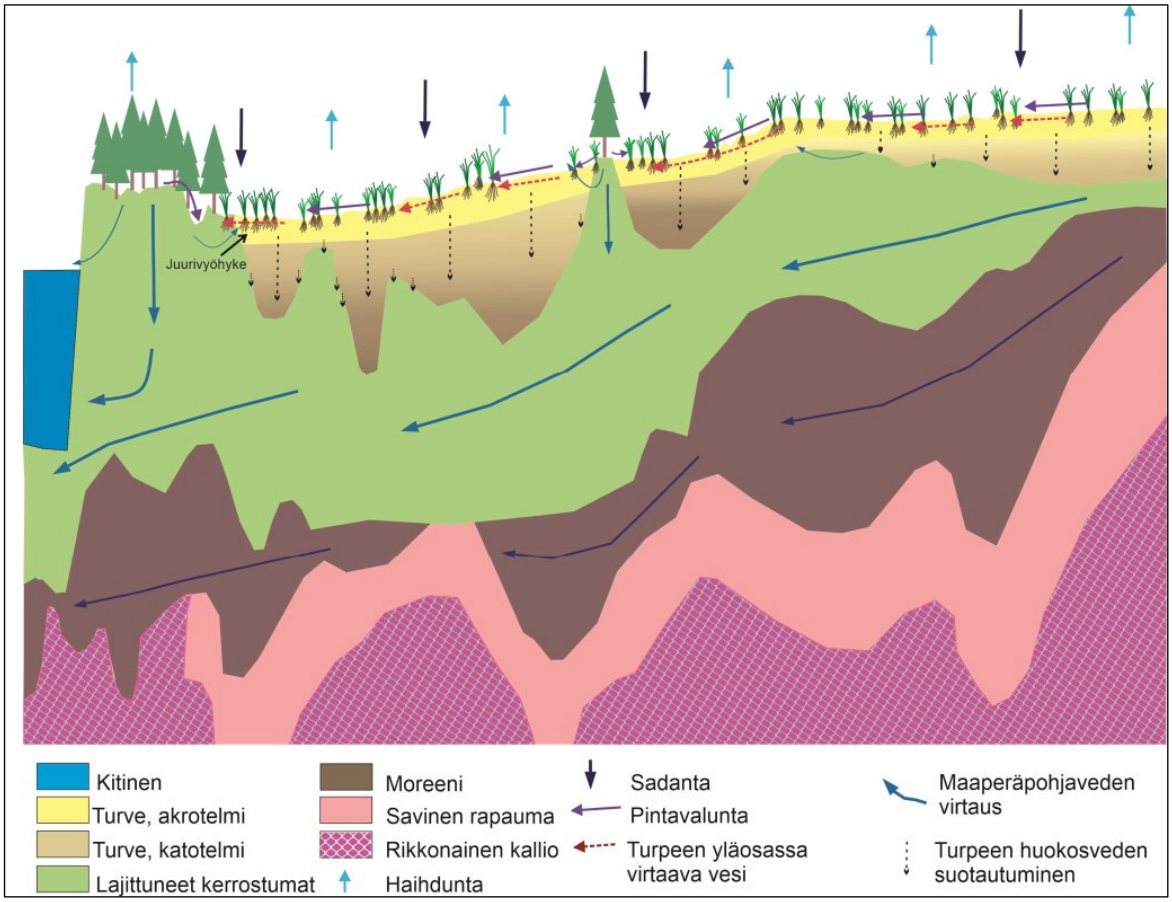
Lähteet, lähteiköt, tihkupinnat ja lähdepurot

Lähteillä, lähteiköillä, tihkupinnoilla ja lähdepuroilla on suuri herkkyys pohjaveden purkauksen vähenemiselle, koska ne ovat suoraan riippuvaisia pohjavedestä ja niiden kyky säädellä vedenpintaa on heikko. Lähteistä purkautuvan pohjaveden virtaus pitää yllä suoraa hydraulista yhteyttä pohjavesivaraston ja lähteen vedenpinnan välillä. Lähteen lajiston koostumus riippuu mm. lähteen virtaamasta, veden mineraalipitoisuudesta, pH:sta ja lähteen rakenteesta. Pohjaveden tasalämpöisyys on lisäksi tärkeä ekologinen tekijä.

Jo suhteellisen vähäiset muutokset pohjaveden purkautumisen määrässä ja laadussa voivat vaikuttaa lähde-ekosysteemin toimivuuteen sekä lajiston kasvupaikkaolosuhteisiin, jotka johtavat muutoksiin lajiston koostumuksessa. Muutoksille herkimmät lajit ovat vaateliat lähdelajit kuten huurresammalet ja erityisiin olosuhteisiin erikoistuneet, usein harvinaiset tai uhanalaiset lajit kuten esim. turjanhorsma. Turjanhorsma reagoi myös luontaisiin säätekijöistä riippuviin pohjavesivaihteluihin kannanvaihtelulla (Jäkäläniemi ym. 1999). Tämän seurauksena heikentävät muutokset lähteen virtaamassa voivat vaikuttaa kielteisesti lähteen lajimäärään ja johtaa lähdelajiston yksipuolistumiseen. Muutokset voivat johtaa siihen, että lähdelajiston selviämismahdollisuudet heikentyvät sen verran, että lähdettä ympäröivä suolajisto sekä pensaiden ja puiden taimet valtaavat alaa lähdelajistosta. Maanalaisen kaivoksen, vinotunnelin ja tehdasalueen aiheuttamien pohjaveden aleneman vaikutusten arvioidaan ulottuvan Kenttäaavan huurresammallähteisiin, Kuusivaaran lähteelle, Eliasaavan pohjoisosan lähteille ja osalle Kitisen ranta-alueen lähteille. Hankkeen vaihtoehtojen vaikutukset lähteisiin on käsitelty tarkemmin luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen (Taulukko 16-21). Vaikutuspiirin sisällä olevat luonnontilaiset lähteet kuuluvat vesilain piiriin, joten niiden luonnontilaa heikentävät toimenpiteet vaativat vesilain 11 § suojelumääräyksistä poikkeamista. Kenttäaavan huurresammallähteissä on tiedossa erityisesti suojeltavien, uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien esiintymiä. Lajistoon kohdistavien vaikutusten merkittävyydet käsitellään alempana.

Suot

Suoveden laatu riippuu suolle saapuvien vesien (sade-, pinta- ja pohjavesi) kemiasta/mineraalipitoisuudesta, eri vesilähteistä tulevien vesien keskinäisten suhteista sekä ajallisesta vaihtelusta. Sekä pohja- että pintavesi tuovat mineraaleja suolle. Suoveden mineraalipitoisuus riippuu monesta tekijästä, virtauksen voimakkuuden lisäksi mm. pohjaveden osalta kallioperästä ja pohjavedenpinnan syvyydestä sekä pintaveden osalta suota ympäröivien kangasmaiden maaperän ominaisuuksista. Pohjavesi voi purkautua usealla eri tavalla suon pintaan (esim. virtaaman voimakkuuden vaihtelu), ks. Kuva 19-2.



Kuva 19-12 Käsitteellinen länsi-itä -suuntainen leikkaus Viiankiaavalta. Kuvassa on havainnollistettu pohjaveden muodostumista ja virtausta Viiankiaavan olosuhteissa. (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, mukailtu.)

Soiden vesitasossa tapahtuu luonnollista vuosittaista vaihtelua vesitason ollessa korkeimmillaan kevättulvan aikaan. Kevättulvan vedet virtaavat osin soilta pois, osin jäävät suon vetisiin allikoihin ja rimpinevoihin. Pintavesien säilyminen suolla kesän yli riippuu pitkälti säätekijöistä. Pitkien kuumien ja vähäsateisten sääjaksojen aikaan soiden rimpipinnat voivat jopa kuivahtaa, kun taas viileän ja sateisen kesän aikana ne pysyvät vetisinä. Pohjaveden tasainen tihkuminen suon pinnalle tasaa suon vesitasoa ja vaimentaa sääolosuhteiden aiheuttamia vaihteluita.

Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän sään vaihtelua ja sään ääri-ilmiöitä, jonka seurauksena soiden vesitason vaihtelu voi kasvaa. Myös pohjaveden alenemien aiheuttava suon pohjavesivaikutteisuuden väheneminen voi aiheuttaa soiden vesitason vaihtelun kasvaminen. Pohjaveden alenemilla ja ilmastonmuutoksella voi siten olla yhteisvaikutuksia. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia on tarkemmin käsitelty luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen.

Osa rimpipinnan lajeista on herkkiä vesipinnan vaihtelun aiheuttamalle ajoittaiselle suonpinnan kuivahtamiselle (Mälson ym. 2008) ja niiden selviämismahdollisuudet voivat heikentyä vedenpinnan vaihteluiden yleistyessä ja voimistuessa. Näihin lajeihin kuuluvat etenkin vetisten rimpipintojen sammalet. Suurin osa rimpipintojen lajeista on herkkä pidempiaikaisemmalle kuivumiselle. Suon vesipinnan aletessa rimpipinnan lajit häviävät ensimmäisinä ja vähenevät voimakkaimmin

(Tahvanainen 1999). Etenkin lajirikkaiden rimpilettojen osalta rimpipinnan lajien häviämisellä on kielteisiä vaikutuksia alueen monimuotoisuudelle (Mälson ym. 2008). Suopinnan kuivuessa välipintalajit valtaavat alaa rimpipintalajeilta eli kasvillisuus ja luontotyyppi muuttuvat.

Lähde- ja pohjavesivaikutteiset suot

Selkeästi pohjavesivaikutteisilla soilla on tietty pohjavesivaikutteisuutta indikoivaa indikaattorilajistoa, mm. rassisammal, heterahkasammal ja kalvaskuirisammal. Pohja- ja myös pintavesivaikutteisilla soilla esiintyy tiettyä näihin olosuhteisiin erikoistunutta lajistoa kuten esim. lapinsirppisammal, kiiltosirppisammal, isonuijasammal ja lettorikko. Nämä lajit ovat herkkiä muutoksille pohjavesivaikutteisuuden voimakkuudessa.

Kaivoshankkeesta johtuvan maaperän pohjavedenpinnan laskun arvioidaan aiheuttavan muutoksia lähde- ja pohjavesivaikutteisten soiden vesitaloudessa ja suoveden mineraalipitoisuudessa. Pohjaveden fysikaalinen ja kemiallinen koostumus (mineraalipitoisuus) poikkeaa sadevedestä ja pintavedestä. Siitä syystä muutokset pinta- ja pohjaveden sekoitussuhteessa vaikuttavat suon vedenlaatuun, sitä kautta kasvilajien kasvupaikkaolosuhteisiin ja edelleen lajistokoostumukseen. Sammallajit ovat yleensä herkempiä muutoksille kuin putkilokasvit.

Letot ym. ravinteiset suot

Pohjavesi voi purkautua suon pintaan laaja-alaisena epämääräisenä tihkuna. Heikko pohjavesivaikutus ei aina ilmennä tyypillisten pohjavesivaikutteisuutta indikoivien lajien esiintymistä. Heikko pohjavesivaikutus voi näkyä myös ympäristöä korkeampana ravinteisuustasona tai mineraalipitoisuutena, jolloin paikalla esiintyy lettoja tai mesotrofisia suotyyppejä. Näillä kohteilla pohjaveden aleneman aiheuttama pohjavesivaikutuksen väheneminen voi johtua pidemmällä aikavälillä suon ravinteisuustason köyhtymiseen, mikä aiheuttaa muutoksia kasvupaikkaolosuhteissa ja kasvilajistossa. Edellä kuvailuille muutoksille herkkiä uhanalaisia lajeja ovat korkeaa ravinteisuustasoa suosivat suolajit kuten esim. kaitakämmekkä ja veripunakämmekkä.

Yhteenveto hydrologisista vaikutuksista luontotyypeille

Pohjaveden virtausmallinnus on tehty hankevaihtoehdolle VE1a, jonka vuoksi ei voida arvioida muiden hankevaihtoehtojen pohjavesivaikutuksia kasvillisuudelle ja luontotyypeille. Voidaan kuitenkin arvioida, että muissa hankevaihtoehdoissa maanalaisen kaivoksen ja Kuusivaaralle suunnitellun tehdasalueen sekä tarvekivilouhoksen vaikutukset ovat samanlaisia, mutta eroja syntyy eri vinotunnelivaihtoehtojen kautta. Maanalaisen kaivoksen aiheuttamat pohjavedenpinnan alenemat kohdistuvat pääosin Viiankiaavan Natura-alueelle sekä Pahanlaaksonmaalle. Natura-alueelle kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu Natura-arvioinnin yhteydessä (Ramboll Finland Oy 2023a). Kasvillisuus reagoi yleensä usean vuoden tai jopa vuosikymmenen viiveellä kasvupaikkamuutoksiin. Etenkin muutosten alkuaikana voi olla vaikea erotella luonteiset vuosittaiset vaihtelut hankkeen aiheuttamista vaihteluista.

Kuusivaaran tehdasalueen ja vinotunnelin hankevaihtoehdon VE1a 65 ja 80 % tiivistysskenaarion mukaiset pohjavedenpinnan alenemat sekä Kuusivaaralle suunnitellun tehdasalueen ja vinotunnelien aiheuttamat pohjavedenpinnan alenemat (Itasca Denver Inc. 2023) kohdistuvat etenkin

Kenttäaavan uhanalaisiin luontotyyppeihin lettorämeet, lettokorvet ja välipintaletot. Vaikutusalue ja alenemat kasvavat ajan myöten ja ovat suurimmillaan toimintavuotena 22, jolloin 65 % tiivistysskenaariolla maanalaisen kaivoksen aiheuttama yli 10 cm alenema-alueelle sijoittuu kasvukaudella eli kesällä noin 14 ha lettorämettä, 4,5 ha lettokorpea ja 3 ha välipintalettoa. Alenemat ovat hieman pienempiä 80 % tiivistysskenaariolla.

Vaikutukset kohdistuvat myös Kenttäaavan silmälläpidettäviin suoluontotyyppeihin rimpiletot, lettonevarämeet, ruohokorvet, sara-/nevakorvet ja korpirämeet. Näistä pinta-alan osalta suurin vaikutus kohdistuu rimpilettoihin. Lisäksi Kenttäaavan alenema-alueella on useita Pohjois-Suomessa säilyväksi arvioituja suoluontotyyppejä kuten isovarpurämeet, pallosararämeet, tupasvillarämeet, rahkarämeet ja sararämeet. Vaikutukset lähteisiin on selostettu luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen.

Itasca Denver Inc.:n (2023) laatiman pohjaveden virtausmallinnuksen vaihtoehdon VE1a mukaisille alenemakäyrille osuvat uhanalaiset suoluontotyypit on esitetty jäljempänä taulukossa (Taulukko 19-9). Kasvilajeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa kiinnitetään erityistä huomiota yli 30 senttimetrin maaperän pohjaveden pinnan alenemiin, sillä 10–29 senttimetrin pohjaveden pinnan alenema mahtuu avosuoalueiden luontaisen, pitkän aikavälin keskimääräisen vaihteluvälin sisään (tulkinta Salonen 2020 ja Itasca Denver Inc. 2023 raportin tietojen pohjalta, Ramboll Finland Oy 2023a). Siten vaikutuksen suuruuden arvioinnissa yli 30 senttimetrin pohjaveden pinnan alenemaa käsitellään todennäköisempänä sekä voimakkaampana kuin 10–29 senttimetrin pohjaveden pinnan alenemaa. Lisäksi pohjavesimallin tarkkuustasosta johtuen yli 30 senttimetrin alenema-alueen pinta-alaan liittyy vähemmän epävarmuutta kuin 10–29 senttimetrin alenema-alueen pinta-alaan.

Kenttäaavan uhanalaisiin välipintalettoihin, lettorämeihin ja lettokorpiin kohdistuvan vaikutuksen merkittävyyttä arvioidaan **vähäiseksi** – **korkeintaan kohtalaiseksi**. Luontotyyppien osalta on tiedossa suhteellisen vähän uhanalaisten lajien esiintymispaikkoja ja luontotyyppiin kohdistuvan vaikutuksen arvioidaan olevan suuruusluokaltaan pieni – keskisuuri. Silmälläpidettävien luontotyyppien osalta vaikutusten arvioidaan olevan merkittävyydeltään **vähäisiä - kohtalaisia**. Rimpiletot ovat alueella suhteellisen yleisiä luontotyyppejä ja Kenttäaavan rimpiletoissa ei ole havaittu edustavia uhanalaisten tai suojeltujen lajien esiintymiä (Taulukko 19-9).

Taulukko 19-9 Uhanalaisten suoluontotyyppien pinta-alat eri pohjaveden alenemavyöhykkeillä (malli: Itasca Denver Inc. 2022) vaihtoehdolla VE1a ja 65 % tiivistysskenaariolla Kenttäaavalla ja Kuusivaaralla toimintavuonna 22 kesäkuussa. Vaihtoehdon VE1a 80 % tiivistysskenaarion pinta-alat ovat hieman pienemmät. Lyhennelmät: CaL: Campylium-letto, WaL: Warnstorfii-letto, Mkk: metsäkortekorpi, EN: erittäin uhanalainen, VU: vaarantunut. Yli 29 senttimetrin alenemat on merkitty sinisellä värillä.

Pohjaveden alenema (cm)	Luontotyyppi ja uhanalaisluokka (Pohjois-Suomi)		Y-22 (kesäkuu) pinta-ala (ha)	Y-22 (kesäkuu) pinta-ala >30 cm alenemalla(ha)
20–29	välipintaletot (CaL)	EN	0,4	0,4
30–39	välipintaletot (CaL)	EN	0,3	
40–49	välipintaletot (CaL)	EN	0,01	0,3
10–19	välipintaletot (WaL)	EN	1,4	
20–29	välipintaletot (WaL)	EN	0,3	1,7
30–39	välipintaletot (WaL)	EN	0,1	
40–49	välipintaletot (WaL)	EN	0,2	

50–59	välipintaletot (WaL)	EN	0,4	0,7
60–69	välipintaletot (WaL)	EN	0,04	
10–19	lettorämeet	VU	3,9	
20–29	lettorämeet	VU	3,5	7,4
30–39	lettorämeet	VU	2,8	
40–49	lettorämeet	VU	1,6	
50–59	lettorämeet	VU	1,2	
60–69	lettorämeet	VU	0,8	
70–79	lettorämeet	VU	1,1	7,4
80–89	lettorämeet	VU	0,03	
10–19	aitokorvet (Mkk)	VU	0,006	
20–29	aitokorvet (Mkk)	VU	0,1	0,07
30–39	aitokorvet (Mkk)	VU	0,1	
40–49	aitokorvet (Mkk)	VU	0,05	0,2
50–59	aitokorvet (Mkk)	VU	0,05	
10–19	lettokorvet	VU	1,9	
20–29	lettokorvet	VU	1,4	3,3
30–39	lettokorvet	VU	0,2	
40–49	lettokorvet	VU	0,5	
60–69	lettokorvet	VU	0,1	
70–79	lettokorvet	VU	0,2	
80–89	lettokorvet	VU	0,2	1,2
90–99	lettokorvet	VU	0,1	

Kuusivaaralle suunnitellulle tehdasalueelle sijoittuu tarvekivilouhos. Tarvekivilouhokseen arvioidaan virtaavan louhostoiminnan edetessä lisääntyvä määrä pohjavettä, mikä aiheuttaa pohjavedenpinnan alenemaa louhoksen ympäristössä. Aleneman vaikutusvyöhyke on pienin tarvekivilouhoksen alkuvaiheessa ja laajenee louhoksen syventyessä. Suurin alenema on toimintavaiheessa 3, jota tarkastellaan tässä arvioinnissa (Taulukko 19-10).

Kuusivaaralle suunnitellun **tarvekivilouhoksen** pohjavesivaikutukset kohdistuvat etenkin Kenttäaavan uhanalaisiin luontotyyppeihin lettorämeet (20,5 hehtaaria), lettokorvet (kolme hehtaaria) ja välipintaletot (kuusi hehtaaria), jotka sijoittuvat yli 50 senttimetrin ja enintään kolmen metrin aleneman vyöhykkeelle. Näihin luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys arvioidaan **kohtalaiseksi** – **suureksi**. AFRY Finland Oy:n (2022a) laatiman vaihtoehtoa VE1a koskevan mallinnuksen mukaisille alenemavyöhykkeille osuvat uhanalaiset suoluontotyypit on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 19-10). Lisäsi vaikutuksia kohdistuu Kenttäaavan silmälläpidettäviin suoluontotyyppeihin rimpiletot, lettonevarämeet, sara-/nevakorvet, lyhytkorsinevarämeet, muurainkorvet ja lettonevat. Näistä pinta-alan osalta suurin vaikutus kohdistuu rimpilettoihin, joista noin 20 hehtaaria sijoittuu pohjaveden alenema-alueille 0,5–3 metriä. Lisäksi Kenttäaavan alenema-alueella on lukuisia Pohjois-Suomessa säilyväksi arvioituja suoluontotyyppejä, kuten rämeet, pallosararämeet, kangasrämeet, oligotrofiset lyhytkorsinevat ja oligotrofiset sararämeet.

Taulukko 19-10 Uhanalaisten suoluontotyyppien pinta-alat Kenttäaavalla eri pohjaveden alenemavyöhykkeillä Kuusivaaralle suunnitellun tarvekivilouhoksen toimintavaiheen kolmannessa vaiheessa (mallinnus: AFRY Finland Oy 2022a). Lyhennelmät: CaL: Campylium-letto, WaL: Warnstorfii-letto, EN: erittäin uhanalainen, VU: vaarantunut. Yli 29 senttimetrin alenemat on merkitty sinisellä värillä.

Pohjaveden alenema (cm)	Luontotyyppi ja uhanalaisluokka (Pohjois-Suomi)		Vaihe 3 pinta-ala (ha)	Vaihe 3 pinta-ala >30 cm alenemalla (ha)
50–99	välipintaletot (CaL)	EN	0,6	1,9
100–149	välipintaletot (CaL)	EN	0,2	
150–199	välipintaletot (CaL)	EN	0,9	
300–349	välipintaletot (CaL)	EN	0,2	
50–99	välipintaletot (WaL)	EN	3,9	4,1
100–149	välipintaletot (WaL)	EN	0,2	
50–99	lettorämeet	VU	10,2	20,5
100–149	lettorämeet	VU	5,6	
150–199	lettorämeet	VU	1,7	
200–249	lettorämeet	VU	1,7	
250–299	lettorämeet	VU	1,0	
300–349	lettorämeet	VU	0,2	
50–99	lettokorvet	VU	0,9	3
100–149	lettokorvet	VU	1,7	
150–199	lettokorvet	VU	0,4	

Kuusivaaralle suunnitellun tarvekivilouhoksen vaikutukset kohdistuvat Poronkodanjängällä uhanalaisiin luontotyyppeihin lettorämeet (10,3 ha), välipintaletot (1,4 ha) ja lettokorvet (0,3 ha) sekä Kuusivaaran rinteellä aitokorvet (0,2 ha), jotka sijoittuvat yli 50 cm ja enintään 3,5 m aleneman vyöhykkeelle. Näihin luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyyttä arvioidaan **kohtalaiseksi**.

Vaihtoehdossa VE1a AFRY Finland Oy:n (2022a) mallinnuksen mukaisille alenemavyöhykkeille osuvat uhanalaiset suoluontotyypit on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 19-11). Lisäksi vaikutukset kohdistuvat Poronkodanjängän silmälläpidettäviin suoluontotyyppeihin rimpiletot, lettonevarämeet, lettonevat, ruohokorvet, sarakorvet, oligotrofiset lyhytkorsirämeet ja tupasvillarämeet. Kuusivaaran rinteelle sijoittuu lisäksi silmälläpidettävät lähdekorvet. Näistä pinta-alan osalta suurin vaikutus kohdistuu rimpilettoihin, joista noin 15 hehtaaria sijoittuu pohjaveden alenema-alueille 0,5–1,5 metriä. Lisäksi Kenttäaavan alenema-alueella on lukuisia Pohjois-Suomessa säilyväksi arvioituja suoluontotyyppejä kuten rämeet, pallosararämeet, kangasrämeet, oligotrofiset lyhytkorsinevat ja oligotrofiset sararämeet.

Taulukko 19-11. Uhanalaisten suoluontotyyppien pinta-alat Poronkodanjängällä ja Kuusivaaralla eri pohjaveden alenemavyöhykkeillä Kuusivaaralle suunnitellun tarvekivilouhoksen toimintavaiheen kolmannessa vaiheessa vaihtoehdossa VE1a (mallinnus: AFRY Finland Oy 2022a). Lyhennelmät: CaL: Campylium-letto, Mkk: metsäkortekorpi, EN: erittäin uhanalainen, VU: vaarantunut. Yli 29 senttimetrin alenemat on merkitty sinisellä värillä.

Pohjaveden alenema (cm)	Luontotyyppi ja uhanalaisluokka (Pohjois-Suomi)		Vaihe 3 pinta-ala (ha)	Vaihe 3 pinta-ala > 30 cm alenemalla (ha)
100–149	välipintaletot (CaL)	EN	1,3	1,4
150–199	välipintaletot (CaL)	EN	0,2	
50–99	lettorämeet	VU	9,5	10,3
100–149	lettorämeet	VU	0,9	
50–99	lettokorvet	VU	0,3	0,3
200–249	aitokorvet (Mkk)	VU	0,02	0,2
250–299	aitokorvet (Mkk)	VU	0,1	
300–349	aitokorvet (Mkk)	VU	0,1	
350–399	aitokorvet (Mkk)	VU	0,003	

Yllä kuvaillun tarvekivilouhosvaihtoehdon lisäksi on kaksi vaihtoehtoista sijaintia, joista toinen olisi päävaihtoehtoa VE1 lännempänä (VE2) ja toinen idempänä (VE3), Kuusivaaran lakialueella. Läntisen vaihtoehdon arvioitu pohjaveden alenema kohdistuisi Kenttäaavan länsiosaan suunnilleen samoille suotyypeille kuin yllä kuvatun päävaihtoehdon VE1 alenemat. Vaikutus päävaihtoehdon VE2 läntisen tarvekivilouhoksen lähimpänä sijaitseviin uhanalaisiin suoluontotyyppikuvioihin välipintaletot, lettokorvet ja aitokorvet ja silmälläpidettäviin sarakorpiin olisi kuitenkin voimakkaampi. Lisäksi läntinen tarvekivilouhoksen sijaintivaihtoehto vaikuttaisi Kuusivaaran luoteispuolella sijaitsevaan silmälläpidettävään lettonevaan sekä ainakin kolmeen lähteeseen (Kuu-L2, Kuu-mL1 ja Kuu-mL2).

Kuusivaaran lakialueelle sijoittuvalla päävaihtoehdon VE3 mukaisella tarvekivilouhoksen sijaintivaihtoehdolla olisi vaikutuksia Kenttäaavan itäosan uhanalaisiin luontotyyppeihin välipintaletot ja lettorämeet sekä Natura-alueen suojeluperusteena oleviin suoluontotyyppeihin mukaan lukien kolme lähdettä (Vii-L2, Vii-L3, Vii-L3).

Mikäli sekä VE1a:n mukainen maanalainen kaivos, Kuusivaaran tehdasalue, vinotunneli sekä Kuusivaaralle sijoittuva tarvekivilouhos toteutetaan, niistä aiheutuu yhteisvaikutuksia mm. pohjavesivaikutusten kautta. Itasca Denver Inc. (2023, paikkatietoaineisto) on mallintanut yhteisvaikutuksesta aiheutuvaa pohjavedenpinnan alenemaa. Kaivoksen sisäänkäynnin ja tarvekivilouhoksen lähiympäristössä pohjavedenpinnan alenema on yhteisvaikutuksen johdosta suurempi, toisin sanoen pohjavedenpinnan gradientti on jyrkempi Kuusivaaran alueella. Verrattaessa yhteisvaikutusten mallinnuksen tuloksia tarvekivilouhoksen mallinnustuloksiin, on huomioitava alenemakäyrissä ilmenevä huomattava ero Kuusivaaran eteläpuolella Porokodanjängällä ja Eliasaavalla (ks. Luku 16). Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksen perusteella alenemat ovat selvästi suuremmat. Yhteisvaikutusten mallinnustuloksia voidaan pitää luotettavampana lähtökohtana vaikutusten arvioinnissa (ks. Luku 16 Vaikutukset pohjaveteen).

Yhteisvaikutukset kohdistuisivat Kuusivaaran lisäksi etenkin Kenttäaavalle. Aleneman suuruus on enimmillään noin yksi metri Kenttäaavalla. Vaikutukset kohdistuisivat uhanalaisiin suoluontotyyppeihin välipintaletot ja lettorämeet (Taulukko 19-12). Näihin luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyyttä arvioidaan **kohtalaiseksi.** Yhteisvaikutusmallin (Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineisto) perusteella lasketut uhanalaisten luontotyyppien pinta-alat ovat pienempiä kuin tarvekivilouhoksen pohjavesimallin (AFRY Finland Oy 2022a) tai vinotunnelien pohjaveden virtausmallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2022) perusteella lasketut pinta-alat. Vesilailla suojelluista lähteistä huurresammallähteet Ken-L4 ja Ken-L6 sijoittuisivat yhteisvaikutusten alueelle. Lähteet on käsitelty tarkempi Luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen.

Vaikutukset kohdistuvat myös silmälläpidettäviin suoluontotyyppeihin rimpiletot, lettonevat, lettonevarämeet, kangasrämeet, korpirämeet ja muurainkorvet. Näistä pinta-alan osalta suurin vaikutus kohdistuu rimpilettoihin. Lisäksi yhteisvaikutuksen alenema-alueella on useita Pohjois-Suomessa säilyväksi arvioituja suoluontotyyppejä kuten koivuluhdat, luhtanevat, lyhytkorsinevat, lyhytkorsirämeet, pallosararämeet, rahkarämeet, sarakorvet, sararämeet ja rimpinevarämeet. Vaikutukset lähteisiin on selostettu luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen.

Taulukko 19-12 Uhanalaisten suoluontotyyppien pinta-alat eri pohjaveden alenemavyöhykkeillä maanalaisen kaivoksen (65 % tiivistysskenaario) ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutusmallinnuksessa toimintavuonna 22 heinäkuu (malli: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineisto). Lyhennelmät: EN: erittäin uhanalainen, VU: vaarantunut. Yli 29 senttimetrin alenemat on merkitty sinisellä värillä.

Pohjaveden alenema (cm)	Luontotyyppi ja uhanalaisluokka (Pohjois-Suomi)		Y-22 (heinäkuu) pinta-ala (ha)	Y-22 (heinäkuu) pinta-ala > 30 cm alenemalla(ha)
10	välipintaletot	EN	2,6	2,6
30	välipintaletot	EN	1,7	2,5
50	välipintaletot	EN	0,6	
100	välipintaletot	EN	0,3	
10	lettorämeet	VU	9,5	9,5
30	lettorämeet	VU	8,5	12,9
50	lettorämeet	VU	4,3	
10	aitokorvet	VU	0,2	0,2
30	aitokorvet	VU	0,7	0,9
50	aitokorvet	VU	0,1	
100	aitokorvet	VU	0,1	
10	kangaskorvet	VU	1,5	1,5
30	kangaskorvet	VU	0,2	1,4
50	kangaskorvet	VU	0,3	
100	kangaskorvet	VU	1	
10	lettokorvet	VU	4,2	4,2
30	lettokorvet	VU	1,2	2
50	lettokorvet	VU	0,7	
100	lettokorvet	VU	0,0009	
10	varpukorvet	VU	0,02	0,02
30	varpukorvet	VU	0,6	2,7
50	varpukorvet	VU	1,6	
100	varpukorvet	VU	0,6	

Hydrologiset vaikutukset kasvilajeille

Kasvilajeille kohdistuvat hydrologiset vaikutukset ovat välillisiä vaikutuksia, jotka aiheutuvat lajien kasvuympäristön muutosten kautta. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 19-13) on esitetty Kuusivaaralle suunnitellun tehdasalueen ja tarvekivilouhoksen sekä VE1a mukaisten vinotunnelien aiheuttamien pohjavesivaikutusten voimakkuudet ja merkittävyydet uhanalaisille suolajeille. Lähdelajeille aiheutuvat hydrologiset vaikutukset on käsitelty ylempänä rakentamisvaiheen vaikutusten yhteydessä.

Taulukko 19-13 Vaihtoehdon VE1a pohjaveden alenemavyöhykkeillä soilla esiintyvät (hankealueen inventoinneissa paikannetut tai uhanalaisrekisterin perusteella tarkistetut) putkilokasvi- ja sammallajit, jotka ovat joko EU:n luontodirektiivin liitteiden II ja IV lajistoa, luonnonsuojelulain erityisesti suojeltavia, uhanalaisia (CR, EN, VU), silmälläpidettäviä (NT) tai alueellisesti uhanalaisia (RT) kasvillisuusvyöhykkeellä 4b, rauhoitettuja tai Suomen kansainvälisiä vastuulajeja. Tässä taulukossa ei ole tarkasteltu Natura-alueelle sijoittuvia suojeluperustelajeja. Myös kangasmaanlajit, lahopuulajisto, kivialustalla kasvavia sammaleita yms. ei otettu huomioon, koska nämä lajit eivät ole herkkiä pohjaveden- pinnan muutoksille. Dir. II ja/tai IV = luontodirektiivin liitteen II ja/tai IV laji, r. = rauhoitettu, Es = erityisesti suojeltavat lajit (luonnonsuojeluasetus), KiiS = kiireellisesti suojeltavat lajit, VaL = Suomen kansainvälinen vastuulaji, Uhanalaisuus; CR = äärimmäisen uhanalainen, EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä, LC = elinvoimainen ja RT = alueellisesti uhanalainen. Vaikutuksen merkittävyys asteikolla. Yhteisvaikutukset Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineisto.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Laji	Sijainti	Status ja uhanalaisuus 2019	Ekologia	VE 1a pohjaveden alenema: esiintymien lukumäärä (Itasca Denver Inc. 2023)	VE1 tarvekivilouhos, pohjaveden alenema vaihe 3: esiintymien lukumäärä (AFRY Finland Oy 2022a)	VE1 pohjaveden alenema yhteisvaikutukset: esiintymien lukumäärä
Isonuijasammal (*Meesia longiseta)*	Kenttäaapa	Es. Dir. II, r., KiiS, EN	lettojen väli- ja rimpipinnalla, lähteissä ja tulvavaikutteisissa paikoissa, heikko kilpailija, hyötyy laidunnuksesta	10–19 cm: 2 kpl	50–99 cm: 4 kpl 150–199 cm: 2 kpl 200–249 cm: 1 kpl 350–399 cm: 1 kpl 400–449 cm: 2 kpl 450–449 cm: 8 kpl	10–29 cm: 2 kpl 30–49: 1 kpl 50–99: 2 kpl 100–300 cm: 10 kpl
Kaitakämmekkä (sis. lapinkämmekkä) (*Dactylorhiza traunsteineri)*	Kenttäaapa, Poronkodanjänkä	r., VU	lettojen välipinnalla, eutrofi	10–19 cm: 1 kpl 90–99 cm: 1 kpl	50–99 cm: 7 kpl 100–149 m: 4 kpl	10–29 cm: 3 kpl 50–99: 1 kpl

Laji	Sijainti	Status ja uhanalaisuus 2019	Ekologia	VE 1a pohjaveden alenema: esiintymien lukumäärä (Itasca Denver Inc. 2023)	VE1 tarvekivilouhos, pohjaveden alenema vaihe 3: esiintymien lukumäärä (AFRY Finland Oy 2022a)	VE1 pohjaveden alenema yhteisvaikutukset: esiintymien lukumäärä
Kiiltosirppisammal (*Hamatocaulis vernicosus)*	Poronkodanjänkä	Dir. II, r., NT	lähteiset ja luhtaiset letot		50–99 cm: 11 kpl 1–149 cm: 2 kpl	10–29 cm: 3 kpl
Lapinleinikki (*Ranunculus lapponicus)*	Kenttäaapa, Kuusivaara, Poronkodanjänkä	Dir. II ja IV, r., VaL, LC	lähteiset ja tulvavaikutteiset korvet	30–39 cm: 2 kpl 40–49 cm: 4 kpl 50–59 cm: 1 kpl 60–69 cm: 3 kpl	50–99 cm: 4 kpl 250–299 cm: 2 kpl 300–349 cm: 3 kpl 700–749 cm: 1 kpl 750–799 cm: 1 kpl	10–29 cm: 2 kpl 50–99 cm: 13 kpl 100–300 cm: 3 kpl
Lettorikko (*Saxifraga hirculus)*	Kenttäaapa	Dir. II ja IV, r. VaL, VU	lähteiset letot, huurresammallähteiköt ja -purot, eutrofi	10–19 cm: 3 kpl	50–99 cm: 3 kpl	10–29 cm: 3 kpl
Suopunakämmekkä (*Dactylorhiza incarnata* ssp. *incarnata)*	Kenttäaapa	NT	lettojen ja mesotrofisten nevojen välipinnat, meso-eutrofi, kestää jonkin verran kasvupaikan kuivahtamista	10–30 cm: 9 kpl 40–60 cm: 18 kpl 50–90 cm: 7 kpl	50–99 cm: 27 kpl 100–149 cm: 4	10–29 cm: 9 kpl 30–49 cm: 10 kpl 50–99 cm: 24 kpl
Veripunakämmekkä (*Dactylorhiza incarnata* ssp. *cruenta)*	Kenttäaapa	r., VU	lettojen välipinnat, eutrofi		50–99 cm: 1 kpl	0 kpl
Vaaleasara (*Carex livida)*	Kenttäaapa, Poronkodanjänkä	VaL, LC	mesotrofisten nevojen ja lettojen rimpipinnalla, meso-eutrofi, kestää jonkin verran kasvupaikan kuivahtamista	10–100 cm: 169 kpl	50–100 cm: 144 kpl	10–29 cm: 18 kpl 30–49 cm: 60 kpl 50–99 cm: 86 kpl 100–300 cm: 1 kpl
Kellosinilatva (*Polemonium acutiflorum)*	Kenttäaapa	VaL, LC	luhtaisten korpien ja pajuviitojen välipinnoilla, mesotrofi	10–19 cm: 1 kpl 30–39 cm: 1 kpl	100–149 m: 2 kpl	10–29 cm: 2 kpl

Laji	Sijainti	Status ja uhanalaisuus 2019	Ekologia	VE 1a pohjaveden alenema: esiintymien lukumäärä (Itasca Denver Inc. 2023)	VE1 tarvekivilouhos, pohjaveden alenema vaihe 3: esiintymien lukumäärä (AFRY Finland Oy 2022a)	VE1 pohjaveden alenema yhteisvaikutukset: esiintymien lukumäärä
Pallopäärahkasammal (*Sphagnum wulfianum)*	Kenttäaapa	VaL, LC	korpien mätäspinnalla, mesotrofi	60–69 cm: 1 kpl		50–99 cm: 1 kpl

Luontodirektiivin liitteen IV b putkilokasvit ja II sammalet

Vaihtoehdon VE1a mukainen mallinnettu maanalaisen kaivoksen (65 % tiivistysskenaario, vuosi 22, heinäkuu) aiheuttaman pohjaveden aleneman arvioidaan aiheuttavan merkittävyydeltään **vähäisiä kielteisiä** vaikutuksia Kenttäaavan pienelle **lettorikko**esiintymälle. Tarvekivilouhoksen aleneman vaikutukset Kenttäaavan lettorikkoesiintymälle voivat kasvaa kaivoksen toiminta-ajan loppua kohti merkittävyydeltään **kohtalaiseksi**.

Tarvekivilouhoksen vaiheen 3 aiheuttama pohjaveden alenema vaikuttaa heikentävästi Kenttäaavan **isonuijasammalen** kasvupaikkaolosuhteisiin. Suurin osa Kuusivaaran ympäristön isonuijasammalesiintymistä siten tuhoutuisi tai heikentyisi. Isonuijasammalesta on tiedossa Suomessa alle 400 esiintymää (Lajitietokeskus 2023). Suuri osa Sodankylän alueen isonuijasammalhavainnoista on tehty Eliasaavalla, Kenttäaavalla ja Viiankiaavan länsiosalla eli hankkeen vaikutusalueella. On todennäköistä, että isonuijasammalen esiintymiä on alueella enemmän kuin on tiedossa, koska hankealueen vaikutusalue on systemaattisesti kartoitettu toisin kuin suurin osa muista alueen soista. Käytettävissä olevien esiintymistietojen perusteella arvioidaan vaikutusten merkittävyys **suureksi**. Tämä arviointi perustuu osin vielä tarkistamatta oleviin lajihavaintotietoihin, joten tähän liittyy epävarmuustekijöitä.

Turjanhorsman kasvupaikkaolosuhteisiin arvioidaan kohdistuvan mahdollisia muutoksia pohjaveden aleneman, pohjaveden virtaussuuntien muutoksen tai pohjaveden muodostumisen vähenemisen kautta vaihtoehtoissa VE1a, VE1b, VE3a ja VE3b (ks. Luku 17 Pohjavesivaikutukset). Lajista on tiedossa alle 150 havaintotietoa viimeisten kymmenen vuoden ajalta (Lajitietokeskus 2023), jotka sijoittuvat kaikki etäälle Ken-L5 esiintymästä. Turjanhorsma on hyvin herkkä lähteiden vedenpinnan muutoksille ja jo luonteiset vaihtelut aiheuttavat vuosittaisia vaihteluita kannan koossa. Siitä syystä lajia voi olla vaikea havaita joinakin vuosina. Turjanhorsman kasvupaikalle eli lähteelle Ken-L5 tapahtuu heikennys vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE3a ja Ve3b. Kalkkilähdesammalen ja kalkkihuurresammalen kasvupaikkaolosuhteisiin arvioidaan kohdistuvan heikentäviä muutoksia pohjaveden aleneman, pohjaveden muodostumisen tai virtaussuuntien muutoksen kautta vaihtoehtoissa VE1a, VE1b, VE3a ja VE3b. Tarvekivilouhoksen aiheuttama pohjavedenpinnan alenema vaikuttaisi lähteeseen Ken-L4 ja siten heikentävästi lajien kasvupaikkaolosuhteisiin kaikissa vaihtoehtoissa (ks. Luku 16, Vaikutukset pohjaveteen). Kalkkihuurresammal ja kalkkilähdesammal ovat herkkiä muutoksille lähteestä purkautuvan pohjaveden määrässä, virtaamassa ja mineraalipitoisuudessa. Yhdessä suorien, tehdasalueen, hihnakuljettimen ja huoltotien rakentamisvaikutusten kanssa vaikutukset on

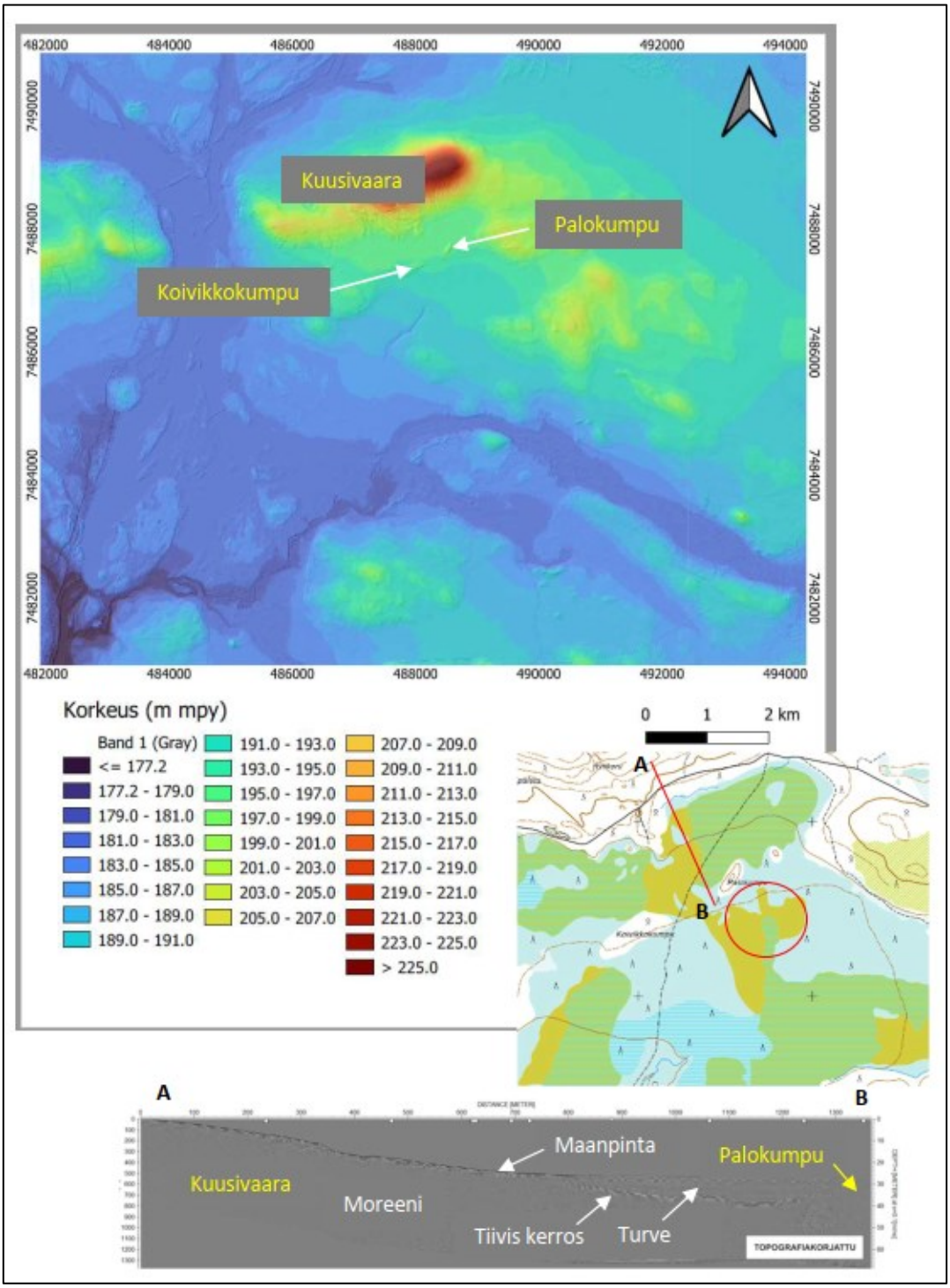
arvioitu turjanhorsman ja kalkkilähdesammalen osalta merkittävyydeltään **suureksi kielteiseksi** ja kalkkihuurresammalen osalta **kohtalaiseksi kielteiseksi**.

Eliasaavan keski- ja eteläosan laajalle kiiltosirppisammalesiintymille ei kohdistu suoria vaikutuksia rakentamisesta missään vaihtoehdossa. Tarvekivilouhoksen 3. vaiheen 50 senttimetrin pohjaveden alenemavyöhykkeen raja osuu noin 200 metrin päähän ison kiiltosirppisammalesiintymän luoteisnurkasta, joten ei voida sulkea mahdollisuutta pois, että pienelle osalle esiintymälle kohdistuu lieviä vaikutuksia 10–20 senttimetrin alenemasta. Kaivoksen toiminnan aikana etelän suunnan Eliasaavan (Eliasojan) valuma-alue valuma-alueen pinta-ala pienentyy vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b noin 20 % (arvio, ks. Kuva 17-19, Kuva 17-21, Kuva 17-23 ja Kuva 17-25) ja puroksi luokitellun Eliasojan latvaosan virtaama pienenee sen seurauksena karkeasti arvioiden alle 10 % nykyisestä. Eliasaavan keski- ja eteläosien laajalle kiiltosirppisammalesiintymälle ei siten arvioida kohdistuvan merkittäviä vaikutuksia.

Ilmakuva- ja maastokarttatarkistuksen perusteella Eliasaavan pohjois- ja keskiosan välissä on kivennäismaasaarekkeet Koivikkokumpu ja Palokumpu ja niiden ympäristössä puustoisia luontotyyppejä. Kivennäismaasaarekkeiden pohjoispuolinen vetinen suoalue on vain paikoin yhteydessä saarekkeiden eteläpuolisiin suoalueisiin, jossa sijaitsee laaja kiiltosirppisammalesiintymä (Kuva 19-13). Eteläpuoliselle suoalueelle virtaa ilmakuvatutkinnan perusteella todennäköisesti myös pintavettä suoalueen koillispuolella sijaitsevalta kangasmaa-alueelta sekä mahdollisesti myös Jalaskaarkolta, joihin ei suunnitella rakentamista. Koivikkokummun ja Palokummun eteläpuolisella alueella on lisäksi lähteisyyttä ja lähde Eli-L1. Tämän perusteella arvioidaan, että laaja kiiltosirppisammalesiintymä saa todennäköisesti vetensä vain pieneltä osin Kuusivaaran suunnalta tulevalta pintavesivalunnalta ja valtaosan vedestä ollessa peräisin erillisestä systeemistä.

Eliasaavan valuma-alueen pienentymisen arvioidaan vähentävän vähäisessä määrin pintavesien valuntaa kiiltosirppisammalen esiintymisalueelle, jolloin voi tapahtua jonkin asteista heikentämistä lajin kasvupaikkaolosuhteille kuten suon vetisyydelle, mutta edellä kuvaillun arvioinnin perusteella vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään **vähäisiksi**. Tämä arviointi perustuu osin vielä tarkistamatta oleviin lajihavaintotietoihin. Lisäksi karttatietojen perusteella tehtyyn arvioon liittyy epävarmuustekijöitä.

Vaihtoehdon VE1a mukainen mallinnettu maanalaisen kaivoksen (65 % tiivistysskenaario, vuosi 22, kesäkuu) aiheuttaman pohjavedenpinnan aleneman ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutusten mallinnuksen (Itascan Denver Inc. 2023, paikkatietoaineisto) mukaan yhteisvaikutusten alenemavyöhykkeille jäävien lajien määrät ovat hieman pienempiä kuin tarvekivilouhoksen 3. vaiheen (Taulukko 19-13). Määrät eivät kuitenkaan muutu niin ratkaisevasti, että merkittävyysluokkiin tulisi muutoksia.



Kuva 19-13 Ylemmässä kuvassa on esitetty maanpinnan korkeustasot Kuusivaaran, Porokodanjängän ja Eliasaavan alueella. Keskellä olevassa kartassa (ei mittakaavassa) on esitetty punaisella viivalla Kuusivaaralta Palokummun ja Koivikkokummun väliin ulottuva maatutkaluotauslinja sekä punaisella ympyrällä kiiltosirppisammalien esiintymä. Alimmassa kuvassa on esitetty luotauksesta tehty tulkinta. Kuvien perusteella tehty tulkinta Eliasaavan hydrogeologisista ja hydrologisista olosuhteista on esitetty aiemmin tekstissä kiiltosirppisammaliin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin yhteydessä. (Lähde: AA Sakatti Mining Oy, julkaisematon aineisto.)

Pölyn aiheuttamat vaikutukset luontotyypeille ja kasvillisuudelle

Pöly vaikuttaa kasvillisuuteen häiriten niiden yhteyttämistä. Pöly tukkii kasvisolun ilmarakoja ja muodostaa lehden pinnalle kerroksen, joka heikentää lehden toimintaa ja kasvin kasvua. Pölypäästöjen leviämistä on arvioitu leviämismallilla, joka kokonaisuudessaan on esitetty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) liitteenä 12 (AONA Environmental 2020). Rikastushiekan läjityksen osalta vaihtoehtoina on tarkasteltu sekä kuivaläjitystä että märkäläjitystä. Pölyvaikutukset Kuusivaaran tehdasaluetta ympäröiville luontotyypeille ja kasvillisuudelle ovat kuivaläjitysalueiden toteutuessa niiden ympäristössä merkittävästi suuremmat kuin märkäläjitysalueilla. Kaivoksen toiminnan aikana rikastushiekan läjityksestä (kuivaläjitysvaihtoehdossa) ja kaivannaisjätteiden kuljetuksista aiheutuva pöly on vaikutuksena pitkäaikaista, lähiympäristöön kertyvää ja aiheuttaa siten merkittävyydeltään kohtalaista haittaa vaikutuskohteen herkkyydestä riippuen.

AONA Environmental (2020) on arvioinut, että kaivospölyn osalta laskeumatasoa 1 000 mg/m^2/vrk eli 365 g/m^2/vuosi voidaan pitää kynnysarvona, jota matalammat pitoisuudet eivät aiheuta kasvillisuusmuutoksia. Tämä kynnysarvo ylittyy laaditun mallinnuksen perusteella vain hyvin pienellä alueella pölyn lähteen ympärillä. Hankevaihtoehto VE1a aiheuttaa suurimman pölylaskeuman (YVA-selostus, luku 15, FCG Suunnittelu ja tekniikka 2020a). Pölyn vaikutus kaivoksen toiminta-aikana on pitkäkestoista ja kumuloituvaa. Pölyä kertyy kasvillisuuteen suhteellisen pienellä alueella Kuusivaaran tehdasalueen sekä kuljetusreittien lähialueella. Kuusivaaran tehdasalueen lähialueella luontotyypit, jotka eivät jää rakentamisen alle, menettävät ominaispiirteitään pölyyntymisen vuoksi ja niiden luonnontila heikentyy. Pölykuormitus kohdistuu kuitenkin muutosvaikutusten osalta pääosin vähemmän herkkiin luontotyyppeihin eli havupuuvaltaisiin kangasmetsiin ja puustoisiin karuihin ja keskiravinteisiin rämeisiin ja korpiin. Ainoastaan Kuusivaaran etelä- ja pohjoispuolisten lettoisten soiden osalta vuosia jatkuva pölylaskeuma saattaa aiheuttaa suuruusluokaltaan kohtalaista vaikutusta, mikäli pölyn ominaisuudet ovat sellaisia, että se muuttaa pitkällä aikavälillä lettosuon pH:ta ja vaateliaampi sammallajisto sen vuoksi taantuu. Yleiseen soiden putkilokasvilajistoon pölylaskeumalla ei arvioida olevan merkittäviä haitallisia vaikutuksia. Lajisto ja kasvillisuuden peittävyys säilyvät, mutta pöly Kuusivaaran tehdasalueen lähistöllä sekä kuljetusreitin varrella aiheuttaa enemmän kasvillisuuden ränsistymistä ja saattaa aiheuttaa myös yleistä metsä- ja suolajiston kitukasvuisuutta. Vaikutus on myös visuaalinen ja ihmisen näkökulmasta siten merkittävämpi. Kasvillisuuden pölyyntymisellä on yhteys niitä ravintonaan käyttäviin eläimiin ja hyönteisiin, mutta tässäkin tapauksessa lievän ravintokohteita vähentävän vaikutuksen pääpaino on talousmetsissäkin yleisessä kasvilajistossa.

Eri vaikutusmekanismien (ml. pölyvaikutukset) aiheuttamat yhteisvaikutukset lähteille sekä pohjavesivaikutteisille ja välipintaisille soille arvioidaan pitkällä aikavälillä kumuloituvina vaikutuksina merkittävyydeltään **suuriksi**.

19.4.6 Toiminnan lopettamisen jälkeiset vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen

Kivennäismaalle sijoittuvissa tehdasalueen kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden ja altaiden sekä tiestön ja pystykuilujen rakennuspaikoissa kasvillisuusvaikutukset ovat ominaisuuksiltaan pysyviä, sillä toiminnan loputtua, maisemoinnin jälkeen alueelle tyypillinen lajisto ei kovin nopeasti täysin palaudu, johtuen muutoksista maaperän ominaisuuksissa (podsoli- ja turvemaan poisto, asfaltoinnit)

ja etenkin vesiolosuhteissa (ojitukset, pinta- ja pohjavesiolosuhteiden muutokset). Luontotyypit ja lajiesiintymät, jotka tuhoutuivat rakentamisessa ovat hävinneet lopullisesti.

Maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksen perusteella (Itasca Denver Inc. 2023) kaivostoiminnan loppumisen jälkeen maaperän pohjavesi palautuu nykytilaa vastaavalle tasolle 75 vuodessa (hankevaihtoehto VE1a tiivistysskenaariolla 65 %). Tiivistysskenaariossa 65 % kestää 10 vuotta, kunnes ero nykytilaan nähden on enää 0,1 metriä ja tiivistysskenaariossa 80 % palautuminen kestää viisi vuotta. Kuusivaaran tarvekivilouhos täyttyy vedellä louhinnan ja louhoksen kuivanapidon päättyessä. Täyttyessään louhos muodostaa louhosjärven, jonka pinnankorkeuden määrittää pohjaveden painetaso. Virtausmallinnuksen (AFRY Finland Oy 2022a) perusteella louhosjärven täyttyminen kestää noin 20 vuotta, ja sen pinta asettuu tasolle noin +195 m mpy.

Osa lähteisistä luontotyypeistä tehdasalueen lähiympäristössä on mahdollisesti ennallistettavissa, mikäli pohjaveden muodostumisalue ja pintavesien valumaolosuhteet Kuusivaaran alueella osittain palautuvat ennalleen toiminnan loputtua. Ennallistamistoimien lopputulos on kuitenkin aina epävarma ja se voi olla melko erilainen kuin alkuperäinen tilanne. Tulokset riippuvat mm. siitä, miten kasvillisuus ja sen kasvualusta ovat muuttuneet toiminnan aikana sekä siitä, millaiset olosuhteet ovat toiminnan lopettamisen jälkeen.

Alenemavaikutus on suurin kaivoksen toimintavaiheessa, voimistuen loppua kohden ja ilmeten lähinnä kasvukauden loppupuolella ja talvella. Maaperän pohjaveden pinnantason palautuessa toiminnan päättymisen jälkeen, on mahdollista, että välipintaisten ja aiemmin pohjavesivaikutteisten soiden olosuhteet palautuvat. Voimakkaasti kuivahtaneilla ja taimettuneilla suoalueilla esim. rakenteiden ja ojien läheisyydessä palautuminen on haastavampaa ja hitaampaa kuin lievästi kuivahtaneilla suoalueilla. Yleinen suolajisto palautuu helpommin, vaateliaampi ja esiintymien pinta-aloissa taantunut lajisto palautuu hitaammin, osa lajistosta ei ehkä lainkaan.

19.4.7 Yhteenveto vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä

Hankkeessa tarkastelluissa vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b tehdasalue sekä siihen liittyvä kaivoksen sisäänkäynti sijoittuvat Kuusivaaraan, jolloin hankkeen maanpäälliset toiminnot sijoittuvat vain yhdelle alueelle. Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b tehdasalueen toimintoja sijoittuu Kuusivaaran eteläosiin, jolloin niiden vaikutuksia kohdistuu myös Eliasaavan pohjoisosiin. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b ja VE3a kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu Pahanlaaksonmaalle ja vaihtoehdossa VE3a ja VE3b Pahanlaaksonmaan pohjoisosaan Tihiämaalle, jolloin toiminnot hajautuvat laajemmalle alueelle. Tällä on vaikutuksensa metsäisten luonnonympäristöjen rakentumiseen ja sitä kautta toimintojen aiheuttamaan metsäisten luontotyyppien pirstoutumiseen. Talousmetsäalueella metsäisten luontotyyppien pinta-alan menetysten kannalta päävaihtoehtojen VE2 ja VE3 maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin sijoittumisella Kuusivaaran tehdasalueesta etäälle ei ole suurta merkitystä. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b kuitenkin huoltotie sijoittuu lehtojen alueelle tai vaikutusalueelle ja Kitisen rantatörmän lähteikköluontotyyppien alueelle.

Päävaihtoehdossa VE1 rakentamisalueet kokonaisuutena tarkastellen ovat pinta-alaltaan noin 445–490 hehtaaria, ja päävaihtoehdossa VE2 noin 420–490 hehtaaria ja VE3:ssa noin 410–420 hehtaaria. Suurimmat uhanalaisten luontotyyppien pinta-alamenetykset aiheutuvat vaihtoehdossa VE2b (noin

25 hehtaaria) ja pienimmät pinta-alamenetykset vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b (noin 15 hehtaaria). Muut vaihtoehdot aiheuttavat 18–23 hehtaarin uhanalaisten luontotyyppien pinta-alamenetykset. Uhanalaisiin luontotyyppeihin kohdistuvat pinta-alamenetykset ovat merkitykseltään **suuria kielteisiä** suoria ja pitkäaikaisia vaikutuksia.

Päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3 hihnakuljetin ja huoltotie aiheuttavat muiden rakenteiden lisäksi vaikutuksia suojelullisesti arvokkaalle lajistolle ja uhanalaisille luontotyypeille. Lisäksi niillä on Kenttäaavan huurresammallähteikköaluetta ja lettoja pirstovaa ja niiden pinta-alaa vähentävää vaikutusta. Kaksi Kenttäaavan huurresammallähteessä esiintyvää erityisesti suojeltavaa sammallajia häviää todennäköisesti päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3.

Kaikilla hankevaihtoehdoilla on merkitykseltään **suuria kielteisiä** vaikutuksia vesilailla 11 § suojeltuihin lähteisiin, joita käsitellään tarkemmin Luvussa 16 Vaikutukset pohjavesiin.

Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b tuhoutuvat turjanhorsman ja kalkkilähdesammalen elinympäristöt, millä on merkitykseltään **suuri kielteinen** vaikutus. Vaihtoehdot VE1a, VE1b, VE3a ja VE3b aiheuttavat turjanhorsman kasvupaikan tuhoutumista tai heikkenemistä, millä voi olla lajin suojelutason säilymisen kannalta vähintään **kohtalainen** ja mahdollisesti **suuri kielteinen** vaikutus. Vaihtoehdoilla VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b on merkitykseltään **suuri kielteinen** vaikutus isonuijasammaleelle.

Alueen rakentaminen ja raivaaminen muuttavat vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b Kenttäaavan eteläosan hydrologiaa yhteisvaikutuksena valuma-alueen pienentymisen kanssa siinä määrin, että vaikutus uhanalaisten lettojen luontotyypeille on merkittävyydeltään **kohtalainen** tai **suuri kielteinen**. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b hydrologinen vaikutus kohdistuu Eliasaavan ja Poronkodanjängän uhanalaisille luontotyypeille.

Toimintavaiheessa tarvekivilouhos, maanalaiselle kaivokselle johtava vinotunneli, Kuusivaaralle suunniteltu tehdasalue, huoltotiet ja kaivoksen yhdystiet aiheuttavat etenkin niitä ympäröiville suoalueille välillisiä hydrologisia vaikutuksia. Rakentamisalueiden ja teiden/tieojien vaikutukset perustuvat niiden lähialueisiin kohdistuviin kuivatusvaikutuksiin. Lisäksi Kuusivaaran rakentaminen vähentää pohjaveden muodostumista ja pintaveden valuntaa. Tarvekivilouhoksen ja maanalaisen kaivoksen kuivanapito aiheuttaa maaperän pohjavedenpinnan alenemaa, jonka voimakkuus vaihtelee eri puolella aluetta. Pohjavedenpinnan alenema vaikuttaa etenkin lähteisiin ja pohjavesivaikutteisiin suoluontotyyppeihin. Pohjavesivaikutteisten soiden luontotyyppeihin ja lajeihin pohjavedenpinnan alenema vaikuttaa etenkin suoveden mineraalipitoisuuden eli kasvupaikkaolosuhteiden muutosten kautta. Vaikutus ilmenee kasvillisuudessa todennäköisesti vasta useiden vuosien tai vuosikymmenen jälkeen. Toiminnan jälkeinen palautuminen on hidasta ja palautumisen toimivuudesta ei ole varmuutta. Vaikutus on siten pitkäaikainen.

Suoveden pinnan luontaiset vuosittaiset vaihtelut saattavat voimistua, mikäli suon pinnalle tihkuvan pohjaveden virtaama vähenee. Maanalaisen kaivoksen vaikutukset kohdistuvat etenkin Viiankiaavan Natura-alueelle ja niitä on käsitelty Natura-arvioinnin (Ramboll Finland Oy 2023a) yhteydessä.

Kuusivaaralle suunnitellun tarvekivilouhoksen arvioidaan aiheuttavan merkittävyydeltään **kohtalaisia-suuria kielteisiä** vaikutuksia Kenttäaavan sekä **kohtalaisia kielteisiä** vaikutuksia

Poronkodanjängän uhanalaisiin suoluontotyyppeihin. Tarvekivilouhoksen arvioidaan aiheuttavan merkittävyydeltään **suuria** kielteisiä vaikutuksia isonuijasammaleelle. Lisäksi tarvekivilouhoksella arvioidaan olevan merkittävyydeltään **kohtalaisia kielteisiä** vaikutuksia luontotyypeille ja **kohtalaisia – suuria** vaikutuksia alueen erilaisille erityisesti suojeltaville (Luonnonsuojelulaki § 47) ja tiukasti suojeltaville (direktiivilajit, Luonnonsuojelulaki § 49) lajeille.

Kuusivaaran tehdasalueen sekä vinotunnelin vaihtoehdon VE1a 65 % ja 80 % tiivistysskenaarion (vuosi 22, heinäkuu) arvioidaan aiheuttavan merkitykseltään **vähäisiä-kohtalaisia kielteisiä** vaikutuksia Kenttäaavan uhanalaisiin suoluontotyyppeihin.

Tarvekivilouhoksen ja vinotunnelin yhteisvaikutusten mallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023, paikkartietoaineistot) perusteella pohjavedenpinnan alenemisesta aiheutuvat vaikutukset kohdistuisivat Kuusivaaran lisäksi etenkin Kenttäaavalle. Uhanalaisiin luontotyyppeihin kohdistuvien kielteisten vaikutusten merkittävyyttä arvioidaan **kohtalaiseksi kielteiseksi**.

19.4.8 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuvissa vaikutuksissa hankkeen rakentamisalueiden lähialueella lieventämistoimet koskevat toimintojen tarkempaa sijoittelua jatkosuunnittelussa, meluntorjuntatoimenpiteitä sekä pölynhallintaa. Kaivostoiminnan pölyhaittoja voidaan lieventää teknisillä ratkaisuilla, kuten kuljetusreittien ja varastokasojen kastelulla sekä muulla pölynhallinnalla. Pölynhallintamenetelmiä on käsitelty tarkemmin Luvussa 4 hankkeen tekninen kuvaus ja liitteen 13 raportissa. Melumallinnuksissa (ks. YVA-selostus luku 12 Melun vaikutukset (FCG Suunnittelu ja tekniikka 2020a)) on huomioitu erilaisia meluntorjuntatoimenpiteitä, joilla melua saadaan rajoitettua merkittävästi.

Kaivoksen kuivana pitäminen on sen toiminnan kannalta perusedellytys. Kuivana pitämisestä aiheutuvaan pohjavesialenemaan voidaan vaikuttaa rajoittamalla kaivokseen tulevaa vesimäärää ja keskeisin keino tähän on kalliotilan tiivistäminen käyttämällä esi- ja jälki-injektointimenetelmiä. Tavoitteena ovat mahdollisimman hyvin toteutetut ja lopputulokseltaan onnistuneet tiivistystoimenpiteet. Tiivistämisen ohella vedentuloa kaivostiloihin voidaan vähentää tukemalla kalliotiloja. Tuennalla pyritään ehkäisemään kallion muodonmuutosta kuten sortumia ja uusien rakojen syntymistä. Kalliotuennalla voidaan siten epäsuorasti vähentää uusien vettä johtavien rakenteiden syntyä ja kalliotiloihin tulevan veden määrää. Avoimet louhostilat pyritään täyttämään mahdollisimman nopeasti, jotta kallioperässä ei ennättäisi tapahtua avonaisesta tilasta johtuvia merkittäviä muodonmuutoksia. Tiivistys- ja tuentamenetelmiä on kuvattu yksityiskohtaisemmin Luvussa 4.2.4 Maanalaisen kaivoksen tiivistys- ja tuentamenetelmät.

Vaikutusten arvioinnissa on huomioitu mahdollisuuksien mukaan suunnitellut melun- ja pölyntorjuntatoimenpiteet sekä tiivistys- ja tuentatoimenpiteet, jotka vaikuttavat pohjavedenpinnan alenemiin.

Kuusivaaralle suunnitellun tarvekivilouhoksen pohjavesivaikutuksia sitä ympäröiville soille ja kasvilajistolle voivaan lieventää jättämällä kolmas vaihe toteuttamatta, jolloin louhimissyvyys pienentyisi

25 metrillä. Tällöin pohjavedenpinnan alenemat olisivat pienempiä ja ne eivät ulottuisi yhtä laajalle kuin tämän arvioinnin lähtökohtana käytetyt alenemat.

Hankkeen suunnittelun aikana on tarkasteltu kompensaatiomenettelyä ja kokonaisheikentymättömyyttä (no net loss), josta on laadittu oma raportti (YVA-selostus, Liite 18, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a). Kokonaisheikentymättömyyden kautta tarkastellaan haittojen ja hyvitysten tasapainoa. Ennallistamisen ja suojelun kautta pyritään saavuttamaan haittoja kompensoivia hyvityksiä. Hyvitysten toteutusalue olisi ensisijaisesti Keski-Lappi, mutta soiden ennallistamista voitaisiin toteuttaa myös eteläisemmällä aapasuovyöhykkeellä. Vapaaehtoista ekologista kompensaatiota ja kokonaisheikentymättömyyttä on tarkasteltu enemmän liitteessä 18 (YVA-selostus, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a). AA Sakatti Mining Oy on vuonna 2022 hankkinut 2 910 hehtaaria kokoisen alueen Inarin yhteismetsältä, jota on tarkoitus toimia vapaaehtoisena ekologisina kompensaationa Sakatin kaivoshankkeen vaikutuksista metsiin.

Hankkeessa joudutaan tarkastelemaan lajisuojelusta poikkeamisia EU:n luontodirektiivin liitteen IV (b) lajiston, erityisesti suojeltavan lajiston sekä muiden rauhoitettujen lajien tai esiintymien osalta. Lisäksi on tarkasteltava vesilain poikkeamista luonnontilaisten lähteiden heikkenemiskiellon osalta. Lupahakemuksissa voidaan tarkastella erityisesti suojeltavien lajien kompensaatiomahdollisuuksia.

Uutena lievennystoimenpiteenä eli ns. välttämistoimenpiteenä, pohjavedenpinnan alenemisen pienentämiseksi, on päädytty tarkastelemaan satelliittiesiintymän NE poisjättämistä kaivossuunnitelmasta. Sen seurauksena louhinta keskittyy kaivoksen toimintavuosina vain pääesiintymän alueelle. Sakatin kaivossuunnitelma välttämistoimet huomioiden on seuraava (vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b):

- **Toimintavuodet 0–2:** Kuusivaaran tehdasalueelta rakennetaan neljä vinotunnelia pääesiintymälle. Ensimmäisten tilojen louhinta ja rakentaminen aloitetaan maanalaiseen kaivokseen.
- **Toimintavuodet 3–8:** Malmin louhinta alkaa ja kaivostilojen rakentaminen siirtyy kaivoksen syvempiin osiin tason -400 metriä mpy alapuolelle. Toimintavuosien aikana malmin louhinta tapahtuu kaivoksen syvimmissä osissa.
- **Toimintavuodet 9–10:** Malmin louhinta siirtyy pääesiintymän ylempiin osiin tasoille -150 – (-65) metriä mpy. Vinotunnelin rakentaminen satelliittiesiintymälle NE jää välttämistoimien myötä pois.
- **Toimintavuodet 11–22:** Malmin louhinta keskittyy pelkästään pääesiintymän alueelle tasoille -400 – (-70) metriä mpy. Malmin louhinta satelliittiesiintymän NE alueelta jää välttämistoimien myötä pois.

Satelliittiesiintymän NE sisältämän malmin osuus on noin 5 % kaivoksesta louhittavasta malmin kokonaismäärästä. Pohjautuen mineraalivarantoarvioon satelliittiesiintymän NE poisjättäminen ei vaikuta kaivoksen toiminta-aikaan eikä louhintamääriin.

Pohjavedenpinnan alenemakartoista (Itasca Denver Inc. 2023) on nähtävissä, että eri tiivistysskenaarioilla (65 % ja 80 %) ei ole merkittävää vaikutusta aleneman vaikutusalueeseen tai suuruuteen. Sen sijaan verrattaessa alenemia tilanteeseen, jossa välttämistoimenpiteet ovat käytössä, on selvästi havaittavissa Sakatin esiintymän ympäristössä, ja etenkin sen itäpuolella Viiankiaavalla, aleneman olevan merkittävästi pienempi ja pienialaisempi.

Lähteisiin kohdistuvien vaikutusten osalta vaihtoehdossa VE1a on todettavissa myönteisiä vaikutuksia: Viiankiaavalla sijaitsevat lähteet Vii-HL2, Vii-HL3 ja Vii-HL7 jäävät pohjavedenpinnan alenemien ulkopuolelle. Kitisen rannassa sijaitsevat lähteet Kit-L3, Kit-L4 ja Kit-L5 jäävät pohjaveden 0,1 metrin alenemakäyrän ulkopuolelle ilman välttämistoimiakin, mutta pohjavedenpinnan aleneminen lähteistä purkautuvan pohjaveden muodostumisalueella voi silti vaikuttaa lähteistä purkautuvan veden määrää alentavasti. Välttämistoimilla alenema jää kuitenkin pienemmäksi ja sitä kautta mahdollinen kielteinen vaikutus lähteisiin Kit-L3, Kit-L4 ja Kit-L5 jää vastaavasti pienemmäksi.

Vaihtoehdossa VE1b voidaan arvioida, että lähdettä Vii-HL7 lukuun ottamatta kaikki Sakattikummun läheisyydessä sijaitsevat lähteet jäävät pohjavedenpinnan alenemavyöhykkeen ulkopuolelle. Lisäksi mahdollinen vaikutus Kitisen rannassa sijaitseviin lähteisin saattaa pienentyä. Vaihtoehdossa VE2a vastaavasti Sakattikummun alueen lähteisiin kohdistuvat vaikutukset pienenevät lähteiden Vii-HL2 ja Vii-HL3 jäädessä aleneman ulkopuolelle. Vaihtoehdoissa VE2b, VE3a ja VE3b tilanne vastaa vaihtoehtoa VE1a.

20 Vaikutukset linnustoon

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
20.2 Lähtötiedot ja tarkastelualue	Tekstiä täydennetty vuosina 2020 ja 2021 laadittujen selvitysten osalta.	-
20.2.1 Linnustoselvitysten menetelmät ja lähialueelle laaditut muut linnustoselvitykset	Tekstiä täydennetty vuosina 2020 ja 2021 laadittujen selvitysten osalta. Kuvia (Kuva 20-1 – Kuva 20-7) päivitetty.	-
20.2.2 Arvioinnin epävarmuustekijät	Tekstiä täydennetty pohjavesimallinnuksiin liittyvien epävarmuuksien osalta.	Useat YVA-selostuksen vaikutusarvioinnit nojautuvat pohjavesimallinnuksen tuloksiin. Pohjavesimallinnukseen ja vesitasemallinnukseen sekä kaivannaisjätteiden karakterisointiin liittyvät puutteet aiheuttavat merkittävän epävarmuuden, joka heijastuu edelleen muihin tarkasteluihin, joissa käytetään näiden tarkastelujen tuloksia lähtötietoina. Virhelähteet ja epävarmuus heijastuvat mm. luontovaikutusten arviointeihin.
20.3.2 Linnusto kaivoksen maanpäällisten rakenteiden alueella	Poikkijoenkankaan eteläosan osalta tiedot päivitetty vuoden 2021 kartoituksen tuloksilla.	-
20.3.3 Erilliskartoitusten tulokset	Päivitetty vuoden 2021 metson soidinpaikkaselvityksen tuloksilla.	-
20.4.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset	Taulukossa (Taulukko 20-4) muutoksia kohteissa 1 ja 12. Poikkijoenkankaan eteläosa ja muut kohteet/alueet lisätty uusina kohteina *Elinympäristömuutosten aiheuttamat vaikutukset alueittain* -osaan, Kuusivaaran osalta tarvekivilouhos lisätty.	-
20.4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset	Vaikutukset arvioitu uudelleen mm. uusien pohjavesimallinnusten perusteella.	-
20.4.5	Metson osalta tiedot päivitetty.	-

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
Vaikutukset suojelullisesti huomionarvoiseen lajistoon		

20.1 Johdanto

Tässä luvussa käsitellään linnuston nykytilaa sekä arvioidaan kaivoksen rakentamisesta ja toiminnasta linnustoon kohdistuvia vaikutuksia. Nykytilankuvauksessa ja vaikutusarvioinnissa keskitytään hankealueelle Natura-alueen ulkopuoliselta osalta, mutta arvioinnissa huomioidaan myös Natura-alue vaikutusalueen kokonaisuudessa. Viiankiaavan Natura-alueelle on laadittu erillinen Natura-arviointi, jota on päivitetty vuonna 2023 (Ramboll Finland Oy 2023a).

20.2 Lähtötiedot ja tarkastelualue

Hankealue: Linnustovaikutusten arvioinnissa hankealueena käsitellään aluetta, jonka sisällä hankkeen pääasialliset fysikaaliset vaikutukset ilmenevät. Hankealuetta on laajennettu YVA-ohjelmassa (Pöyry Finland Oy 2018) esitetystä rajauksesta, ja nyt laajennetun tarkastelun mukaiseen hankealueeseen sisältyvät Viiankiaavan alle sijoittuva hyödynnettävä esiintymä, Kitisen yli rakennettavaksi suunniteltu silta sekä eteläinen yhdystievaihtoehto uudelle vt5:n linjaukselle saakka. Lisäksi arvioinnissa huomioidaan raakavedenottoalueiden ja ylijäämäveden purkuputken sijainnit.

Vaikutusalue: Luontovaikutusten tarkastelualue on myös linnuston osalta varsinaista hankealuetta ja mm. kaavoitettavaa aluetta ja niiden aiheuttamaa suoraa vaikutusta laajempi, etenkin tarkasteltaessa hydrologisista muutoksista mahdollisesti johtuvia elinympäristöjen ja lintujen pesimäbiotooppien muutoksia ja sen aiheuttamia välillisiä vaikutuksia. Myös häiriövaikutukset voivat lajista riippuen ulottua laajallekin kaivostoimintojen ympäristöön. Näin ollen myös vaikutusten tarkastelualueen tulee kattaa riittävän laajasti potentiaalisten vaikutusten ulottumisen lähteen ympäristöön.

Linnuston osalta hankkeen pääasiallinen tarkastelualue on kaivoksen teknisten perusrakenteiden peittoalueiden lisäksi myös laaja Viiankiaapa, jolle saattaa aiheutua välillisiä muutosvaikutuksia. Viiankiaavan Natura-alueelle on laadittu erillinen Natura-arviointi, jota on päivitetty vuonna 2023 (Ramboll Finland Oy 2023a). Linnustoselvitysten kohdealueella sijaitsevia vesistöjä ovat alueen koillisnurkassa sijaitsevat Iso ja Pikku Moskujärvi, pohjoisosassa sijaitseva Viiankijärvi sekä useat pienet lammet. Järvistä Iso Moskujärvi kuuluu myös maakunnallisesti arvokkaisiin lintualueisiin. Lisäksi Kitisen varsi kaivoksen rakentamisalueen molemmin puolin kuului selvitysten piiriin. Vesistöjen linnusto on tärkeä osa selvitysalueen linnuston kokonaisuutta.

Selvitysalue: Laadittujen linnustoselvitysten selvitysalue kattaa hankealueen lisäksi koko Viiankiaavan Natura-alueen sekä Natura-aluetta ympäröiviä alueita; Särkivaara, Moskujärvet, Kitisen jokivarsi sekä ympäröiviä suoalueita ja vesistöjä.

Laaditut selvitykset

Sakatin kaivoshankkeeseen liittyen on toteutettu linnustoselvityksiä vuosina 2009–2021. Tärkeimmät pesimälinnustoa koskevat menetelmät ovat olleet linjalaskenta (pääasiallinen selvitysmenetelmä), kesäatlaslaskennat, kartoituslaskennat ja kosteikkolintulaskennat, jotka on toteutettu Luonnontieteellisen keskusmuseon linnustonseurannan ohjeistuksen mukaisesti (Luonnontieteellinen keskusmuseo 2018, Koskimies & Väisänen 1988, Pakkala ym. 2001). Lisäksi on laadittu useita erillisselvityksiä useille lajeille ja lajiryhmille. Pesimälinnustoselvitysten lisäksi alueella on toteutettu muuttolinnustoselvityksiä, jotka ovat sisältäneet muutontarkkailuja ja muutonaikaisia lepäilijälaskentoja.

Ensimmäiset laajat linnustoselvitykset toteutettiin vuosina 2009–2010. Selvitysten tarkoituksena oli saada mahdollisimman laaja yleiskuva koko selvitysalueen pesimälajistosta. Vuosina 2014 ja 2015 toteutettiin linjalaskentoja ja kartoituslaskentoja Viiankiaavan alueella. Tuolloin kartoitusten tarkoituksena oli saada tietoa mahdollisista linnuston muutoksista aiempiin kartoituksiin verrattuna. Vuonna 2016 Viiankiaavan alueella tehtiin kevätmuuton seurantaa ja vuonna 2017 Viiankiaavan Natura-alueen ympäristössä tehtiin pöllö- ja metsokartoituksia. Vuonna 2018 toistettiin linjalaskentoja ja perustettiin uusia laskentalinjoja sekä tehtiin kartoituslaskentaa neljällä kartoitusalueella. Uusien laskentalinjojen ja kartoitusalueiden tarkoituksena oli selvittää suunniteltujen kaivoksen maanpäällisten rakenteiden sijoituspaikkojen linnustoa. Viiankiaavalla ja sen lähialueilla tehtiin myös uusia pöllö- ja metsokartoituksia. Kaikki edellä mainitut selvitykset on koottu yhteen kokoomaraporttiin (Eurofins Ahma Oy 2018f). Näiden selvitysten lisäksi selvitysalueella on tehty edelleen täydentäviä selvityksiä. Kesällä 2019 kartoitettiin suunnittelun myöhemmässä vaiheessa mukaan tulleen eteläisen yhdystievaihtoehdon mukaisten Kelujoen varren (kartoituslaskenta) ja Ulkusijanaavan (linjalaskenta) linnustoa. Tuolloin suoritettiin myös selvitysalueella pesivän erityisesti suojeltavan lajin tarkkailua ja metsäkanalintujen poikuelaskentoja. Myös alueella sijaitsevia hiiripöllön kompensaatiopönttöjä tarkistettiin (Eurofins Ahma Oy 2019a). Keväällä 2020 toistettiin alueella laadittuja pöllöselvityksiä pöllökannoissa tapahtuvan luontaisen, vuotuisesta ravintotilanteesta johtuvien kannanvaihteluiden selvittämiseksi (AFRY Finland Oy 2020e). Vuonna 2020 Viiankiaavalla toteutettiin lisäksi sekä pesimä- että muuttolinnuston selvityksiä. Pesimälinnuston linjalaskennat kohdistettiin suunnitellun kaivosalueen läheisyyteen sekä Natura-alueen puolelle eri etäisyyksille suunnitellusta kaivosalueesta. Linjalaskentojen tavoitteena oli päivittää tietoja Viiankiaavan pesimälinnustosta, ja samalla kerätä perustilatietoa mahdollisen tulevan kaivoksen ja sen rakentamisen aikaisia tarkkailuja varten. Linjalaskentojen lisäksi pesimälinnuston osalta tarkistettiin Viiankiaavalle vuonna 2015 asennettujen hiiripöllön kompensaatiopönttöjen pesintätilanne (Eurofins Ahma Oy 2020d). Vuoden 2020 aikana toteutettiin myös muuttolinnustotarkkailuja, jotka suoritettiin kevätmuutonseurantana sekä kevät- ja syysmuuton aikaisina lepäilijälaskentoina (Eurofins Ahma Oy 2020d). Vuonna 2021 toteutettiin muuttolinnuston lepäilijälaskentoja keväällä ja syksyllä ja pesimälinnustoa kartoitettiin kaikkiaan neljällä atlasruudulla (Eurofins Ahma Oy 2022e). Lisäksi kartoitettiin metson soidinpaikkojen mahdollista esiintymistä Viiankiaavan länsireunalla, Pahanlaaksonmaan ja Kersilönkankaan välisellä alueella, tarkistettiin alueelle vietyjen hiiripöllönpönttöjen pesintätilannetta sekä suoritettiin riistakolmiolaskentoja kahdella kolmiolla (Eurofins Ahma Oy 2022e). Myös selvitysalueella pesivän rauhoitetun petolintulajin tarkkailua jatkettiin kesän 2021 aikana (Eurofins Ahma Oy 2021b).

Kaivoshankkeeseen liittyvät linnustoselvitysjulkaisut vuosien 2009–2021 aikana:

- AFRY Finland Oy 2020e. Sakatin pöllöselvitys 2020.
- Ahma ympäristö Oy 2015h. Hiiripöllön pesäpaikkojen kompensaatiosuunnitelma Viiankiaavalle 2015–2018.
- Ahma ympäristö Oy 2015i. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2009–2015.
- Ahma ympäristö Oy 2015i. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2009–2015. Petolintuliite. Liite 1. Erityisesti suojeltavien suurten petolintujen esiintymistiedot Viiankiaavalla 2009–2015.
- Ahma ympäristö Oy 2015j. Viiankiaavan pöllökartoitus 2015.
- Ahma ympäristö Oy 2016h. Viiankiaavan kevätmuuttoseuranta 2016.
- Ahma ympäristö Oy 2016h. Viiankiaavan kevätmuuttoseuranta 2016. Liite 3: Päiväpetolintujen reviirihavainnot Viiankiaavalta vuosina 2015–2016. Salainen.
- Ahma ympäristö Oy 2017b. Viiankiaapaa ympäröivien alueiden pöllö- ja metsokartoitus 2017.
- Eurofins Ahma Oy 2018f. Viiankiaavan linnuston perustilaselvitykset 2009–2018.
- Eurofins Ahma Oy 2018j. Metso- ja pöllökartoitus 2018.
- Eurofins Ahma Oy 2019a. Kaava-alueen linnustoselvitykset 2019.
- Eurofins Ahma Oy 2019i. Rauhoitetun lajin erillistarkkailu ja hiiripöllön pönttöseuranta 2019. Salainen.
- Eurofins Ahma Oy 2020d. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2020.
- Eurofins Ahma Oy 2021b. Rauhoitetun lajin erillistarkkailu 2021. Salainen.
- Eurofins Ahma Oy 20221a. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2021. Päivitetty 03/2022. Salainen.
- Lapin vesitutkimus Oy 2011f. Sodankylän Viiankiaavan kaivoshankkeen linnustoselvitykset 2009–2010.
- Ramboll Finland Oy 2023a. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen vaikutukset Viiankiaavan Natura 2000 -alueeseen. Natura-arviointi.

20.2.1 Linnustoselvitysten menetelmät ja lähialueelle laaditut muut linnustoselvitykset

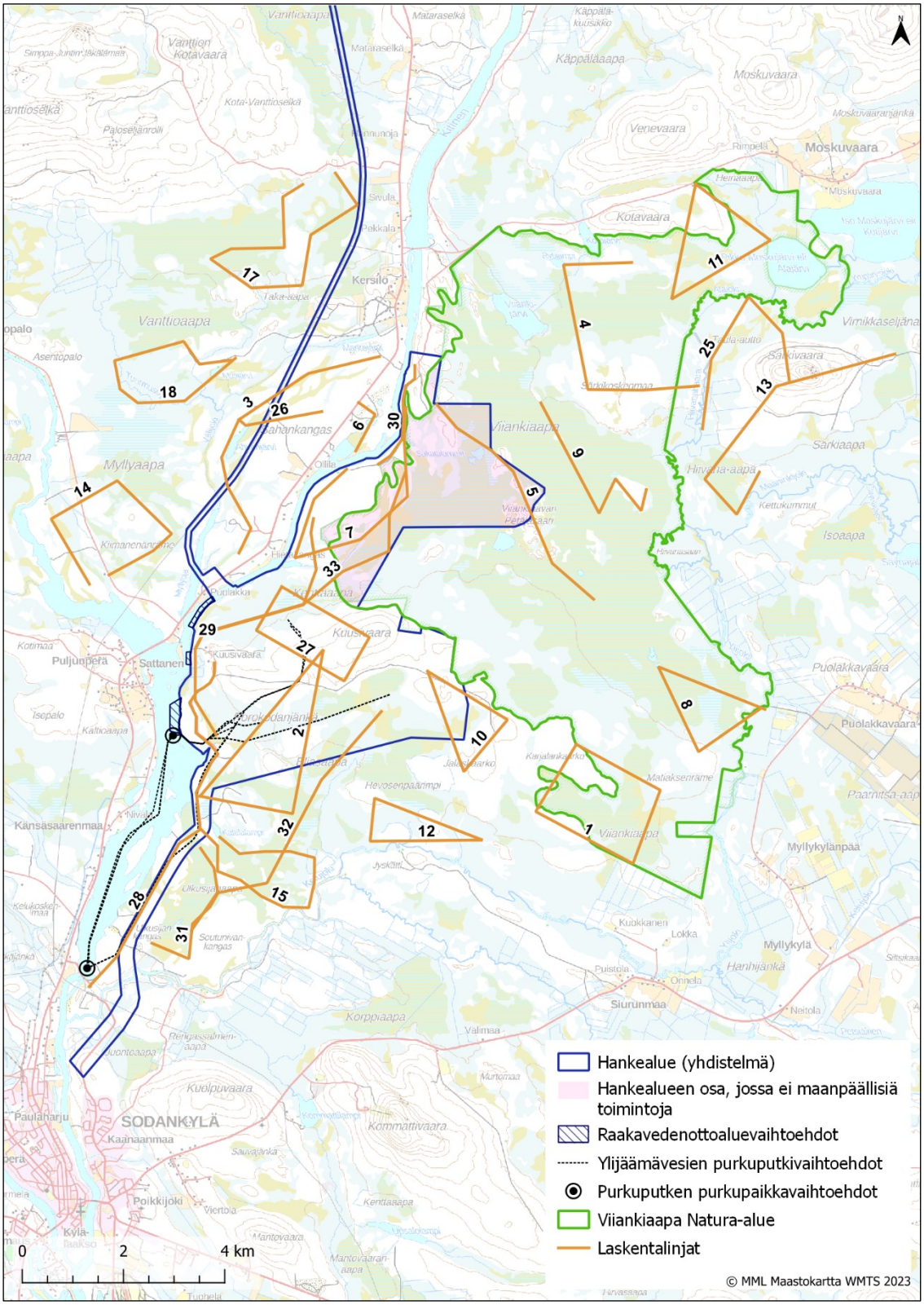
Tässä vaikutusarvioinnissa hyödynnetyissä linnustoselvityksissä on käytetty seuraavia selvitysmenetelmiä ja työmääräpanostuksia (tarkemmat tiedot ajankohdista ja toistokerroista raporteissa):

- Maalinnuston linjalaskenta (yhteensä 30 linjalaskentaa ja 163,7 linjalaskentakilometriä vuoteen 2018 mennessä). Tämän jälkeenkin on laskettu osin samoja, osin uudelleen linjattuja laskentalinjoja, jotka on huomioitu YVA-selostuksen täydennyksessä.
- Kesäatlaslaskenta (1x1 kilometrin ruutu, 9 ruutua, laskentoja toistettu eri vuosina)
- Kartoituslaskenta (viisi aluetta, joiden muoto ja pinta-ala poikkesivat atlasruutujen (1x1 kilometrin) ruuduista; alueet on kartoitettu pääsääntöisesti kolme kertaa yhden pesimäkauden aikana ja laskennat on toistettu useita kertoja)
- Vesi- ja kosteikkolintulaskenta (kaikkiaan 18 kohdetta sisältäen järviä, lampia, Kitisen jokivartta ja rimpialueita, sisältäen saman ruudun eri vuosien toistolaskennat)
- Pöllöjen reviiriselvitykset yökuuntelumenetelmällä (selvityksiä tehty vuosina 2009, 2010, 2015, 2017, 2018 ja 2020)
- Metson soidinpaikkaselvitykset (2017, 2018 ja 2021)
- Muuttolinnustotarkkailut (kevätmuutontarkkailuja vuosina 2016 ja 2020 sekä keväällä ja syksyllä toteutettuja lepäilijälaskentoja vuosina 2009, 2010, 2014, 2015, 2018, 2020 ja 2021)
- Metsäkanalintujen poikuelaskenta (vuonna 2019 riistakolmiolaskentamenetelmällä, kaksi kolmiota)
- Alueella pesivien rauhoitettujen petolintulajien erillistarkkailut eri vuosina, uusin vuonna 2021.

Lisäksi seudun linnustoa on selvitetty linja- ja vesilintulaskennoin Keski-Lapin Life-projektin yhteydessä vuosina 2001 ja 2003. Vuonna 2004 Lapin Yliopiston Arktinen keskus suoritti Keski-Lapin suolintuselvityksiin liittyen linjalaskentaa Viiankiaavan luontopolulla, vesilintulaskentoja Kokkolammella ja Viiankijärvellä sekä kesäatlaslaskentaa yhdellä neliökilometrin ruudulla Viiankiaavan pohjoisen lintutornin ympärillä. Linnustoselvitysten sijoittuminen on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 20-1 – Kuva 20-8).

Yhteenvetona alueella toteutetuista linnustoselvityksistä voidaan todeta, että ne kattavat:

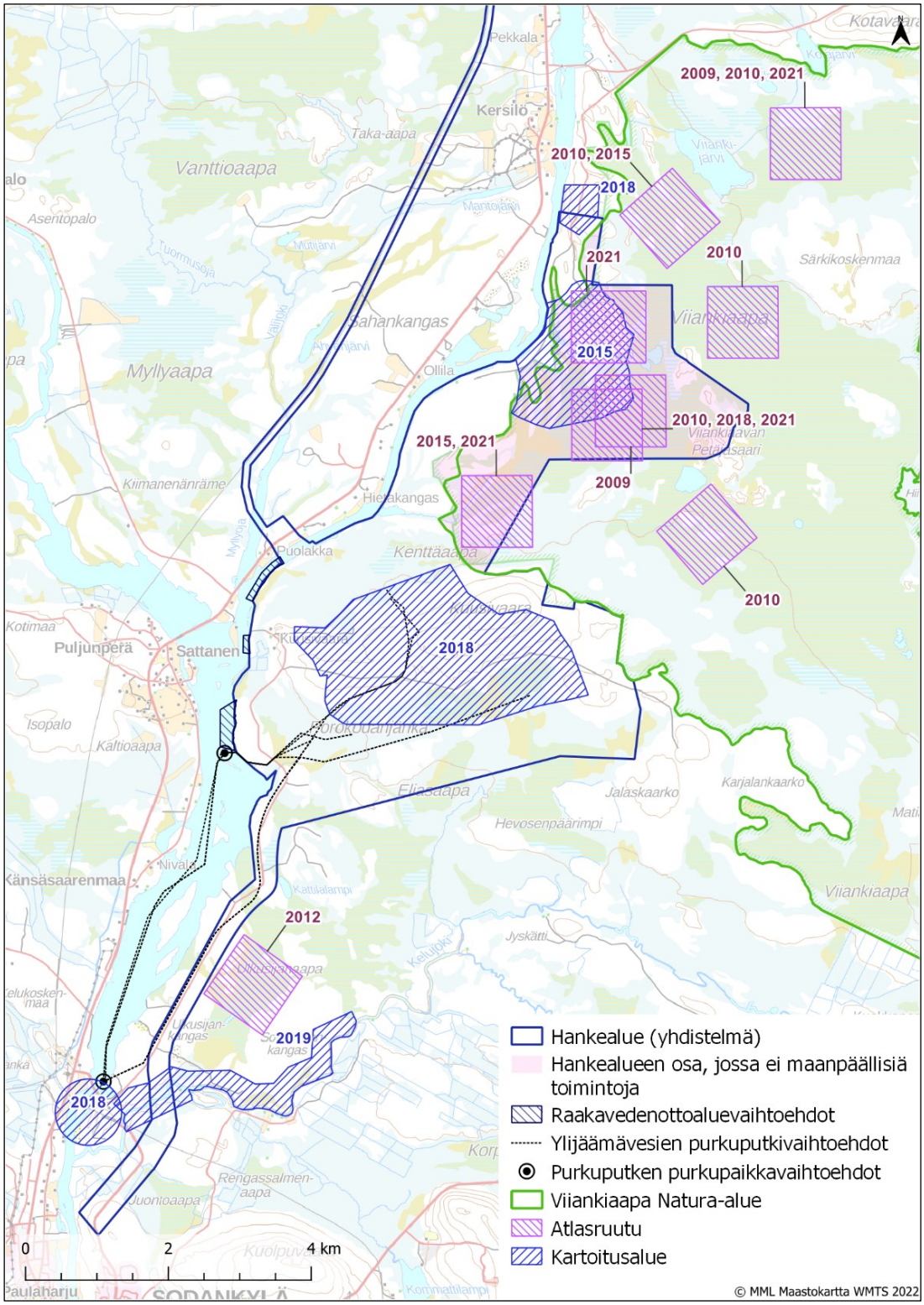
- Ajallisesti pitkän ajanjakson, yli kymmenen vuotta
- Alueellisesti sekä hankealueen että laajasti ympäröiviä alueita, kuten Viiankiaavan Natura 2000 -alueen, *sekä;*
- Lajistollisesti kaikki alueella esiintyvät lajiryhmät.



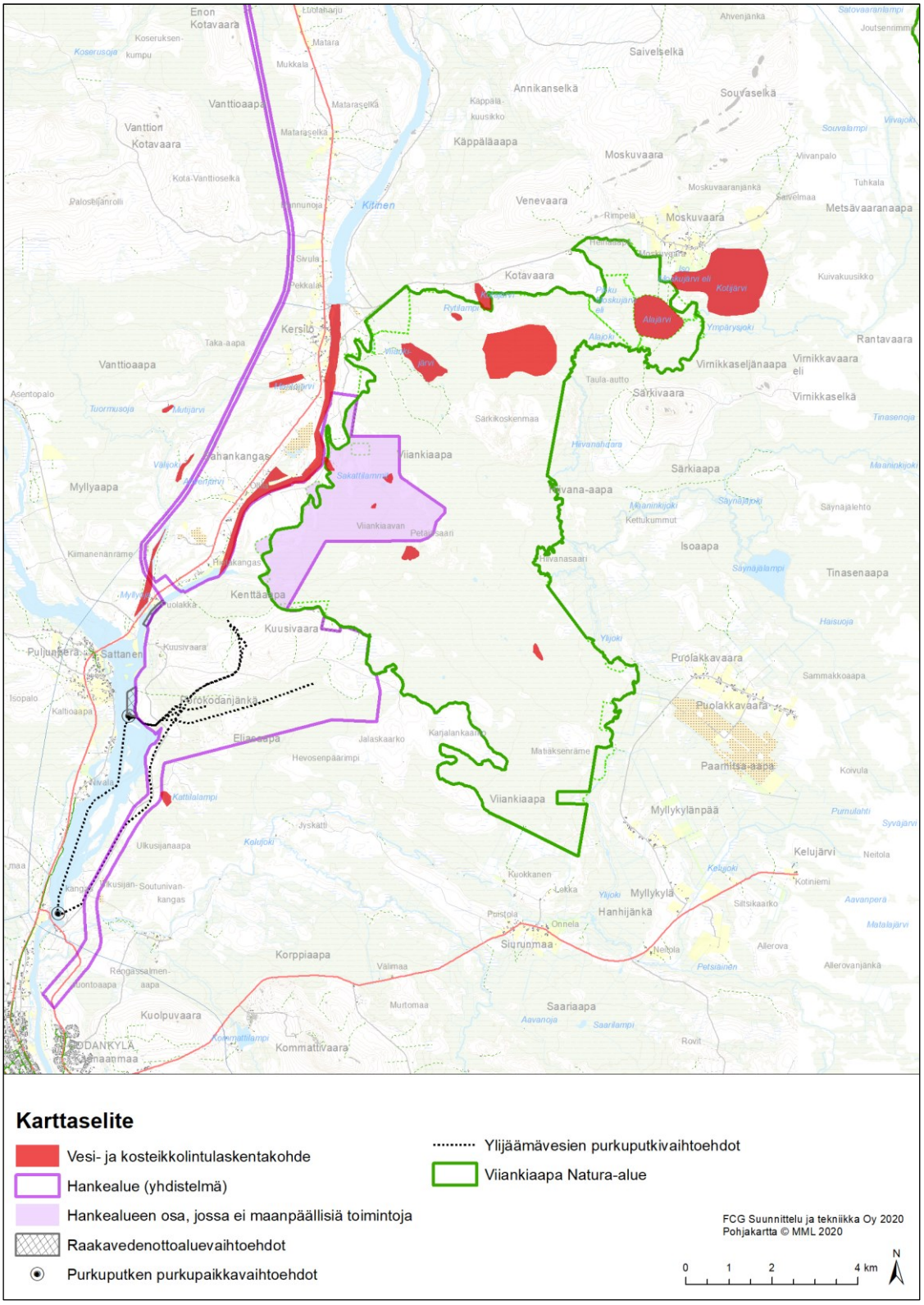
Kuva 20-1 Alueella toteutetut linjalaskennat (linjojen nimet ja laskentavuodet on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 20-2)).

NUMERO	LINJA	VUOSI
1	Tennapuanrimpi	2009
2	Eliasaapa	2009
3	Sahakangas I	2009
4	Särkikoskenmaa	2009, 2010, 2014, 2015, 2018, 2020
5	Petäjäsaari	2009, 2010, 2014, 2015, 2018, 2020
6	Kärväsniemi	2009, 2015
7	Ruosteoja	2009, 2015, 2018
8	Viiankilammet	2010
9	Kolottomansaari	2010
10	Jalaskaarko	2010
11	Mosku	2010
12	Hevosenpnrnrimpi	2010
13	Hiivana	2010
14	Aitamaa	2012
15	Ulkusijanaapa	2012
16	Postoaapa1	2012
17	Kotiaapa	2012, 2013
18	Mutilampi	2012, 2013
19	Paskamaa	2013
20	Mätäsaapa W	2013
21	Mätäsoja	2013
22	Soukka-Voutavaaranaapa pohjois linja	2013
23	Vasavaaranaapa pohjoinen linja	2013
24	Vasavaaranaapa eteläinen linja	2013
25	Särkivaara	2014
26	Sahakangas II	2015
27	Kuusivaara	2015
28	Kuusivaarantie	2018
29	Kenttäaapa	2018
30	Viiankiaavantie	2018
31	Ulkusijanaapa	2019
32	Eliasaapa-Ulkusijanaapa	2020
33	Kenttäaapa-Ruosteoja	2020

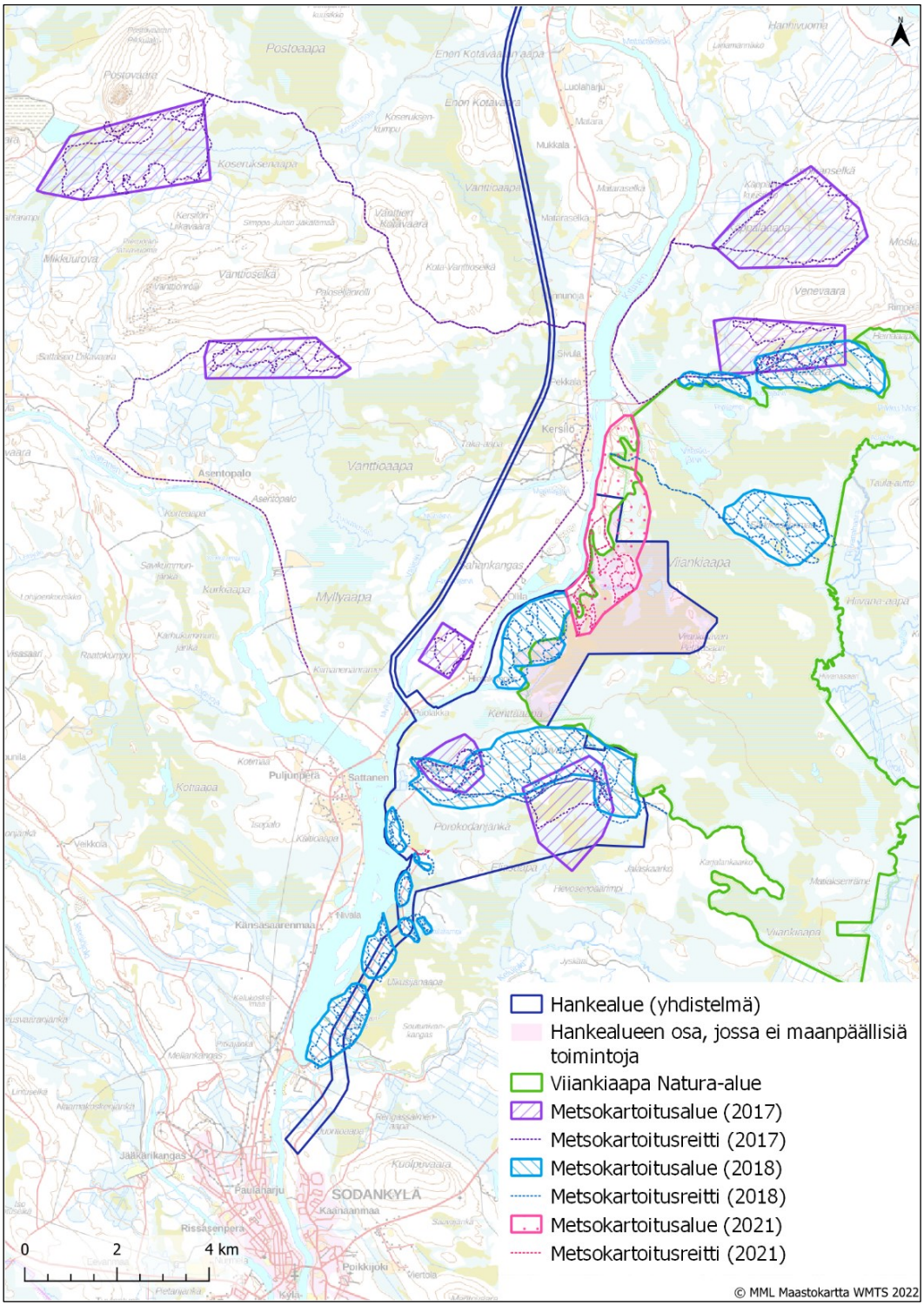
Kuva 20-2 Edellisen kuvan (Kuva 20-1) laskentalinjojen nimet ja laskentavuodet.



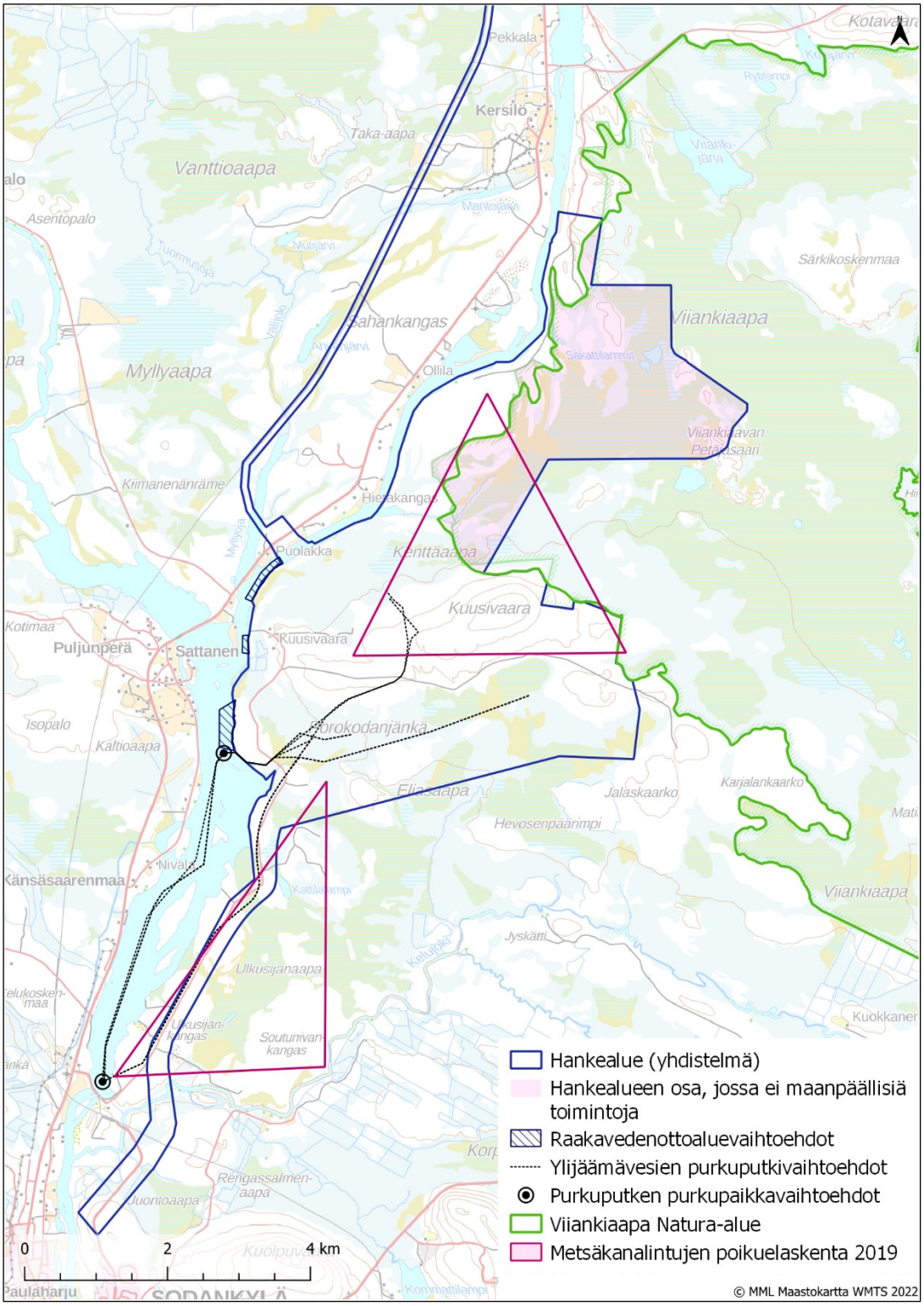
Kuva 20-3 Alueelle toteutetut kartoituslaskennat ja kesäatlasruudut.



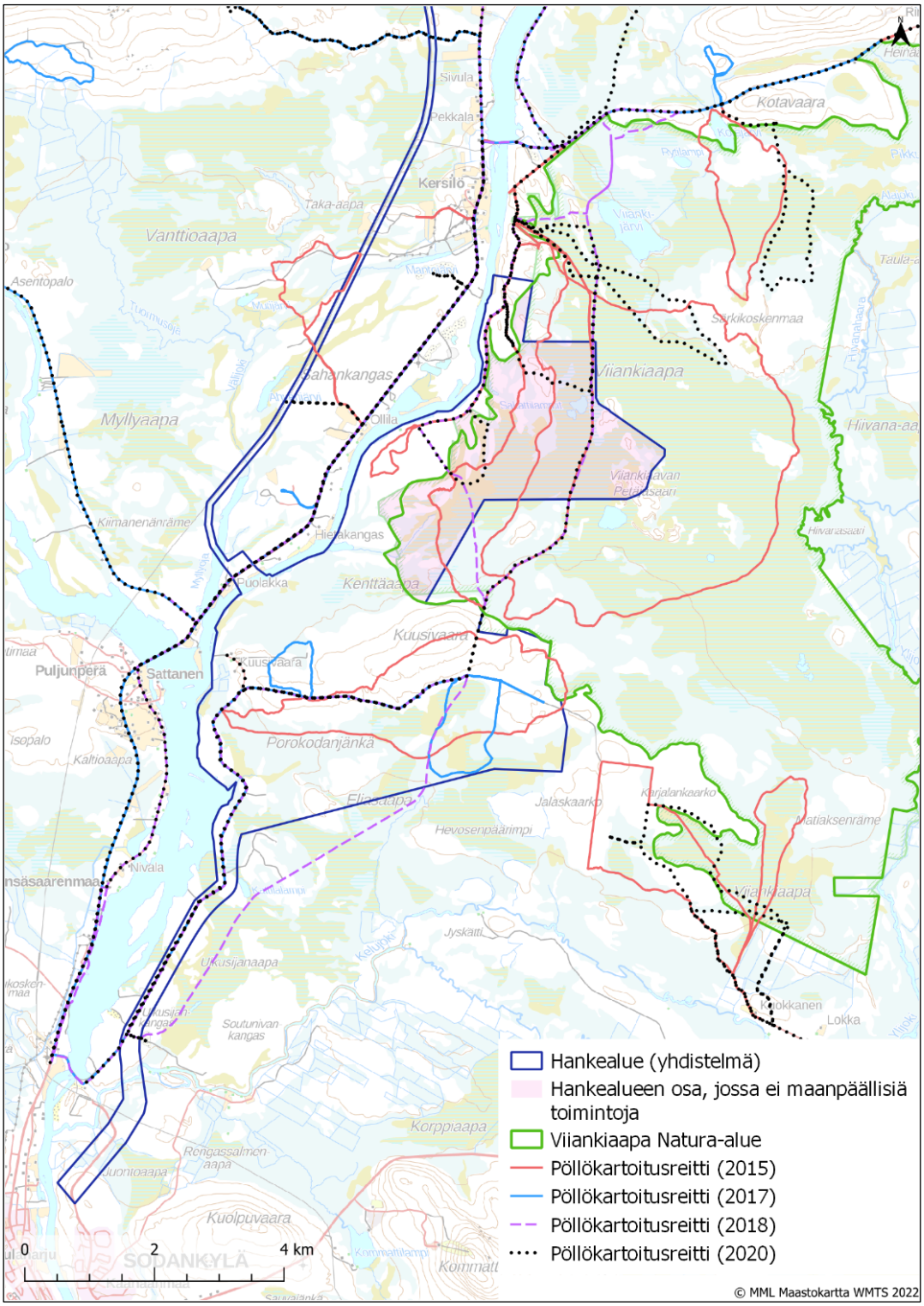
Kuva 20-4 Alueella toteutetut vesi- ja kosteikkolaskennat, joiden tarkoituksena on kartoittaa kohteiden pesimälajistoa.



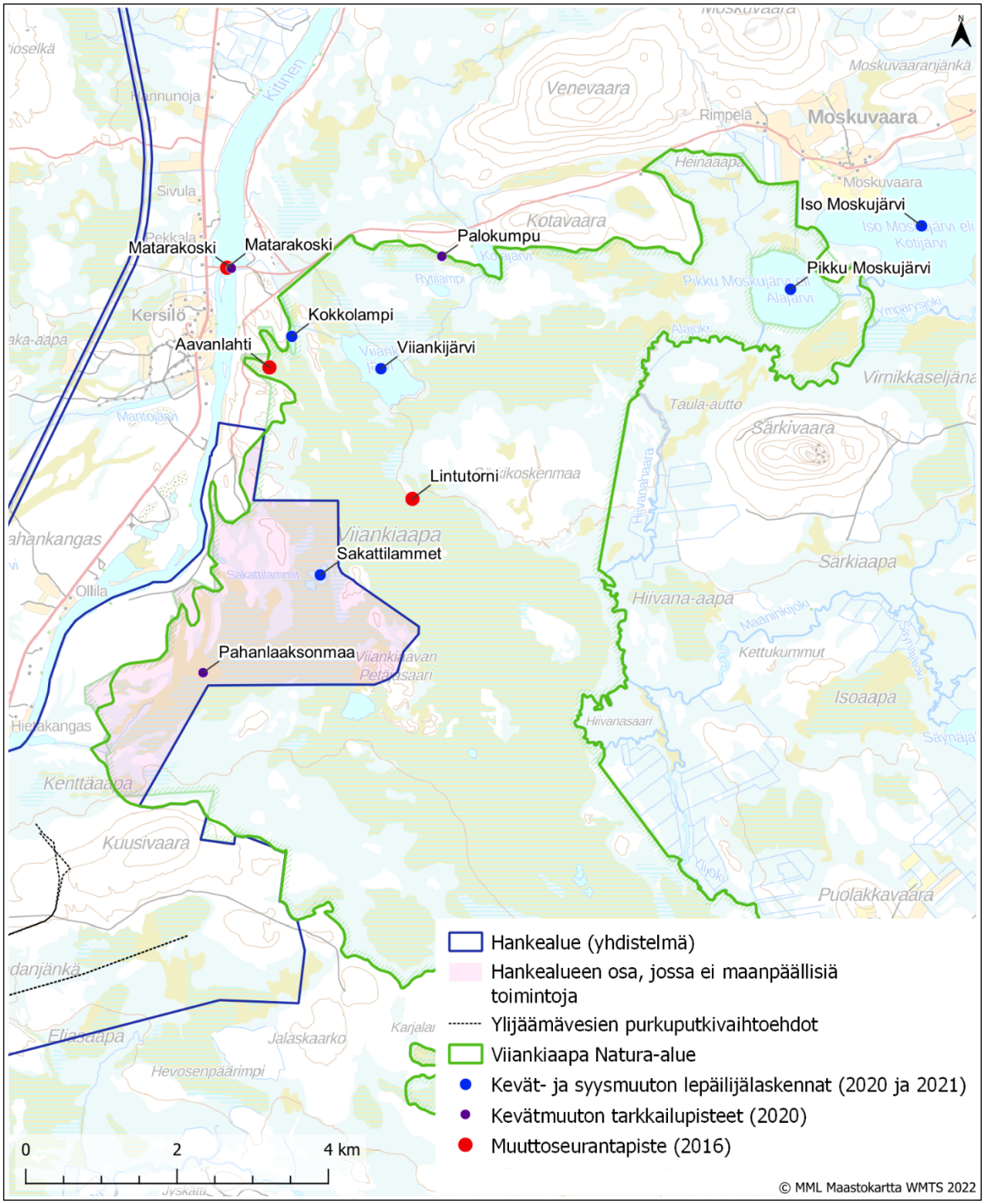
Kuva 20-5 Alueella toteutetut metson soidinpaikkakartoitukset.



Kuva 20-6 Alueella toteutetut metsäkanalintujen poikuelaskentakolmiot vuonna 2019.



Kuva 20-7 Alueella toteutetut pöllökartoitukset, kuljetut reitit.



Kuva 20-8 Muuttolinnuston tarkkailupisteet (vuosina 2016 ja 2020) sekä muutonaikaisten lepäilijälaskentojen kohteet (vuosina 2020 ja 2021).

20.2.2 Arvioinnin epävarmuustekijät

Luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen ja sitä kautta lintujen pesimäbiotooppeihin kohdistuvien välillisten vaikutusten arvioinnin suurimmat epävarmuustekijät liittyvät suoluonnon vesitalouteen. Pohjaveden virtausmallinnukset on laadittu hankevaihtoehdolle VE1a, ja virtausmallit ovat tältä osin riittävän luotettava vaihtoehdon linnustoon kohdistuvaa vaikutusarviointia varten. Pohjavesimallien epävarmuuksia on käsitelty yksityiskohtaisesti luvussa 16 sekä liitteessä 6 esitetyssä Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a). Muiden hankevaihtoehtojen osalta ei voida esittää yhtä tarkkoja arvioita pohjaveden alenemista, ja tämän myötä eri toteutusvaihtoehtojen mallinnusten puuttuessa ei voida esittää varmoja johtopäätöksiä luontotyypeille ja kasvillisuudelle kohdistuvista muutosvaikutuksista, eikä mahdollisuutta ennakoimattomiin laaja-alaisiin hydrologisiin vaikutuksiin ja sen myötä merkittäviin luontotyyppi- ja kasvillisuusvaikutuksiin ei voida täysin sulkea pois.

Arviointiin liittyy epävarmuustekijöitä myöskin, koska on hyvin vähän yleisesti sovellettavissa olevaa tutkimustietoa siitä, millaisia erilaisten pohjavesivaikutteisten ekosysteemien vasteet ovat pohjaveden alenemiin (aleneman suuruus vs. vaikutusajan pituus). Kasvillisuus reagoi yleensä usean vuoden tai jopa vuosikymmenen viiveellä kasvupaikkamuutoksiin. Etenkin muutosten alkuaikana voi olla vaikea erotella luonteiset vuosittaiset vaihtelut hankkeen aiheuttamista vaihteluista.

Etenkin tärinän vaikutuksista lintuihin on olemassa vain vähän tutkimusaineistoa, sillä useimmiten tutkimukset keskittyvät tarkastelemaan melun vaikutuksia lintuihin ja tärinä rinnastetaan usein melun kanssa yhteen. Lintujen reagoimista eri melulähteisiin on Suomessa tutkittu varsin vähän, joten autenttinen tutkimusaineisto juuri tämän hankkeen vaikutusten kohteena olevasta lajistosta ja olosuhteista on vähäistä. Lisäksi useimmat tutkimukset koskevat liikennemelua, mikä on luonteeltaan erilaista kuin kaivostoimintojen aiheuttama melu. Siksi vaikutusten arviointi perustuu varsin pitkälti yleiseen olemassa olevaan tietoon lintujen käyttäytymisestä erityisesti häiriövaikutusten (melu-, tärinä- ja visuaaliset häiriövaikutukset) osalta.

On huomattava, että tämä nykytilankuvaus ja vaikutusarviointi perustuu tämänhetkiseen tilanteeseen. Linnustossa tapahtuu jatkuvasti muutoksia luontaisesti ja esimerkiksi metsätalouden myötä. Näin ollen linnuston nykytila voi poiketa nykyisestä kaivoksen rakentamisen ja vaikutusten ilmenemisen alkaessa. Tätä epävarmuutta lieventää se, että luvitusvaiheessa linnuston nykytilaa voidaan tarvittaessa tarkentaa.

20.3 Linnuston nykytila

20.3.1 Peräpohjolan pesimälinnuston yleispiirteet

Pesivän maalinnuston perusteella tehdyssä eliömaantieteellisessä jaottelussa Sodankylän kunta sijoittuu kokonaisuudessaan Peräpohjolan (pohjoisboreaaliselle) vyöhykkeelle. Vyöhykkeelle tyypillisiä elinympäristöjä ovat melko karut mänty- ja kuusimetsät ja toisaalta hyvinkin laajat räme- ja aapasuokokonaisuudet. Vyöhykkeelle ominaiset Keski-Lapin suuret rimpiset aapasuot ovat linnustollisesti yksi koko Pohjolan arvokkaimmista linnuston elinympäristöistä. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että mitä vetisempi ja laajempi suo on, sitä runsaslukuisemman ja monilajisemman linnuston

se elättää. Samoin käyttäytyvät myös suojelullisesti arvokkaiden lajien runsaus ja lajimäärä. (Jokimäki & Kaisanlahti 2004.)

Peräpohjolan alueella pesivän maalinnuston lajimäärä 50 x 50 kilometrin UTM-ruuduissa on 105–135 lajia ja paritiheys keskimäärin 100–125 paria/km^2 (Väisänen ym. 1998). Muuhun Suomeen verrattuna linnuston lajimäärä Peräpohjolan alueella on runsaimmillaan juuri suolinnuston osalta. Suomessa 19 tavallisimmasta suolajista alueella tavataan peräti 15–18 lajia, mikä on lähes puolet enemmän kuin suolinnuston lajimäärä Keski-Suomen alueella (Väisänen ym. 1998). Tässä luokittelussa suolajiksi määritellään laji, jonka ensisijaisia elinympäristöjä suot ovat, eli lajit pesivät niillä. Lisäksi Repo & Auvinen (2011) määrittelevät suolajeiksi lajit, jotka eivät välttämättä pesi suolla, mutta käyttävät sitä elinympäristönään jossain vuodenkierron vaiheessa. Tällaisia ovat esimerkiksi teeri, jonka pesä sijaitsee useimmin metsässä, mutta jonka tärkeimmät soidinkeskukset sijaitsevat avosoilla. Tämä nostaa suolajeiksi määriteltyjen lajien määrää huomattavasti. Lisäksi erityyppisillä soilla pesii erilainen lajisto, vaikka kaikki luokitellaankin suolajeiksi. Esimerkiksi rämeille tyypillisiä lajeja ovat riekko ja pohjansirkku, avoimille mätäspintaisille nevoille keltavästäräkki ja kapustarinta ja avoimille rimpisille nevoille jänkäsirriäinen ja mustaviklo.

20.3.2 Linnusto kaivoksen maanpäällisten rakenteiden alueella

Linnuston nykytilankuvaus perustuu pääosin Eurofins Ahma Oy:n (2018f) laatimaan koontiraporttiin Viiankiaavan (kattaa myös hankealueen) linnuston perustilaselvityksistä. Lisäksi on hyödynnetty uusimpien selvitysten tuloksia, jotka on lueteltu luvussa 20.2.

Sakatin kaivoshankkeessa toteutuksen päävaihtoehtoja on kolme (ks. luvut 3.3–3.9). Maanpäällisten rakenteiden osalta kaikissa vaihtoehdoissa rikastamo, tarvekivilouhos ja rikastushiekka-alue oheistoimintoineen sijoittuvat Kuusivaaran alueelle. Sen sijaan maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu vaihtoehdosta riippuen joko Kuusivaaran tehdasalueelle (VE1), Pahanlaaksonmaalle (VE2) tai Pahanlaaksonmaan pohjoisosaan Tihiämaalle (VE3). Kaikissa vaihtoehdoissa kaivoksen maanpäälliset toiminnot sijoittuvat Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolelle. Kaivoksen yhdystievaihtoehtoina tarkastellaan pohjoista vaihtoehtoa, jossa tie kulkisi voimajohtoreitin mukaisesti luoteeseen Sattasen kylän pohjoispuolelle sekä eteläistä vaihtoehtoa, jossa tie kulkisi etelästä valtatie 5:n uudelta linjaukselta Kelujoen yli ja Kitisen itäpuolta seuraten hankealueelle.

Kuusivaara ja Kenttäaapa. Kuusivaara on pääosin mänty- ja sekapuustoista talousmetsää ja alueella on myös laajoja avohakkuita. Linjalaskennassa havaittiin lähinnä alueelle tyypillistä lajistoa. Laskentalinja kattoi myös Kuusivaaran pohjoispuolisen Kenttäaavan, jolla havaittiin 21 paria liroja, mitä voidaan pitää runsaana määränä, viisi paria valkovikloja ja kaksi paria taivaanvuohia. Lisäksi toinen laskentalinja sijoittui osin Kuusivaaralle sekä sen eteläpuolelle (Eliasaavan linja). Tässä laskennassa todettiin selvitysalueelle hyvin tyypillinen linnusto. Kuusivaaran laajoilla metsäalueilla oli runsaasti mm. leppälintuja ja käkiä. Vaateliaammista metsälajeista laskennassa tavattiin mm. lapintiaisia, kulorastaita ja käenpiika.

Kuusivaaran kartoituslaskennassa havaittiin varsin niukka, pääosin talousmetsille tyypillinen lajisto. Suojelullisesti huomionarvoisista lajeista laskennoissa havaittiin metso, hömötiainen, kuukkeli ja

leppälintu. Ympäröivällä suoalueella ja sen reunoilla havaittiin tyypillistä suolajistoa, kuten liro, niittykirvinen, keltavästäräkki, pensastasku ja pohjansirkku.

Metson soidinpaikkakartoituksen yhteydessä Kuusivaaralla todettiin kaksi metson soidinkeskusta ja pöllöselvitysten yhteydessä yhteensä neljä helmipöllöreviiriä, joista kolme hyvänä pöllökeväänä 2020.

Porokodanjänkä, Eliasaapa ja Hevosenpäärimpi sijaitsevat Kuusivaaran eteläpuolella, Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolella. Alueella laskettiin yksi laskentalinja ja Kuusivaaran kartoitusalue ulottui osin Porokodanjängälle. Laskennoissa tavattiin alueellisesti tavanomainen lajisto. Eliasaavalla on varsin märkiä ja vaikeakulkuisia rimpialueita, kun taas Porokodanjängällä on pääasiassa laajoja rämealueita. Eliasaapa rehevänä ja rimpisenä suona tarjoaa elinympäristön monipuoliselle kahlaajalajistolle. Suolta tavattiin mm. kuovi, mustaviklo ja jänkäsirriäinen. Rämeiltä tavattiin pari pohjansirkkua.

Ulkusijanaapa sijaitsee hankealueen eteläosassa, Eliasaavan ja Kelujoen välissä. Hankesuunnittelussa eteläinen yhdystie kulkisi Ulkusijanaavan pohjoisosan kautta sekä sen länsipuolitse. Linnustoselvityksissä havaittu lajisto on alueelle hyvin tyypillistä. Ulkusijanaapa vaikuttaa olevan monipuolinen ja arvokas suolintujen pesimäalue. Ulkusijanaapa on aivan eteläpäätä lukuun ottamatta luonnontilainen, ja suolintujen määrä alueella on korkea. Sen sijaan metsälinnusto on vaatimatonta ja harvalukuista. Hankkeen kannalta linnustollisesti merkittävin tieto on alueella oleva uhanalaisen petolintulajin reviiri. Tiedot on toimitettu hankkeesta vastaavan ja yhteysviranomaisen käyttöön.

Kelujoen varren linnustoa selvitettiin kartoituslaskennoin vuoden 2019 kesällä. Kartoituksessa havaittiin yhteensä 28 lajia ja paritiheys oli yli 112 paria/km^2, mikä on Perä-Pohjolan alueella hyvin keskimääräinen tiheys. Väisäsen ym. (1998) mukaan linnuston keskimääräinen paritiheys Perä-Pohjolassa on 105–135 paria/km^2. Lajisto koostui pääasiassa metsälajeista. Myös suojelullisesti huomionarvoisia lajeja havaittiin monipuolisesti. Kartoituksissa löydettiin erittäin uhanalaiseksi luokitellun petolintulajin pesä, joka kuitenkin sijaitsee YVA:n mukaisen hankealueen ulkopuolella. Lisäksi alueelta löytyi toinen isokokoinen risupesä, joka kuitenkin oli selvitysvuonna tyhjä. Tiedot on toimitettu hankkeesta vastaavan ja yhteysviranomaisen käyttöön. Suojelullisesti arvokas lajisto jakaantui kartoitetulla alueella melko tasaisesti koko alueelle, eikä alueelta ollut rajattavissa mitään yksittäisiä arvokkaampia alueita. Muutoin havaittu lajisto oli kyseisille biotoopeille alueellisesti tavanomaista.

Ruosteojan kartoitusalue sijoittuu Kuusivaaran ja Sakattiojan pohjoispuolelle, Pahanlaaksonmaan ja Viiankiaavan länsiosan alueelle. Alue sijoittuu suurelta osin Natura-alueelle. Alueella laskettiin yksi laskentalinja kolmeen kertaan vuosina 2009, 2015 ja 2018. Laskentalinjan reitillä on pääasiassa alueelle tavanomaisia kuivahkoja mäntyvaltaisia kangasmetsiä, mutta myös edustavia tuoreen kankaan kuusikoita ja paikoin jopa lehtomaisia kuvioita. Alueella todettiin hyvin monipuolinen, vaikkakin alueelle tyypillinen pesimälajisto. Monipuoliset metsät tarjoavat hyvät elinympäristöt lukumääräisesti runsaalle linnustolle. Alueen kartoituslaskennassa tavattiin pesintään viittaavasti 52 lajia. Linjalaskennoissa parimäärät vaihtelivat 250 parin molemmin puolin, mikä on huomattavasti alueen keskimääräistä paritiheyttä korkeampi. Huomionarvoisia pesimälajeja alueella olivat suokukko, pajusirkku (runsas, 14 paria), liro (16 paria), pohjan- ja pikkusirkku, jänkäsirriäinen, hiiripöllö ja metso (neljä paria). Pahalaaksonmaassa havaittiin useita metson hakomispuita, ja samalla alueella on

havaittu sekä metsoja että koppeloita soidinaikaan useana vuotena. Alueella sijainneekin metson soidin, vaikka varsinaista soidinkeskusta ei olekaan löydetty.

Kuusivaarantien 7,6 kilometriä pitkä laskentalinja kulkee Kelukoskelta olemassa olevaa tielinjaa pitkin Kuusivaaran länsireunaan. Linjan merkittävin havainto oli Kattilalammella pesivä kaakkuripari. Muutoin, ja myös muissa alueelle sijoittuvissa erillisselvityksissä, kuten vesi- ja kosteikkolintulaskennoissa, havaittu linnusto oli melko niukkaa ja lajisto pääosin tyypillistä kangasmetsien lajistoa.

Kelukosken voimalaitoksen ympärillä kartoituslaskennoissa havaittiin ja pesiviksi tulkittiin mm. rantasipi (4–7 paria), sinirinta, hömötiainen, viherpeippo, varpunen, pohjan- ja pajusirkku. Lajisto oli pääosin alueelle tyypillistä kulttuuri- jokivarsi- ja metsäelinympäristöjen lajistoa.

Pahanlaaksonmaan pohjoispuolella, Poikkijoenkankaan eteläosassa on yksi sijoitusvaihtoehto maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnille (VE3). Pesimälinnuston kartoitusalueista Poikkijoenkankaan kartoitusalue sijoittuu Pahanlaaksonmaan pohjoisosaan. Koko kartoitusalue on lähes kauttaaltaan kuivaa tai kuivahkoa talouskäytössä olevaa mäntykangasta, mikä näkyi lajiston niukkuutena. Runsain laji oli mäntykankaille tyypillinen leppälintu ja lajimäärä jäi kuuteentoista. Ainoa havaittu uhanalaiseksi luokiteltu laji oli erittäin uhanalaiseksi (EN) luokiteltu hömötiainen, joka on kuitenkin selvitysalueella varsin runsas pesimälaji. Vuoden 2021 metson soidinpaikkakartoituksen yhteydessä alueelta löytyi metson soidinkeskus. Soidinkeskus vaikuttaa kuitenkin olevan pieni, arvioilta korkeintaan muutaman koiraan soidin. (Eurofins Ahma Oy 2021a.)

20.3.3 Erilliskartoitusten tulokset

Selvitysalueella (ks. Luku 20.2.1) tehdyissä laajoissa ja usean vuoden (2009, 2010, 2015, 2017, 2018, 2020) kattavissa **pöllöselvityksissä** havaittiin pöllöjä vaihtelevasti. Pöllöjen esiintyminen ja pesintä riippuvat vahvasti myyräkannoista (mm. Saurola 1995). Huonoina myyrävuosina pöllöt voivat vaeltaa ravinnon perässä pitkiäkin matkoja tai jättää pesinnän väliin. Vastaavasti myyräkantojen ollessa huipussaan pöllöt voivat vaeltaa hyville myyräalueille ja tuottaa useita poikasia paria kohden. Kartoitusvuosina hyviä pöllövuosia alueella oli vuodet 2015 ja 2020. Vuoden 2020 kartoituksissa todettiin selvitysten suurimmat pöllömäärät (AFRY Finland Oy 2020e). Vertailun vuoksi vuosina 2017 ja 2018 kartoituksissa ei havaittu lainkaan pöllöjä. Hankealueen osalta todettiin eri vuosina yhteensä neljä helmipöllöreviiriä Kuusivaaralla (joista kolme keväällä 2020 ja yksi 2015) ja yksi hiiripöllöreviiri Ruosteojalla (2020). Muut havaitut pöllöreviirit sijaitsevat alueilla, jonne ei ole osoitettu rakentamista. Hankealuerajauksen sisällä on todettu yksi hiiripöllöreviiri Ruosteojalla (Natura-alueella), kaksi helmipöllöreviiriä Kuusivaaran itäpuolella ja Viiankiaavan Petäjäsaaressa (molemmat Natura-alueella) ja yksi suopöllöreviiri Hevosenpäärimmellä Kuusivaaran eteläpuolella. Muut havaitut pöllöreviirit sijaitsevat hankealuerajauksen ulkopuolella.

Metson soidinpaikkoja on kartoitettu kiertolaskennoilla hankealueella sekä Viiankiaavalla ympäristöineen vuosina 2017, 2018 ja 2021. Lisäksi vuonna 2015 metson soidinpaikkoja etsittiin tehtyjen pöllöselvitysten yhteydessä. Hankealueella kartoituksissa todettiin kaksi metson soidinkeskusta Kuusivaaran alueella ja yksi Tihiämaan alueella. Lisäksi Pahanlaaksonmaalla sekä Porokodanpalossa on todennäköisesti metson soidinpaikat, vaikka niiden sijainnista ei saatu varmuutta. Muut todetut

metson soidinpaikat sijaitsevat hankealuerajauksen ulkopuolella. Tarkemmat soidinpaikkojen sijainnit on esitetty erillisessä salassa pidettävässä viranomaisraportissa.

Selvitysalueen kaikki järvet ja lammet sekä Kitisen vartta ja niiden pesimälinnustoa **kartoitettiin kosteikkolaskennoin**. Laskennat kattoivat vuosina 2009–2018 kaikkiaan 18 kohdetta sisältäen järviä, lampia, Kitisen jokivartta ja rimpialueita. Järvillä ja lammilla pesii varsin monipuolinen, mutta yksilömääräisesti alueen kokoon nähden vähälukuinen pesimälinnusto. Lisäksi järvien ja lampien ympäristössä pesii monipuolisesti varpuslintuja ja petolintuja, ja kosteikoilla vierailee monipuolinen muuttolinnusto. Laskennoissa havaittiin yhteensä 75 lajia, joista varsinaisia pesiviä kosteikkolintuja oli 40 lajia. Telkkä ja tavi ovat selvitysalueen selvästi runsaimmat vesilinnut. Muutonaikainen linnusto lammilla vaihtelee vuosien välillä suuresti. Alueen vesistöistä etenkin Moskujärvet toimivat myös merkittävinä muuttolintujen, etenkin sorsien ja kahlaajien levähdys- ja ruokailualueina. Syksyllä 2010 lammilla nähtiin merkittävä kerääntymä, jossa oli parhaimmillaan yli sata sorsalintua. Myös yli sadan suokukon lepäilykertymä todettiin heinäkuussa 2018. Muilla vesistöillä ei havaittu merkittäviä muuton aikaisia kerääntymiä.

Sakattilampien lintuja on laskettu vuosina 2009, 2010, 2014 ja 2015. Sakattilampien linnusto on melko runsas lampien kokoon nähden. Lammilla pesii 10–18 paria vesi- ja rantalintuja. Tukkasotka on sorsista selvästi runsain. Muista sorsista lammilla pesii ainakin sini- ja jouhisorsa, tavi, telkkä ja uivelo. Sakattilampien läheisellä nimettömällä lammella pesii lisäksi vesipääsky.

Kärväslammella ei todettu huomionarvoisia lajeja.

Kaakkuri todettiin pesivänä hankealueella, eteläisen yhdystievaihtoehdon varrella sijaitsevalla Kattilalammella.

20.3.4 Suojelullisesti huomionarvoiset lajit

Selvitysalueella vuosina 2009–2021 havaitut uhanalaiset ja silmälläpidettävät lajit, Pohjoisboreaalisella Peräpohjolan vyöhykkeellä (4b) alueellisesti uhanalaiset lajit, EU:n lintudirektiivin liitteen I lajit ja Suomen kansainväliset vastuulajit ja niiden esiintyminen selvitysalueella on esitetty seuraavissa kappaleissa.

Kaikkiaan selvityksissä alueella pesiviksi lajeiksi tulkittiin 114 lajia. Näistä 71:llä eli 62,3 %:lla on jokin suojelustatus. Lajeista 46 (39,5 %) on vuonna 2019 julkaistulla uudella Punaisella listalla (hävinneet, uhanalaiset ja silmälläpidettävät), ja valtakunnallisesti uhanalaisia (vaarantuneet, erittäin uhanalaiset, äärimmäisen uhanalaiset) lajeja on 23 (20,2 %) (Hyvärinen ym. 2019). Alueellisesti uhanalaisia (RT) lajeja on viisi. Punaisella listalla olevat silmälläpidettävät lajit (NT) eivät aivan täytä uhanalaisuuden kriteerejä, mutta ne voivat ajautua uhanalaisiksi, jos niiden hyväksi ei toimita. EU:n lintudirektiivin liitteen I lajeja on 27 ja Suomen kansainvälisiä vastuulajeja 27 (Taulukko 20-1). Rauhoitetut petolintulajit, joiden tiedot ovat salassa pidettäviä, on käsitelty erillisessä, vain viranomaiskäyttöön tulevassa liitteessä.

Taulukko 20-1 Pesiviksi tulkitut, suojelullisesti huomionarvoiset lintulajit sekä selvitykset, joissa lajit on havaittu. UHEX = Suomen lajien uhanalaisuusluokittelu (CR = äärimmäisen uhanalainen, EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä ja RT = alueellisesti uhanalainen), KVL = Suomen kansainvälinen vastuulaji, EU = EU:n lintudirektiivin liitteen I laji, LSL = Suomen luonnonsuojelulain ja -asetuksen nojalla uhanalainen (U) tai erityisesti suojeltava (E) laji.

Laji	Tieteellinen nimi	UHEX	KVL	EU	LSL	Linja-laskennat	Atlas-ruudut	Muut kartoitusalueet	Kosteikkolaskennat: pesintä + muuton aikaiset kerääntymät
Ampu-haukka	*Falco columbarius*			**x**		x	x		x
Haapana	*Anas penelope*	**VU**	**x**			x	x		x
Haara-pääsky	*Hirundo rustica*	**VU**			**U**	x		x	x
Harakka	*Pica pica*	**NT**				x		x	x
Harmaa-lokki	*Larus argentatus*	**VU**				x	x		x
Helmipöllö	*Aegolius funereus*	**NT**	**x**	**x**				x	
Hiiripöllö	*Surnia ulula*			**x**		x		x	
Hömötiainen	*Poecile montanus*	**EN**			**U**	x	x	x	
Isokoskelo	*Mergus merganser*	**NT**	**x**					x	x
Isokuovi	*Numenius arquata*	**NT**	**x**			x	x	x	x
Isokäpylintu	*Loxia pytyopsittacus*		**x**			x			
Jouhisorsa	*Anas acuta*	**VU**				x	x		x
Jänkäkurppa	*Lymnocryptes minimus*		**x**			x	x	x	x
Jänkäsirriäinen	*Calidris falcinellus*	**NT**				x	x	x	x
Kaakkuri	*Gavia stellata*			**x**		x		x	x
Kalasääski	*Pandion haliaeetus*			**x**					x
Kanahaukka	*Accipiter gentilis*	**NT**						x	
Kapustarinta	*Pluvialis apricaria*			**x**		x	x		x
Keltavästäräkki	*Motacilla flava*					x	x	x	x
Kiuru	*Alauda arvensis*	**NT**							x
Kivitasku	*Oenanthe oenanthe*	**RT**				x			
Kurki	*Grus grus*			**x**		x	x	x	x
Kuukkeli	*Perisoreus infaustus*	**NT**				x	x	x	
Käenpiika	*Jynx torquilla*	**NT**				x			
Lapinkirvinen	*Anthus cervinus*	**EN**			**U**		x		
Lapinpöllö	*Strix nebulosa*			**x**				x	
Lapintiainen	*Poecile cinctus*	**NT**				x	x	x	
Lapintiira	*Sterna paradisaea*			**x**					x
Laulujoutsen	*Cygnus cygnus*		**x**	**x**		x	x	x	x
Leppälintu	*Phoenicurus phoenicurus*		**x**			x	x	x	x
Liro	*Tringa glaerola*	**NT**	**x**	**x**		x	x	x	x
Metso	*Tetrao urogallus*		**x**	**x**		x	x	x	

Laji	Tieteellinen nimi	UHEX	KVL	EU	LSL	Linja-las-ken-nat	Atlas-ruu-dut	Muut kar-toitusalu-eet	Kosteikkolasken-nat: pesintä + muuton aikaiset kerääntymät
Metsähanhi	*Anser fabalis*	**VU**	**x**			x	x		x
Mustaviklo	*Tringa erythropus*	**NT**	**x**			x	x		x
Pajusirkku	*Emberiza schoe-niclus*	**VU**			**U**	x	x	x	x
Palokärki	*Dryocopus martius*			**x**		x			
Pensas-kerttu	*Sylvia communis*	**NT**				x			
Pensastasku	*Saxicola rubetra*	**VU**			**U**	x	x		x
Piekana	*Buteo lagopus*	**EN**			**U**				x
Pikkukuovi	*Numenius phaeopus*		**x**			x			x
Pohjan-sirkku	*Emberiza rustica*	**RT**				x	x	x	x
Pohjantikka	*Picoides tridactylus*		**x**	**x**		x	x		x
Punavarpu-nen	*Carpodacus erythrinus*	**NT**							x
Pyy	*Tetrastes bonasia*	**VU**		**x**		x			
Rantasipi	*Actitis hypoleuca*		**x**			x		x	x
Riekko	*Lagopus lagopus*	**VU**				x	x		
Selkälokki	*Larus fuscus*	**EN**	**x**		**U**	x			
Sinisuo-haukka	*Circus cyanus*	**VU**		**x**	**U**	x	x		
Sinirinta	*Luscinia svecica*	**RT**		**x**		x	x	x	
Suokukko	*Calidris pugnax*	**CR**		**x**	**U**	x	x	x	x
Suopöllö	*Asio flammea*			**x**		x			x
Taivaan-vuohi	*Gallinago gallinago*	**NT**				x	x	x	x
Tavi	*Anas crecca*		**x**			x	x	x	x
Ta-viokuurna	*Pinicola enucleator*		**x**			x			
Teeri	*Lyrurus tetrix*		**x**	**x**		x	x	x	
Telkkä	*Bucephala clangula*		**x**			x	x	x	x
Terva-pääsky	*Apus apus*	**EN**			**U**	x			
Tukkakos-kelo	*Mergus serrator*	**NT**	**x**						x
Tukkasotka	*Aythya fuligula*	**EN**	**x**			x	x	x	x
Tylli	*Charadrius hiati-cula*	**RT**				x	x		x
Törmä-pääsky	*Riparia riparia*	**EN**			**U**	x			
Uivelo	*Mergellus albellus*		**x**	**x**		x	x	x	x
Valkoviklo	*Tringa nebularia*	**NT**	**x**			x	x	x	x
Varpuspöllö	*Glaucidium passe-rinum*	**VU**	**x**	**x**	**U**				
Vesipääsky	*Phalaropus lobatus*	**VU**		**x**	**U**	x	x		x
Viherpeippo	*Chloris chloris*	**EN**			**U**	x		x	
Västäräkki	*Motacilla alba*	**NT**				x	x	x	x
Lisäksi 3 rauhoitettua lajia, joiden tiedot ovat salassa pidettäviä									

20.3.5 Rauhoitetut petolintulajit

Selvitysalueella tavattiin kolme rauhoitettua petolintulajia. Reviireistä yksi sijaitsee hankealuerajauksen sisällä. Lajit ovat sellaisia, joiden esiintymätiedot on pidettävä salaisina, joten niitä ei käsitellä tässä raportissa. Tiedot lajeista ja niiden reviireistä on toimitettu tilaajalle ja yhteysviranomaiselle erillisessä, vain viranomaiskäyttöön tulevassa liitteessä.

20.3.6 Valtakunnallisesti uhanalaiset lajit

Selvityksissä havaittiin kaikkiaan 21 valtakunnallisesti uhanalaista lajia. Lajeista suokukko on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi (CR). Erittäin uhanalaisia (EN) lajeja todettiin seitsemän ja vaarantuneita (VU) lajeja 13.

Lajeista suojelullisesti merkittävin on äärimmäisen uhanalainen suokukko. Viiankiaavan Natura-alueella suokukko on melko yleinen ja säännöllisesti tavattava laji, jonka Natura-alueen pesimäkannaksi on arvioitu 21–31 paria ja koko selvitysalueen parimääräksi 44–66 paria (Eurofins Ahma Oy 2018f). Suokukolla on Viiankiaavalla muutamia yli kymmenen koiraan soidinpaikkoja ja Viiankiaapaa voidaankin pitää lajille hyvin merkittävänä pesimäsuona koko Suomen mittakaavassa. Kaivoshankkeen suunniteltuja teknisten rakenteiden alueita lähimmät havainnot suokukon pesinnästä tai soidinpaikoista tehtiin Natura-alueella Sakattiojalla ja Ruosteojalla, jotka ainakin osittain kuuluvat hankealuerajaukseen. Keskeisimmät suokukkoesiintymät todettiin Viiankijärven lounaispuolella, yli kilometrin etäisyydellä suunnitelluista rakenteista (päävaihtoehto VE3).

Erittäin uhanalaisista (EN) lajeista hömötiainen on selvitysalueella varsin runsas pesimälaji. Piekana on selvitysalueen runsaslukuisin petolintu ja säännöllinen pesijä alueella. Parimäärä kuitenkin vaihtelee vuosittain ravintotilanteen mukaan. Heikon ravintotilanteen vallitessa, kuten esimerkiksi vuonna 2018, laji puuttuu alueelta kokonaan. Selkälokki on alueella pesivänä lajina korkeintaan satunnainen, mutta muualla pesivät yksilöt käyttävät ainakin Kitistä ravinnonhankinnassaan. Samoin tervapääsky on hyvin harvalukuinen tai satunnainen pesimälaji. Tukkasotka on säännöllinen pesijä sekä alueen vesistöillä että soilla. Etenkin avosuoalueen suolampareet, kuten hankealuerajaukseen kuuluvat Sakattilammet, ovat lajin mieluista elinympäristöä. Törmäpääskyllä oli laskentojen aikaan alueella yksi pesimäyhdyskunta Kersilön Kärväsniemessä sijaitsevalla maa-ainesten ottoalueella hankealueen ulkopuolella. Viherpeippo on alueella esiintymisalueensa pohjoisrajoilla ja pesii mm. Kelukoskella muutaman parin voimin.

Vaarantuneista (VU) lajeista mm. jouhisorsa on säännöllinen pesijä hankealueella ja laajemmin selvitysalueella sekä vesistöissä että rimpisoilla ja niiden lähialueilla. Eurofins Ahma Oy:n (2018f) parimääräarvio selvitysalueella on 20 paria. Haapana on myös säännöllinen, mutta harvalukuisempi, ja esiintyminen keskittyy selvitysalueen järville. Taigametsähanhi kuuluu alueella vuosittain tavattavaan lajistoon, mutta pesimäkannan vahvuudesta ei ole varmuutta. Eurofins Ahma Oy:n (2018f) parimääräarvio selvitysalueella on 0–10 paria. Lajin havaittavuus laskennoissa on hyvin heikko. Riekko on hyvin yleinen laji alueen avosuon laiteilla ja selvitysalue hankealue mukaan lukien on merkittävä riekon esiintymisalue. Kannan suuruus vaihtelee kuitenkin voimakkaasti vuosien välillä. Vesipääsky pesii mm. hankealueella Sakattilampien ympäristössä (1–2 paria).

20.3.7 Alueellisesti uhanalaiset lintulajit

Lintujen alueellisen uhanalaisuuden tarkastelussa on käytetty kasvillisuusvyöhykkeiden mukaista aluejakoa. Selvitysalue ympäristöineen kuuluu Pohjois-boreaaliseen vyöhykkeeseen, ja sen alueeseen 4b eli Perä-Pohjolaan. Tällä alueella alueellisesti uhanalaisiksi luokiteltuja pesimälajeja todettiin viisi: töyhtöhyyppä, tylli, sinirinta, kivitasku ja pohjansirkku. Etenkin pohjansirkun kanta selvitysalueen rämeillä ja soiden laitamilla on runsas, Eurofins Ahma Oy:n (2018f) parimääräarvio selvitysalueella on 150–256 paria. Laji on viime vuosina myös runsastunut voimakkaasti.

20.3.8 Lintudirektiivilajit

EU:n lintudirektiivissä liitteessä I on lueteltu ne lajit, jotka ovat yhteisön alueella erityisen suojelun kohteena. Näitä lajeja selvitysalueella havaittiin yhteensä 24. Direktiivilajeista liro on hanke- ja selvitysalueen selvästi runsain kahlaaja. Eurofins Ahma Oy:n (2018f) parimääräarvio selvitysalueella on 800–1 200 paria ja lajin tiheys on Viiankiaavan linnustollisesti arvokkaimmilla osilla erittäin korkea. Kanta on kuitenkin selkeästi laskenut vuoden 2015 jälkeen. Kenttäaavalla, Kuusivaaran luoteispuolella, jonne osa kaivoksen maanpäällisistä rakenteista sijoittuu päähankevaihtoehdossa VE3, todettiin myös tiheä lirokanta. Kaakkuri pesi vuonna 2018 Kattilalammella, lähellä suunniteltua eteläistä yhdystielinjausta. Metso on selvitysalueella runsas. Laji suosii vanhahkoja havumetsiä, joita selvitysalueella on runsaasti. Samoin kurkikanta on erittäin runsas. Lajin suosimaa elinympäristöä on selvitysalueella runsaasti. Joutsenia ja uiveloita pesii useilla selvitysalueen järvillä ja lammilla. Lisäksi hankealuerajauksen sisältä löydettiin ampuhaukan ja hiiripöllön pesät.

20.3.9 Kansainväliset vastuulajit

Suomen vastuulajit ovat lajeja, joiden säilyttämisessä Suomella on merkittävä kansainvälinen vastuu. I-lajeista Suomen kannan koko on 15–30 %, II-lajeista Suomen osuus on 30–45 % ja III-lajeista osuus on yli 45 % Euroopan kannasta. Suomen pesimälajistoon kuuluvasta 34 vastuulajista selvitysalueella havaittiin peräti 27. Etenkin alueelle tyypillisistä kahlaajista monet luetaan Suomen vastuulajeiksi. Näitä ovat jänkäkurppa, valkoviklo, kuovi, pikkukuovi, rantasipi, mustaviklo, jänkäsirriäinen ja jo mainittu liro. Rantasipiä ja kuovia lukuun ottamatta suot ovat ensisijainen elinympäristö kaikille mainituille lajeille, ja Viiankiaapa ympäristöineen on erityisen tärkeä pesimäalue niille. Maanpäällisten rakenteiden alueella todettiin useita leppälintupareja, joka kuitenkin on Suomessa varsin yleinen mäntykankaiden pesimälaji. (Eurofins Ahma Oy 2018f.)

20.3.10 Linnusto Viiankiaavan Natura-alueella

Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperusteena olevien Lintudirektiivin liitteen I lajien osalta lajikohtainen nykytilankuvaus on selostettu kattavasti erillisessä Sakatin kaivoshankkeen Viiankiaavan Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a). Tässä raportissa linnustoa kuvataan Natura-alueen eri kohteilla toteutettujen selvitysten kautta.

Selvitysalueen Natura-alueelle sijoittuvalla osuudella sijaitsee seitsemän 1x1 kilometrin kokoista kesäatlasruutua, joita on tutkittu vuosien 2009 ja 2021 välillä. Ruudut pyrittiin laskemaan kolmeen kertaan yhden pesimäkauden aikana. Lisäksi yksi kartoituslaskenta-alue ulottuu osittain Natura-

alueelle. Hankealuerajauksen sisällä on toteutettu myös kosteikkolintulaskentoja Sakattilammilla ja Kärväslammella.

Viiankiaavan varsinaisen suoalueen pohjoisosissa sijaitseva **Iso-Autton** kesäatlasruutu on laskettu vuosina 2009, 2010 ja 2021. Iso-Autton tutkimusruudulla havaittiin varsin monipuolinen linnusto. Lajeja löydettiin ruudulta yhteensä 27 (vuonna 2021). Pesijöiden vaihtuvuus on kuitenkin suurta, sillä vain 15 lajia tavattiin pesimästä laskentavuosina 2009 ja 2010. Nämä jokavuotiset pesimälajit ovat Viiankiaavan soiden tyyppilintuja.

Pieskan ruutu on laskettu vuosina 2010 ja 2015. Ruutu sijaitsee hankealuerajauksen pohjoisnurkan koillispuolella, rajauksen ja Viiankijärven välissä. Ruudun alue on Viiankiaavalle tyypillistä koivujänteistä rimpinevaa. Ruudulla on myös laaja puuton rimpialue ja vähäisiä allikoita sekä pari metsäsaareketta. Pieskan ruudun parimäärä on Viiankiaavan atlasruuduista korkein. Ruudulla havaittiin kuuden laskentakerran aikana yhteensä 44 lajia, joista 37 tulkittiin pitävän reviiriä tai pesivän ruudun alueella. Parimäärä on 75–158 paria, mikä on Keski-Lapin alueella korkea määrä. Lajisto ja sen runsaussuhteet ovat alueelle tyypillisiä. Vähälukuisemmista suolinnuista selvitysalueella voi mainita riekon, mustaviklon ja tyllin. Jänkäkurppia havaittiin enimmillään jopa kuusi yksilöä yhdellä laskentakerralla. Vuoden 2015 laskennassa alueella havaittiin runsaasti suokukkoja. Toukokuun laskennassa alueella tulkittiin olleen jopa 28 paria mutta heinäkuussa havaittiin enää 2 varoittelevaa naarasta. Alue on suokukolle erittäin sopivaa pesimäympäristöä ja sijaitsee Viiankijärven lounaisrannalla olevan laajan ja runsaslukuisen suokukkosoitimen läheisyydessä.

Aavan tutkimusruutu Viiankiaavan ydinalueella on laskettu vuosina 2009 ja 2014. Ruudun alueella suoelinympäristö on ehkä edustavimmillaan koko Viiankiaavan alueella. Tutkimusruudulla havaittiin yhteensä 27 lajia, joiden voi olettaa pesivän ruudulla tai sen välittömässä läheisyydessä. Ruudun pesimälajiston parimäärä oli 35–84 paria, mitä voidaan pitää varsin korkeana suolinnuston tiheytenä Keski-Lapin aapasoilla. Runsaimmin esiintyivät tyypilliset suolinnut: kahlaajista liro ja taivaanvuohi sekä varpuslinnusta niittykirvinen ja keltavästäräkki.

Viiankiaavan Petäjäsaaren lounaispuoliselle rimpisuolle sijoittuu **Petäjäsaaren** tutkimusruutu, joka laskettiin vuosina 2010 ja 2014. Ruudun alue on kohteelle tyypillistä edustavaa avosuota, jossa on yksi laaja allikkoalue ja muutamia pieniä metsäsaarekkeita. Ruudulla tavattiin yhteensä 38 lajia ja kahden laskentavuoden keskimääräiseksi parimääräksi saatiin 67–112 paria, mikä on todella korkea Keski-Lapin aapasuon parimäärätiheydeksi.

Pieskan ruudun ja Sakattilampien eteläpuolella sijaitsee **Sakattilampien** kesäatlasruutu, joka laskettiin osittain vuonna 2009 (ei mukana parimääräarvioissa) ja kokonaan vuosina 2010, 2018 ja 2021. Ruutu osoittautui erittäin linturikkaaksi alueeksi ja on hyvin suolinnuston elinympäristöksi sopivaa biotooppia. Lisäksi ruudulla sijaitsevat lampi ja sitä ympäröivät puustoiset alueet monipuolistavat linnustoa. Kokonaislajimäärä Sakattilampien ruudulla vuosina 2010–2021 on 47, mikä on Viiankiaavan atlasruuduista korkein summa. Parimäärät jäivät kuitenkin selvästi Pieskan ja Sakattiojan ruuduista. Tutkimusruudun alueella tavattiin runsaasti suolinnustoon kuuluvia kahlaajia, etenkin liroja ja taivaanvuohia. Niiden lisäksi ruudulla pesivät jänkäsirriäinen, suokukko ja vesipääsky. Muuta tyypillistä suolinnustoa ruudulla ovat kurki (2–3 paria), keltavästäräkki sekä hyvin runsaana esiintyneet niittykirviset ja pajusirkut. Ruudulla sijaitsevan pienen lammen ja läheisten Sakattilampien ansiosta

ruudulla pesii myös joitakin vesilintuja. Ruudun arvokkaimpia pesimälajeja ovat nykyään suuresti vähentyneet suokukko ja vesipääsky sekä vesilinnuista uivelo. Merkittävimpiä pesälöytöjä olivat ampuhaukan, jouhisorsan ja kurjen pesät. Vuoden 2021 laskennassa ruudulla todettiin yksi metsähanhipari.

Kuusivaaran pohjoispuolella **Sakattiojan** alueella laskettiin yksi kesäatlasruutu vuonna 2015 ja 2021. Ruutu jakautuu puoliksi edustavaan, avoimeen rimpinevaan ja kuivempaan reunarämeeseen. Vuoden 2015 laskennassa ruudulla havaittiin yhteensä 23 lajia, joita ruudulla tulkittiin pesivän 57–139 paria. Vuoden 2021 laskennan lajimäärä oli 25 ja parimääräarvio oli 116, osuen 2015 tulosten vaihteluvälin puoliväliin. Lajistoa voidaan pitää Viiankiaavan avosuon ja reunarämeen vaihettumisvyöhykkeelle tyypillisenä, mutta parimäärä on hyvin korkea alueeseen nähden. Tähän on pääsyynä erityisesti ruudun monipuolinen habitaattijakauma. Avosuolla viihtyvistä kahlaajista ruudulla havaittiin viisi jänkäkurppaa ja yksi mustaviklo. Suon reunavyöhykkeelle tyypillistä lajistoa edustavat pohjansirkku ja pikkusirkku. Puhtaista metsälajeista havaittiin hömötiainen ja kulorastas.

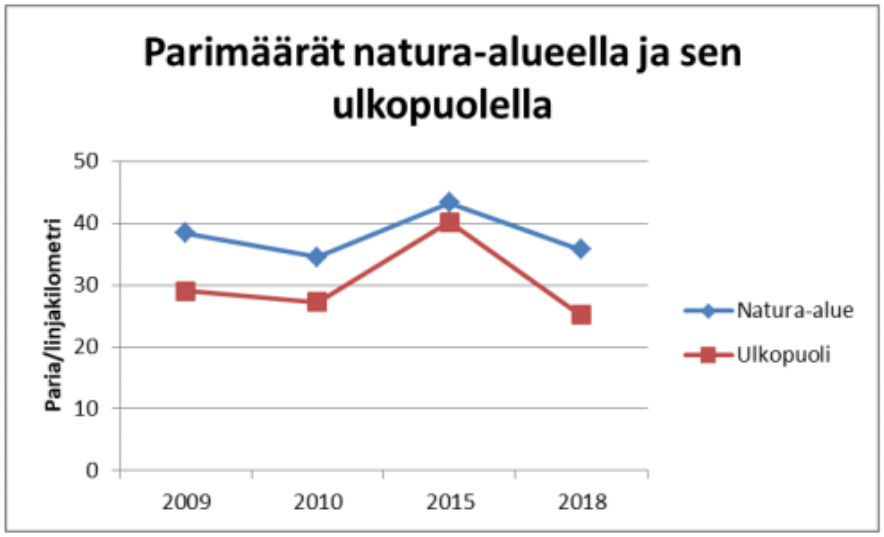
Kiimakuusikon atlasruutu perustettiin vuonna 2021, joten vertailupohjaa aiempiin vuosiin ei ole. Atlasruutu perustettiin alueelle, jonne suunnitellun kaivoksen voimakkaimmat tärinävaikutukset mallinnustarkastelun perusteella kohdistuisivat. Uuden atlasruudun perustella saadaan lisätietoa alueen linnuston perustilasta. Ruudulla on huomattavasti enemmän kangasmetsiä ja puustoisia soita kuin muilla selvityksessä mukana olleilla ruuduilla. Tämä näkyy voimakkaasti myös atlasruudun linnustossa. Kiimakuusikon saarekkeessa on yksityinen Viiankiaavan luonnonsuojelualue (YSA200153), jonka puusto on vanhaa ja metsän rakenne luonnontilaisen kaltainen, muutoin alueen kangasmetsistä valtaosa on talouskäytössä. Ruudun pesimälinnuston kokonaisparimäärä oli 240, mikä on alueen pohjoisuuteen nähden ja muihin vuonna 2021 kartoitettuihin atlasruutuihin verrattuna erittäin korkea. Pesimälajien määrä oli 41, mikä on kartoitetuista atlasruuduista selvästi korkein. Atlasruudun elinympäristöt ovat monipuolisempia kuin muilla atlasruuduilla, mikä selittää monipuolista lajistoa ja korkeita parimääriä.

Ruosteojan kartoituslaskenta-alue ulottuu osittain Natura-alueelle. Alueella havaittiin hyvin monipuolinen pesimälinnusto. Suolajeista, eli näin ollen todennäköisesti Natura-alueella pesivistä lajeista, todettiin mm. suokukko, jänkäsirriäinen ja runsaana esiintynyt liro.

20.3.11 Natura-alueen ja sen ulkopuolisen alueen linnuston vertailu

Selvitysalueella on tehty linnustoselvityksiä vuodesta 2009 lähtien, joiden aikana alueella on havaittu kaikkiaan 134 lajia. Vuosina 2009–2020 toteutetuissa linjalaskennoissa havaittiin yhteensä 93 lajia. Linnuston tiheys oli vuosien 2009–2018 linjalaskentojen perusteella Natura-alueella selvästi korkeampi (112 paria/km²) kuin sen ulkopuolisilla alueilla (95 paria/km²) (Kaavio 20-1). Linjakilometriä kohden laskettu parimäärä oli myös kaikkina laskentavuosina korkeampi pääosin Natura-alueelle sijoittuvilla linjoilla kuin sen ulkopuolella.

Kaavio 20-1 Lintujen parimäärien keskiarvot Viiankiaavan Natura-alueella ja sen ulkopuolella vuosina 2009–2018 tehtyjen linjalaskentojen perusteella (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2018f).



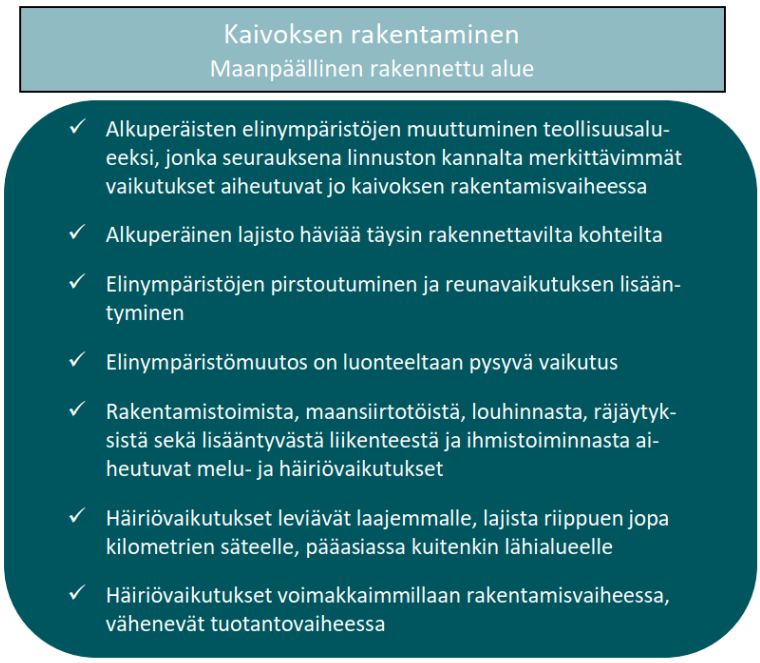
Lajistollisesti suurimmat erot ovat suolajien esiintymisessä. Natura-alueella selvästi runsaampia lajeja ovat liro, jänkäsirriäinen, pikkusirkku ja kurki. Toisaalta esim. suokukon esiintymisessä ei ollut suurta eroa Natura-alueella ja sen ulkopuolella. Kahlaajien paritiheyden osalta ero on selvä Natura-alueen hyväksi (14,0 paria/km² vs. 8,0 paria/km²). Ulkopuolisilla alueilla runsaampia ovat metsälajit, joilla on suhteellisen väljät elinympäristövaatimukset. Erot ovat kuitenkin varsin vähäisiä.

Myös metsävarpuslintujen tiheys Natura-alueella on suurempi (72,5 paria/km²) kuin sen ulkopuolella (68,8 paria/km²). Natura-alueen metsät ovat keskimäärin luonnontilaisempia ja siten linnuille suotuisampia elinympäristöjä.

20.4 Lintuihin kohdistuvien vaikutusten arviointi

20.4.1 Linnustovaikutusten muodostuminen ja arviointimenetelmät

Kaivoshankkeen toteutumisen aiheuttamat, linnustoon kohdistuvat vaikutukset ilmenevät elinympäristömuutoksina (alkuperäisen elinympäristön muuttuminen tai tuhoutuminen) sekä häiriövaikutuksina (melu, tärinä, ihmistoiminnan lisääntyminen). Nämä linnustovaikutukset jakautuvat rakentamisen ja toiminnan aikaisiin sekä sulkemisen jälkeisiin vaikutuksiin sekä välittömiin ja välillisiin vaikutuksiin (Kuva 20-9 ja Kuva 20-10).



Kuva 20-9 Mahdollisten linnustovaikutusten muodostumisen periaatteita kaivoksen rakentamisvaiheessa.

Kuva 20-10 Mahdollisten linnustovaikutusten muodostumisen periaatteita kaivoksen toiminnan aikana.

Linnustovaikutuksia arvioidaan pääasiassa elinympäristöihin kohdistuvien muutosten kautta. Vaikutusarvioinnissa huomioidaan sekä välittömien vaikutusalueiden (=kaivosrakenteiden peittoalue), että välillisten vaikutusalueiden elinympäristötyypit sekä niiden pesimälajisto. Vaikutusarviointi perustuu näissä elinympäristöissä tapahtuviin arvioituihin muutoksiin ja miten muutosten arvioidaan vaikuttavan niiden pesimälajeihin.

Välittömät vaikutukset

Kaivoksen maanpäällisten rakenteiden rakentamisen myötä alkuperäisiä elinympäristöjä häviää ja muuttuu. Tämä muuttaa aiemmin luonnontilaisen kaltaisia puustoisia ja avoimia suoalueita sekä lähinnä talouskäytössä olevia metsäalueita täysin teolliseksi ympäristöksi, eli muutos on totaalinen. Näin ollen merkittävimmät linnustoon kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat jo hankkeen rakennusvaiheessa. Muutosten ja siten myös vaikutusten sijainti ja laajuus vaihtelee merkittävästi eri hankevaihtoehtojen välillä. Kuusivaaraan ja sen ympäristöön sijoittuvien rakenteiden lisäksi kaivoksen sisäänkäynti ja kaivoksen toimintaan liittyviä rakenteita sijoittuu Pahanlaaksonmaalle (VE2) tai Pahanlaaksonmaan pohjoispuolelle Poikkijoenkankaan eteläosaan (VE3). Lisäksi näissä vaihtoehdoissa maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin ja Kuusivaaran välille rakennetaan hihnakuljetin ja huoltotie.

Muutosten myötä alueella pesivät linnut joutuvat siirtymään kokonaan uusille alueille. Koska kunkin alueen pesimälinnuston koostumukseen vaikuttaa lajien vaatimukset ja alueen kantokyky, on lajisto ajan myötä muodostunut niiden mukaan. Siten muuttuvien alueiden, eli lähtöalueiden, lisäksi vaikutukset ulottuvat myös tuloalueille, eli alueille, joille teknisten rakenteiden alle jäävien alueiden lintuparit siirtyvät. Tuloalueiden pitäisi siis ”elättää” myös uudet tulokasparit.

Elinympäristömuutosten aiheuttamien vaikutusten lisäksi hankkeen toteuttaminen aiheuttaa myös häiriövaikutuksia, jotka muodostuvat toimintojen aiheuttamasta melusta, tärinästä ja visuaalisesta häiriöstä (mm. ihmisten ja koneiden liikkuminen). Melua syntyy mm. louhinnasta, louheen siirroista, murskauksesta ja jauhamisesta, kaivoksen ja rikastamon ilmanvaihdosta, läjityksestä sekä liikenteestä. Maanalaisen kaivoksen, kuten Sakatin kohdalla toiminnan aikaiset häiriövaikutukset jäävät selvästi vähäisemmiksi kuin avolouhoksen kohdalla, sillä louhinta ja murskauksen meluisin osa, esimurskaus, suoritetaan maanalaisessa kaivoksessa. Kuitenkin etenkin kaivoksen rakentamistoimista sekä tarvekivilouhoksen toiminnoista aiheutuu melua ja tärinää, jotka leviävät ympäristöön. Lintulajien herkkyys häiriövaikutuksille vaihtelee lajeittain. Useimmat lintulajit, kuten varpuslinnut, eivät ole erityisen häiriöherkkiä, mutta joidenkin yksittäisten, häiriövaikutuksille herkimpien lajien kohdalla vaikutukset ulottuvat laajemmalle alueelle, lajista riippuen jopa kilometrien säteelle toiminnoista.

Avoimien kairareikien tulppauksesta aiheutuu vaikutuksia, joista keskeisin linnustoon kohdistuva on melu. Tulppaus toteutetaan kaivoksen rakennusvaiheessa ja se voi mahdollisesti jatkua vielä toimintavaiheen alkupuolelle. Natura-alueelle sijoittuvien kairareikien tulppaaminen toteutetaan talvisin kairauskauden aikana. Tulppaustoiminta päättyy Natura-alueen sisäpuolella aina maaliskuun puoleen väliin mennessä. Natura-alueen ulkopuolella kairareikien tulppausta voidaan suorittaa ympäri vuoden pois lukien lintujen pesimäaikana (toukokuu-heinäkuu).

Melun ja tärinän vaikutusmekanismit ovat hyvin samankaltaiset. Niillä on useita mahdollisia vaikutusmekanismeja linnustoon, riippuen vaikutuksen luonteesta ja lintujen elinkierron vaiheesta. Karkeasti yleistettynä lyhytkestoinen, impulssimainen melu tai tärinä aiheuttaa yksilötasolla pakoreaktion, joka voi aiheuttaa esimerkiksi pesätuhoja, mikäli hautova lintu pakenee pesältään, ja pitkäkestoinen melu tai tärinä laji- ja yksilömäärien muutoksia melun vaikutusalueella. Yhteistä niille on vaikutusten aiheuttama välttämiskäyttäytyminen.

Tärinä voi vaikuttaa negatiivisesti lintujen pesintään. Esimerkiksi räjäytystöistä syntyvä maan tärinä voi häiritä lintujen normaalia lisääntymistä tai käytöstä pelästyttämällä ne lentoon, mikä voi johtaa munien tai nuorten poikasten menetykseen (Holthuijzen ym. 1990). Lisäksi tärinä voi vaikuttaa välillisesti esimerkiksi petolintujen ravinnon hankintaan, mikäli se karkottaa saaliseläimiä pois alueelta. Tärinän vaikutuksista lintuihin on olemassa kuitenkin vain vähän tutkimusaineistoa, sillä useimmiten tutkimukset keskittyvät tarkastelemaan melun vaikutuksia lintuihin. Tärinä rinnastetaan usein melun kanssa yhteen. Yleisesti voidaan arvioida, että tärinän merkitys alueen linnustolle on vähäinen, eikä se laajenna muiden häiriövaikutusten kohteena olevia alueita.

Kevitsan kaivokseen liittyvissä Satojärven linnustoseurannoissa (Eurofins Ahma Oy 2019j) kahlaajilla ei ole havaittu säännönmukaista parimäärien muutosta, joka olisi yhteydessä kaivostoimintaan. Pesivien kosteikkolajien kohdalla reaktiot räjäytyksiin ovat olleet lähinnä valpastumista ja ruokailun keskeyttämistä lyhyeksi aikaa. Paikkalinnuilla ja pesäpaikkauskollisilla muuttolinnuilla saattaa esiintyä taustameluun tottumista. Kevitsan Satojärven linnustoseurannoissa havaittiin kaivosalueen räjäytysten vaikuttavan herkemmin muuttoparvien kuin alueella pesivien lintujen käyttäytymiseen. Havainnot viittaisivat siihen, että pesivät parit ovat tottuneempia räjäytysten aiheuttamaan meluun.

Karkottavan vaikutuksen lisäksi melu voi vaikuttaa lintujen kuuloon perustuvaan käyttäytymiseen. Esimerkiksi alueella esiintyvien pöllöjen saalistaminen voi vaikeutua. Useimpien pöllöjen saalistus perustuu kuuloon, jolloin taustamelu voi vaikeuttaa saaliin kuulemista. Myös toisten lintujen laulun ja varoitusäänten kuuleminen voi vaikeutua melun vaikutusalueella. Mitä matalataajuisempaa linnun ääni on (kuten esim. pöllöjen soidinhuhuilu), sitä tehokkaammin se hukkuu esimerkiksi liikenteen taustameluun. Sen sijaan varpuslintujen laulu on korkeataajuisempaa, mikä erottuu paremmin taustakohinasta.

Rakentamisen aikaiset häiriövaikutukset syntyvät lähinnä liikennemelusta sekä itse rakentamistoimien synnyttämästä melusta. Merkittävimpiä melulähteitä ovat tarvekiven louhinta sekä maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin louhinta. Näin ollen meluvaikutukset riippuvat hankevaihtoehdoista toimintojen eri sijaintien mukaisesti. Vinotunnelin louhinnan tai porauksen edettyä maanpinnan tasosta jo muutamia metrejä alemmas vähenee siitä aiheutuvan melun eteneminen merkittävästi, eli sen osalta vaikutus jää lyhytaikaiseksi.

Melun ja tärinän lisäksi rakentamistoimet aiheuttavat visuaalista häiriötä. Tutkimuksissa lintujen on todettu pelästyvän lentoon herkimmin havaittuaan kävellen tai muuten liikkuvan ihmisen, mikäli ihmisen profiili on tunnistettavissa. Sen sijaan linnut päästävät veneellä tai autolla liikkuvan ihmisen lähemmäksi ennen lentoon lähtöä. (Smit & Visser 1993, Ruddock & Whitfield 2007.) Esimerkiksi Kevitsan Satojärven seurannassa lintujen todettiin häiriintyvän voimakkaammin rannalla tai järvellä liikkuvasta ihmisestä kuin kaivostoiminnan räjäytyksistä (Eurofins Ahma Oy 2019j).

Linnustoon kohdistuvien häiriövaikutuksen merkittävyyteen vaikuttavat melua aiheuttavien toimintojen ajoitus. Haitallisimpia ovat lintujen pesimäkaudelle ajoittuvat häiriöt, jotka voivat lisätä lintujen poistumista pesältään ja kasvattaa näin pesinnän epäonnistumisen tai pesän hylkäämisen riskiä.

Välilliset vaikutukset

Louhinnan ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolelle vinotunnelien ja kaivostilojen kuivana pitäminen edellyttää kuivatusvesien pumppausta, mikä aiheuttaa pohjavedenpinnan alenemista kaivosalueella ja sen ympäristössä. Pohjavedenpinnan alenemalla voi taas olla vaikutusta pohjavesivaikutteisiin luontotyyppeihin ja sitä kautta lintujen pesimäbiotooppeihin (Ramboll Finland Oy 2023a).

Hydrologisten vaikutusten arviointi perustuu hankevaihtoehdolle VE1a laadittuihin maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnuksiin (Itasca Denver Inc. 2023) ja tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnukseen (AFRY Finland Oy 2022a). Maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnus on tehty vain vaihtoehdosta VE1a, jossa vinotunneli kiertää Natura-alueen. Mallinnuksen tavoitteena on ollut selvittää, miten paljon kaivokseen tulee vettä maa- ja kallioperän kautta sekä selvittää maanalaisen kaivoksen aiheuttaman mahdollisen pohjaveden pinnankorkeuden alenemisen vaikutukset. Mallinnukset tehtiin käyttäen kahta eri tiivistysskenaariota (65 % injektointitehokkuus ja 80 % injektointitehokkuus). Molemmilla skenaarioilla maanalaiseen kaivokseen tuleva vesimäärä on pienin toiminnan alkuvaiheessa ja kasvaa toiminnan edetessä. Huippukohta saavutetaan kuitenkin jo ensimmäisinä tuotantovuosina, jonka jälkeen määrä pysyy suhteellisen tasaisena. Eri skenaarioilla mallinnettujen kuivanapitovesien määrissä ei ole suurta eroa (alle 5 % vuorokausitasolla). (Itasca Denver Inc. 2023.)

Pohjavedenpintaa alentaa maanalaisen kaivostoiminnan lisäksi tarvekiven louhiminen Kuusivaarassa. Vaikutusalue rajoittuu Kuusivaaran ympäristöön ja sen laajuus riippuu tarvekivilouhoksen sijainnista ja louhintavaiheesta. Tarvekivilouhoksen osalta mallinnus on tehty vaihtoehdon VE1a ja VE1b mukaiselle tarvekivilouhoksen sijainnille (AFRY Finland Oy 2022a). Muiden sijaintipaikkavaihtoehtojen osalta (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b) pohjavesipinnan alenema on arvioitu mallinnetun vaihtoehdon pohjalta (AFRY Finland Oy 2022a). Koska pohjavesimallissa käytettiin yleistettyjä, koko aluetta koskevia vedenjohtavuuden ja muiden hydrogeologisten parametrien arvoja, simuloidun louhoksen kuivanapitovesien määrän ja louhoksen ympärille muodostuvan pohjaveden aleneman voi olettaa pätevän myös vaihtoehtoisille sijainneille.

Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden aiheuttamaa pohjavedenpinnan alenemaa on mallinnettu myös yhteisvaikutusten osalta (Itasca Denver Inc. 2023). Yhteisvaikutusten mallinnuksen tulosten perusteella alenema ja sen vaikutusalue ovat pienempiä etenkin Porokodanjängän ja Eliasaavan suunnassa kuin mitä tarvekivilouhoksen mallinnustulokset näyttävät. Yhteisvaikutusten mallinnusta pidetään kuitenkin luotettavampana (ks. Luku 16 Vaikutukset pohjaveteen).

Kaivostoiminnan myötä ympäristöön leviävä pöly voi vaikuttaa sen leviämisalueen kasvillisuuteen ja siten myös lintujen pesimäympäristöön. Kaivoksen rakentamisvaiheessa pölyämistä aiheuttavia toimintoja ovat raskaiden ajoneuvojen liikenne sekä rakentamisalueen maansiirto- ja räjäytystyöt. Sakatin kaivoksen toimintavaiheessa varsinainen kaivostoiminta on maanalaista toimintaa, jolloin pölypäästöt jäävät selvästi avolouhintaa pienemmiksi. Pölypäästöjä aiheutuu kuitenkin maan pinnalla suoritettavasta malmin käsittelystä, kuljetuksesta, maa- ja kiviainesten varastoinnista, tarvekivilouhoksesta sekä rikastushiekka-alueen toiminnoista. Rikastushiekan tuulieroosio on yksi keskeisistä pölypäästöjen lähteistä. Pölypäästöjen leviäminen ympäristöön on arvioitu leviämismallilla, joka

kokonaisuudessaan on esitetty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 15 sekä YVA-selostuksen liitteenä (Liite 12).

Myös aiemmin mainitun valosaasteen tiedetään vaikuttavan linnustoon. Sakatin kohdalla tätä vaikutusta pidetään merkityksettömänä tai merkittävyydeltään korkeintaan häviävän pienenä, koska lintujen pääasiallisena pesimäaikana kesällä Lapissa on valoisaa ympäri vuorokauden. Pimeänä vuodenaikana myös lintujen määrä alueella on vähäinen. Vain pöllöt aloittavat soitimensa pimeiden öiden aikaan keväällä, mutta Lapin alueella nekin ovat sopeutuneet siihen, että täysin pimeä aika puuttuu kokonaan valtaosan soidin- ja pesimäkaudesta. Lisäksi merkittävän valosaasteen ei arvioida leviävän muita vaikutuksia, kuten häiriövaikutuksia, laajemmalle alueelle. Esimerkiksi Kevitsan ja Terrafamen kaivosten valosaastekartasta voi todeta, että merkittävä valo leviää varsin suppealle alueelle (https://www.lightpollutionmap.info/). Tämän vuoksi valosaasteen vaikutuksia linnustoon ei käsitellä vaikutusten arvioinnissa.

20.4.2 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi

Linnustoon kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan kriteerit on esitetty seuraavissa taulukoissa (Taulukko 20-2 ja Taulukko 20-3). Niiden perusteella johdetaan arvio vaikutusten merkittävyydestä. Arviointimenetelmän periaatteita on esitelty tarkemmin YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 8. Linnustoon kohdistuvien vaikutusten osalta arviointi on jaettu rakentamisen aikaisiin ja toiminnan aikaisiin sekä sulkemisen jälkeisiin vaikutuksiin, ja vaikutusten merkittävyys arvioidaan kaikille erikseen.

Taulukko 20-2 Vaikutuskohteen herkkyys; linnusto.

Vähäinen	Pesimälajisto pääasiassa Suomen/EU:n tasolla luokittelemattomia lintulajeja sekä parimäärältään runsaita ja levinneisyydeltään yleisiä lajeja. Lajit eivät ole erityisen herkkiä muutoksille ja/tai häiriölle. Alueen elinympäristöt eivät ole juurikaan luonnontilaisia ja ihmisen vaikutus on selvä ja näkyvä. Hankkeen vaikutusalueella ei ole tärkeitä IBA/FINIBA/MAALI-alueita. Korvaavia elinympäristöjä on ympäröivillä alueilla runsaasti.
Kohtalainen	Muutos ja/tai häiriövaikutuksille herkkiä lajeja ja/tai suojelullisesti huomionarvoista lajistoa esiintyy hankkeen vaikutusalueella pesimäkaudella säännöllisesti, mutta esiintyminen on kuitenkin seudullisessa mittakaavassa tavanomaista ja niiden yksilömäärä ei ole merkittävä. Hankkeen vaikutusalueella on linnustollisesti tärkeä Natura-alue ja/tai lintuvesiensuojeluohjelman kohde tai tärkeitä IBA/FINIBA/MAALI-alueita. Korvaavaa vastaavaa aluetta ei ole paikallisesti olemassa tai suojeltavissa.
Suuri	Hankealueella ja sen vaikutusalueella on useita uhanalaisia ja suojeltavia sekä muutos- ja/tai häiriövaikutuksille herkkiä pesimälajeja ja niiden parimäärät ovat huomattavat. Hankkeen vaikutusalueella on erityisesti suojeltavan lintulajin pesimäreviiri.

	Alueen elinympäristöjen monimuotoisuus on erittäin suurta, ne ovat luonnontilaisia ja ihmisen vaikutus on nykytilanteessa vähäinen. Hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä linnustollisesti tärkeä Natura-alue ja/tai lintuvesiensuojeluohjelman kohde tai tärkeitä IBA/FINIBA/MAALI-alueita. Korvaavaa vastaavaa aluetta ei ole olemassa tai suojeltavissa.

Taulukko 20-3 Linnustovaikutusten arvioinnissa käytetyt muutoksen suuruusluokan kriteerit.

Suuri kielteinen	Hanke ja siihen liittyvät toiminnot aiheuttavat heikentäviä vaikutuksia useaan huomionarvoiseen lajiin ja/tai niiden elinympäristöihin. Lintulajisto muuttuu selvästi hankkeen seurauksena (uhanalaiset ja/tai harvalukuiset lajit vähenevät). Muutos voi olla suora tai epäsuora, ja tapahtua välittömästi tai viiveellä. Heikentävät vaikutukset kohdistuvat suureen osaan jonkin lajin tai useiden lajien paikallispopulaatiosta ja heikentävät selvästi lajin kannankehitystä alueellisesti.
Keskisuuri kielteinen	Hanke ja siihen liittyvät toiminnot aiheuttavat enintään kohtalaisia heikentäviä vaikutuksia johonkin tai joihinkin huomionarvoisiin lajeihin ja/tai niiden elinympäristöihin. Heikentävät vaikutukset kohdistuvat pieneen osaan jonkin lajin tai useiden lajien paikallispopulaatiosta ja heikentävät korkeintaan vähän lajin kannankehitystä alueellisesti.
Pieni kielteinen	Hanke ja siihen liittyvät toiminnot eivät aiheuta vaikutuksia tai negatiivisen vaikutukset kohdistuvat tavanomaisiin lajeihin ja/tai niiden elinympäristöihin. Lintulajisto muuttuu vain vähän (uhanalaiset ja/tai harvalukuiset lajit vähenevät). Muutos voi olla suora tai epäsuora, ja tapahtua välittömästi tai viiveellä. Vaikutukset eivät heikennä lajin kannankehitystä. Kielteiset vaikutukset kohdistuvat tavanomaisiin elinympäristöihin. Elinympäristöjen luonnontila ja ominaispiirteet heikkenevät korkeintaan lievästi.
Ei vaikutusta	
Pieni myönteinen	Hanke ja siihen liittyvät toiminnot eivät aiheuta vaikutuksia tai myönteiset vaikutukset kohdistuvat tavanomaisiin lajeihin ja/tai niiden elinympäristöihin. Lintulajisto muuttuu vain vähän myönteisesti (uhanalaiset ja/tai harvalukuiset lajit lisääntyvät). Muutos voi olla suora tai epäsuora, ja tapahtua välittömästi tai viiveellä. Myönteiset vaikutukset kohdistuvat pieneen osaan lajin paikallispopulaatiosta.
Keskisuuri myönteinen	Hanke ja siihen liittyvät toiminnot aiheuttavat enintään kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia johonkin tai joihinkin huomionarvoisiin lajeihin ja/tai niiden elinympäristöihin. Lintulajisto muuttuu jonkin verran myönteiseen suuntaan (uhanalaiset ja/tai harvalukuiset lajit lisääntyvät). Muutos voi olla suora tai epäsuora, ja tapahtua välittömästi tai viiveellä. Myönteiset vaikutukset kohdistuvat melko pieneen osaan jonkin lajin tai enintään muutaman lajin paikallispopulaatiosta. Enintään kohtalaisia myönteisiä vaikutuksia lajin kannankehitykseen paikallisesti pitkällä aikavälillä.

Suuri myönteinen	Hanke ja siihen liittyvät toiminnot aiheuttavat selviä myönteisiä vaikutuksia johonkin tai joihinkin huomionarvoisiin lajeihin ja/tai niiden elinympäristöihin. Lintulajisto muuttuu selvästi myönteiseen suuntaan (uhanalaiset ja/tai harvalukuiset lajit lisääntyvät). Muutos voi olla välitön tai välillinen, ja tapahtua lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. Myönteiset vaikutukset kohdistuvat suureen osaan jonkin lajin tai useiden lajien paikallispopulaatiosta (joukossa myös uhanalaisia lajeja). Vaikuttaa suotuisasti lajin kannankehitykseen paikallisesti lyhyellä ja pitkällä aikavälillä, ja vaikutukset alueellisesti merkittäviä.

20.4.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merkittävimmät linnustoon kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat jo hankkeen rakennusvaiheessa. Haitalliset vaikutukset ovat pääasiassa rakentamisen myötä syntyviä välittömiä vaikutuksia, eli linnuston luontaisten elinympäristöjen eriasteisia muutoksia, niiden häviämistä sekä rakentamisen ja lisääntyvän liikenteen ja muun ihmistoiminnan aiheuttamia häiriöitä ja melua. Kaivoksen aktiivisin rakentamisvaihe kestää arviolta kahdesta kolmeen vuotta, minkä jälkeen häiriövaikutusten osalta vaikutusalue pienenee.

Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat kaivoksen maanpäällisten rakenteiden peittoalueille sekä niiden välittömään lähiympäristöön. Kaivoksen maanpäällisiin toimintoihin kuuluvat rikastushiekka-alue, pintamaiden sijoitusalue ja sivukivien sijoitusalueet, tarvekivilouhos, rikastamoalue, hihnakuljetin sekä muita erillisiä rakenteita ja varastotiloja, mm. räjähdysainevarasto ja vesivarastoallas. Rakenteesta riippumatta niiden rakentamisen myötä alkuperäinen elinympäristö muuttuu ja niillä pesineet linnut joutuvat siirtymään muualle.

Luonnonympäristön muuttuminen teollisuusympäristöksi luo myös uutta elinympäristöä joillekin rakennettujen ja avointen maiden lajeille, kuten västäräkille ja kivitaskulle.

Hankevaihtoehtojen väliset erot

Eri hankevaihtoehtojen välillä on huomattavia eroja vaikutusten laajuudessa. YVA-menettelyssä on arvioitu kuutta eri hankevaihtoehtoa VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b, ja ne on kuvattu tarkemmin luvuissa 3.3–3.9.

Vaihtoehtojen merkittävimmät erot ovat maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin ja yhdystien sijainneissa. Vaihtoehtojen välillä on eroja myös Kuusivaaran ympäristössä sijaitsevien tehdasalueen, sijoitusalueiden ja altaiden sijoittumisessa. Merkittävimmät erot ovat päähankevaihtoehtojen VE2 ja VE3 välillä. Päähankevaihtoehdossa VE2 altaat sijaitsevat Kuusivaaran lounaisosassa osittain Porokodanjängän ja Eliasaavan alueella. Päähankevaihtoehdossa VE3 nämä sijaitsevat Kuusivaaran pohjoisosassa, osittain Kenttäaavan alueella. Päähankevaihtoehto VE1 mukaiset rakenteet sijaitsevat tiiviimmin Kuusivaaran alueella, ja rakenteita sijoittuu vain vähäisissä määrin Kuusivaaran eteläpuolisille suoalueille.

Hankevaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b kaivoksen maanpäälliset rakenteet siis sijoittuisivat laajemmalle alueelle kuin vaihtoehdossa VE1a ja VE1b. Vaihtoehdoista luonnonympäristön kannalta

laaja-alaisimmat vaikutukset aiheuttaisi vaihtoehto VE3a, jossa kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee pohjoisimpana Pahanlaaksonmaalla, ja yhdystienä olisi eteläinen vaihtoehto uudelta vt 5:n linjaukselta Kuusivaaralle. Maanpäälliset rakenteet siis sijoittuisivat huoltoteineen ja hihnakuljettimineen koko hankealuerajauksen länsiosiin pohjoisesta etelään.

Hankevaihtoehdosta riippuen kaivostoimintojen maanpäällisten rakenteiden peittoalat ja niiden seurauksena aiheutuvat elinympäristönmuutokset vaihtelevat noin 550 ja 420 hehtaarin välillä. Luvuissa on mukana varsinainen Kuusivaaran tehdasalue (=aidattu alue), kaivoksen sisäänkäynti oheisrakenteineen, hihnakuljetin ja yhdystielinjaukset. Hihnakuljetin ja yhdystielinjaus on laskettu 50 metrin leveyden mukaan, eli se sisältää puskurivyöhykettä linjojen molemmin puolin. Hankevaihtoehdoista pienialaisimmat elinympäristömenetykset aiheutuvat vaihtoehdossa VE3b. Tämä johtuu siitä, että itse aidattu tehdasalue Kuusivaaran alueella on hankevaihtoehdoista suppein. Kun linnustoselvityksissä vuosien 2009–2010 linjalaskentojen perusteella Natura-alueen ulkopuolisten alueiden keskimääräinen linnuston paritiheys oli noin 95 paria/km^2, välittömät elinympäristömuutokset koskevat hankevaihtoehdosta riippuen noin 400–520 lintuparia (Taulukko 20-4). Tämä on varsin karkea laskennallinen arvio, eikä siinä huomioida esimerkiksi sitä, että a-alavaihtoehtojen mukainen eteläinen yhdystie kulkee pääasiassa olemassa olevan tien mukaista reittiä.

Taulukko 20-4 Kaivoksen maanpäällisten rakenteiden peittoalueet ja niiden seurauksena aiheutuvat suorat elinympäristömenetykset hankevaihtoehdoittain sekä laskennallinen vaikutuksen kohteena olevien lintuparien lukumäärä.

Vaihtoehto	Tehdasalue ja kaivoksen sisäänkäynnin alue (ha)*	Tiealue 50 m (ha)	Kuljetin ja huoltotie 50 m (ha)	Yhteensä ha	Yhteensä km^2	Lintuparia (95 paria/km^2)**
VE1a	422,0	45,0		467,0	4,7	**443**
VE1b	422,0	11,0		433,0	4,3	**411**
VE2a	463,5	57,0	29,0	549,5	5,5	**522**
VE2b	482,5	16,0	29,0	527,5	5,3	**501**
VE3a	368,0	48,0	26,0	442,0	4,4	**420**
VE3b	384,0	6,0	32,0	422,0	4,2	**401**

** Pinta-alat koskevat aidattua aluetta, joka on suurempi kuin kaivoksen rakenteiden alle jäävien alueiden pinta-ala.*
*** Keskimääräinen linnuston paritiheys Natura-alueiden ulkopuolisilla alueilla linnustoselvitysten perusteella.*

Kaivoksen maanpäällisten rakenteiden alle jää siis vaihtoehdosta riippuen laskennallisesti noin 400–520 lintuparia. Nämä parit siis joutuvat siirtymään uusille alueille. Koska myös tuloalueiden (eli alueiden, joille väistyvät parit siirtyvät) pesimälajisto on ajan myötä muodostunut lajien vaatimusten ja alueiden luontaisen kantokyvyn mukaisiksi, vaikutuksia aiheutuu myös näille tuloalueille. Uusille reviireille siirtyminen ei siis välttämättä onnistu helposti, sillä kunkin lajin kannalta parhailla alueilla todennäköisesti on jo kyseisen lajin toinen reviiri. Näin ollen tulokasparit joko joutuvat hakeutumaan lajin kannalta vähemmän optimaalisille paikoille tai nykyisille reviireille kohdistuu enemmän ravinto- ym. painetta, mikä voi heikentää myös alueella jo pesivän lintuparin pesimämenestystä. Tämän vaikutuksen merkittävyyttä pienentää se, että valtaosa kaivoksen maanpäällisistä rakenteista kohdistuu Kuusivaaran talousmetsäalueelle ja alueellisesti tavanomaiseen pesimälajistoon, joka on jo sopeutunut metsätalouden vaikutuksiin, eivätkä lajit ole erityisen vaateliaita

pesimäbiotooppinsa suhteen. Lisäksi kaikkia teknisten perusrakenteiden alle jääviä elinympäristöjä esiintyy runsaasti myös muualla lähialueilla.

Vaikka vaihtoehdossa VE3b absoluuttinen rakenteiden peittoon jäävä hehtaarimäärä on pienin, rakenteet sijoittuvat kuitenkin selvästi laajemmalle alueelle kuin vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b. Tämän seurauksena vaihtoehdon VE3 (kuten myös vaihtoehdon VE2) elinympäristöjä pirstova vaikutus on suurempi kuin vaihtoehdon VE1 mukaisissa vaihtoehdoissa, jotka keskittyvät yhdelle alueelle, eikä rakenteiden välille tarvitse rakentaa pitkiä hihnakuljettimia tai huoltoteitä.

Elinympäristömuutosten aiheuttamat vaikutukset alueittain

Kuusivaara

Suurimmat välittömät vaikutukset kohdistuvat hankevaihtoehdosta riippumatta Kuusivaaran alueelle, koska rikastamoalue ja tarvekivilouhos sekä sivukivien ja rikastushiekan sijoitusalueet sijaitsevat kaikissa hankevaihtoehdoissa siellä. Lisäksi päävaihtoehdossa VE1 maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee samalla alueella. Rakentamisen seurauksena nykyiset luonnonympäristöt muuttuvat teollisuusympäristöiksi. Linnuston kannalta nykyisten elinympäristöjen menetykset ovat keskeisin vaikuttava tekijä. Vaikutuksen merkittävyyttä pienentää se, että Kuusivaaran rakennettavan alueen metsät ovat pääasiassa jo luonnontilansa menettäneitä, voimakkaasti käsiteltyjä talousmetsäalueita. Lisäksi linnustoselvitysten perusteella Kuusivaaran metsäalueilla mainitut vaikutukset kohdistuvat pääasiassa alueellisesti tavanomaiseen ja parimääriltään runsaslukuiseen talousmetsäalueiden lintulajistoon, joiden herkkyys kyseisille vaikutuksille arvioidaan vähäiseksi. Kuusivaaran alueella ei todettu pesivän häiriölle erityisen alttiita lajeja, kuten suuria petolintuja.

Kuusivaaran alueen osalta linnuston kannalta merkittävimpien vaikutusten arvioidaan kohdistuvan metsoon. Alueelta paikallistettiin kaksi aktiivista metson soidinpaikkaa (Eurofins Ahma Oy 2018j), jotka tulevat tuhoutumaan rakentamisen seurauksena. Yksilömäärältään soidinkeskukset olivat kuitenkin varsin pieniä (kaksi ja kolme kukkoa). Lisäksi metsokartoituksissa havaittiin muutamia kukkoja kyseisten soidinpaikkojen ulkopuolella. Populaatiotasolla vaikutukset jäävät näin ollen hyvin vähäiseksi, mutta paikallisesti metsoreviirit menettävät elinkelpoisuutensa sekä itse soidinpaikkojen että reviirin luonnonympäristön laajemman muuttumisen myötä.

Yhteenvetona Kuusivaaraan kohdistuvista vaikutuksista arvioidaan, että vaikutusten kohteena olevan lajiston herkkyys on vähäinen (pl. metso, jonka herkkyys arvioidaan kohtalaiseksi) ja vaikutuksen suuruusluokka on suuri kielteinen.

Kenttäaapa

Kuusivaaran pohjoispuolella sijaitseva Kenttäaapa on hyvin monipuolinen aapasuokokonaisuus ja se on yksi selvitysalueen laajimmista yhtenäisistä aapasoista. Hankevaihtoehdoissa VE2a ja VE2b Kenttäaavalle sijoittuu huoltotie, kuljetin, putkilinja ja voimajohto. Hankevaihtoehtojen VE3a ja VE3b mukaisissa suunnitelmissa rakenteita sijoittuu Kuusivaaran pohjoisosan lisäksi Kenttäaavan alueelle (huoltotie, kuljetin, putkilinja, voimajohto, vesivarastoallas, osa rikastushiekka-alueesta). Vesivarastoallas ja rikastushiekka-alueita sijoittuu puustoisten rämeiden alueelle sekä vähäisemmässä määrin puustoisten korpien alueelle. Koska rakenteita ei sijoitu pesivän suolinnuston kannalta keskeisille

avosuoalueille, muutoksen suuruus arvioidaan keskisuureksi. Kenttäaavalla todettiin linnustoselvityksissä varsin monipuolinen suolajisto. Varsinkin lirokanta vaikuttaisi olevan alueella runsas. Alueen linnuston laji- ja parimäärät, suojelullisesti huomionarvoisten lajien määrä, ja siten myös linnustollinen arvo, ovat kuitenkin linnustoselvitysten tulosten perusteella läheisen Viiankiaavan Natura-alueen soita vähäisemmät, mutta kuitenkin alueellisesti merkittävät. Näin ollen vaikutuksen kohteena olevien lajistojen ja niiden elinympäristöjen herkkyys arvioidaan kohtalaiseksi. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan pieni kielteinen ja vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b suuri kielteinen. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b ei arvioida alueelle kohdistuvan vaikutuksia.

Eliasaapa

Kuusivaaran eteläpuolella sijaitseva Eliasaapa kuuluu Kenttäaavan ohella selvitysalueen laajoihin yhtenäisiin aapasuokokonaisuuksiin. Se muodostaa yhdessä Ulkusijanaavan ja Hevosenpäärimmen kanssa edustavan ja monipuolisen suokokonaisuuden.

Päähankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 Eliasaavan pohjois- ja Porokodanjängän koillisosissa tehdasalueen allasrakenteiden alle jää puustoisia rämeitä ja korpia sekä nevoja ja lettoja. Sekä VE1 ja VE2:ssa tehdasalueen eteläinen aita kulkee Eliasaavan pohjoisosan läpi jättäen aapasuoalueen pohjoisosan aidan sisäpuolelle. Lisäksi hankevaihtoehto VE2a:n mukainen yhdystie sekä purkuputki kulkevat muista vaihtoehdoista poiketen Eliasaavan pohjoisosan läpi Porokodanjängälle. Näin ollen hankevaihtoehtojen VE1a ja VE1b sekä VE2a ja VE2b osalta muutoksen suuruusluokan arvioidaan olevan suuri kielteinen.

Eliasaapa rehevänä ja rimpisenä suona tarjoaa elinympäristön monipuoliselle kahlaajalajistolle, joten vaikutusten kohteena olevien pesimälajien ja elinympäristöjen herkkyys arvioidaan kohtalaiseksi.

VE3 osalta vaikutuksia ei kohdistu Eliasaapaan.

Porokodanjänkä

Porokodanjänkä sijoittuu Eliasaavan länsiosiin ja se koostuu erityyppisistä letoista, joiden laiteilla on keskiravinteisia saranevoja sekä suon itäosassa vähäravinteisia rämeitä ja nevoja. Porokodanjängällä todettiin linnustoselvityksissä enemmän puustoisten soiden lajeja, kuten liro, pohjansirkku ja keltavästäräkki. Koska alueen merkitys suolajistolle on ympäröiviä aapasoita vähäisempi, elinympäristöjen ja lajiston herkkyys vaikutuksille arvioidaan vähäiseksi.

Päähankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 rakenteita sijoittuu Porokodanjängälle. Laajimmat vaikutukset aiheutuvat alavaihtoehdossa VE2b, missä rikastushiekka-alue peittää suuren osan Porokodanjängästä. Näin ollen näiden vaihtoehtojen osalta vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan suuri. Lisäksi kaikissa a-alavaihtoehdoissa yhdystie kulkee Porokodanjängän kautta etelään. Tämän arvioidaan aiheuttavan suuruudeltaan keskisuuren vaikutuksen Porokodanjängän elinympäristöihin ja lajistoon. Vaihtoehdon VE3b osalta, missä yhdystie kulkee Kenttäaavan kautta, vaikutusten suuruusluokan arvioidaan olevan pieni kielteinen Porokodanjängällä.

Pahanlaaksonmaan pohjoispuoli (Poikkijoenkankaan eteläosa)

Päähankevaihtoehdossa VE3 rakenteita sijoittuu Pahanlaaksonmaan pohjoispuolelle Poikkijoenkankaan eteläosan alueelle. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tälle alueelle sijoittuu maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti. Alueen osalta linnuston kannalta merkittävimpien vaikutusten arvioidaan kohdistuvan metsoon. Alueelta paikallistettiin vuoden 2021 erillisselvityksissä (Eurofins Ahma Oy 2021a) aktiivinen metson soidinpaikka. Suunnitellut rakenteet eivät sijoitu suoraan rajatulle soidinkeskukselle, mutta etäisyyttä sille on vain noin 300 metriä, joten häiriövaikutusten seurauksena soidinpaikka todennäköisesti tuhoutuu tai ainakin joutuu siirtymään nykyiseltä paikaltaan. Yksilömäärältään soidinkeskus oli varsin pieni ja pienten soidinten on todettu helpommin siirtyvän toiselle alueelle kuin yksilömäärältään suuret soitimet. Lisäksi metsokartoituksissa havaittiin muutamia hakomispuita kyseisen soidinpaikan ulkopuolella. Populaatiotasolla vaikutukset jäävät hyvin vähäiseksi, mutta paikallisesti metsoreviirin elinkelpoisuus mahdollisesti heikkenee sekä itse soidinpaikan että reviirin luonnonympäristön muuttumisen myötä.

Häiriövaikutukset

Hankkeesta aiheutuvia häiriövaikutuksia ovat melu, tärinä ja visuaalinen häiriö. Linnustoon kohdistuvat häiriövaikutukset ovat merkittävyydeltään selvästi vähäisemmät kuin maanpäällisten rakenteiden rakentamisesta aiheutuvien elinympäristömuutosten vaikutukset. Häiriövaikutus ei aiheuta yhtä totaalista vaikutusta kuin elinympäristön menetys, vaan osa linnustosta voi menestyksekkäästi pesiä hyvinkin häiriöalttiilla alueella. Linnustoselvitysten, rekisteritietojen ja laaditun melumallinnuksen perusteella ainoa häiriövaikutusten leviämisalueella pesivä häiriövaikutuksille erityisen herkäksi arvioitu laji on kaakkuri. Esimerkiksi suuria petolintuja ei pesi vaikutusalueella. Näin ollen hankkeen vaikutusalue, johon kuuluu kaikki arvioitavat vaikutusmekanismit, ei häiriövaikutusten myötä laajene merkittävästi elinympäristömuutosten aiheuttamasta vaikutusalueesta. Suurimmillaan häiriövaikutukset ovat kaivoksen rakentamisen aikana.

Linnustovaikutusten osalta melu ja tärinä rinnastetaan usein samaksi vaikutukseksi, joten yksistään tärinän vaikutuksista linnustoon on vähän tutkimustietoa. Vaikutusmekanismiltaan molemmat aiheuttavat karkottavan vaikutuksen. Ulkomaisten tutkimusten perusteella lintukantojen on havaittu alkavan kärsiä (”*effect distance*”) metsäisillä alueilla keskimäärin 42–52 dB(A) ja avoimilla alueilla keskimäärin 47 dB(A) melutason kohdalla (Reijnen & Foppen 2006). Edellä mainitut meluarvot ovat eri lajien keskiarvoja, herkimmillä metsäympäristön lajeilla vaikutuksia on havaittu 36 dB ylittävillä keskiäänitasoilla (Reijnen & Foppen 1997). Em. tutkimuksessa ”*effect distance*” tarkoitti etäisyyttä, jossa pesivien parien tiheyden havaittiin laskevan. Kyseiset keskiäänitasot ovat alhaisimpia havaittuja vaikutuksia aiheuttavia tasoja, eli niitä ei voi pitää merkittävän haitan kynnyksenä, joka on selvästi korkeampi. Kaivoksen rakentamisen aikana tehdään räjäytystöitä maan pinnalla ja pinnan läheisyydessä, jolloin yksittäisen räjäytyksen ääni on havaittavissa varsin kaukana, ja sen aiheuttama häiriö leviää tärinää kauemmas. Kaivosta rakennettaessa päävaihtoehdoissa VE2 ja VE3 erillinen nostokuilu ja maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsevat Pahanlaaksonmaalla tai Pahanlaaksonmaan pohjoispuolella, ja etenkin vaihtoehdossa VE3 näiden rakentamisesta syntyvä tärinä voi edetä suojelualueelle.

Meluvaikutukset on kuvattu YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 12 ja tärinävaikutukset luvussa 13. Meluvaikutusten arviointiin liittyen on laadittu melumallinnukset, joiden rakentamisen aikaiset tulokset esitellään hankevaihtoehdoittain YVA-selostuksen kuvissa 12-6 – 12-9 sekä Sakatin kaivoshankkeen meluselvityksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020b) liitteissä. Elinympäristömuutoksista poiketen meluvaikutuksiltaan pienialaisin vaikutus aiheutuu mallinnetusta vaihtoehdosta VE1a ja selvästi laaja-alaisin vaikutus vaihtoehdosta VE3a.

Vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään suurimmiksi Viiankiaavan Natura-alueella. Melumallinnusten perusteella hankevaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b vaikutuksia ulottuu Natura-alueelle, mutta vaihtoehtojen VE1a ja VE1b vaikutukset ovat lähes merkityksettömät. Vaikutusten leviämistä suojelualueelle voidaan merkittävästi vähentää meluntorjuntatoimin. Kuten yllä on mainittu, avoimilla alueilla meluvaikutukset alkavat näkyä linnustossa keskimäärin 47 dB(A) melutason kohdalla. YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) taulukoissa 12-21 ja 12-22 on esitetty kaivoksen rakennusvaiheen sekä tuotantovaiheen aikana suojelualueille leviävien päiväajan melualueiden pinta-alat. Melualueiden pinta-alat on esitetty erikseen tilanteille, jossa meluntorjunta ei ole käytössä sekä tilanteelle, jossa melun leviämistä rajoitetaan meluntorjunnalla. Melutaso (40–45 dB) ylittyy rakentamisvaiheessa Natura-alueella seuraavasti:

- VE1a ja VE1b: 28,9 hehtaaria (ilman meluntorjuntaa)/2,2 hehtaaria (meluntorjuntatoimin, jotka sisältävät tarvekivilouhoksessa tapahtuvan rikotuksen ja murskauksen 6 metriä alempana sekä meluesteet kuusi metriä ja neljä metriä)
- VE2a ja VE2b: 163,2 hehtaaria/7,3 hehtaaria
- VE3a: 513,6 hehtaaria/56 hehtaaria
- VE3b: 410,7 hehtaaria/26,7 hehtaaria

Hankevaihtoehdoista selvästi laajimmat meluvaikutukset Natura-alueelle aiheutuvat siis hankevaihtoehto VE3a:n rakentamisesta. Mikäli meluntorjuntatoimet toteutetaan maksimaalisesti, laajimmillaankin melualue kattaa vain hyvin pienen osan Natura-alueen koko pinta-alasta, ja häiriövaikutus on merkittävyydeltään vähäinen. Sen sijaan, mikäli meluntorjuntatoimia ei toteuteta, vaikutukset Natura-alueelle ovat huomattavasti laaja-alaisemmat eli merkittävyydeltään suuremmat.

Natura-alueelle kohdistuvien vaikutusten merkittävyyttä lisää se, että siellä linnustoselvitysten perusteella pesii parimäärältään tihein linnusto ja suojelullisesti huomionarvoisten lajien määrä on suhteellisesti suurin. Lisäksi suurin osa Natura-aluetta on avointa, puutonta suota, missä melu- ja visuaaliset häiriöt leviävät laajimmalle. Häiriövaikutusten leviämisalueella pesivä, suojelullisesti merkittävä lajisto koostuu pääasiassa kahlaajista. Niiden ei arvioida olevan häiriövaikutuksille erityisen herkkiä, joten häiriövaikutusten arvioidaan vaikuttavan lajien pesintään Natura-alueella korkeintaan vähän.

Ainoa hankealueella pesivä, melu- ym. häiriövaikutuksille erityisen herkäksi arvoitu laji on kaakkuri, jonka todettiin pesivän eteläisen yhdystievaihtoehdon läheisyydessä sijaitsevalla Kattilalammella. Kaakkuriin kohdistuvat arvioidut vaikutukset on selostettu luvussa 20.4.5. Petolintuja, kuten pöllöjä, pesii vaikutusten peittoalueella korkeintaan yksittäisiä pareja. Niille lähinnä meluvaikutuksilla voi olla merkittävyydeltään vähäisiä karkottavia ja esimerkiksi kuuloon perustuvaa saalistamista vaikeuttavia vaikutuksia. Kanalintuja, eli metsoa, teertä, riekkoa ja pyytä, sekä useita kahlaajalajeja

pesii vaikutusalueella. Niille melulla ja tärinällä voi olla karkottavia vaikutuksia. Lajit ovat varsin runsaslukuisia ja vaikutuksen kohteena oleva parimäärä on hyvin pieni populaatiotasolla.

Muut lajiryhmät, kuten varpuslinnut, eivät ole melun tai tärinän aiheuttamille häiriövaikutuksille herkkiä lajeja, eikä häiriövaikutusten arvioida leviävän laajalle, joten myös niiden osalta häiriövaikutusten merkittävyys arvioidaan **vähäiseksi**.

Yhteenvetona häiriövaikutuksista voidaan arvioida, että koska edellä mainittujen lajiryhmien vaikutuksen kohteena oleva parimäärä on pieni tai vähäinen suhteessa lajien populaatioon, vaikutusten merkittävyys on **vähäinen kielteinen**.

Koska päävaihtoehdossa VE1 myös maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti on Kuusivaaran tehdasalueella, ovat vaihtoehdon rakentamisen aikaiset tärinävaikutukset niin asuin- kuin suojelualueellekin merkityksettömät.

Hankesuunnitelman osana arvioidaan myös kairareikien tulppauksen vaikutukset kaikille hankevaihtoehdoille. Kairareikien tulppauksessa käytetään samaa kalustoa kuin malminetsinnässäkin, eli kairauskoneita ja moottorikelkkoja. Koneiden käytöstä aiheutuu melua, jonka arvioidaan olevan vähäisempää ja lyhytkestoisempaa kuin kairauksessa. Tulppauksen yhteydessä joudutaan mahdollisesti avaamaan sortuneita kairareikiä uudelleen kairaamalla, joten maksimaaliset melutasot ovat kuitenkin verrattavissa malminetsinnän kairausmeluun. Suunniteltu kairareikien tulppaushanke tulee aiemman malminetsintätoiminnan tavoin jakautumaan useammalle kairauskaudelle, eikä melu kohdistu samanaikaisesti kaikkialle vyöhykkeiden peittämälle alueelle. Tulppaushankkeen suurimmat meluvaikutukset kohdistuvat samoille alueille, missä kairausmelukin on ollut voimakkainta ja pitkäkestoisinta, mutta meluvaikutusalue jää myös kokonaan malminetsinnän meluvaikutusalueiden sisään. Tulppaushanke toteutetaan kokonaan lintujen pesimäkauden ulkopuolella, ja se päättyy Natura-alueella keväisin viimeistään maaliskuun puoliväliin mennessä ja Natura-alueen ulkopuolellakin tavoitteena on päättää työt huhtikuun loppuun mennessä, joten haitallisia vaikutuksia muuttolintuihin ei katsota sen johdosta syntyvän. Tulppaustoiminnassa huomioidaan lisäksi tiedossa olevat Pahanlaaksonmaalle ja Tihiämaalle sijoittuvat metsojen soidinkeskukset. Tulpattavista kairareistä kaksi sijoittuu alle 500 metrin etäisyydelle Pahanlaaksonmaan soidinkeskuksesta ja yksi alle 500 metrin etäisyydelle Tihiämaan soidinkeskuksesta. Näiden kolmen kairareiän tulppaus rajataan metson soidinajan ulkopuolelle.

Tulppaushankkeesta arvioidaan aiheutuvan suuruudeltaan ja merkittävyydeltään lievä heikennys paikkalintuihin eli metsäkanalintuihin, helmi- ja hiiripöllöön sekä palokärkeen ja pohjantikkaan sekä yhteen salassapidettävään lajiin, mutta näidenkin lajien osalta kokonaisvaikutusten kannalta suhteellisesti merkittävämmäksi arvioidaan aiempien malminetsintätoimien vaikutukset (Eurofins Ahma Oy 2022c).

20.4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Toiminnan aikaiset vaikutukset jaetaan välittömiin ja välillisiin vaikutuksiin. Välittömiä vaikutuksia ovat lähinnä kaivostoiminnoista aiheutuvat häiriövaikutukset, kuten melu ja tärinä. Elinympäristöjä suoraan muuttavia vaikutuksia ei enää toiminnan aikana juuri synny, koska kaivosalueen

maanpäälliset rakenteet eivät toiminnan edetessä enää merkittävästi laajene rikastushiekka-aluetta lukuun ottamatta. Välillisiä vaikutuksia ovat mm. maanalaisen kaivoksen ja tarvekivilouhoksen kuivanapidosta johtuvat mahdolliset vaikutusalueen vesitasapainoa muuttavat vaikutukset, joiden seurauksena lintujen nykyiset elinympäristöt voivat muuttua.

Välittömät vaikutukset

Maanalaisen kaivoksen kohdalla linnustoon kohdistuvat toiminnan aikaiset välittömät vaikutukset jäävät vähäisiksi ja laajuudeltaan pienialaisiksi. Etenkin vaihtoehdossa VE1b vaikutukset rajoittuvat varsin suppealle alueelle Kuusivaaran ympäristöön. Muissa hankevaihtoehdoissa vaikutukset leviävät laajemmalle toimintojen ja yhdysteiden sijoittuessa laajemmalle alueelle. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rikastamoalueen ja maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin välisen liikenteen sekä malmin kuljettamisen aiheuttamat vaikutukset ovat laaja-alaisemmat.

Kaivoksen toiminnan aikaisia **melu**lähteitä ovat mm. malmin siirto, tarvekiven murskaus, rikastushiekan ja sivukiven läjitys, kaivoksen ja rikastamon ilmanvaihto sekä liikenne eri muodoissaan. Kaivoksen toiminnan aikainen louhinta ja murskauksen meluisin osa, esimurskaus, suoritetaan maanalaisessa kaivoksessa, josta maan pinnalle ei tule merkittäviä meluvaikutuksia. Maan pinnalla tapahtuva jälkimurskaus ja jauhatus tapahtuvat sisätiloissa, mikä myös vähentää melua. Meluvaikutusten arvioinnissa on myös huomioitu tarvekivilouhoksen toiminnot.

Melun vaikutuksia linnustoon on selostettu edellä rakentamisen aikaisten vaikutusten yhteydessä. Toiminnan aikaiset melualuekartat on esitetty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luvussa 12.3.2 esitetyillä kartoilla. Niistä voi todeta toiminnan aikaisten melualueiden olevan selvästi suppeampia kuin rakentamisen aikaiset melualueet.

Tärinää kaivosympäristöissä aiheuttavat muun muassa malmin ja tarvekiven louhintaan liittyvät räjäytykset ja ajoneuvoliikenne. Tärinä voidaan jakaa hetkelliseen ja jatkuvaan tärinään, joista hetkellisiä ovat esimerkiksi räjäytystyöt ja jatkuvia raskaan laitteistojen aiheuttamat vaikutukset (Kauppila 2015, Suomen ympäristökeskus 2010). YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) tärinän arviointi (Luku 13) jakaantuu liikennetärinän ja louhintatärinän arviointiin ja on laadittu ihmisasutuksen ja luonnonsuojelualueiden kannalta. Linnuston kannalta merkittävintä on kaivoksen toiminnan aikana tehtävät räjäytykset, koska maanalaiset räjäytykset ilmenevät maan päällä lähinnä tärinänä. Tuotantovaiheessa louhinnasta syntyvä tärinä ylittää liikenopeuden 10 mm/s noin 700 metrin – yhden kilometrin alueella Sakattilampien länsipuolella, Kiimakuusikon etelä- ja lounaispuolella. Tuotantovaiheen louhintatärinän merkittävyyttä lisää se, että se sijoittuu mallinnuksen mukaan alueelle, jolla ei ole maanpäällisiä toimintoja. Louhintatärinä siis laajentaa osaltaan kaivoksen toiminnan aiheuttamia häiriövaikutuksia. Satunnaisia tärinän aiheuttamia muutoksia lintujen käytöksessä voi siis aiheutua Sakattilampien-Pahanlaaksonmaan-Kiimakuusikon alueella. Pesimälinnustoselvityksissä Sakattilampien ympäristössä todettiin pesivinä mm. suokukko (CR) ja tukkasotka (EN), joten vaikutuksia voi kohdistua suojelullisesti huomionarvoiseen lajistoon, jolloin vaikutusten merkittävyys kasvaa. Tärinän vaikutuksia linnustoon on tutkittu varsin vähän, etenkin Suomen oloissa. Tärinän aiheuttamat linnustoon kohdistuvat kielteiset vaikutukset arvioidaan suuruudeltaan pieniksi ja merkittävyydeltään **vähäisiksi kielteisiksi**.

Liikennetärinän ei arvioida juuri vaikuttavan linnustoon. Liikennetärinän ihmisasumista haittaava vaikutus rajoittuu maaperästä riippuen noin 20…125 metrin etäisyydelle tiestä. Liikenteen aiheuttama linnustoa karkottava melu ja visuaalinen häiriö ulottuu siis tärinää laajemmalle alueelle.

Häiriöstä aiheutuvien välittömien vaikutusten merkittävyys arvioidaan kokonaisuutena **vähäiseksi kielteiseksi**.

Välilliset vaikutukset

Maanalaisen kaivoksen (vinotunnelit ja tuotantotunnelit) ja tarvekivilouhoksen kuivanapidon arvioidaan aiheuttavan maaperän pohjavedenpinnan laskua (Itasca Denver Inc. 2023, AFRY Finland Oy 2022a), mikä mahdollisesti aiheuttaa muutoksia vaikutusalueen luontotyyppeihin ja sitä kautta lintujen elinympäristöihin. Elinympäristövaikutuksia arvioidaan aiheutuvan vaikutusalueen suoluontotyyppeihin. Merkittävyydeltään suoluontotyyppien luonnontilan muutoksen kautta ilmenevä vaikutus on vähäisempi kuin rakentamisen aiheuttama elinympäristöjen välitön muutos ja menetys, mutta se on pinta-alaltaan laajemmalle ulottuva ja kaivoksen toimintavuosien myötä voimistuva. Elinympäristöihin kohdistuvien välillisten vaikutusten tulisi olla varsin merkittäviä, jotta niillä olisi vaikutusta alueen pesimälajistoon ja paritiheyksiin.

Pohjavedenpinnan alenemat ja niiden eteneminen kaivoksen toimintavuosina on käsitelty tarkemmin luvussa 16. Hydrologisia vaikutuksia alueen luontotyyppeihin on käsitelty tarkemmin luvussa 19 sekä Natura-alueen osalta Sakatin kaivoshankkeen Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a).

Pohjavedenpinnan laskun seurauksena voi olla vaikutusalueen soiden vuosittaisen vesitason vaihtelun kasvua. Suuri osa soiden rimpipintojen kasvilajeista on herkkiä pidempiaikaiselle kuivumiselle, ja suopinnan kuivuessa välipintalajit valtavat alaa rimpipintalajeista (Kurki 2011). Kasvillisuuden ja luontotyypin muuttuessa myös lintujen pesimäbiotoopit muuttuvat. Maaperän pohjavedenpinnan alenema voi pidempään jatkuessaan aiheuttaa pinta-alamenetyksiä etenkin lettoihin. Lettojen vahva pintavesivaikutteisuus voi kuitenkin kompensoida pohjaveden aleneman vaikutuksen voimakkuutta (Ramboll Finland Oy 2023a). Suurimmat alenemat kohdistuvat talvikaudelle, mikä vähentää aleneman merkitystä lajistolle.

Linnustovaikutusten kannalta merkittävimpien pohjavesivaikutusten arvioidaan kohdistuvan Kenttäaavalle. Vaikutusalue ja alenemat kasvavat ajan myötä ja ovat suurimmillaan toimintavuotena 22. Vaihtoehdon VE1a 65 % ja 80 % tiivistysskenaarion mukaiset pohjavesialenemat ovat Kenttäaavan keski- ja pohjoisosassa maksimissaan noin 1,2 metriä (Luku 16, Kuva 16-16 – Kuva 16-29 sekä Kuva 16-30 – Kuva 16-43, Taulukko 16-17 ja Taulukko 16-18). Tällä on todennäköisesti Kenttäaavan luontotyyppien luonnontilaa heikentäviä vaikutuksia ja sitä kautta lintujen pesimäbiotooppeja muuttavia vaikutuksia. Vaikutusten merkittävyys Kenttäaavan uhanalaisiin luontotyyppeihin arvioidaan keskisuureksi–suureksi ja vaikutuksia kohdistuu myös muihin suoluontotyyppeihin (Luku 19.3.3). Vaikutusmekanismi voi ilmetä avointen ja välipintaisten nevojen muuttumisena mätäspintaisiksi ja etenkin reuna-alueiltaan puustoisemmiksi. Etenkin rimpipintojen mahdollisen vähenemisen myötä märkien avosoiden pesimälajiston, kuten jänkäsirriäisen ja mustaviklon, parimäärät saattavat vähentyä. Olosuhteiltaan muuttuneen elinympäristön alueelle muodostuva pesimälajisto on kuivempien suoelinympäristöjen lajeja, kuten kapustarinta, niittykirvinen ja keltavästäräkki.

Kenttäaavan lisäksi suolajistolle merkittäviä aapasoita ja lettoja sijoittuu laajalti muuallekin maaperän pohjaveden alenema-alueelle (esimerkiksi Viiankiaavalle), mutta alenemat ovat huomattavasti pienempiä ja ne sijoittuvat suoalueiden reunaosiin, jolloin vaikutukset jäävät todennäköisesti vähäisiksi tai olemattomiksi.

Noin 0,5 metrin alenemakäyriä ulottuu myös pohjoisessa Sakattilampien länsipuolelle, ja Sakattilammin ympäristössä alenemat ovat enimmillään 0,4 metrin luokkaa. Lammet ovat kuitenkin tutkimusten perusteella valtaosin pintavesivaikutteisia, joten pohjavedenpinnan alenema ei vaikuta lampien vedenpinnan korkeuteen (ks. Luku 17). Ruosteojan alueella pohjavedenpinnan alenema on enimmillään 0,1–0,2 metriä, mikä on selvästi pienempi kuin luonnollinen pohjavedenpinnan vuotuinen vaihtelu.

Suurimmillaan pohjavesialenemat ovat luonnollisesti Kuusivaaran ympäristössä sekä Pahanlaaksonmaalla ja Kiimakuusikon eteläpuolella. Nämä alueet ovat nykytilassa linnuille pääasiassa metsäisiä elinympäristöjä, joten hydrologisten vaikutusten ei arvioida aiheuttavan niille mainittavia elinympäristömuutoksia, tehdasaluetta lukuun ottamatta.

Pohjaveden virtausmallinnukset on laadittu vain vaihtoehdolle VE1a, joten muiden vaihtoehtojen osalta ei voida esittää tarkkoja arvioita pohjavedenpinnan aleneman suuruudesta tai pinta-alasta. Voidaan kuitenkin arvioida, että muissa hankevaihtoehdoissa esiintymän louhimisesta aiheutuvien pohjavesivaikutusten olevan luontotyyppeihin samat kuin vaihtoehdossa VE1a, mutta eroja syntyy eri vinotunnelivaihtoehtojen vuoksi ja niiden osalta vaikutukset kohdistuvat eri alueille. Mahdollisuutta laaja-alaisempiin pohjavesivaikutuksiin ei tosin voida sulkea pois (Ramboll Finland Oy 2023a). Vaihtoehdossa VE2a vinotunneli sijoittuu muita vaihtoehtoja suppeammalle pinta-alalle Natura-alueen alle, joten se on mahdollisesti tunnelista aiheutuvilta vaikutuksiltaan vähäisin. Mallinnusten puuttuessa tästä ei voida kuitenkaan esittää varmaa johtopäätöstä (Ramboll Finland Oy 2023a). Kokonaisuutena pohjavesivaikutusten aiheuttamat vaikutukset lintujen elinympäristöihin arvioidaan olevan kaikissa vaihtoehdoissa merkittävyydeltään korkeintaan kohtalainen kielteinen.

Kuten pohjavesivaikutusten kohdalla, pölyn aiheuttamat vaikutukset ovat välillisiä, elinympäristöihin kohdistuvia vaikutuksia. Näin ollen vaikutusten tulisi olla hyvin merkittäviä, jotta elinympäristöt muuttuisivat niin paljon, että sillä olisi vaikutusta pesimälintujen parimääriin tai lajistoon. Pölypäästöjen leviäminen ympäristöön on arvioitu leviämismallilla, joka kokonaisuudessaan on esitetty YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) liitteessä 12. Rikastushiekan läjityksen osalta vaihtoehtoina on tarkasteltu sekä kuivaläjitystä että märkäläjitystä. Pölyvaikutukset ovat kuivaläjityksen osalta merkittävästi suuremmat.

AONA Environmental (2020) on arvioinut, että pölyn osalta laskeumatasoa 1 000 mg/m^2/vrk eli 365 g/m^2/vuosi voidaan pitää kynnysarvona, jota matalammat pitoisuudet eivät aiheuta kasvillisuusmuutoksia. Tämä kynnysarvo ylittyy laaditun mallinnuksen perusteella vain hyvin pienellä alueella pölyn lähteen ympärillä. Esimerkiksi Natura-alueella suurin mallinnettu laskeuma on 150 g/m^2/vuosi hyvin pienellä alueella Kuusivaaran pohjoispuolella (Ramboll Finland Oy 2023a). Vaikka otetaan huomioon erilaiset pitkäkestoiseen laskeumaan ja sen vaikutuksiin liittyvät epävarmuudet, voidaan kuitenkin riittävällä varmuudella todeta, että pöly ei aiheuta merkittäviä vaikutuksia mihinkään luontotyyppiin vaihtoehdossa VE1a, joka aiheuttaa suurimman pölylaskeuman. Muissa

hankevaihtoehdoissa pölylaskeuma on vielä alhaisempi. Näin ollen myöskään linnustoon kohdistuvia vaikutuksia ei arvioida aiheutuvan.

20.4.5 Vaikutukset suojelullisesti huomionarvoiseen lajistoon

Tässä luvussa käsitellään sekä rakentamisen että toiminnan aikaiset vaikutukset suojelullisesti huomionarvoisiin lajeihin.

Rauhoitetut päiväpetolintulajit

Hankealueella sijaitsevien rauhoitettujen päiväpetolintulajien tiedot ovat salassa pidettäviä. Tarkemmat tiedot lajeista ja niiden reviirien sijoittumisesta on toimitettu hankkeesta vastaavan ja yhteysviranomaisen käyttöön.

Hankkeella ei arvioida olevan merkittäviä vaikutuksia reviireihin minkään hankevaihtoehdon osalta ja reviirien arvioidaan säilyvän elinkelpoisina hankkeen toteutumisen jälkeenkin.

Suokukko (Äärimmäisen uhanalainen, CR)

Rakennettavilla kohteilla tai niiden läheisyydessä pesii yksi **äärimmäisen uhanalainen (CR)** laji, suokukko. Päävaihtoehdossa VE3 kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee lähimpänä, mutta kuitenkin yli kilometrin etäisyydellä selvityksissä löytyneeltä keskeisimmältä suokukkojen soidinpaikalta Viiankijärven lounaispuolella. Kaivoshankkeen suunniteltuja maanpäällisiä rakenteita lähimmät havainnot suokukon pesinnästä tai pienemmistä soidinpaikoista tehtiin Natura-alueella Sakattiojalla ja Ruosteojalla, jotka ainakin osittain sisältyvät hankealuerajaukseen. Kohteille ei kohdistu rakentamista, joten rakentamisesta aiheutuvat elinympäristömuutokset eivät kohdistu suokukon elinympäristöihin. Laaditun tärinäselvityksen (ks. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a, Liite 11) mukaan toiminnan aikaista louhintatärinää esiintyy Sakattilammilla ja etenkin niiden länsipuolella. Laji ei ole herkkä häiriövaikutuksille, vaan soidinpaikkoja tiedetään sijaitsevan jopa valtateiden penkoilla. Näin ollen rakentamisen tai toiminnan aikaisen häiriön ei arvioida vaikuttavan pesimäpaikkoihin tai soidinpaikan pysymiseen paikalla jatkossakin. Pohjaveden alenemasta johtuvat mahdolliset elinympäristömuutokset voivat ulottua Kenttäaavalla ja Ruosteojan-Sakattilampien alueella yksittäisten parien pesimäalueille, jonka myötä ne voivat muuttua lajin kannalta epäedullisemmaksi. Pohjaveden pinnankorkeuden aleneminen kaivosalueella todennäköisesti myös lisää pohjaveden muodostumista. Kun pohjaveden painetaso maaperässä alenee kaivostiloihin purkautumisen seurauksena, saattaa se lisätä maakerrosten läpi suotautuvan veden määrää näin kasvattaen pohjaveden muodostumismääriä. Mahdollista vaikutusta ei ole huomioitu pohjaveden virtausmallinnuksessa. Toteutuessaan ilmiöllä on lieventävä vaikutus pohjavedenpinnan alenemiin. Kokonaisuutena arvioidaan, että suokukkoon kohdistuu merkittävyydeltään korkeintaan **vähäisiä**, välillisistä elinympäristömuutoksista aiheutuvia kielteisiä vaikutuksia.

Tukkasotka (Erittäin uhanalainen, EN)

Viiankiaavan Natura-alueeseen kuuluvilla Sakattilammilla pesii 10–18 paria vesi- ja rantalintuja. Tukkasotka on sorsista selvästi runsain. Lammet ovat pääosin pintavesivaikutteisia, joten maanalaisen kaivoksen pohjavedenpintaa alentava vaikutus ei kohdistu niihin (Luku17). Laaditun

tärinäselvityksen (ks. YVA-selostus, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a, Liite 11) mukaan toiminnan aikaista louhintatärinää esiintyy Sakattilammilla ja etenkin niiden länsipuolella. Tällä vaikutuksella voi olla negatiivisia vaikutuksia lampien soveltuvuuteen tukkasotkan pesimäympäristönä ja aiheuttaa lajin vähentymistä tai häviämisen kohteelta. Paikallisesti siis vaikutus voi olla kohtalainen. Populaatiotasolla vaikutus kohdistuu kuitenkin hyvin pieneen parimäärään, mikä pienentää vaikutuksen merkittävyyttä. Näin ollen arvioidaan, että tukkasotkaan kohdistuu merkittävyydeltään korkeintaan **vähäisiä**, elinympäristön muutoksesta ja häiriöstä aiheutuvia kielteisiä vaikutuksia.

Piekana (Erittäin uhanalainen, EN)

Piekana on selvitysalueen runsaslukuisin petolintu ja säännöllinen pesijä alueella. Vuoden 2019 selvityksissä löydettiin yksi piekanan pesäpaikka selvitysalueen eteläosasta. Suunniteltuun eteläiseen tielinjaukseen nähden pesä sijaitsee kuitenkin niin etäällä, että sen ei arvioida vaikuttavan lajin mahdolliseen pesintään tulevaisuudessa. Lisäksi lajin pesimäpaikat ja -alueet vaihtelevat luontaisestikin kunkin vuoden ravintotilanteen mukaan, eli laji ei ole reviiriuskollinen esimerkiksi kotkien tavoin. Näin ollen piekanaan ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia.

Hömötiainen (Erittäin uhanalainen, EN)

Muista erittäin uhanalaisista lajeista hömötiainen on selvitysalueella varsin runsas pesimälaji. Vanhan metsän lajien, joihin hömötiainenkin luokitellaan (Väisänen ym. 1988), tärkeimmiksi uhanalaisuuden syiksi on arvioitu (Tiainen ym. 2016) muutokset lajien elinympäristössä, kuten vanhojen metsien ja kookkaiden puiden väheneminen sekä laho- ja kolopuiden väheneminen. Koska hankealueella kyseisiä biotooppeja on varsin vähän, hankkeen arvioidaan lisäävän kyseisten lajien ja samalla hömötiaisen uhanalaistumiseen johtaneita syitä korkeintaan hyvin vähän. Toisaalta tuoreen pitkäaikaistutkimuksen perusteella metsänhakkuut yleisesti ovat suurin syy hömötiaisen taantumiseen (Kumpula ym. 2023). Tehdasalue lisää osaltaan hömötiaisen, ja muiden metsälajien, elinympäristön häviämistä ja heikkenemistä, mutta vaikutus on häviävän pieni verrattuna metsätalouden aiheuttamiin vaikutuksiin metsän yleislajien ja vanhan metsän lajien elinympäristöihin.

Riekko (Vaarantunut, VU)

Vaarantuneista (VU) lajeista riekko on hyvin yleinen laji alueen avosoiden laiteilla, ja selvitysalue hankealue mukaan lukien on merkittävä riekon esiintymisalue. Hankkeen myötä riekon elinympäristöä häviää jossain määrin hankevaihtoehdosta riippuen. Vaihtoehdoista VE1b aiheuttaa vähäisimmät muutokset, koska rakenteet ja tielinjaukset keskittyvät pienimmälle alueelle, eikä esim. hihnakuljettimia rakenneta riekon suosimien suoelinympäristöjen kautta. Vaihtoehdossa VE3a riekon elinympäristöihin kohdistuvat vaikutukset ovat laajimmat. Riekon elinympäristöihin kohdistuva rakentaminen on lähinnä soiden reuna-alueiden kautta kulkevia uusia tie- ja malminkuljetusreittejä. Osin nekin sijoittuvat jo olemassa oleville tielinjauksille. Kokonaan uutta reittiä rakennetaan yhteensä noin 6–7 kilometriä (eteläinen yhdystielinjaus + pohjoinen hihnakuljetin ja huoltotie), muilta osin voidaan hyödyntää olemassa olevia teitä. Lisäksi meluvaikutukset laajentavat riekkoon kohdistuvia vaikutuksia jossain määrin, mutta ei enää merkittävästi elinympäristömuutosten lisäksi. Näin ollen myös laajimpien vaikutusten osalta vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään **vähäisiksi kielteisiksi**, koska elinympäristöä hävittävä ja muuttava vaikutus sekä melun ja häiriön leviäminen

jäävät hyvin pienialaiseksi suhteessa selvitysalueella esiintyvään riekon potentiaaliseen elinympäristöön, jota on hyvin laajasti.

Pohjansirkku (Alueellisesti uhanalainen, RT)

Alueellisesti uhanalaisista (RT) lajeista etenkin pohjansirkun kanta selvitysalueen rämeillä ja soiden laitamilla on runsas. Hankkeen vaikutukset arvioidaan samanlaisiksi kuin yllä riekon kohdalla eli **korkeintaan vähäisiksi** kielteisiksi.

Lintudirektiivin liitteen I lajit

Metso

Metso on lintudirektiivin liitteen I laji ja Suomen kansainvälinen vastuulaji. Metsoa on käsitelty jo yllä Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan pohjoispuolen (Poikkijoenkankaan eteläosa) alueisiin koskevien vaikutusten kohdalla (Luku 20.4.3). Koska metso on varsin häiriöherkkä laji, se on suojelullisesti huomionarvoinen ja hanke aiheuttaa metsopopulaation pienenemistä alueellisesti, arvioidaan metsoon kohdistuvien kielteisten vaikutusten olevan merkittävyydeltään **kohtalainen kielteinen**.

Kaakkuri

Direktiivilajeista merkittävimpien vaikutusten arvioidaan kohdistuvan kaakkuriin, mikäli eteläinen yhdystielinjaus toteutuu. Tielinjaus kulkee kaakkurin pesimälammen, Kattilalammen vieritse, lähimmillään noin 200 metrin etäisyydeltä. On mahdollista, että rakentamistoimien ja niiden aiheuttaman häiriön sekä lisääntyvän liikenteen myötä kaakkuri hylkää lammen pesimäpaikkana. Vaikutus kohdistuu vain yhteen pesivään pariin, joten populaatiotasolla vaikutus jää häviävän pieneksi. Paikallisesti kuitenkin ainoa tiedossa oleva kaakkurireviiri tällöin autioituu. Mikäli eteläinen yhdystielinjaus ei toteudu, kaakkuriin ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia.

Liro ja kurki

Muista direktiivilajeista selvitysalueen liro- ja kurkikanta on runsas ja lajien suosimaa elinympäristöä on runsaasti. Liro on hanke- ja selvitysalueen selvästi runsain kahlaaja. Lajin tiheys on Viiankiaavan parhaimmilla osilla erittäin korkea. Kenttäaavalla, Kuusivaaran luoteispuolella, jonne osa kaivoksen maanpäällisistä rakenteista sijoittuu, todettiin myös tiheä lirokanta. Pohjaveden alenemasta johtuvien mahdollisien elinympäristömuutoksien arvioidaan ulottuvan etenkin Kenttäaavan alueelle, millä voi olla vaikutuksia alueen liro- ja kurkikantoihin. Molempien lajien tärkeimmät selvitysalueen pesimäalueet sijoittuvat kuitenkin Natura-alueelle, minne kaivostoimintojen vaikutusten arvioidaan ulottuvan korkeintaan vähäisissä määrin häiriövaikutuksina.

Suomen vastuulajit

Etenkin alueelle tyypillisistä kahlaajista monet luetaan Suomen vastuulajeiksi. Näitä ovat jänkäkurppa, valkoviklo, kuovi, pikkukuovi, rantasipi, mustaviklo, jänkäsirriäinen ja jo mainittu liro. Rantasipiä ja kuovia lukuun ottamatta suot ovat ensisijainen elinympäristö kaikille mainituille lajeille, ja Viiankiaapa ympäristöineen on erityisen tärkeä pesimäalue niille. Kenttäaavan pohjavesialeneman

aiheuttamalla mahdollisella elinympäristömuutoksella voi olla kielteisiä vaikutuksia alueen pareihin mainituilla lajeilla. Rakentamisen myötä lajien elinympäristöä katoaa vähäisissä määrin ja melua kantautuu niille, mutta vaikutusten ei arvioida ulottuvan lajien keskeisimmille pesimäalueille. Rantasipejä havaittiin Kelujoella ja Kitisellä, mutta mahdollisen sillan rakentamisella ei arvioida olevan vaikutuksia lajin esiintymiseen alueilla. Maanpäällisten rakenteiden alueella todettiin useita leppälintupareja, joka kuitenkin on Suomessa varsin yleinen mäntykankaiden pesimälaji. Rakentamisen aiheuttama leppälinnun elinympäristön häviäminen on merkittävyydeltään häviävän pieni verrattuna metsätalouden lajin pesimäympäristöihin aiheuttamiin vaikutuksiin.

20.4.6 Vaikutukset muuttolinnustoon

Viiankiaapa ei sijoitu valtakunnallisesti merkittävien muuttoreittien varrelle. Usean vuoden aikana toteutetuista muutontarkkailuista ja muuton aikaisista lepäilijälaskennoista saadut tulokset tukevat tätä tietoa. Viiankiaavan runsaasti tulviva ja laaja avosuoalue muodostaa kuitenkin alueellisesti merkittävän keväisen levähdysalueen varsinkin useille uhanalaisille vesilintulajeille ja kahlaajille, vaikka lepäilijämäärät jäävätkin pienemmiksi kuin maamme tärkeimmillä linnuston lepäilyalueilla.

Hankkeen vaikutusten ei arvioida ulottuvan keskeisimmille lepäilyalueille, eli eniten tulviville suoalueille ja hankealueen pohjoisosan järville, eikä muuttolinnustoon kohdistuvia vaikutuksia synny.

20.4.7 Sulkemisen jälkeiset vaikutukset

Alue suljetaan ja maisemoidaan sulkemissuunnitelman mukaisesti joko luonnonympäristöksi mahdollisimman lähelle kaivostoimintaa edeltänyttä tilaansa tai muuhun myöhempään maankäyttöön. Hankkeen suunnittelun edetessä sulkemissuunnitelma kehittyy ja sille asetettavat tavoitteet tarkentuvat.

Mikäli sulkemisvaihtoehtona on luonnontilaan palauttaminen, kivennäismaalle sijoittuvien maanpäällisten rakenteiden osalta elinympäristön muutosten aiheuttamat välittömät vaikutukset palautuvat hyvin hitaasti sukkession ja metsän hitaan kasvun myötä. Täysin ennalleen elinympäristöt eivät palaudu, mutta ajan myötä pesimälintulajiston koostumuksen arvioidaan olevan samankaltaista kuin missä tahansa alueen talousmetsissä. Tähän kuluu kuitenkin useita kymmeniä vuosia.

Eri suotyypeille sijoittuvien, välittömien ja välillisten vaikutusten muuttamien elinympäristöjen ja sitä kautta linnuston palautuminen ennalleen on epävarmaa ja joka tapauksessa hyvin hidasta, ja vaatii ennallistamistoimia. Sen sijaan häiriövaikutukset lakkaavat välittömästi toiminnan päätyttyä.

Osa rakenteista, esimerkiksi tiestö, voi palvella myös alueen käyttöä kaivostoiminnan jälkeen, jolloin vaikutukset ovat luonteeltaan pysyviä. Mikäli alueen käyttö jatkuu, vaikutusten pysyvyys tai palautuminen riippuu alueen tulevista toiminnoista.

20.4.8 Vaikutukset ja niiden merkittävyys

Merkittävimmät vaikutukset linnustoon aiheutuvat kaivoksen rakennusvaiheessa nykyisten elinympäristöjen muuttuessa teollisuustoimintojen alueeksi. Eri hankevaihtoehtojen vaikutusten

kohdistuminen eri alueisiin, elinympäristöihin ja lajeihin sekä vaikutusten merkittävyys on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 20-5).

Kokonaisuutena elinympäristömuutosten myötä syntyvien vaikutuksen merkittävyyden arvioidaan olevan **kohtalainen kielteinen**. Kaivostoimintojen häiriövaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään **vähäisiksi kielteisiksi**.

Toiminnan aikaisista välillisistä vaikutuksista merkittävimmät ovat pohjavesimuutosten myötä tapahtuvat mahdolliset elinympäristöjen muutokset. Vaikutukset kohdistuvat etenkin suoluontotyyppeihin. Avointen ja välipintaisten nevojen mahdollinen muuttuminen mätäspintaisiksi ja reuna-alueiltaan puustoisemmiksi voi aiheuttaa muutoksia pesimälajistossa. Vaikutuksen merkittävyys arvioidaan korkeintaan **kohtalaiseksi kielteiseksi**. Merkittävimpien vaikutusten arvioidaan kohdistuvan Kenttäaapaan.

Taulukko 20-5 Vaihtoehtojen vertailu. Rakentamisen aiheuttamien vaikutusten kohdistuminen eri alueille ja lajeille/lajiryhmille eri vaihtoehdoissa sekä vaikutusten merkittävyys. CR = äärimmäisen uhanalainen, EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä ja RT = alueellisesti uhanalainen. KVL = Suomen kansainvälinen vastuulaji, EU = EU:n lintudirektiivin liitteen I laji, U = Suomen luonnonsuojelulain ja -asetuksen nojalla uhanalainen laji.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Alueen nro	Sijaintialue	Suunniteltavat rakenteet	Vaikutusmekanismi (ja vaikutuksen kohde)	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
1	**Kuusivaara**	Rikastamoalue, tarvekivilouhos, sijoitusalueet, altaat, eteläinen yhdystie (lisäksi kaivoksen sisäänkäynti VE1)	Muuttuu laajalti teollisuusalueeksi.	**Metso (EU, KVL) ja pääasiassa tavanomainen metsälajisto**					
2	**Porokodanjänkä**	Tehdasalue, sijoitusalueet, altaat, eteläinen yhdystie, purkuputki (VE2a)	Muuttuu pohjoisosastaan teollisuusalueeksi.	**Suolajisto, kuten riekko (VU), pohjansirkku (NT, RT, U), liro (NT, EU, KVL)**					
3	**Eliasaapa, pohjoisosa**	Tehdasalue, sijoitusalueet, altaat, eteläinen yhdystie, purkuputki (VE2a)	Muuttuu pohjoisosastaan teollisuusalueeksi, tie- ja putkilinja. **Suolajisto**, kuten useat kahlaajat.	**Suolajisto, kuten liro (NT, EU, KVL), mustaviklo (NT, KVL), jänkäsirriäinen (NT, KVL)**					
4	**Kenttäaapa, keskiosa**	Hihnakuljetin, huoltotie, putkilinja, VE3 sijoitusalueita, vesivarastoallas. Pohjavesialeneman aiheuttama mahdollinen elinympäristön muutos.	VE2a ja b: Hihnakuljetin ja huoltotie aiheuttavat vähäistä elinympäristönmuutosta sekä pirstoutumista. VE3a ja b: Alue muuttuu laajalti teollisuusalueeksi. Merkitystä lisää kohteen linnustollinen arvo.			**Suolajisto, kuten liro (NT, EU, KVL), valkoviklo (NT, KVL)**		**Vaikutus laaja-alaisempi kuin VE2. Liro runsas**	

Alueen nro	Sijainti-alue	Suunniteltavat rakenteet	Vaikutusmekanismi (ja vaikutuksen kohde)	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
5	**Kenttä-aapa, lounaisosa**	Pohjoinen yhdystie, 110 kV voimajohto	Yhdystie aiheuttaa vähäistä elinympäristönmuutosta ja häiriötä. Voimajohdon vaikutukset hyvin vähäisiä.		**Suolajisto**		**Suolajisto**		**Suolajisto**
6	**Kattila-lampi (kaakkuri)**	Eteläinen yhdystie	Häiriövaikutus todennäköisesti karkottaa kaakkuriparin pesimälammeltaan.	**Kaakkuri**		**Kaakkuri**		**Kaakkuri**	
7	**Ulkusijan-aapa ja -kangas**	Eteläinen yhdystie	Yhdystie aiheuttaa vähäistä elinympäristönmuutosta ja häiriötä. **Suolajisto ja tavanomainen metsälajisto.**						
8	**Kelujoki**	Eteläinen yhdystie	Yhdystie aiheuttaa vähäistä elinympäristönmuutosta ja häiriötä. **Tavanomainen lajisto.**						
9	**Kitinen**	Pohjoinen yhdystie ja 110 kV voimajohto	Yhdystie aiheuttaa vähäistä elinympäristönmuutosta ja häiriötä. Voimajohdon vaikutukset hyvin vähäisiä. **Tavanomainen lajisto.**						
10	**Sakattioja**	VE2 & VE3: Hihnakuljetin, huoltotie, putkilinja	Rakenteet aiheuttavat vähäistä elinympäristönmuutosta ja häiriötä.			**Suolajisto**			
11	**Pahan-laakson-maa**	VE2: Kaivoksen sisäänkäynti ja siihen liittyvät rakenteet, VE3: Hihnakuljetin ja huoltotie	Rakenteet aiheuttavat alueen osittaisen muuttumisen teollisuusalueeksi ja häiriötä.			**Tavanomainen lajisto, VE2 vaikutukset laaja-alaisemmat**			
12	**Tihiämaa ja Poikki-joenkan-gas**	VE3: Kaivoksen sisäänkäynti ja siihen liittyvät rakenteet	Rakenteet aiheuttavat alueen osittaisen muuttumisen teollisuusalueeksi ja häiriötä.					**Metso (EU, KVL) ja pääasiassa tavanomainen metsälajisto**	

20.5 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Merkittävimmäksi linnustoon kohdistuvaksi vaikutukseksi arvioidaan kaivoksen maanpäällisten rakenteiden rakentamisen aiheuttamat elinympäristömuutokset, minkä myötä koko peittoalueella nykyisin pesivä linnusto joutuu siirtymään uusille alueille. Tästä johtuen rakenteiden sijoittaminen mahdollisimman tiiviisti pienentäisi menetettävien elinympäristöjen pinta-alaa. Lisäksi sijoittamalla rakenteet kivennäismaa-alueille ja jo luonnontilansa menettäneille talousmetsäalueille ja välttämällä rakenteiden sijoittamista luonnontilaisille tai luonnontilaisen kaltaisille suoalueille (kuten vaihtoehdon VE2a mukainen yhdystie ja purkuputki Eliasaavan poikki), voitaisiin vähentää merkittävästi suojelullisesti huomionarvoiseen lintulajistoon kohdistuvia vaikutuksia.

Ajoittamalla kaivoksen maanpäällisten rakenteiden rakentamisen edellyttämät puuston raivaus, pintamaiden poisto ja muut alkuperäisiä elinympäristöjä muokkaavat toimet lintujen pesimäajan ulkopuolelle elo–huhtikuuhun, vältyttäisiin pesätuhoilta.

Meluvaikutusten leviämistä ympäristöön voidaan ehkäistä merkittävästi esimerkiksi rakentamalla riittävät suojavallit melua aiheuttavien toimintojen ympärille. Vallit estäisivät myös liikkuvien koneiden ja ihmisten aiheuttaman visuaalisen häiriön leviämisen. Meluvaikutuksia saadaan vähennettyä myös toteuttamalla tulppaushankkeen työt pesimäajan ulkopuolella.

Välillisiä pohjavesivaikutuksia ja niiden kautta mahdollisesti tapahtuvien elinympäristömuutosten todennäköisyyttä ja voimakkuutta voidaan pienentää merkittävästi Viiankiaavan alueella jättämällä NE-satelliittiesiintymä louhimatta (ns. välttämistoimi). Pohjaveden virtausmallinnukset on tehty molemmille tiivistysskenaarioille olettaen, että NE-satelliittiesiintymää ei hyödynnetä (ns. välttämistoimi). Tällä on merkittävä myönteinen vaikutus malmiesiintymän ympäristössä tapahtuvaan pohjavedenpinnan alenemaan, jonka seurauksena erityisesti Viiankiaavan alueella ilmenevät kielteiset vaikutukset lievenevät huomattavasti. Mahdollinen tärinäalue Sakattilampien ympäristössä todennäköisesti pienenee välttämistoimien seurauksena, mutta tällä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta linnustoon. Linnustoon ei kohdistu aikaisempaan nähden uusia tai huomioitavia vaikutuksia lievennystoimien johdosta.

Lisäksi toteuttamalla hankevaihtoehto, jossa vinotunnelista mahdollisimman suuri osuus sijoittuu Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolelle, mahdolliset pohjavesivaikutukset Natura-alueella jäisivät mahdollisimman vähäisiksi.

Rikastushiekan läjitysvaihtoehdoista märkäläjitys aiheuttaisi kuivaläjitystä huomattavasti pienemmät pölypäästöt ympäristöön. Myös kuivaläjitysmenetelmässä pölypäästöjä voidaan hallita ja ehkäistä. Nämä toimet on esitetty luvussa 4 sekä liitteessä 13. Hihnakuljettimien kotelointi ja malmin välivarastoalueen kattaminen (yksi avoin seinä) vähentävät myös pölyn leviämistä.

21 Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten arviointi

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
21.2 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue	Arvioinnissa on huomioitu uusi pohjaveden virtausmallinnus ja Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnus.	Vaikutusarvioinnit pitkälti nojautuvat pohjavesimallinnuksen tuloksiin. Pohjavesimallinnukseen ja vesitasemallinnukseen liittyvät puutteet aiheuttavat merkittävän epävarmuuden, joka heijastuu edelleen muihin tarkasteluihin, joissa käytetään näiden tarkastelujen tuloksia lähtötietoina. Virhelähteet ja epävarmuus heijastuvat mm. pohjavesivaikutusten arviointeihin. Yhteysviranomaisen mukaan Kuusivaaran tehdasalueen rakentamisen, tarvekivilouhoksen sijainnin ja otettavan tarvekiven määrän vaikutukset Kuusivaaran alueella muodostuvaan, varastoituvaan ja purkautuvaan pohjaveden määrään ja laatuun tulee arvioida.
21.3.1 Luontodirektiivin liitteen II ja IV(a) lajit	Lisätty jokihelmisimpukkaselvityksen vuoden 2021 tulokset ja viitasammakon vuoden 2022 kartoitustiedot.	-
21.3.2 Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset	Lisätty harmoyökkös- *(Xestia spp.),* jättisukeltaja-, suovenhokas- sekä huomionarvoisten suoperhoslaji- ja kovakuoriaislajiselvityksien vuosien 2020 ja 2021 tulokset.	-
21.4.3 Rakentamisenaikaiset vaikutukset	Arvioinnissa on huomioitu Kuusivaaran tarvekivilouhoksen ja maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnukset, vaikutukset on arvioitu uudelleen. Lisätty vaikutusten arviointi jättisukeltaja-, suovenhokas-, suoperhoslaji- ja kovakuoriaislaji- sekä harmoyökkösselvityksessä havaittujen lajien osalta, päivitetty Taulukko 21-9. Päivitetty viitasammakon osuus.	-
21.4.4 Toiminnanaikaiset vaikutukset	Arvioinnissa on huomioitu Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus ja maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnukset, vaikutukset on arvioitu uudelleen. Lisätty vaikutusten arviointi jättisukeltaja-, suovenhokas-, suoperhoslaji- ja kovakuoriaislaji- sekä harmoyökkösselvityksessä havaittujen lajien osalta, tarkastettu	-

	Taulukko 21-10. Päivitetty viitasammakon osuus.	
21.5 Haitallisten vaikutusten vähentäminen	Huomioitu Natura -alueelle kohdistuvien vaikutusten vähentämiseksi esitetty välttämistoimenpide eli NE-satelliittiesiintymän louhimatta jättäminen. Päivitetty jättisukeltaja-, suovenhokas-, suoperhoslaji- ja kovakuoriaislaji- sekä harmoyökkösselvityksessä havaittujen lajien osalta.	-
21.6 Yhteenveto vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä	Arvioinnissa on huomioitu Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus ja uusi pohjaveden virtausmallinnus. Päivitetty jättisukeltaja-, suovenhokas-, suoperhoslaji- ja kovakuoriaislaji- sekä harmoyökkösselvityksessä havaittujen lajien osalta. Päivitetty viitasammakon osuus.	-

Arvioinnin tarkoituksena on selvittää hankkeen merkittävimmät vaikutukset eläimistöön. Eläimistövaikutusten arvioinnissa käsitellään ne eläinryhmät (pl. kalat, linnut ja porot), joista on laadittu erillisselvitykset tai on olemassa selvitysaineistoa. Selvityksiä on laadittu seuraavista eläinryhmistä tai lajeista: hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset, jokihelmisimpukka, nilviäiset, viitasammakko, saukko, lepakko, suurpedot ja riistaeläimet. Luvussa esitetään uutta nykytilan kartoitukseen liittyvää aineistoa kovakuoriaisten, jokihelmisimpukan ja harmoyökkösten osalta, sekä näiden vaikutusten arvioinnit. Muiden eläinryhmien tai lajien osalta tulokset on esitetty YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a).

21.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue

21.1.1 Eläimistövaikutusten muodostuminen

Lukuun ei ole tullut muutosta.

21.1.2 Rakentaminen

Eläimistöön kohdistuvat vaikutukset ilmenevät rakentamisvaiheessa sekä lajien elinympäristöjen häviämisen kautta välittöminä häiriövaikutuksina että elinympäristön muutosten kautta. Rakentamisvaiheessa tehdasrakennusten, kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden, vesialtaiden ja muiden rakenteiden alueilla sijainneet elinympäristöt häviävät.

Rakentaminen muuttaa myös teknisten perusrakenteiden alueilla (esim. tehdasalue, yhdystie ja kaivoksen ylijäämävesien purkuputki) lähiympäristön paikallisia hydrologisia olosuhteita, josta voi seurata muutoksia kasvillisuudessa ja sitä kautta vaikutuksia muodostuu eläimistöön. Lisäksi rakentaminen pirstoo eläinten suosimia ympäristöjä ja katkaisee niiden kytkeytymistä toisiinsa.

21.1.3 Rakentamis- ja toimintavaiheessa ilmenevät häiriövaikutukset

Lukuun ei ole tullut muutosta.

21.1.4 Toiminnan aikaiset hydrologiset vaikutukset

Toiminnan aikaisiin vaikutuksiin kuuluvat hydrologiset vaikutukset, jotka voivat vaikuttaa vesistöjen, soiden ja lähteiden eliöstöön.

Hydrologisten vaikutusten arviointi perustuu pääasiassa uuteen pohjaveden virtausmallinnukseen (Itasca Denver Inc. 2023), tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten pohjavesimallinnukseen (AFRY Finland Oy 2023d), Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnukseen (AFRY Finland Oy 2022a) sekä kaivoksen vesitaseeseen (AFRY Finland Oy 2023a).

Pohjaveden virtausmallinnus on tehty vaihtoehdosta VE1a, jossa kaivoksen sisäänkäynnistä lähtevät vinotunnelit sijoittuvat Kitisen ja Viiankiaavan Natura-alueen väliin ja vasta lähempänä esiintymää vinotunnelit kulkevat Natura-alueen alapuolella. Kuvaus kasvillisuuteen kohdistuvista hydrologisista vaikutuksista ja lieventämistoimista on esitetty luvussa 19 (Vaikutukset luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen).

21.1.5 Lopettamisen aikaiset vaikutukset

Lukuun ei ole tullut muutosta.

21.1.6 Luontovaikutusten tarkastelualue

Varsinaisen hankealueen (eli maanpäälliset tekniset rakenteet, maanalaisen kaivoksen alue sekä kaivoshankkeeseen liittyvä tiestö, Kitisen ylittävä silta, raakavedenotto ja ylijäämävesien purku ja kaivoksen sähköntarpeeseen rakennettava 110 kV voimajohto) lisäksi vaikutusten tarkastelualueeseen katsotaan kuuluvaksi myös pölyn, tärinän ja melun sekä välillisten vaikutusten, kuten hydrologisten vaikutusten arvioitu laajuus.

Pohjavesivaikutus keskittyy maanalaisen kaivoksen ja tehdasalueen lähiympäristöön, missä vinotunneleiden rakentaminen ja tarvekivilouhos vaikuttavat Kuusivaaran ympäristön pohjavesiolosuhteisiin. Vinotunnelit sijoittuvat vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan väliselle alueelle, vaihtoehdossa VE2a ja VE2b Pahanlaaksonmaalle ja Pahanlaaksonmaan ja Viiankiaavan väliselle alueelle (VE2b myös Viiankiaavalle) sekä vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b Pahanlaaksonmaalle, Kersilönkankaan pohjavesialueen eteläosaan ja Viiankiaavalle. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b tarvekivilouhos sijaitsee Kuusivaaran länsiosassa noin yhden kilometrin etäisyydellä mallinnetusta vaihtoehdon VE1a sijaintivaihtoehdosta. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tarvekivilouhos sijaitsee Kuusivaaran korkeimmalla kohdalla noin 1,5 kilometriä itään mallinnetusta vaihtoehdosta. Vaikutuksia arvioitaessa on sovellettu pohjavesimallinnetun VE1a vaihtoehdon tuloksia myös muihin vaihtoehtoihin, mikä aiheuttaa epävarmuutta vaihtoehtojen VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b arviointiin. Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten pohjaveden virtausmallinnuksen (VE1a, VE1b) perusteella pohjavedenpinta alenee louhoksen välittömällä lähialueella. Vaikutusalue ulottuu Kenttäaavalle.

Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksen mukaan vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b louhos aiheuttaa ympärilleen pohjaveden painekorkeuteen aleneman, joka voi ulottua havaittavan suuruisena moreenikerroksessa satojen metrien päähän sekä Kenttäaavalle pohjoisessa että Porokodanjängälle etelässä (AFRY Finland Oy 2022a). Tehdyn vinotunneleiden ja tarvekivilouhoksen yhteisvaikutusten mallinnuksen (Itasca Denver Inc. 2023) perusteella alenema ei ulotu etelän suunnassa Porokodanjängälle Kuusivaaran lounaiskulmaa lukuun ottamatta. Yhteisvaikutusten mallinnusta pidetään luotettavampana kuin tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnusta (ks. Luku 16 Vaikutukset pohjaveteen).

Hankkeen pintavesivaikutukset syntyvät erityisesti kaivoksen toimintaa varten otettavan raakaveden ja alueelta pois johdettavan ylijäämäveden vaikutuksista. Nämä vaikutukset kohdistuvat Kitiseen, jonne kaivoksen ylijäämävedet johdetaan käsittelyn jälkeen. Lisäksi kaivoksen toiminnan aikana lännen, lounaan ja etelän suunnassa sijaitsevien melko pienten lähivaluma-alueiden pinta-alat pienentyvät tehdasalueen rakentamisen ja valumavesijärjestelyjen vuoksi.

Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b rikastamoalueen toiminnot sijoittuvat pääasiassa Eliasaavan ja Porokodanjängän valuma-alueille. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b osa Kuusivaaran laen valuma-alueen vesistä, jotka kuuluvat Eliasaavan valuma-alueeseen (noin 0,1 km²), johdetaan Kenttäaavan (läntinen) valuma-alueelle. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b johdetaan myös noin 0,1 km² alueelta, joka kuuluu Porokodanjängän valuma-alueeseen, vesiä Kenttäaavan (läntinen) valuma-alueelle. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b osa Kuusivaaran laen osalta Eliasaavan valuma-alueeseen (noin 0,3 km²) vesistä johdetaan niskaojilla Porokodanjängän valuma-alueelle. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b rikastamoalueen toiminnot sijoittuvat pääasiassa Kenttäaavan valuma-alueelle. Vaihtoehdossa VE3a aluevesiä ei tarvitse johtaa valuma-alueiden rajojen yli. Vaihtoehdossa VE3b puolestaan pieni osuus Kenttäaavan ja Eliasaavan valuma-alueista (yhteensä noin 0,1 km²) johdetaan Porokodanjängän valuma-alueelle. (AFRY Finland Oy 2023d.)

Meluvaikutukset jakaantuvat kaivoksen rakentamisen ja sen toiminnan aikaisiin. Rakentamisen aikana melua syntyy etenkin yhdysteiden, altaiden ja muiden rakenteiden maanrakennustöistä sekä tarvekiven ja kaivoksen vinotunnelien louhinnasta. 45 dB:n ylittävä melu leviää ilman lieventämistoimia useiden satojen metrin päähän jopa yhden kilometrin päähän melulähteestä (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020b).

Tärinää syntyy liikenteestä, tarvekivilouhoksella ja varasto- sekä rikastamoalueiden maarakennustöissä. Kaivoksen vinotunnelien ja vaihtoehtojen VE2a sekä VE3a pystykuilujen louhinnasta syntyy tarvekivilouhoksen tärinään verrattavissa olevaa tärinää. Lisäksi tärinää muodostuu kaivoksen toiminnan aikana louhinnasta. Tärinähaitta keskittyy tehdasalueelle ja liikennöivien väylien läheisyyteen sekä esiintymän yläpuolella olevalle Viiankiaavalle. Yhdystien sekä raskaan liikenteen reittien osalta tärinäalueet ulottuvat 20–125 metrin etäisyydelle tien keskeltä. Kaivoksen vinotunnelien ja pystykuilujen sekä kaivoksen louhinnan tärinän voimakkuus määräytyy käytettävän yhtäaikaisesti räjähtävän räjähdemäärän mukaan. Rakennusvaiheen tärinä ilmenee tärinälähteestä alle 300–425 metrin päähän. (ks. YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) Luku 13.) Toiminnan aikana ihmisen havaitseman tärinän alue ulottuu maanpinnalla mitattuna enimmillään noin 1,8 kilometrin etäisyydelle malmin louhintapaikasta, kun se on noin 500 metriä maanpinnan alapuolella (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020c).

Pääosa kaivosten aiheuttamista pölypäästöistä on suuria hiukkasia (läpimitta >30 µm), jotka kulkeutuvat tyypillisesti enintään muutamien satojen metrien etäisyydelle päästölähteestä. Alle 10 µm (PM_{10}) kokoluokan hiukkaset voivat kulkeutua suotuisissa olosuhteissa useamman kilometrin päähän päästölähteestä. Pölypäästöjen leviämistä ympäristöön on arvioitu leviämismallilla (AONA Environmental 2020). Pölyhaitta keskittyy tehdasalueelle ja liikennöitävien väylien läheisyyteen.

Reunavaikutus ulottuu metsän reunasta noin 10–50 metriä metsän sisäosiin (Esseen 1994, Esseen & Renhorn 1998, Tolvanen 1997, Väistö 2018). Suoralla ympäristön valaistuksella on paikallinen vaikutus, mutta valaistus tuottaa ylöspäin heijastuvan keinovalon, jonka pöly ja kaasumolekyylit hajottavat ilmakehässä, jolloin se ilmenee laajemmalla alueella. Valosaaste ilmenee laajalla alueella useiden kilometrinen päähän, mutta välitön haitta-alue ulottuu valaistun kohteen lähiympäristöön muutamien kymmenien metrien päähän.

21.1.7 Arvioinnin epävarmuustekijät

Pölyn ja tärinän vaikutuksista eläimiin on vähän tutkimuksia ja tästä syystä arviointiin tältä osin liittyy epävarmuutta.

Viitasammakon kokonaislevinneisyyteen ja kutupaikkojen sijoittumiseen eri vuosina liittyy tiettyä epävarmuutta, koska lajille soveliaita elinympäristöjä on varsin laajasti. Lisäksi viitasammakon melunsietoa ei tunneta riittävästi, ja eri kehitysvaiheita koskevia toksisuustutkimuksia on tehty hyvin vähän. Vaikutusten arviointia voidaan tarkentaa ympäristölupavaiheessa pohjautuen riittäviin selvityksin ja suunnitelmien tarkentuessa.

Lettokoin arviointiin liittyy epävarmuutta, koska korven valuma-alueen tarkkaan määrittämiseen tarvitaan maastohavaintoja vesien virtaussuunnista ja tarkempi pohjakartta.

Suojeltaviin hyönteisiin ja kovakuoriaisiin liittyy epävarmuutta, koska hankealueella, johon kohdistuu rakennustoimia, on luontotyyppejä, joilla voi olla merkittävää ja suojeltavaa lajistoa. Tämä tulee esille Albus Luontopalvelut Oy:n (2020a) laatimassa esiselvityksessä Kuusivaaran ja Kelujoen välialueen perhoset (Lepidoptera) ja kovakuoriaiset (Coleoptera).

Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallinnuksen epävarmuus liittyy suurimmaksi osaksi mallinnetun maa- ja kalliotilavuuden hydrogeologisiin parametreihin ja niistä erityisesti vedenjohtavuuteen (AFRY Finland Oy 2022a). Tästä syystä lasketut alenema-arvot ovat hyvin karkeita arvioita mahdollisesta vaikutuksesta. Tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutusten pohjaveden virtausmallinnus on edellä mainittua mallia luotettavampi.

Vaikutus pohjavedenpinnan alenemaan on arvioitu mallitarkasteluna vain vaihtoehto VE1a:lle. Pohjaveden virtausmallinnukseen liittyy myös epävarmuuksia (Itasca Denver Inc. 2023). Pohjaveden virtausmalli on aina yleistys luonnonolosuhteista ja korkeintaan niin tarkka kuin mallin lähtötiedot ovat. Pohjavesimallinnusten epävarmuustekijöitä on tarkemmin käsitelty luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen.

21.2 Lähtötiedot

Sakatin kaivoshankkeeseen liittyen on tehty erillisselvityksiä direktiivilajien eli saukon, lepakoiden, viitasammakon, suurpetojen, jättisukeltajan ja kirjojokikorennon osalta. Samoin alueen hyönteisiä ja kovakuoriaisia on kartoitettu. Lähtötietona on myös käytetty Suomen Lajitietokeskuksen tietoja (laji.fi).

Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset

- Albus Luontopalvelut Oy 2015. Sodankylän Sakatin alueen perhoslajisto (Lepidoptera) kesällä 2015.
- Albus Luontopalvelut Oy 2016. Sodankylän Sakatin alueen uhanalainen kovakuoriaislajisto (Coleoptera).
- Albus Luontopalvelut Oy 2017a. Sodankylän Sakatin alueen uhanalainen perhoslajisto (Lepidoptera) - Luontoselvitykset 2015 ja 2017.
- Albus Luontopalvelut Oy 2017b. Sodankylän Sakatin alueen uhanalainen kovakuoriaislajisto (Coleoptera) - Luontoselvitykset 2015 ja 2017.
- Albus Luontopalvelut Oy 2017c. Jättisukeltaja (*Dytiscus latissimus*) Sodankylä Sakatin alueella – Luontoselvitys 2017.
- Albus Luontopalvelut Oy 2019a. Kirjojokikorennon (*Ophiogomphus cecilia*) esiintyminen ja elinvoimaisuus Sodankylän Viiankiaapaa reunustavissa joissa kesällä 2018.
- Albus Luontopalvelut Oy 2020a. Sodankylän Kuusivaaran ja Kelujoen välialueen perhoset (Lepidoptera) ja kovakuoriaiset (Coleoptera) – Esiselvitys 2019.
- Salmela ym. 2015. Malaise-hyönteispyynti Lapin suojelualueilla 2012–2014.

Jokihelmisimpukka ja nilviäiset

- Albus Luontopalvelut Oy 2019b. Arvio Sodankylän Viiankiaavan alueelle suunnitellun kaivostoiminnan vaikutuksista jokihelmisimpukkaan (*Margaritifera margaritifera*)
- Könönen, K. 2018. Sodankylän Viiankiaavan Sakatin ja Matiaksenrämeen nilviäiskartoitus vuonna 2018. Hydrologia-LIFE (LIFE16NAT/FI/000583).
- Luontoselvitys Kangas Oy 2021b. Sakatin hankealueen ja sen ympäristön jokihelmisimpukkakartoitus vuonna 2021.

Viitasammakko

- Ahma ympäristö Oy 2014b. Kersilön viitasammakkoselvitys 2013.
- Ahma ympäristö Oy 2015d. Viiankiaavan viitasammakkoselvitys 2013.
- Ahma ympäristö Oy 2015e. Viiankiaavan viitasammakkoselvitys 2015.
- Eurofins Ahma Oy 2018g. Kelukoski-Kuusivaara viitasammakkoselvitys 2018.
- Eurofins Ahma Oy 2019c. Viitasammakkoselvitys 2019.
- Ramboll Finland Oy 2020c. Ulkusijanaavan viitasammakkoselvitys.
- Ramboll Finland Oy 2023b. Kaivoshankkeeseen liittyvä viitasammakkoseuranta vuonna 2022. Seurannan alustavat tulokset.

Saukko

- Ahma ympäristö Oy 2013b. Kersilön ja korvaavien Natura-alueiden saukkokartoitus 2013.
- Ahma ympäristö Oy 2016d. Viiankiaavan ja Kersilön alueen saukkokartoitus 2016.
- Eurofins Ahma Oy 2020e. Kitisen saukkoselvitys 2019–2020.
- Lapin vesitutkimus Oy 2011g. Viiankiaavan saukkokartoitus vuosina 2010 ja 2011.

Lepakko

- Ahma ympäristö Oy 2013d. Viiankiaapa-Kersilö lepakkoselvitys 2012.
- Ahma ympäristö Oy 2015f. Viiankiaapa-Kersilö lepakkoselvitys vuosina 2012 ja 2015.
- Eurofins Ahma Oy 2018h. Kelukoski-Kersilö-Viiankiaapa lepakkoselvitys vuosina 2012, 2015 ja 2018.

Suurpedot ja riistaeläimet

- Ahma ympäristö Oy 2016e. Suurpetoselvitys 2016.
  Ahma ympäristö Oy 2016b. Viiankiaavan ja Kersilön alueen riistakolmiolaskennat 2016.

21.2.1 Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset

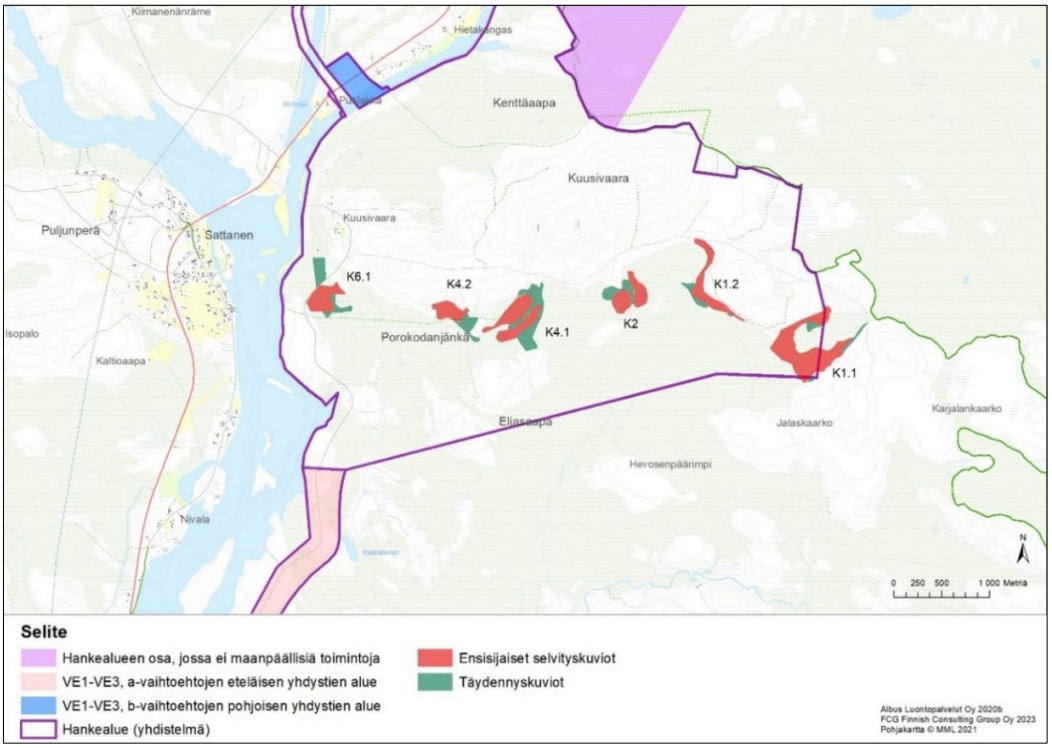
Viiankiaavalla esiintyviä hyönteisiä on selvitetty vuosina 2012–2014 osana laajempia lajistokartoituksia Lapin suojelualueilla (Salmela ym. 2015). Hankkeessa perhoslajistoa on selvitetty vuosina 2015 ja 2017 (Albus Luontopalvelut Oy 2015, Albus Luontopalvelut Oy 2017a). Selvitysalueet olivat Ruosteoja, Kärväslampi, Kärväsniemi, Kotavaara, Viiankijärvi, Tiukuoja, Koistamonpulju, Kuusivaara, Hietakangas, Pyöriönniva ja Kärväsniemi koillisalue. Vuoden 2015 aikana Sakatin alueella selvitettiin kovakuoriaisia (Albus Luontopalvelut Oy 2016). Lisäksi Viiankiaavalla sekä Kitisen jokivarren selvitysalueella esiintyvästä kovakuoriaislajistosta laadittiin jatkoselvitys vuonna 2017 (Albus Luontopalvelut Oy 2017b).

Kesällä 2019 todettiin Poronkodanpalon korpijuotista erityisesti suojeltava ja uhanalainen lettokoi (*Scrobipalpopsis petasitis*) (Albus Luontopalvelut Oy 2020a). Lettokoin ravintokasvi on pohjanruttojuuri, jonka kasvuston pinta-ala Poronkodanpalon korvessa on noin 200 m^2. Lettokoin seurantaa on jatkettu vuonna 2021.

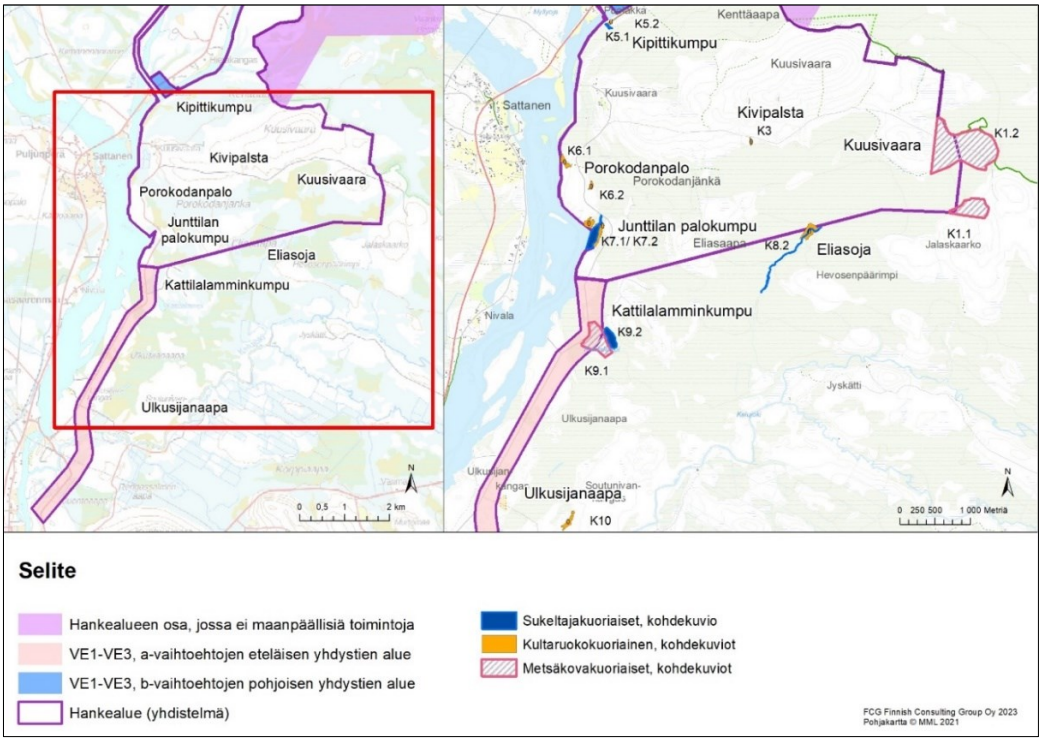
Vuonna 2019 laadittiin Kuusivaaraan ja sen eteläpuoliselta suoalueelta (Eliasaapa, Porokodanjänkä ja Ulkusijanaapa) sekä Kuusivaaran yhdystielinjauksen alueelta ja Kitisen ja Kelujoen siltavaihtoehtojen vaikutuspiirissä olevia alueilta perhosten (Lepidoptera) ja kovakuoriaisten (Coleoptera) esiselvitys, jossa arvioitiin kohdelajiston esiintymistodennäköisyyttä ja jatkoselvitystarpeita käynnissä olevan ympäristölupamenettelyn tarpeisiin. Arvio koski ensisijaisesti kohdealueen aiemmin selvittämättömiä perhos- (Lepidoptera) ja kovakuoriaislajistoa (Coleoptera). (Albus Luontopalvelut Oy 2020a.)

Kesällä 2020 kartoitettiin Kuusivaaran ympäristössä olevat esiselvityksessä esitetyt selvityskohteet suovenhokkaan (*Nola karelica*) ja muiden huomionarvoisten suoperhoslajien osalta. Albus Luontopalvelut Oy (2020b) toteutti kartoitukset kesä-heinäkuussa. Perhosselvityksen maastotyöt kohdistuivat Kuusivaaran eteläosiin sijaiseville suokohteille (K1.1–K1.2, K2, K4.1–K4.2 ja K6.1) (Kuva 21-1). Uhanalainen suovenhokas on erityisesti suojeltava laji ja tiukasti suoympäristöön sidonnainen perhoslaji.

Kesällä 2020 selvitettiin myös kuvioilta (K1.1, K1.2 ja K9.1) huomionarvoisia metsäkovakuoriaisia runkoikkunapyydyksillä (Kuva 21-2). Sukeltajakuoriaisia kartoitettiin selvityskohteilta K5.1, K7.2 ja K9, joille sijoitettiin sukeltajakatiskoita. Silmälläpidettävän kultaruokokuoriaisen esiintymisselvitys toteutettiin kenttähaavinnalla seitsemällä kohteella (K3, K5.2, K6.1, K6.2, K7.1, K8.1 ja K10). (Albus Luontopalvelut Oy 2020c). Kesällä 2020 toteutettiin lisäksi suomenrantusukeltajaselvitys. Lajia havainnoitiin vesihaavinnalla kolmella kohteella K8.2 (Eliasoja), K7.2 ja K5.2 (Junttilan Palokumpu) (Kuva 21-2). (Albus Luontopalvelut Oy 2020c). Suomenrantusukeltaja (*Rhantus fennicus*) on Suomessa silmälläpidettävä (NT) ja erityisesti suojeltava laji.

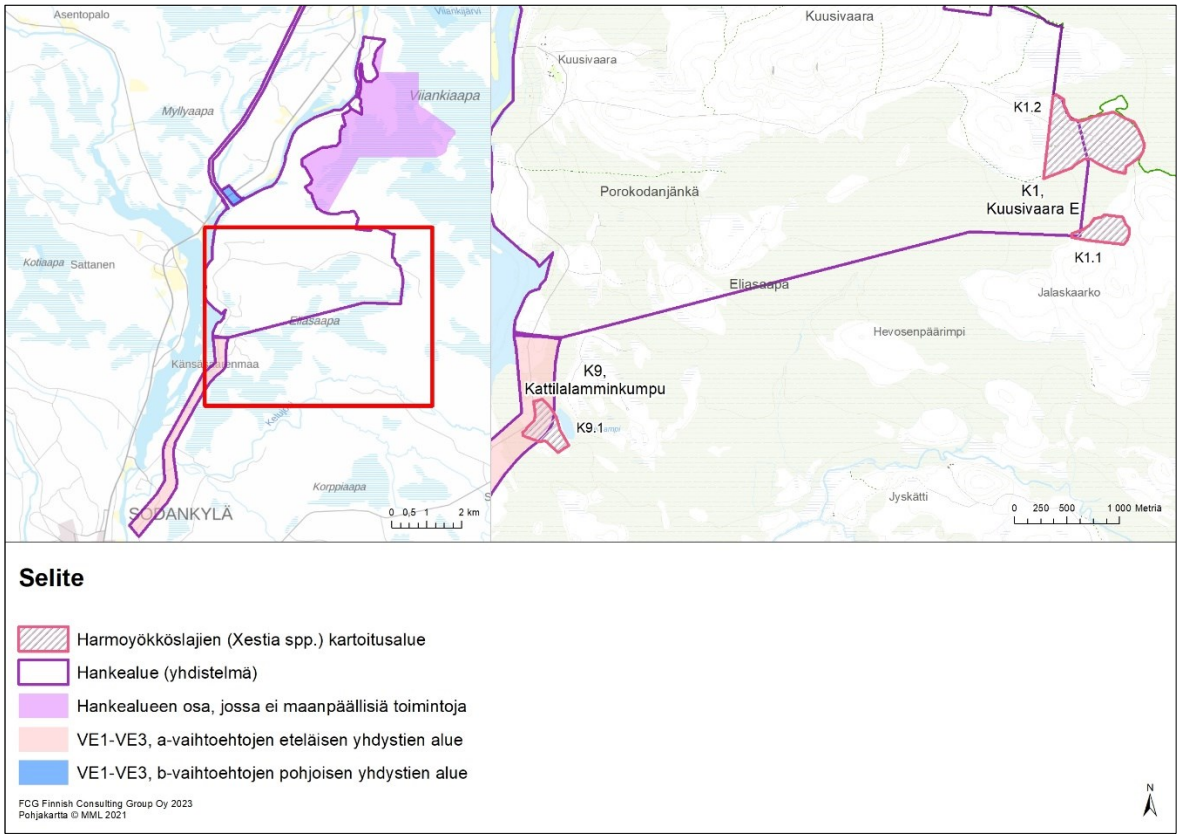


Kuva 21-1 Suovenhokas- ja perhosselvityksen ensisijaiset selvityskuviot, niiden täydennykset (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2020b).



Kuva 21-2 Sukeltaja- ja metsäkovakuoriaisille sekä kultaruokokuoriaisille soveltuviksi arvioitujen, ja selvityksen kohdekuvioiksi nimettyjen elinympäristökuvioiden sijainti (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2020c).

Harmoyökköslajistoa (*Xestia* spp.) selvitettiin kesällä 2021 passiivisilla syöttipyydyksillä kahdella harmoyökkösille soveltuvalla alueella Kuusivaaran itäpäässä sekä Kitisen itärannan tuntumaan sijoittuvalla Kattilalamminkummulla (Albus Luontopalvelut Oy 2021a) (Kuva 21-3). Syöttipyynti tapahtui 16.6.–22.7.2021 välisenä aikana. Harmoyökkösselvityksen yhteydessä huomioitiin myös muut vähintään silmälläpidettävät perhoslajit.

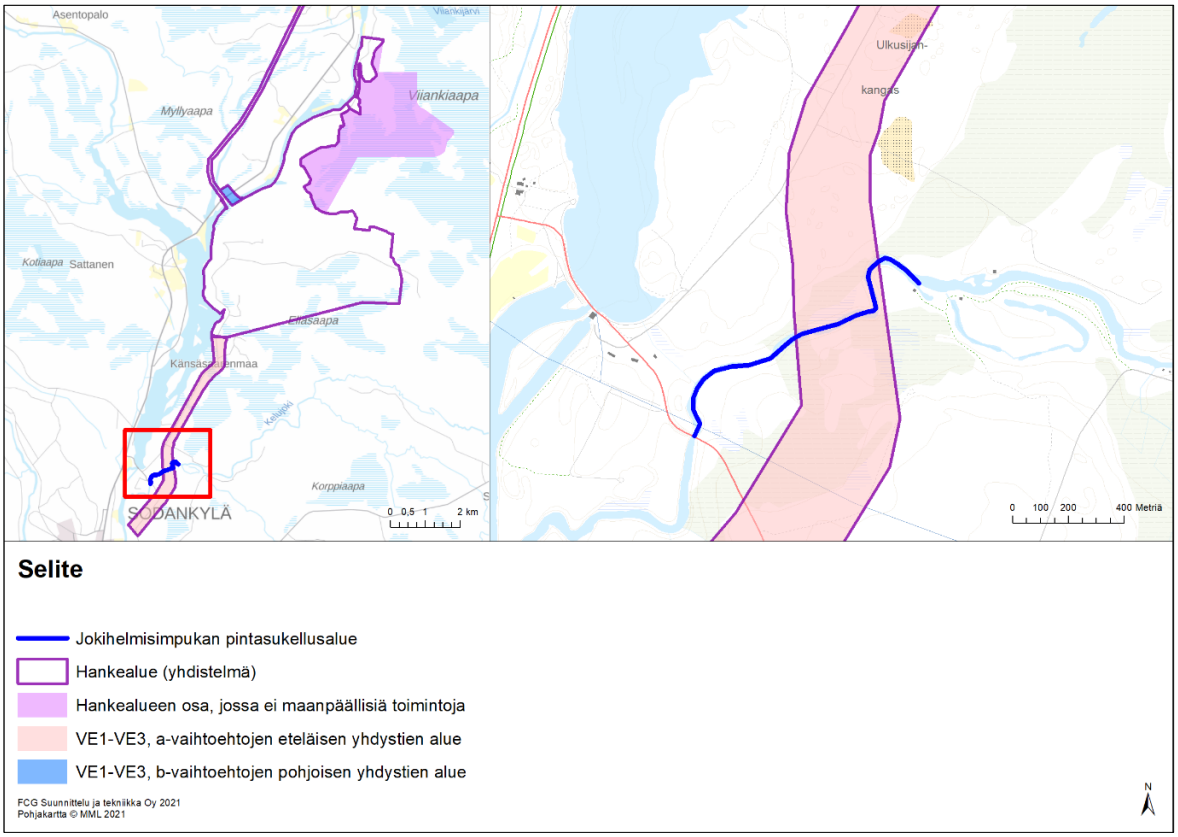


Kuva 21-3 Harmoyökkösille soveltuviksi arvioitujen, ja selvityksen kohdekuvioiksi nimettyjen elinympäristökuvioiden sijainti (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2021a).

21.2.2 Jokihelmisimpukka

Jokihelmisimpukka on erittäin uhanalainen, erityisesti suojeltava, rauhoitettu ja EU:n luontodirektiivin liitteessä II (myös liite V) mainittu laji. Laji elää vuolaasti virtaavissa jokiuomissa ja puroissa, jotka ovat varjoisia, viileitä, puhtaita ja runsashappisia. Laji vaatii lohikalojen läsnäoloa.

Vuonna 2019 tehdyssä jokihelmisimpukkaselvityksessä Albus Luontopalvelut Oy (2019b) tarkasteli jokihelmisimpukan esiintymistä ympäröivissä vesistöissä olemassa olevan havaintoaineiston perusteella. Selvityksen mukaan mahdollinen jokihelmisimpukan esiintymisalue sijoittuu Kelujoen alajuoksulle. Tämä alue kartoitettiin syksyllä 2021 (Kuva 21-4). Inventointi kohdennettiin Kaivoksennivan alueelle sisältäen noin 1,2 kilometrin osuuden Kelujokea (Luontoselvitys Kangas Oy 2021b). Kartoitus tapahtui 14.–17.9.2021 pintasukeltamalla joen leveydeltä vinolinjoilla ja Kelujoen eteläreunaa havainnoitiin vesikiikaroinnilla. Inventointia tarkennettiin vielä lajille sopivilla jokipohjaosuuksilla.



Kuva 21-4 Kelujoen jokihelmisimpukkakartoitusalue syksyllä 2021 (Lähde: Luontoselvitys Kangas Oy 2021b).

21.2.3 Jättisukeltaja

Jättisukeltaja on rauhoitettu (LSA 14.2.1997/160, 19.6.2013/471), minkä lisäksi laji lukeutuu luontodirektiivin (92/43/ETY) liitteiden II ja IV(a) lajeihin. Suomessa laji on elinvoimainen (Hyvärinen ym. 2019).

Vuonna 2020 teki Albus Luontopalvelut Oy jättisukeltajaselvityksen Kuusivaaran lähialueella (Albus Luontopalvelut Oy 2020c). Jättisukeltaja elää erityisesti niukkaravinteisissa, kirkasvetisissä järvissä suosien saroja ja kortteita kasvavia rantavesiä. Kartoitus toteutettiin passiivisesti pyytävillä sukeltajakatiskoilla, joiden käyttö on lajin esiintymisselvityksissä suositeltava menetelmä (Nieminen & Ahola 2017).

21.2.4 Lettosiemenkotilo

Lukuun ei ole tullut muutosta.

21.2.5 Saukko

Lukuun ei ole tullut muutosta.

21.2.6 Lepakot

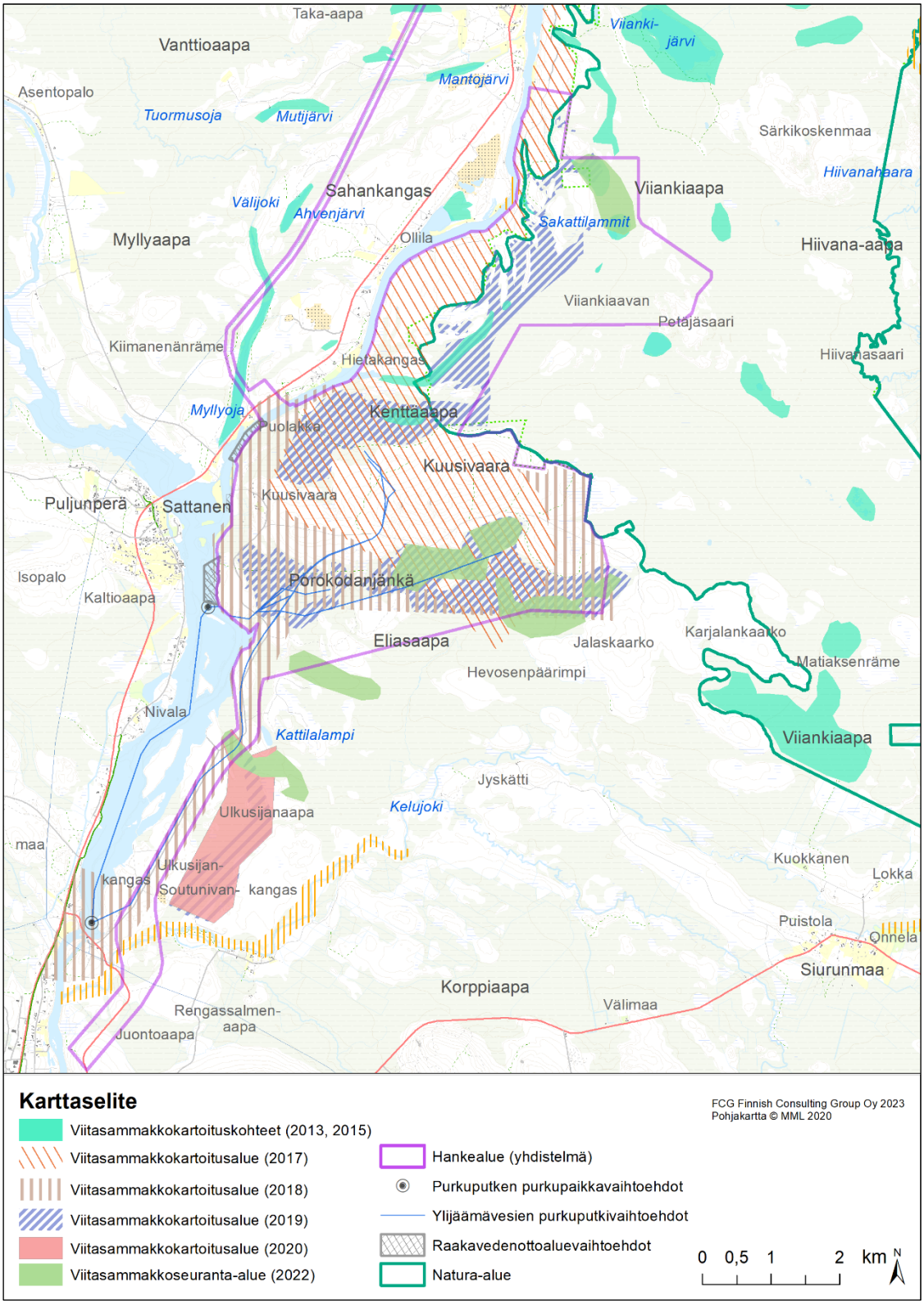
Lukuun ei ole tullut muutosta.

21.2.7 Viitasammakko

Viitasammakkoselvityksiä on Sakatin alueella toteutettu vuosina 2013, 2015, 2017, 2018, 2019 ja 2020 ja 2022 (Ahma ympäristö Oy 2014b, 2015d, 2015e; Eurofins Ahma Oy 2018g, 2019c; Ramboll Finland Oy 2020c, 2023b).

Kartoituksen kohteina olivat potentiaalisiksi kutupaikoiksi arvioidut elinympäristöt hankealueella ja Viiankiaavan Natura-alueella. Lisäksi kartoitettiin lähimmät soveliaat elinympäristöt Kitisen länsipuolella sekä Viiankiaavan Natura-alueen pohjoispuolella. (Kuva 21-5) Arviointi tehtiin etukäteen kartta- ja ilmakuvatarkastelun sekä aiempien havaintojen perusteella. Potentiaaliset alueet kierrettiin aktiivisimman soidinääntelyn ja kutemisen aikaan kävellen sekä kanootilla/kumiveneellä. Kartoitus perustui kutevien sammakoiden paikantamiseen paitsi ääntelyn, myös potentiaalisten kutualueiden vesipinnoilla liikehtivien sammakoiden perusteella. Lisäksi näitä alueita kiertäessä etsittiin mahdollisia kuteneiden sammakoiden kutupalloja. Lisäksi alueelta on kerätty viitasammakkohavaintoja muiden kartoitusten yhteydessä.

Suunnitellun kaivoksen ja siihen liittyvien rakenteiden vaikutuksia viitasammakoihin on tarkoitus seurata vuosittaisella viitasammakkoseurannalla. Lajin seurantaa varten perustettiin vuonna 2022 seuranta-aloja Viiankiaavalle, Poronkodanjängälle, Eliasaavalle ja Ulkusijanaavalle (Ramboll Finland Oy 2023b).



Kuva 21-5 Viitasammakon kartoitusalueet vuosina 2013, 2015 ja 2017–2020 sekä vuoden 2022 viitasammakon seuranta-alue. Vuoden 2015 kartoitus käsitti myös Sakatti 1–5 valtausalueen kokonaisuudessaan (Lähde: Ahma ympäristö Oy 2014b, 2015d, 2015e; Eurofins Ahma Oy 2018g, 2019c; Ramboll Finland Oy 2020c, 2023b).

21.2.8 Riista- ja petoeläimet

Lukuun ei ole tullut muutoksia.

21.3 Eläimistön nykytila

21.3.1 Luontodirektiivin liitteen II ja IV(a) lajit

Jokihelmisimpukka

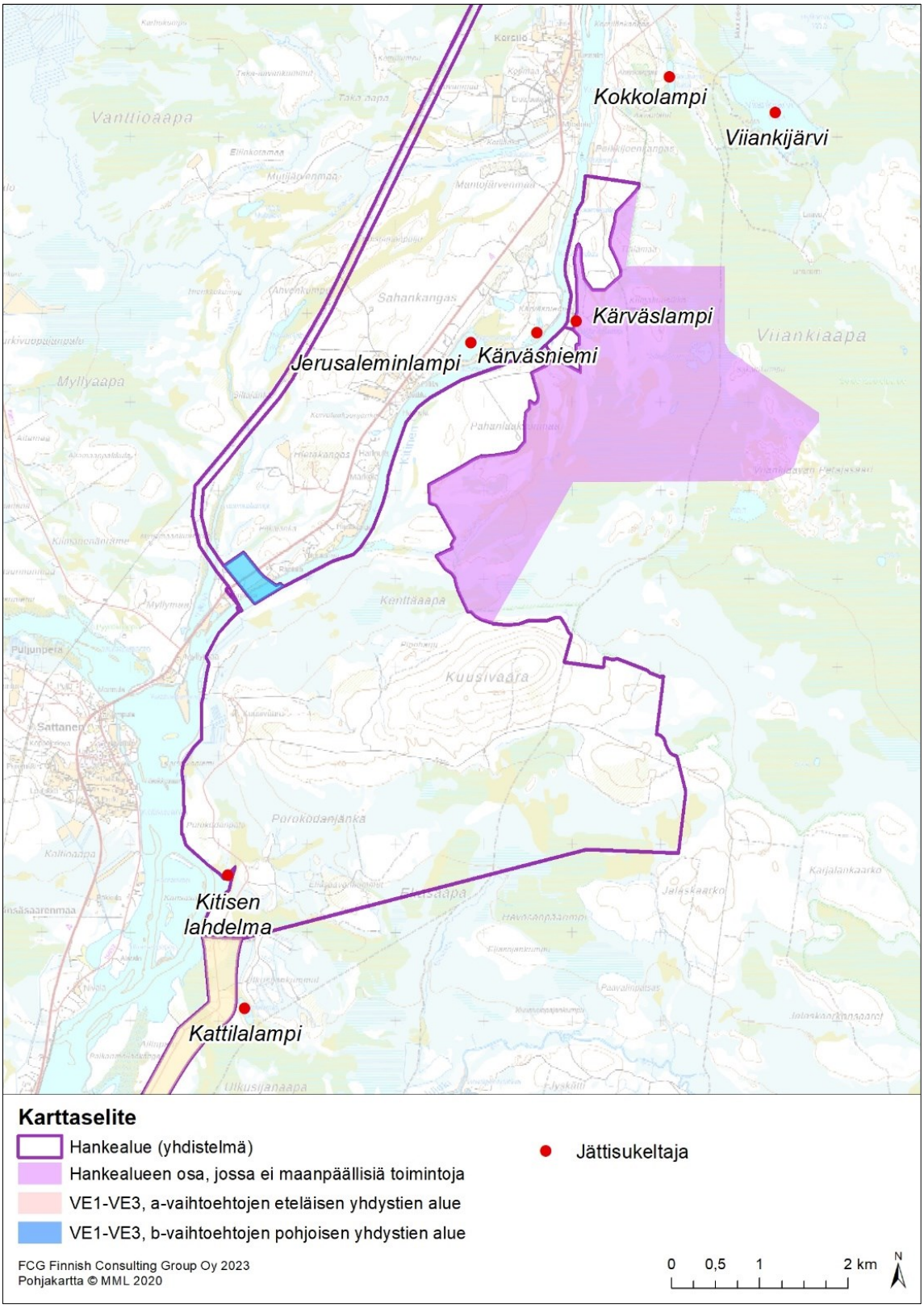
Lajista tehdyn selvityksen mukaan (Albus Luontopalvelut Oy 2019b) jokihelmisimpukan esiintyminen Viiankiaavalle suunnitellun kaivoksen ja sen oheistoimintojen vaikutusalueella Kitisessä, Kelujoessa tai Ylijoessa on epätodennäköistä. Ylijoen osalta tähän vaikuttaa isäntäkalojen (taimen) puuttuminen ja veden kemialliset ominaisuudet. Kitisen osalta mahdollinen jokihelmisimpukan esiintymisalue sijoittuu Kelujokisuun yläpuolelle, mutta alueelta ei ole saatu yhtään nykyhavaintoa tai aikaisempaa historiallista havaintoa lajista.

Albus Luontopalvelut Oy (2019b) on tarkastellut jokihelmisimpukan esiintymistä ympäröivissä vesistöissä olemassa olevan havaintoaineiston perusteella. Selvityksen mukaan jokihelmisimpukan esiintyminen suunnitellun kaivoksen ja sen oheistoimintojen vaikutusalueella Kitisessä, Kelujoessa tai Ylijoessa on epätodennäköistä. Albus Luontopalvelut Oy:n (2019b) selvityksessä tuotiin kuitenkin esille, että mahdollinen jokihelmisimpukan esiintymisalue sijoittuu Kelujokisuun yläpuolelle. Tämä Kelujoen alajuoksualue kartoitettiin syyskuussa 2021, mutta jokihelmisimpukkaa ei havaittu (Luontoselvitys Kangas Oy 2021b).

Jättisukeltaja

Laji todettiin sekä kirkas- että tummavetisistä pienistä ja keskisuurista lammista ja järvistä, joilla on leveälti rantakasvillisuutta.

Vuoden 2017 kartoituksessa laji havaittiin seuraavilta kohteilta (Albus Luontopalvelut Oy 2017c): Kärväslampi, Kokkolampi, Viiankijärvi, Jerusaleminlampi ja Kärväsniemi. Kesän 2020 kartoituksissa laji todettiin sekä Kitisen lahdelmasta Junttilan Palokummun selvityskuviolta (K7) että Kattilanlamminkummun selvityskuviolta Kattilalammesta (K9) (Albus Luontopalvelut Oy 2020c) (Kuva 20-6).



Kuva 21-6 Tunnetut jättisukeltajan esiintymäpaikat (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2017c, 2020c).

Kirjojokikorento

Lukuun ei ole tullut muutoksia.

Lettosiemenkotilo

Lukuun ei ole tullut muutoksia.

Saukko

Lukuun ei ole tullut muutoksia.

Lepakot

Lukuun ei ole tullut muutoksia.

Viitasammakko

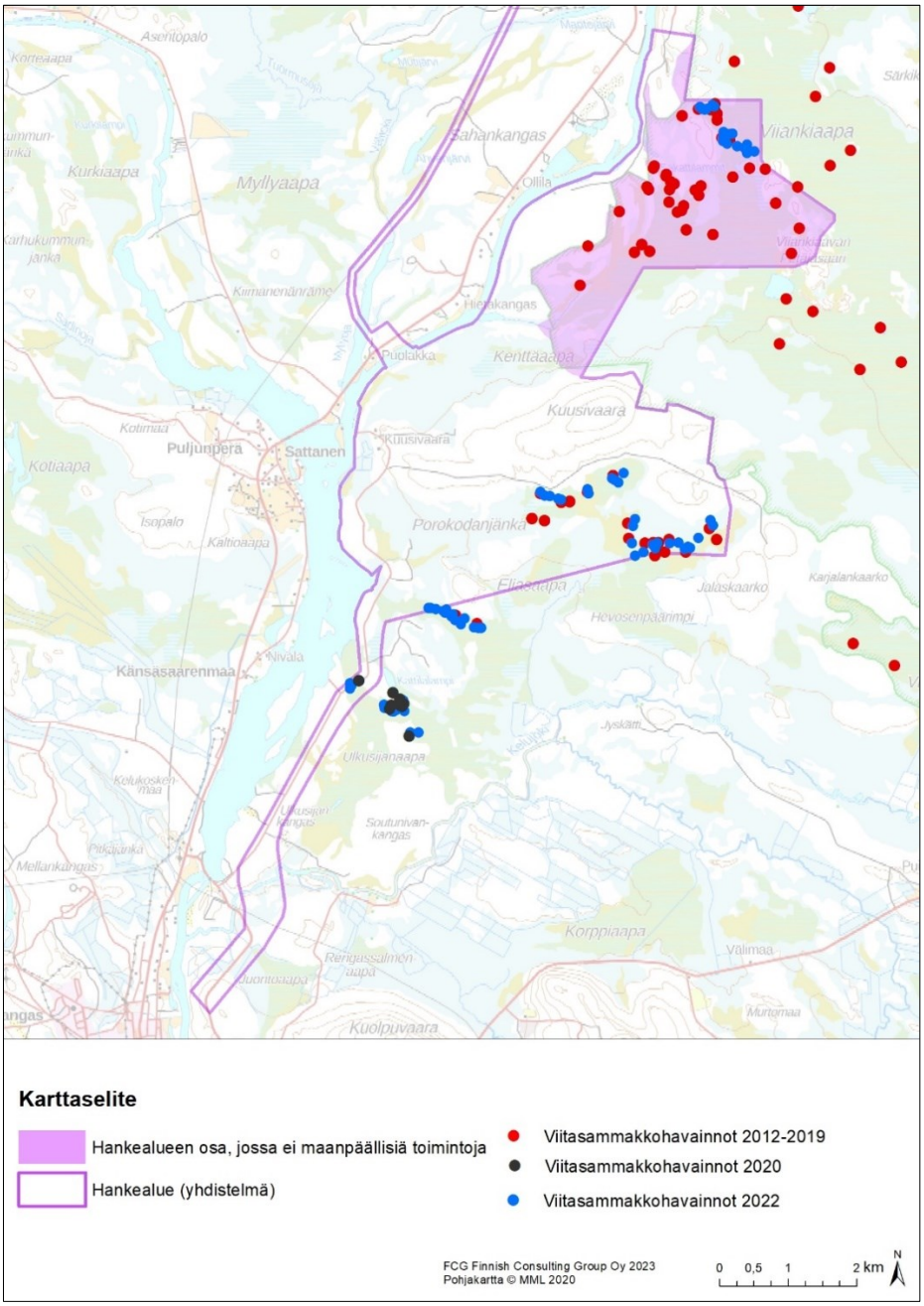
Koko hankealueen, Viiankiaavan Natura-alueen ja niitä ympäröivien lähialueiden kattavissa, usean vuoden aikana tehdyissä viitasammakkoselvityksissä Viiankiaavan Natura-alueella havaittiin vuoden 2015 selvityksessä 511 soidintavaa viitasammakkoyksilöä 27 eri soidinalueella (Ahma Ympäristö Oy 2015d, 2015e). Havaitut yksilömäärät ovat vähimmäisarvioita koko Viiankiaavan viitasammakkopopulaatiosta. Lisäksi elokuussa 2012 Viiankiaavan Natura-alueelta Pahanlaaksonmaan länsipuolen suolta todettiin yksi aikuinen sammakko (Ahma Ympäristö Oy 2014b).

Hankealueella on useita viitasammakon kutupaikkoja (Ahma ympäristö Oy 2014b, 2015d, 2015e; Eurofins Ahma Oy 2018g, 2019c; Ramboll Finland Oy 2020c, 2023b) (Kuva 21-7). Todetut lisääntymispaikat ovat seuraavat:

- Pahanlaaksonmaan, Sakattilampien ja Kiimakuusion ympäristössä (Ahma Ympäristö Oy 2014b, 2015d, 2015e; Ramboll Finland Oy 2023b).
- Kuusivaaran Porokodanjängän itäpuolella, Eliasaavan pohjoisosan Koivikkokummun alueella ja Hevosenpäänrimmen pohjoispuolella (Eurofins Ahma Oy 2019c). Näiltä alueilla tavattiin varsin runsaasti viitasammakon kutupaikkoja, yhteensä 14 erillistä kutupaikkaa, joista laskettiin yhteensä 71 viitasammakkokoirasta. Havaintojen perustella suoalueet ovat habitaatin laadultaan erinomaisia lajin elinympäristöjä. Vuoden 2022 viitasammakkoseurannassa, että alueella on edelleen useita kymmeniä kutupaikkoja (Ramboll Finland Oy 2023b).
- Kuusivaarantien molemmin puolin Alinpalon pohjois- ja eteläpuolella (Eurofins Ahma Oy 2018g). Yhteensä seitsemän viitasammakkokoirasta yhdessä kutupaikassa. Vuoden 2022 seurannassa havaittiin kolme kutupaikkaa (Ramboll Finland Oy 2023b).
- Ulkusijanaavan Korkiakummun pohjoispuolella (Ramboll Finland Oy 2020c). Kahdeksan erillistä kutupaikkaa vuonna 2020. Vuoden 2022 seurannassa kutupaikkoja havaittiin 12 (Ramboll Finland Oy 2023b).
- Eliasaavankumpujen eteläpuolen suolla todettiin vuoden 2022 seurannassa yhteensä 14 erillistä kutupaikkaa (Ramboll Finland Oy 2023b).

Kutuhavaintopaikat on tulkittu lisääntymis- ja levähdyspaikoiksi. Tosiasiassa kutuhavaintopisteet saattavat paikoin kuvata samaa yhtenäistä lisääntymisaluetta.

Selvitysalueen merkittävimmät viitasammakon elinympäristöt sijaitsevat Viiankiaavan Natura-alueella sekä hankealueen osalta Porokodanjängällä ja Eliasaavan pohjoisosalla Koivikkokummun ympäristössä ja Hevosenpäänrimmen pohjoispuolella. Muualla hankealueella ja sen lähialueella viitasammakkoa ei selvitysten perusteella esiinny tai yksilömäärät ovat korkeintaan vähäisiä, mutta selvitysten perusteella ei voida täysin poissulkea mahdollisuutta, etteikö viitasammakkoa esiintyisi ainakin satunnaisesti mainittujen kohteiden lisäksi myös muualla hankealueella, sillä lajille soveliaita elinympäristöjä on varsin runsaasti ja lähialueella viitasammakoita havaittiin paljon.



Kuva 21-7 Viitasammakon kutupaikkahavainnot vuosina 2013, 2018, 2019, 2020 ja 2022 (Lähde: Ahma ympäristö Oy 2014b, 2015d, 2015e; Eurofins Ahma Oy 2018g, 2019c; Ramboll Finland Oy 2020c, 2023b).

Suurpedot

Lukuun ei ole tullut muutoksia.

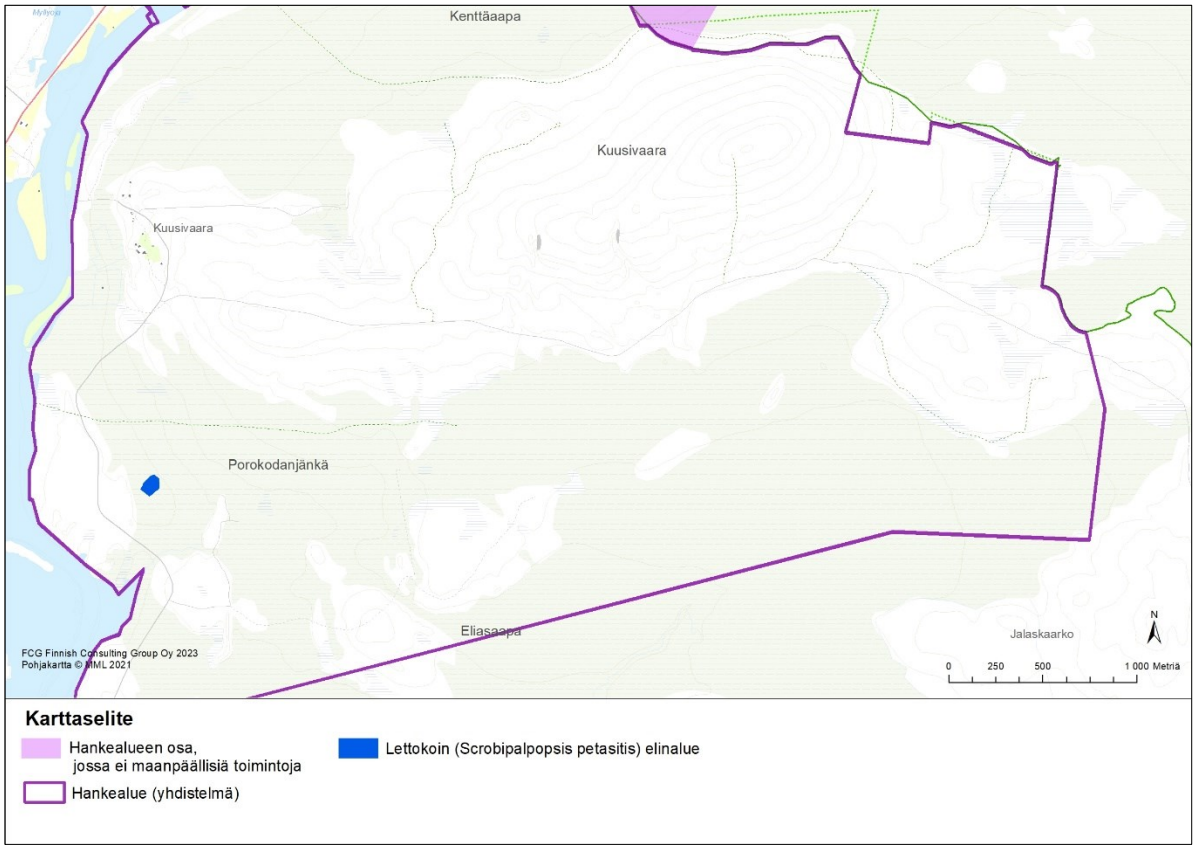
21.3.2 Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset

Vuosina 2012–2014 tehdyissä hyönteiskartoituksissa Viiankiaavan alueelta havaittiin 267 hyönteislajia (Salmela ym. 2015). Viiankiaavan selvitysalueelta havaittiin silmälläpidettävä (NT) kultaruokokuoriainen (*Donacia aureocincta*). Lisäksi todettiin 38 Sompion Lapin luonnontieteelliselle maakunnalle uusia lajeja (Albus Luontopalvelut Oy 2016). Perhosselvityksissä havaittu lajisto on suurelta osin Keski-Lapin alueelle tavanomaista, myös suoperhoslajiston osalta. Metsälajiston osalta Viiankiaavan suoaluetta voidaan pitää perhosten esiintymisen suhteen edustavana. Suojelullisesti huomioitavien lajien elinympäristöinä erottuivat havumetsä Ruosteojan ympäristössä sekä Kärväsniemen lehtomainen kuusikangas (Albus Luontopalvelut Oy 2017a). Ruosteoja sijoittuu osin Viiankiaavan Natura-alueelle. Kuusivaaran eteläpuolella paikoin suolla oleva lajisto on merkittävä. Näille suokohteille keskittyvät uhanalaiset ja silmälläpidettävät suoperhoslajit.

Viiankiaavan perhoslajistokartoituksissa 2015 ja 2017 havaittiin yksi luontodirektiivin liitteissä II mainittu ja luonnonsuojelulain nojalla rauhoitettu ja uhanalaiseksi (VU, vaarantunut) luokiteltu perhoslaji pohjanharmoyökkönen (*Xestia borealis*), erittäin uhanalainen lapinkaalikoi (*Rhigognostis kuusamoensis*), kolme vaarantunutta perhoslajia (pohjanliuskamittari (*Acasis appeensapa*), savuharmoyökkönen (*X. gelida*) ja vaaleaharmoyökkönen (*X. sincera*), kaksi Suomen kansainvälistä vastuulajia sekä useita silmälläpidettäväksi luokiteltua (NT, ei uhanalainen) perhoslajia (Taulukko 21-1). Pohjanharmoyökkönen, savuharmoyökkönen ja pohjanliuskamittari todettiin Ruosteojalta Natura-alueen puolelta. Pohjanharmoyökkönen elää Ruosteojan lisäksi Kitisen vastarannalla sijaitsevalla Kärväsniemellä kuten vaaleaharmoyökkönenkin. Lapinkaalikoin elinympäristönä on Pyöriönnivan rantaniitty.

Kesällä 2019 todettiin Poronkodanpalon korpijuotista erityisesti suojeltava ja uhanalainen lettokoi (*Scrobipalpopsis petasitis*) (Albus Luontopalvelut Oy 2020a) (Kuva 20-8). Lettokoin ravintokasvi on pohjanruttojuuri, jonka kasvuston pinta-ala Poronkodanpalon korvessa on noin 200 m^2. Lettokoin seurantaa on aloitettu vuonna 2021, jolloin seurannassa havaittiin lettokoin toukkien syöntijälkiä (miinat) hajanaisesti koko pohjanruttojuurikasvuston alueella. Miinoja oli havaittavissa yhtäläisesti heinäkuun loppupuoliskolla ja elokuun puolivälissä. (Albus Luontopalvelut Oy 2021b.)

Kuusivaaran länsiosan rämereunuksilla havaittiin 2019 elokuussa kaksi pikkutupsukasta (*Orgyia antiquoides*) (Albus Luontopalvelut Oy 2020a). Laji on silmälläpidettävä (NT).



Kuva 21-8 Uhanalaisen lettokoin elinalue Poronkodanpalon korvessa (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2020a).

Suomenrantusukeltajaa (*Rhantus fennicus*), joka on erityisesti suojeltava laji, ei todettu vuoden 2020 kartoituksessa Junttilan Palokumpun lahdelta (K7.2), Eliasojalta (K8.2) tai Kipittikumpun S kohteelta (K5.1) (Albus Luontopalvelut Oy 2020a). Samoin haavintakuvioilla Kivipalsta S (K3, K4), Kipittikumpu S (K5.2), Porokodanpalo (K6.1, K6.2), Junttilan palokumpu (K7.1), Eliasoja (K8.1) ja Ulkusijanaapa S (K10) ei havaittu kultaruokokuoriaista (*Donacia aureocincta*). Vesihaavinnalla tavoitettiin Eliasojalta mm. elinvoimaiset pisarsukeltajalaji (*Haliplus sibiricus*) ja jänkätaitosukeltaja (*Agapus confinis*).

Kuusivaaran ja Kelujoen välialueen suoperhoskartoituksissa vuonna 2020 selvityskuvioilla havaittiin neljä vaarantunutta (VU) perhoslajia (Taulukko 21-2). Nämä ovat kekokoi (*Myrmecozela ochraceella*), vilukkokehrääjäkoi (*Kessleria fasciapennella*), lapinkenttämittari (*Xanthorhoe abrasaria*) ja kangaskirjokääriäinen (*Argyroploce concretana*). Silmälläpidettäviä perhoslajeja on kahdeksan lajia, joista viisi lajia on selviä suolajeja (tyrfobiontti). Nämä ovat pikkutupsukas (*Orgyia antiquoides*), suokirjosiipi (*Pyrgus centaureae*), rahkahopeatäplä (*Boloria frigga*), lapinharsokoi (*Paraswammerdamia lapponica*) ja aapaheinäkoisa (*Pediasia truncatella*). Tikku-ukkopussikas (Pachythelia villosella), synkkänopsayökkönen (*Sympistis funebris*) ja rahkasammalkoi (Bryotropha boreella) ovat vähemmän sitoutuneet suoympäristöihin. Selvityksen perusteella Kuusivaaran eteläpuolelle sijoittuvat kuviot K2 ja K4.1 (ks. Kuva 21-9) ovat suoperhoslajiston osalta merkittäviä (Albus Luontopalvelut Oy 2020b). Suovenhokasta (*Nola karelica*) ei havaittu.

Taulukko 21-1 Sakatin selvitysalueiden merkittävät perhoslajit ja niiden esiintyminen selvityskuvioilla vuosina 2015 ja 2017 (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2017a). Merkinnät: EU liite II = luontodirektiivin liite II, Kv vastuu = kansainvälinen vastuulaji, VU= vaarantunut, NT = silmälläpidettävä ja LC = elinvoimainen.

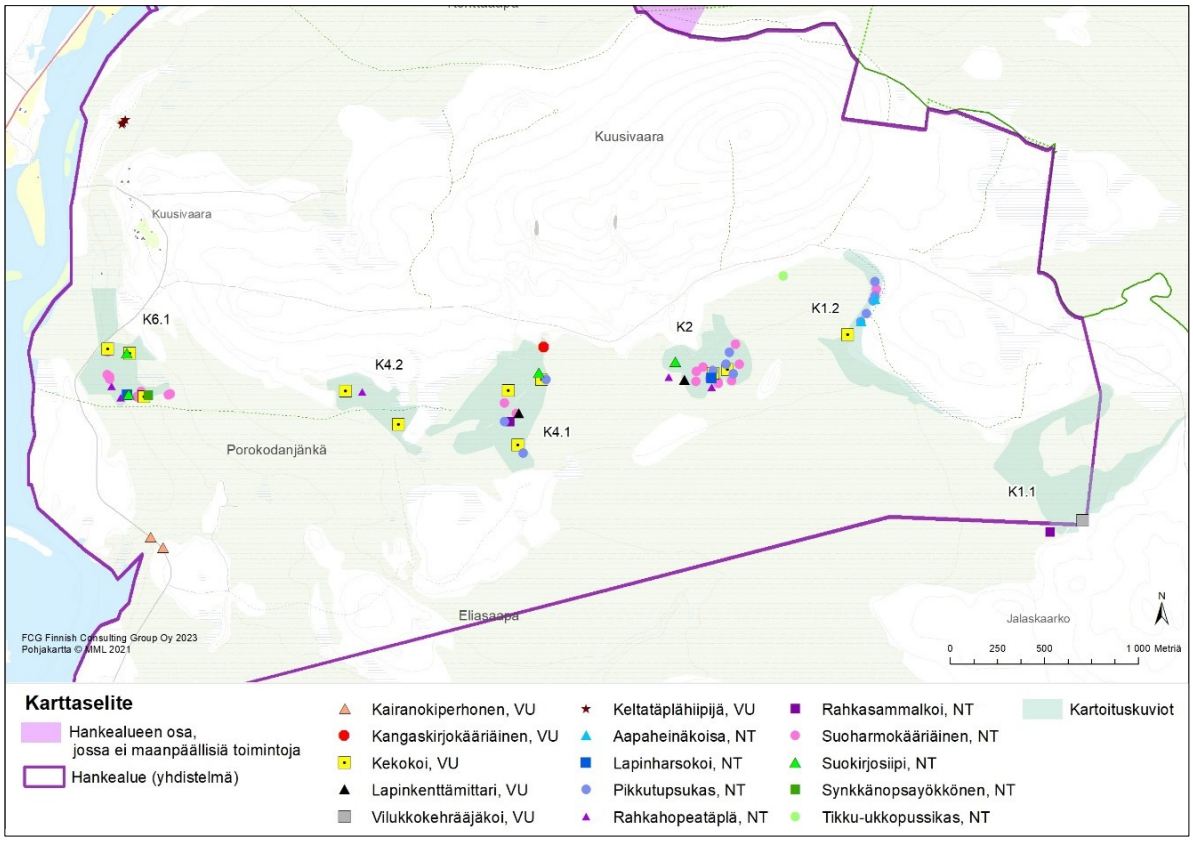
Laji	Asema	Havainnot	Ruosteoja	Kärväslampi	Kotavaara	Isoautto	Kärväsniemi	Pieska	Viiankijärvi	Tiukuoja NE	Koistamon-	Palokumpu	Kuusivaara	Pyöriönniva
Xestia borealis (R)	EU liite II, rauhoitettu, VU	2017: 1 ex	+											
Erebia embla	Kv. vastuu, LC	2017: 9 exx.			+						+		+	
Pyrgus centaureae	Kv. vastuu, NT	2015: 1 ex			+									
Acasis appensata	VU	2017: 1 ex	+											
Rhigognostis Kuusamoensis	VU	2015: 1 ex.												+
Xestia gelida	VU	2017: 3 exx.	+				+							
Xestia sincera	VU	2017: 22 exx.	+				+							
Alloclemensia mesospilella	NT	2017: useita toukkia					+							
Apamea kuusamoensis	NT	2017: 3 exx.			+		+							
Aulographa macrogamma	NT	2015: 1 ex. 2017: 2 exx.					+			+				+
Caradrina montana	NT	2017: 1 ex.					+							
Coleophora frischella	NT	*1985: 1 ex.												
Entephria caesiata	NT	2015: useita yksilöitä 2017: useita yksilöitä	+	+		+	+	+	+			+		+
Hillia iris	NT	2017: 3 exx.					+							
Macaria loricaria	NT	2015: useita yksilöitä 2017: useita yksilöitä	+				+							+
Phtheochroa vulneratana	NT	2017: 2 exx.								+				
Platyptilia tesseradactyla	NT	2015: 4 exx.											+	+
Xanthorhoe annotinata	NT	2017: 5 exx.	+				+							
Xanthorhoe decoloraria	NT	2017: 2 exx.	+	+			+			+				+
Xestia distensa	NT	2017: 1 ex.	+											
Xeslia tecta	NT	2017: 1 ex.			+							+		

** Sodankylä, Kersilö; 02.07.1985; Jorma Kyrki & Reijo Teriaho leg (Hyönteistietokanta)*

Taulukko 21-2 Selvityskuvioilla vuonna 2020 tavatut uhanalaiset ja silmälläpidettävät perhoslajit. Merkintä: + = varsinaisten selvityskuvioiden ulkopuoliset havainnot, VU= vaarantunut, NT = silmälläpidettävä (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2020b).

Laji	Luokka	K1.1/K1	K2	K4.1/K4	K6.1	+
Kekokoi *Myrmecozela ochraceella*	VU	x	x	x	x	
Vilukkokehrääjäkoi *Kessleria fasciapen-*	VU	x				
Kairanokiperhonen *Erebia disa*	VU					x
Lapinkenttämittari *Xanthorhoe abrasa-*	VU		x	x		

Laji	Luokka	K1.1/K1	K2	K4.1/K4	K6.1	+
Kangaskirjokääriäinen *Argyroploce*	VU			x		
Keltatäplähiipijä *Carterocephalus pala-*	VU					x
Lapinharsokoi *Paraswammerdamia lap-*	NT		x		x	
Aapaheinäkoisa *Pediasia truncatella*	NT	x				
Rämekirjosiipi *Pyrgus centaureae*	NT		x	x	x	
Rahkahopeatäplä *Boloria frigga*	NT		x	x	x	
Tikku-ukkopussikas *Pachythelia villo-*	NT					x
Rahkasammalkoi *Bryotropha boreella*	NT		x		x	
Suoharmokääriäinen *Eana osseana*	NT	x	x	x	x	
Synkkänopsayökkönen *Sympistis fune-*	NT				x	
Lajeja yhteensä		**4**	**7**	**6**	**7**	**3**



Kuva 21-9 Suovenhokas- ja perhosselvityksen kartoituksessa vuonna 2020 havaitut uhanalaiset (VU = vaarantunut) ja silmälläpidettävät (NT) lajit (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2020b).

Kitisen, Kelujoen ja Ylijoen sudenkorentolajistoon kuuluvat neidonkorento (*Calopteryx virgo*), suoukonkorento (*Aeshna* subarctica), siniukonkorento (*A. juncea*), pohjanukonkorento, (*A. caerulea*) ja ruskoukonkorento (*A. grandis*) (Albus Luontopalvelut Oy 2019a).

Vuoden 2015 kovakuoriaisselvityksen mukaan selvitysalueen lajisto oli valtaosin tavanomaista ja Metsä-Lapin alueelle tyypillistä (Albus Luontopalvelut Oy 2016).

Vuoden 2020 metsäkovakuoriskartoituksessa runkoikkunapyynneistä määritettiin 73 kovakuoriaislajia. Havaitut lajit eivät olleet uhanalaisia tai huomionarvoisia lajeja, vaan lajisto on suhteellisen tavanomaista metsälajistoa (Albus Luontopalvelut Oy 2020c). Jättisukeltajan lisäksi tutkituista vesistökohteista havaittiin pisarsukeltajalaji (*Haliplus sibiricus)* ja jänkätaitosukeltaja (*Agapus confinis*). Kartoituksessa ei havaittu kultaruokokuoriaista (*Donacia aureocincta*) tai suomenrantusukeltajaa (*Rhantus fennicus*).

Kesän 2021 harmoyökköskartoituksessa hankealueella sijaitsevissa varttuneissa metsiköissä ei havaittu syöttipyynnillä EU:n luontodirektiivin liitteissä II tai IV(a) mainittuja lajeja tai erityisesti suojeltavia lajeja (Albus Luontopalvelut Oy 2021a). Harmoyökkösselvityksen mukaan Kattilalamminkummun K9.1 kuusikkokuviolta havaittiin vaarantuneet metsäpohjanmittari (*Entephria caesiata*), sahaneulasmittari (*Heterothera serraria*), vaaleaharmoyökkönen (*Xestia sincera*) ja silmälläpidettävä nuoliharmoyökkönen (*Xestia rhaetica*). Kuusivaara E, K1.1 metsikkökuviolta havaittiin puolestaan uhanalainen metsäpohjanmittari ja silmälläpidettävä nuoliharmoyökkönen, ja Kuusivaara E, K1.2 metsikkökuviolta uhanalainen metsäpohjanmittari (Albus Luontopalvelut Oy 2021a) (Taulukko 21-3).

Taulukko 21-3 Vuonna 2021 havaitut huomionarvoiset lajit (Lähde: Albus Luontopalvelut Oy 2021a).

Laji	Uhanalaisuus	Kuusivaara E, K1.1	Kuusivaara E, K1.2	Kattilalamminkumpu, K9.1
Metsäpohjanmittari	vaarantunut	x	x	x
Sahaneulasmittari	vaarantunut			x
Vaaleaharmoyökkönen	vaarantunut			x
Nuoliharmoyökkönen	silmälläpidettävä	x		x

21.3.3 Muu eläimistö

Lukuun ei ole tullut muutoksia.

21.4 Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten arviointi ja vaikutusten merkittävyys

21.4.1 Vaikutuskohteen herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arviointi

Vaikutusten merkittävyyden arviointi muodostuu lajin herkkyyden (Taulukko 21-4 ja Taulukko 21-5) ja muutoksen suuruuden arvioinnista (Taulukko 21-6 ja Taulukko 21-7). Vaikutuksen merkittävyys saadaan ristiintaulukoimalla vaikutuskohteen herkkyys ja vaikutuksen suuruus.

Taulukko 21-4 Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt herkkyyskriteerit.

Vähäinen	Hankealueella on Suomen/EU:n tasolla luokittelemattomat tai suojelemattomat eläinlajit. Eläinlajit tai elinympäristöt eivät ole erityisen herkkiä muutoksille. Ihmisen vaikutus elinympäristöissä on selvä ja näkyvä.
Kohtalainen	Hankealueella on silmälläpidettäviä (NT) tai alueellisesti uhanalaisia (RT) eläinlajeja. Hankealueella on elinympäristöllistä monimuotoisuutta sisältäen arvolajiston ja ravinnonhankinta-alueita sekä kulkuyhteyksiä. Silmälläpidettävät ja alueellisesti uhanalaiset eläinlajit ovat kohtalaisen herkkiä muutoksille ympäristössä ja/tai alue vaatii jatkuvia toimenpiteitä,

	jotta elinympäristöt säilyvät ominaiselle arvolajistolle sopivina. Elinympäristö on ihmistoiminnan muovaamaa, mutta sieltä löytyy myös rauhallisia, erämaisia piirteitä.
Suuri	Hankealueella on useita erityisesti suojeltavia eläinlajeja. Samoin alueella on useita rauhoitettuja tai uhanalaisia eläinlajeja. Alueen elinympäristöllinen monimuotoisuus on erittäin suurta sisältäen arvolajiston ja ravinnonhankinta-alueita sekä kulkuyhteyksiä. Suojeltavat, rauhoitetut tai uhanalaiset eläinlajit ovat hyvin herkkiä muutoksille ympäristössä ja/tai alue vaatii jatkuvia toimenpiteitä, jotta elinympäristöt säilyvät ominaiselle arvolajistolle sopivina. Elinympäristö on luonnontilaista ja ihmisen vaikutus on vähäinen.

Taulukko 21-5 Luontodirektiivin eläinlajeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt herkkyyskriteerit.

Vähäinen	Hankealueella tai sen lähiympäristössä ei todennäköisesti sijaitse direktiivilajin lisääntymis- tai levähdyspaikkaa eikä tärkeitä ruokailualueita. Mahdollinen tai potentiaalinen elinalue ei ole erityisen herkkä muutoksille ympäristössä, jolloin ne eivät vaikuta heikentävästi direktiivilajin liikkumiseen. Alue ei ole juurikaan luonnontilassa ja ihmisen vaikutus on selvä.
Kohtalainen	Hankealueella on direktiivilajin elinalue. Hankealueella ei todennäköisesti sijaitse direktiivilajin lisääntymis- tai levähdyspaikkoja, mutta vaikutusalueella sijaitsee direktiivilajin lisääntymis- tai levähdyspaikka tai tärkeitä ruokailualueita. Elinalue on melko herkkä muutoksille ympäristössä ja lajin liikkuminen vaikeutuu.
Suuri	Hankealueella ja sen lähiympäristössä sijaitsee useita direktiivilajin lisääntymis- tai levähdyspaikkoja ja tärkeitä ruokailualueita. Elinalueet ovat erittäin herkkiä muutoksille ja direktiivilajin liikkumien estyy tai vaikeutuu selvästi. Alue on luonnontilainen.

Taulukko 21-6 Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt muutoksen suuruusluokan kriteerit.

Suuri kielteinen	Hankkeen aiheuttamat kielteiset vaikutukset ovat suuria huomionarvoisille tai suurille eläinlajeille, niiden elinympäristöille tai suotuiselle suojelun tasolle. Hanke käsittää hyvin suuren osan suurten eläinlajien elinpiiristä. Eläinlajisto muuttuu hyvin selvästi. Hanke heikentää tai pirstoo selvästi tai tuhoaa huomionarvoisten tai suurten lajien elinympäristön.
Keskisuuri kielteinen	Hankkeen aiheuttamat kielteiset vaikutukset ovat kohtalaisia huomionarvoisille tai suurille eläinlajeille, niiden elinympäristöille tai suotuiselle suojelun tasolle. Hankealue käsittää kohtalaisen osan suurten eläinlajien elinpiiristä. Eläinlajisto muuttuu jossain määrin. Huomionarvoisten tai suurten lajien elinympäristö heikkenee tai pirstoutuu osittain tai tuhoutuu osittain.
Pieni kielteinen	Hankkeen kielteiset vaikutukset kohdistuvat tavanomaisiin eläinlajeihin, niiden elinympäristöihin tai suotuisaan suojelun tasoon. Hankealue käsittää pienen osan suurten eläinlajien elinpiiristä.
Ei vaikutusta	
Pieni myönteinen	Hankkeen myönteiset vaikutukset kohdistuvat tavanomaisiin eläinlajeihin, niiden elinympäristöihin tai suotuisaan suojelun tasoon. Hankealue käsittää pienen osan suurten eläinlajien elinpiiristä. Elinympäristön yhtenäisyys paranee vähäisesti.
Keskisuuri myönteinen	Hankkeen aiheuttamat myönteiset vaikutukset huomionarvoisille tai suurille eläinlajeille, niiden elinympäristöille tai suotuisalle suojelun tasolle ovat kohtalaisia. Hanke käsittää kohtalaisen osan suurten eläinlajien elinpiiristä. Huomionarvoisten tai suurten lajien

	elinympäristö paranee tai laajenee jonkin verran. Elinympäristön yhtenäisyys paranee kohtalaisesti.
Suuri myönteinen	Hankkeen aiheuttamat myönteiset vaikutukset huomionarvoisille tai suurille eläinlajeille, niiden elinympäristöille tai suotuisalle suojelun tasolle ovat erittäin suuria. Hanke käsittää hyvin suuren osan suurten eläinlajien elinpiiristä. Eläinlajisto muuttuu hyvin selvästi. Hanke parantaa erittäin suuresti tai laajentaa huomionarvoisten tai suurten lajien elinympäristöä tai tuo erillään olleita elinympäristöjä erittäin suuressa mitassa yhteen ja elinympäristön yhtenäisyys paranee merkittävästi.

Taulukko 21-7 Luontodirektiivin lajeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa käytetyt muutoksen suuruusluokan kriteerit.

Suuri kielteinen	Hankkeen aiheuttamat vaikutukset kohdistuvat alueelle, jolla sijaitsee runsaasti direktiivilajin elinympäristöjä sekä useita todettuja lisääntymis- ja levähdyspaikkoja tai tärkeitä ruokailualueita. Hankkeen vaikutuksesta direktiivilajin elinympäristöä tuhoutuu ja hanke heikentää lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkoja tai tärkeitä ruokailualueita.
Keskisuuri kielteinen	Hankkeen aiheuttamat vaikutukset kohdistuvat alueelle, jolla sijaitsee direktiivilajin elinympäristöjä sekä potentiaalinen lisääntymis- ja levähdyspaikka tai tärkeä ruokailualue. Hankkeen heikentävät vaikutukset direktiivilajin elinympäristöihin ovat enintään kohtalaisia, mutta vaikutuksia ei kohdistu suoraan lisääntymis- ja levähdyspaikkaan tai tärkeään ruokailualueeseen.
Pieni kielteinen	Hankkeen aiheuttamat vaikutukset kohdistuvat alueelle, jolla sijaitsee direktiivilajin potentiaalisia elinympäristöjä. Hankkeen heikentävät vaikutukset direktiivilajin potentiaalisiin elinympäristöihin ovat vähäisiä.
Ei vaikutusta	
Pieni myönteinen	Hanke parantaa vähän direktiivilajin elinoloja.
Keskisuuri myönteinen	Hanke parantaa kohtalaisesti direktiivilajin elinoloja.
Suuri myönteinen	Hanke parantaa suuresti direktiivilajin elinoloja.

21.4.2 Vaikutusten merkittävyys

Vaikutuksen merkittävyys on luokiteltu tässä arvioinnissa asteikolla 1) vähäinen 2) kohtalainen tai 3) suuri. Merkittävyys voi olla myönteinen tai kielteinen.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Vaikutuksen merkittävyyttä arvioitaessa huomioidaan luontokohteen/lajin esiintymän arvo ja herkkyys sekä vaikutuksen suuruusluokka. Hankkeen vaikutusalueelle sijoittuu lajistoa, joka on uhanalaista, erityisesti suojeltavaa tai direktiivien mukaista. Lajisto on sidoksissa esiintymäpaikkaan, joten vaikutusten merkittävyyttä tarkastellaan luontotyyppien kautta.

Vaikutuksen merkittävyys määräytyy kohteen herkkyysarvioinnin kautta ja siihen liittyvät luontotyypin tai lajin lainsäädännöllinen status, yleisyys alueellisesti ja valtakunnallisesti sekä alttius muutosvaikutuksille. Herkkyyden lisäksi vaikutuksen merkittävyys riippuu vaikutustyypistä ja sen voimakkuudesta, muutoksen laajuudesta sekä ajallisesta kestosta.

21.4.3 Rakentamisenaikaiset vaikutukset

Jättisukeltaja ja lepakot

Jättisujeltaja on todettu Kitisen lahdelmalta, Kattilalammelta, Kärväslammelta, Kokkolammelta, Viiankijärveltä, Jerusaleminlammelta ja Kärväsniemen alueelta, joihin ei ole osoitettu rakentamista missään vaihtoehdossa (VE1a-VE3b).

Rakentamisvaiheessa ei lepakoihin muodostu vaikutuksia missään vaihtoehdoissa (VE1a-VE3b). Lepakoita ei ole todettu hankealueella tai sen läheisyydessä.

Kirjojokikorento

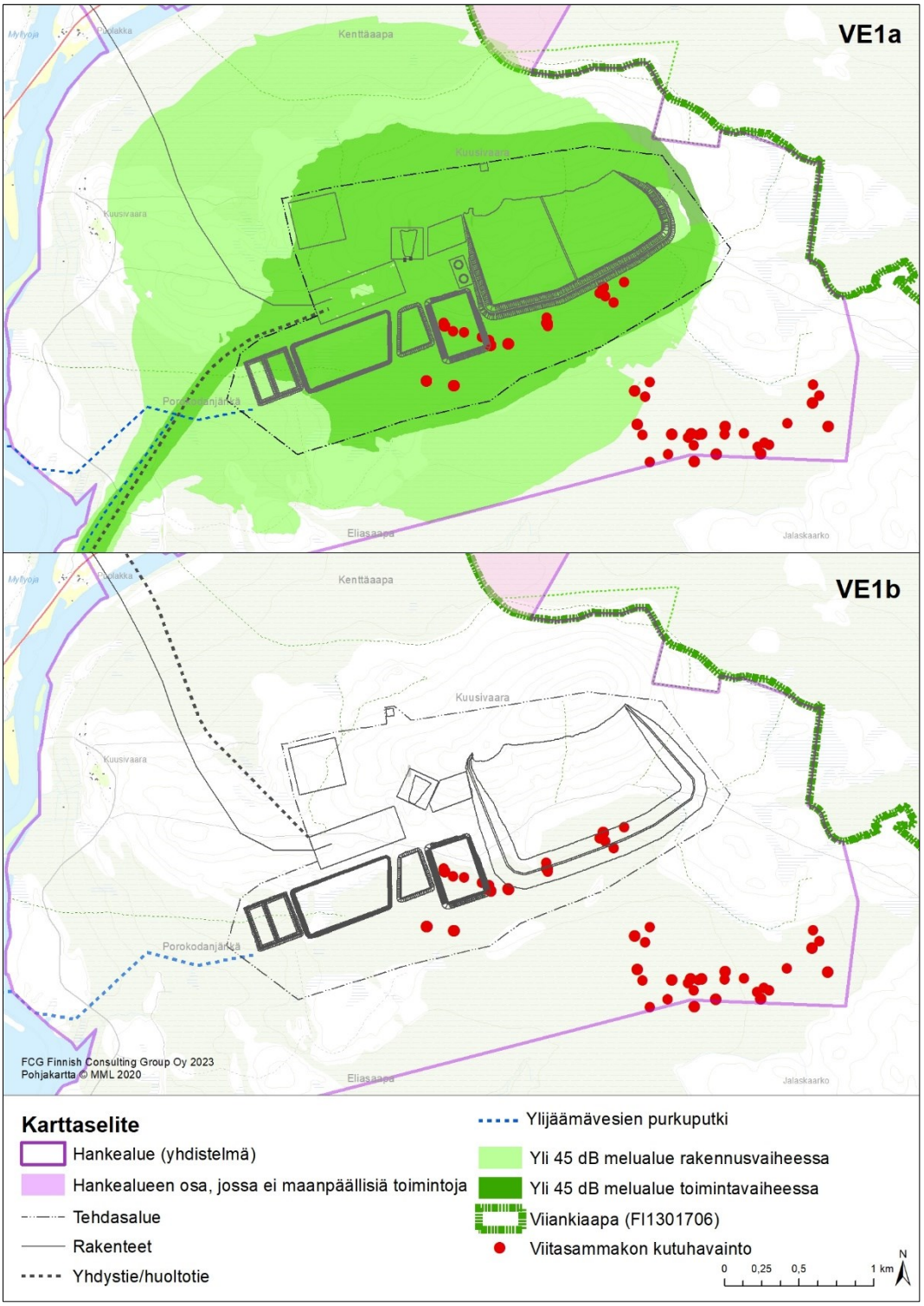
Arviointi ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

Saukko

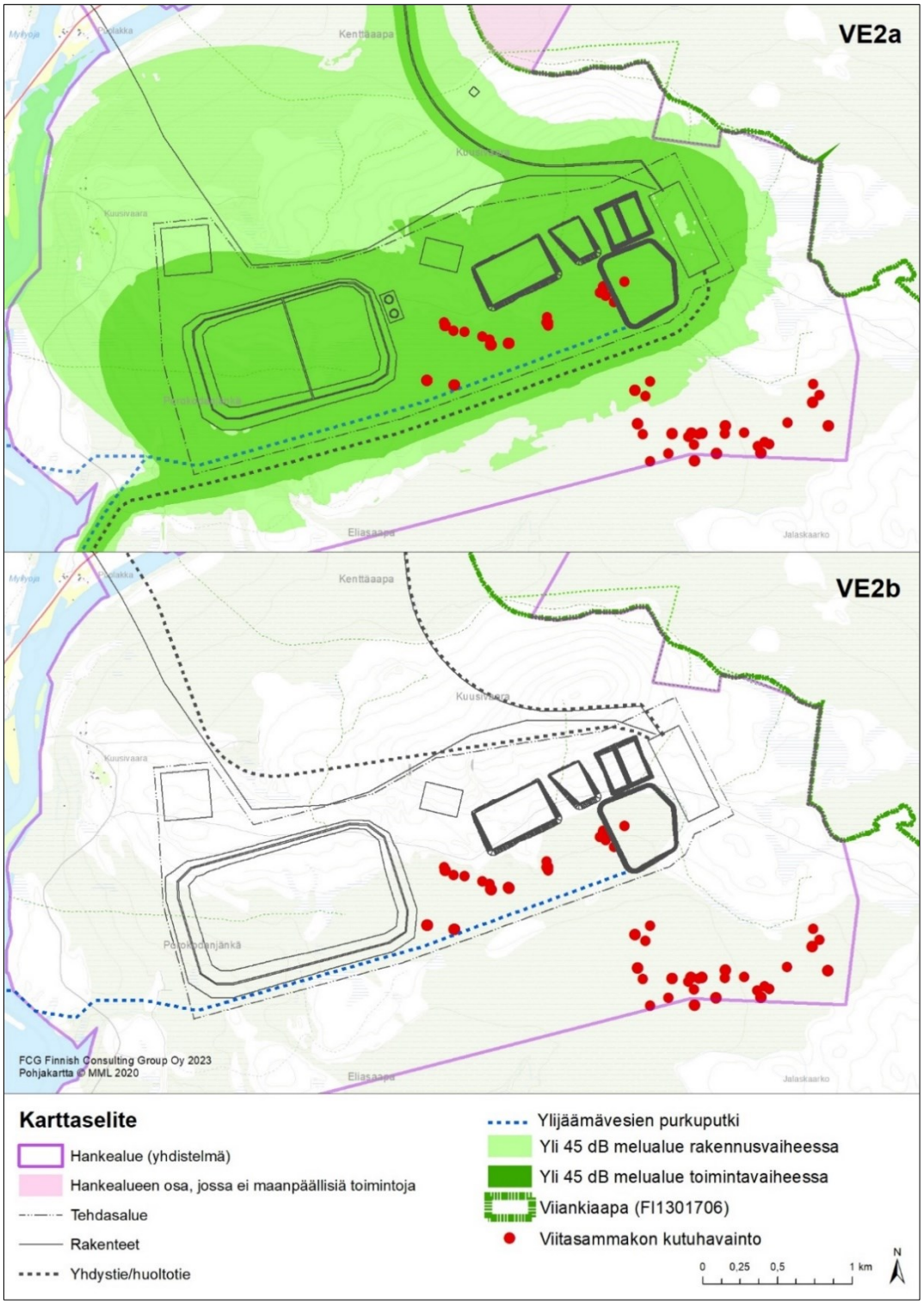
Arviointi ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

Viitasammakko

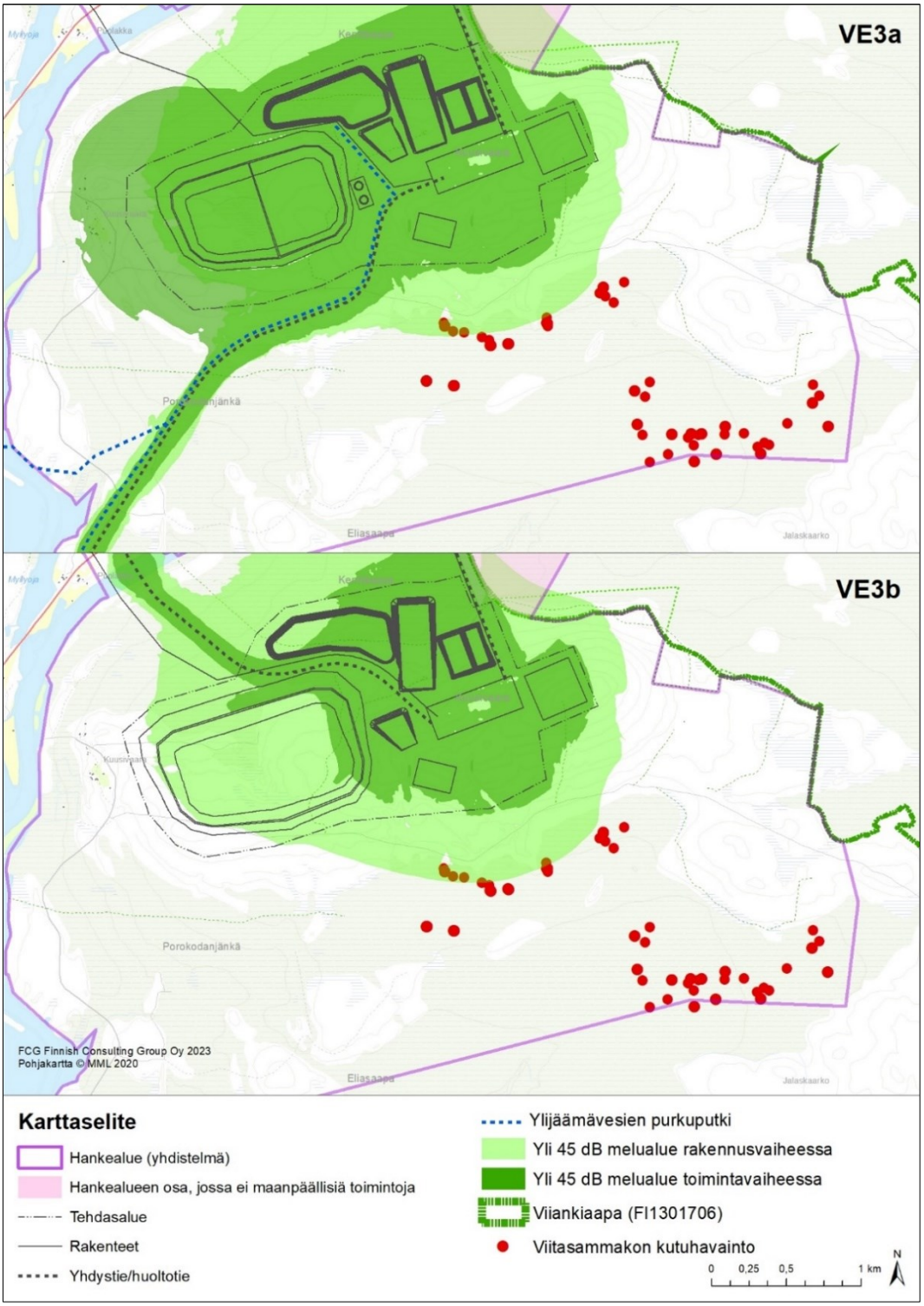
Lähes kaikissa vaihtoehdoissa viitasammakon lisääntymis- ja levähdyspaikkoihin kohdistuu kielteisiä vaikutuksia (Kuva 21-10 – Kuva 21-12 ja Taulukko 21-8). Vain vaihtoehdoissa VE3a lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkoihin ei muodostu suoria vaikutuksia, mikäli tie- ja putkilinjojen suunnittelussa huomioidaan viitasammakkojen kutupaikat. Vaihtoehdossa VE3b lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkoihin ei muodostu suoria vaikutuksia. Näissä vaihtoehdoissa (VE3) toiminnot sijoittuvat Kuusivaaran pohjoispuolelle. Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjavesivaikutus ei ulotu viitasammakon Kuusivaaran eteläpuolisille kutupaikoille.



Kuva 21-10 Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b tehdasalueelle jää useita tiedossa olevia viitasammakon lisääntymispaikkoja (havainnot vuosilta 2019 ja 2022, vuoden 2022 havainnot ovat kartoituspaikoilla tehtyjä seurantahavaintoja). Kuvassa on esitetty rakennus- ja toimintavaiheen melualue, jossa on lieventämistoimet huomioitu. Melualue vaihtoehdossa VE1b on sama kuin vaihtoehdossa VE1a, paitsi yhdystien osalta. Tärinä- ja pölyvaikutukset keskittyvät tehdasalueelle.



Kuva 21-11 Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b tehdasalueelle jää useita tiedossa olevia viitasammakon kutupaikkoja (havainnot vuosilta 2019 ja 2022, vuoden 2022 havainnot ovat kartoituspaikoilla tehtyjä seurantahavaintoja). Melualue VE2b on sama kuin VE2a, paitsi yhdystien osalta. Kuvassa on esitetty rakennus- ja toimintavaiheen melualue, jossa on lieventämistoimet huomioitu. Tärinä- ja pölyvaikutukset keskittyvät tehdasalueelle.



Kuva 21-12 Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b tunnetut viitasammakon lisääntymispaikat sijoittuvat tehdasalueen ulkopuolelle (havainnot vuosilta 2019 ja 2022, vuoden 2022 havainnot ovat kartoituspaikoilla tehtyjä seurantahavaintoja). Kuvassa on esitetty rakennus- ja toimintavaiheen melualue, jossa on lieventämistoimet huomioitu. Tärinä- ja pölyvaikutukset keskittyvät tehdasalueelle.

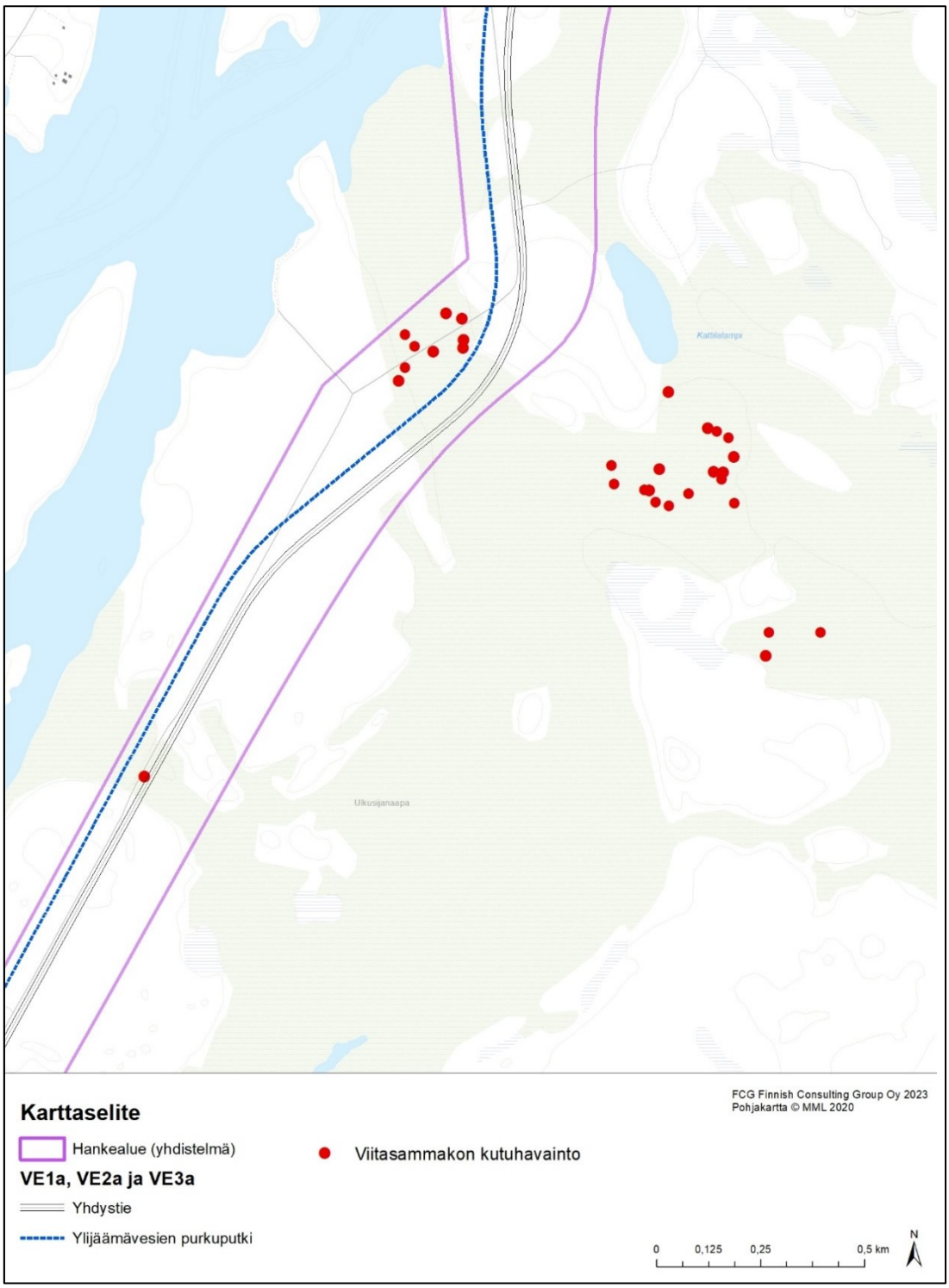
Suurimmat haitat lajille muodostuvat vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b. Vaihtoehdossa VE1a tehdasalueen rakentamisen takia vuonna 2019 havaituista kolme ja vuonna 2022 havaituista neljä lisääntymis- ja levähdyspaikkaa Kuusivaaran eteläpuolella häviää ja vuonna 2019 havaituista neljä ja vuonna 2022 havaituista yli kuusi lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä (Kuva 21-10). Vaihtoehdossa VE1b vuonna 2019 havaituista viisi ja vuonna 2022 havaituista kymmenen lisääntymis- ja levähdyspaikkaa häviää ja vuonna 2019 havaituista kaksi ja vuonna 2022 havaituista yksi lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä. Tehdasalueella kutupaikkojen heikentyminen johtuu pitkälti siitä, että rakentaminen ja rakenteet saattavat muuttaa tehdasalueen sisälle jäävän suon hydrologiaa niin selvästi, että kyseessä on heikennys näiden lisääntymispaikkojen osalta. Samoin näille paikoille kohdistuu rakennusaikainen tärinä, melu- ja pölyvaikutus.

Pahanlaaksonmaalla ja Tihiänmaalla vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b ei muodostu vaikutuksia viitasammakolle.

Myös vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b tehdasalueen rakentamisen takia häviää vuonna 2019 havaituista yksi ja vuonna 2022 havaituista yksi lajin lisääntymis- ja levähdyspaikka ja vuonna 2019 havaituista kuusi ja vuonna 2022 havaituista kymmenen lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä. Vaihtoehdossa VE3a ja VE3b ei lisääntymispaikkoja ole vaarassa hävitä, mutta yhteen kutupaikkaan kohdistuu rakennusaikainen melu.

Lisäksi vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a, jossa kuljetukset toteutetaan uuden ns. eteläisen yhdystien kautta, voi muodostua haitallisia vaikutuksia viitasammakolle, koska lajin vuonna 2019 havaituista seitsemän ja vuonna 2022 havaituista kaksi lisääntymis- ja levähdyspaikkaa sijoittuvat lähelle tietä ja ylijäämävesien purkuputkilinjaa (Kuva 21-13). Purkuputkilinjan ja tien rakentamistoimet voivat muuttaa lajin kutupaikkojen vesitaloutta ja vähentää lajille sopivaa kutuympäristöä. Erityisesti yksi kutupaikka on tien ja putkilinjan vieressä ja sen luonne voi heikentyä merkittävästi. Huomioimalla kutupaikan olemassa olo tien ja putken suunnitteluvaiheessa voidaan tätä haittaa lieventää huomattavasti.

Kaivoksen rakentaminen pienentää kaikissa vaihtoehdoissa myös viitasammakoiden elinalueita. Aikuisten viitasammakkojen oletetaan Suomessa horrostavan talvella vedessä, mahdollisesti suolla sekä viettävän kesällä aikansa kokonaan maalla lyhyttä kutuaikaa lukuun ottamatta. Viitasammakot voivat vaeltaa useiden satojen metrien päähän talvehtimis- tai kutualueelta.



Kuva 21-13 Vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a yhdystien ja ylijäämävesien purkuputken läheisyydessä on useita kutupaikkoja yhden kutupaikan sijaitessa aivan tien ja putkilinjan vieressä.

Taulukko 21-8 Rakentamisvaiheen vaikutukset viitasammakkoon, lisääntymis- ja levähdyskohteen herkkyys ja vaikutusten suuruus ja merkittävyys eri vaihtoehdoilla. Melu- ja pölyhaittojen lieventäminen on huomioitu arvioinnissa.

VE	Tekijä	Vaikutus	Vaikutus-kohteen herkkyys	Vaikutusten suuruusluokka ja merkittävyys
VE1a	Rikastushiekka-alueen, vesivarastoaltaan, yhdystien, ja ylijäämäveden putken rakentaminen ja rakentamisaikainen melu ja tärinä.	Yhteensä seitsemän (3+4) lisääntymis- ja levähdyspaikkaa häviää. Tehdasalueen kymmenen (4+6) ja yhdystien ja ylijäämävesien purkuputkilinjan lähellä olevat seitsemän lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä hydrologisten muutoksien takia. Myös rakentamis- ja liikennemelu, tärinä ja pöly voivat haitata kutua tehdasalueen jäljelle jäävillä Koivikkokummun sekä osalla Kuusivaarantien lähellä olevilla lisääntymispaikoilla.	Suuri	Suuri kielteinen vaikutus. Myöhemmässä suunnittelussa voidaan hydrologisia muutoksia lieventää. Lieventämistoimilla ei ole vaikutusta vaikutusten suuruusluokkaan, koska lisääntymispaikkoja menetetään. Merkittävyys on suuri.
VE1b	Rikastushiekka-alueen ja vesivarastoaltaan rakentaminen sekä rakentamisaikainen melu ja tärinä.	Yhteensä 15 (5+10) lisääntymis- ja levähdyspaikkaa häviää ja kolme (2+1) lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä hydrologisten muutoksien takia. Myös rakentamis- ja liikennemelu, tärinä ja pöly voivat haitata kutua tehdasalueen jäljelle jäävillä Koivikkokummun lisääntymispaikoilla.	Suuri	Suuri kielteinen vaikutus. Merkittävyys on suuri.
VE2a	Rikastushiekka-alueen, ylijäämäveden putken, yhdystien rakentaminen sekä rakentamisaikainen melu ja tärinä.	Kaksi (1+1) lisääntymis- ja levähdyspaikka häviää ja 16 (6+10) tehdasalueen lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä hydrologisten muutoksien takia. Myös yhdystien ja ylijäämävesien purkuputkilinjan lähellä olevat seitsemän lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä hydrologisten muutoksien takia. Lisäksi rakentamis- ja liikennemelu sekä tärinä voivat haitata kutua tehdasalueen ja Kuusivaarantien lähellä olevilla lisääntymispaikoilla.	Suuri	Suuri kielteinen vaikutus. Merkittävyys on suuri.
VE2b	Rikastushiekka-alueen ja vesivarastoaltaan rakentaminen sekä rakentamisaikainen melu ja tärinä.	Kaksi (1+1) lisääntymis- ja levähdyspaikka häviää ja 16 (6+10) tehdasalueen lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä hydrologisten muutoksien takia. Lisäksi rakentamis- ja liikennemelu sekä tärinä voivat haitata kutua tehdasalueen lisääntymispaikoilla.	Suuri	Suuri kielteinen vaikutus. Merkittävyys on suuri.

VE	Tekijä	Vaikutus	Vaikutus-kohteen herkkyys	Vaikutusten suuruusluokka ja merkittävyys
VE3a	Yhdystien ja ylijäämäveden putken rakentaminen sekä rakentamisaikainen melu ja tärinä.	Yhdystien ja ylijäämävesien purku-putkilinjan lähellä olevat yhdeksän (7+2) lisääntymis- ja levähdyspaikkaa on vaarassa heikentyä hydrologisten muutoksien takia. Lisäksi näille kohteille kohdistuu rakentamis- ja liikennemelu sekä tärinä. Kuusivaaran eteläpuolen yksi kutupaikka jää melualueelle.	Suuri	Ilman lieventämistä voi olla suuri kielteinen vaikutus. Tie- ja purkuputkisuunnittelulla saadaan haittaa pienennettyä, jolloin merkittävyys on vähäinen.
VE3b	Rakentamisaikainen melu.	Ei suoria vaikutuksia. Kuusivaaran eteläpuolen yksi kutupaikka on melualueella (yli 45 dB). Melu voi haitata kutua.	Kohtalainen	Vähäinen kielteinen vaikutus. Merkittävyys on vähäinen.

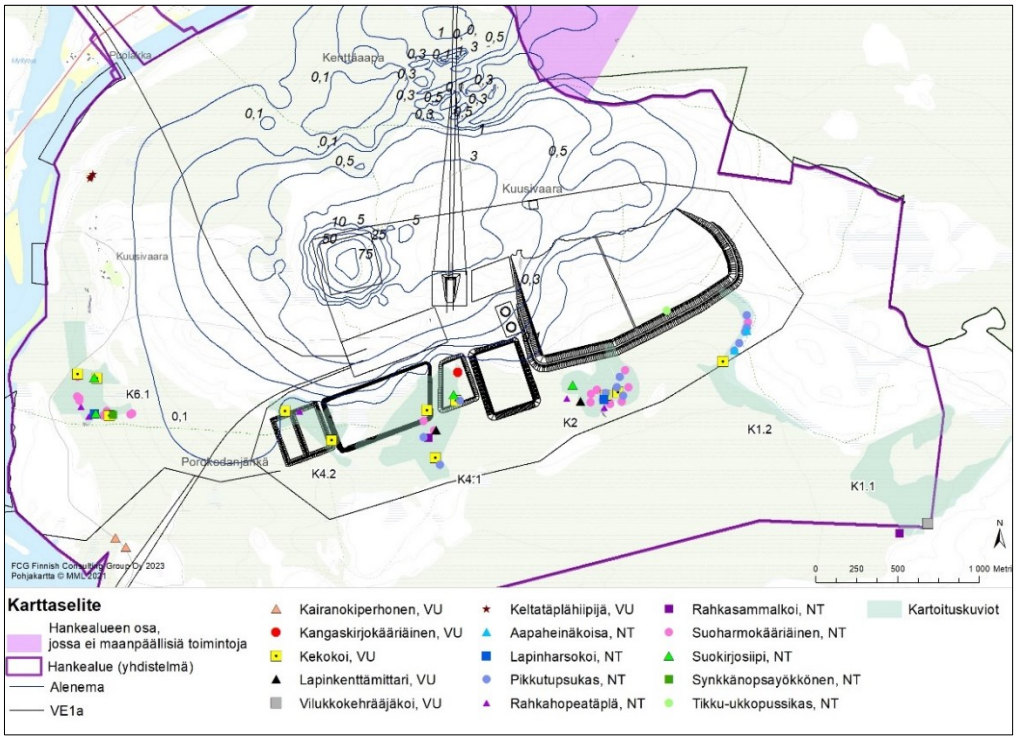
Suurpedot

Arviointi ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

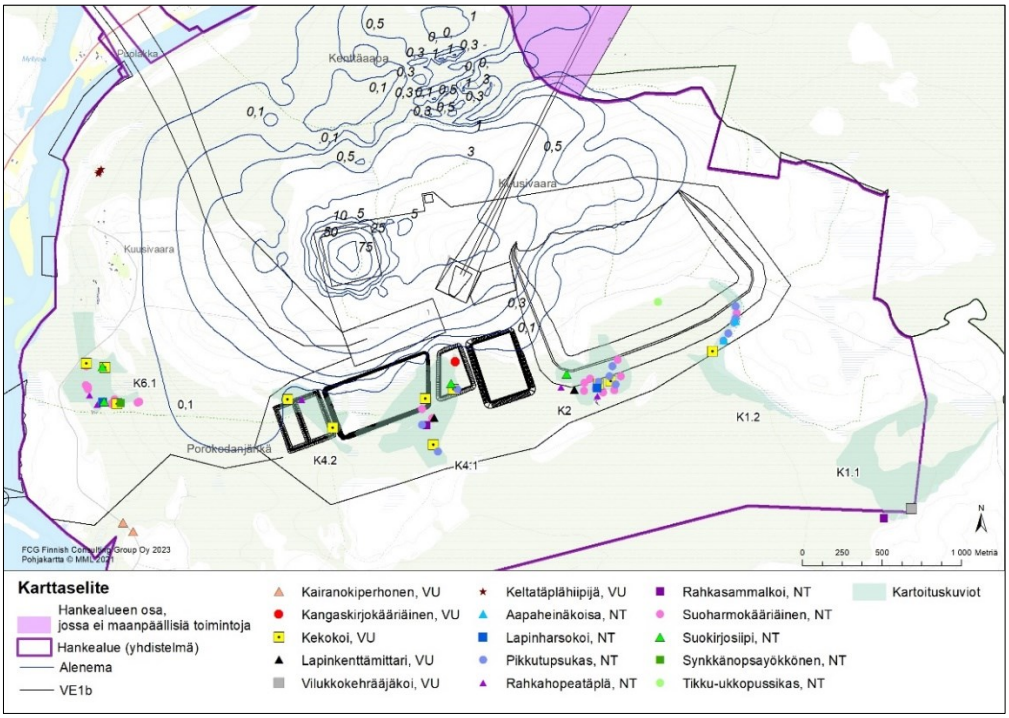
Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset

Pääosa merkittävästä ja suojeltavasta hyönteislajistosta keskittyy Viiankiaavalle ja Ruosteojan ympäristöön (Natura-alueella) sekä Kärväsniemeen, joihin rakentamistoimet eivät ulotu missään vaihtoehdossa (VE1a–VE3b). Samoin erityisesti suojeltavan ja uhanalaisen lettokoin esiintymään ei kohdistu rakentamisuhkaa missään vaihtoehdossa (VE1a–VE3b). Lajin esiintymä on Poronkodanpalon korpijuotissa. Mutta Kuusivaaran eteläpuolen suokuvioille (K1.2, K2, K4.1 ja K4.2, Kuva 21-15), joille keskittyy monipuolinen perhoslajisto, kohdistuu rakentamisesta suoria ja epäsuoria vaikutuksia. Tehdasalueen rakenteiden alle jää suoympäristöä, jolla on uhanlaista ja huomionarvoista perhoslajistoa. Samoin tehdasalueen rakenteet vaikuttavat jäljellä jäävien suokuvioiden hydrologiaan muuttaen niiden ominaispiirteitä pitkällä aikavälillä. Tämä heijastuu suoperhoslajistoon ja säästynyt suolajisto voi hävitä tai niiden kannat heikkenevät. Lisäksi vaihtoehdolla VE2a yhdystie pirstoaa kuviota K2.1.

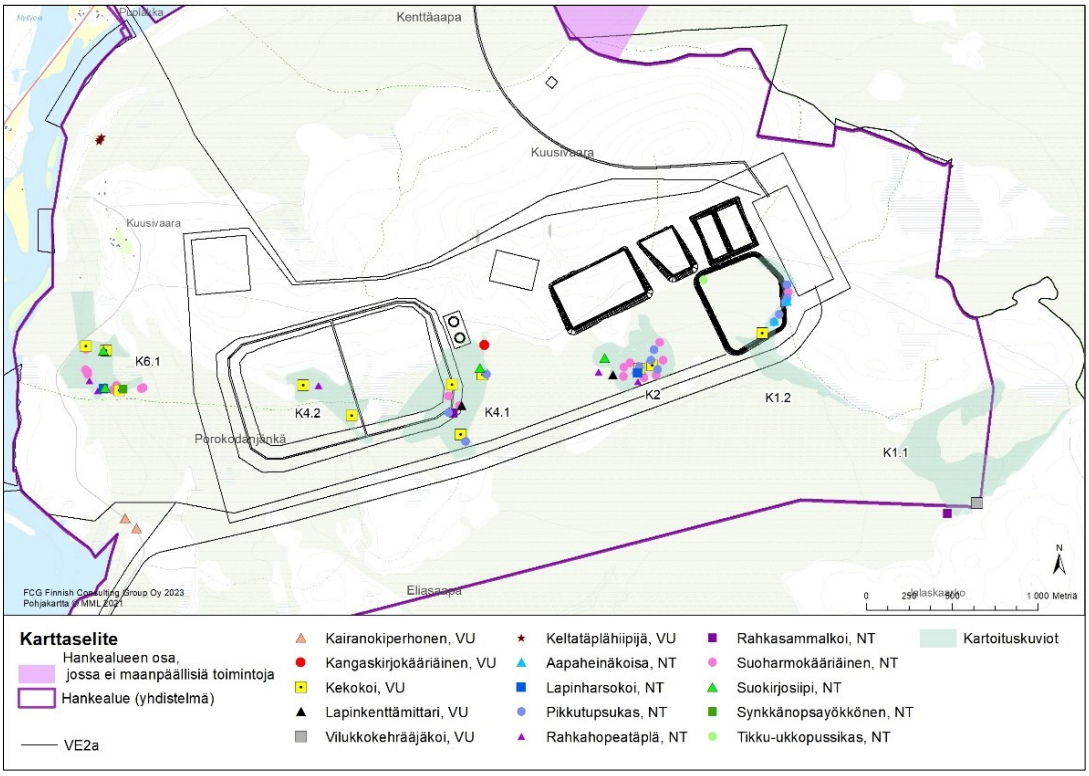
Itasca Denver Inc. (2023, paikkatietoaineisto) on mallintanut tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutuksesta aiheutuvaa pohjavedenpinnan alenemaa. Kuusivaaran tarvekivilouhos vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuteen Porokodanjängän pohjoisosalla vähäisesti vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b (Kuva 21-14 ja Kuva 21-15). Porokodanjängän pohjoisosassa aleneman suuruus olisi suuruusluokkaa 0,1 metriä. Pohjaveden alenema ei vaikuta suokasvillisuuteen ja vaikutuksia kuvion K6.1 suoperhoslajistoon ei muodostu. Kuvio K6.1 sijoittuu Porokodanjängän luoteisosalle.



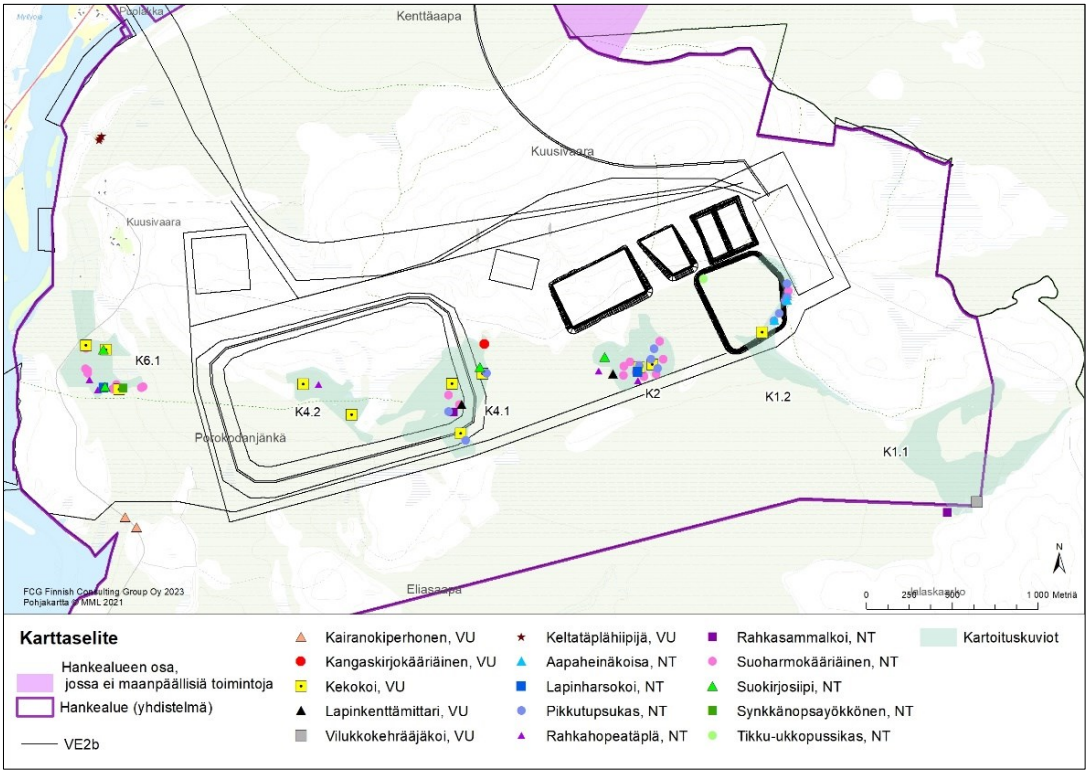
Kuva 21-14 Tehdasalue vaihtoehdossa VE1a, tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutus pohjavedenpinnan alenemiin (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineisto).



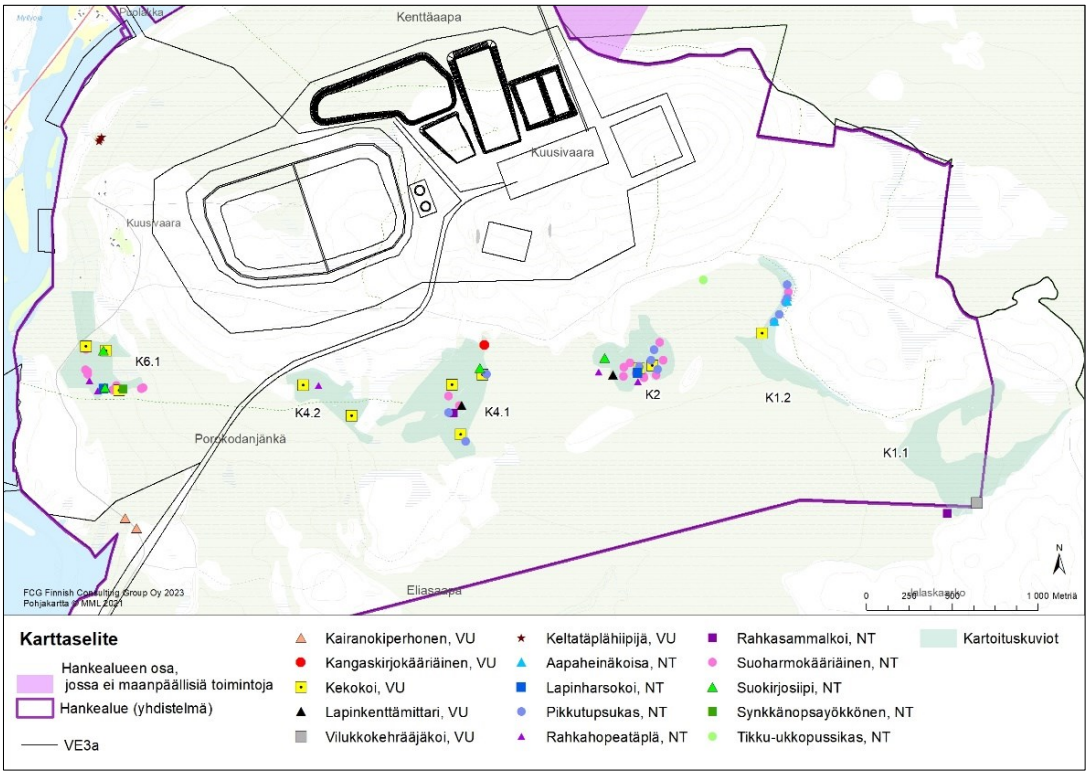
Kuva 21-15 Tehdasalue vaihtoehdossa VE1b, tarvekivilouhoksen ja vinotunneleiden yhteisvaikutus pohjavedenpinnan alenemiin (Lähde: Itasca Denver Inc. 2023, paikkatietoaineisto).



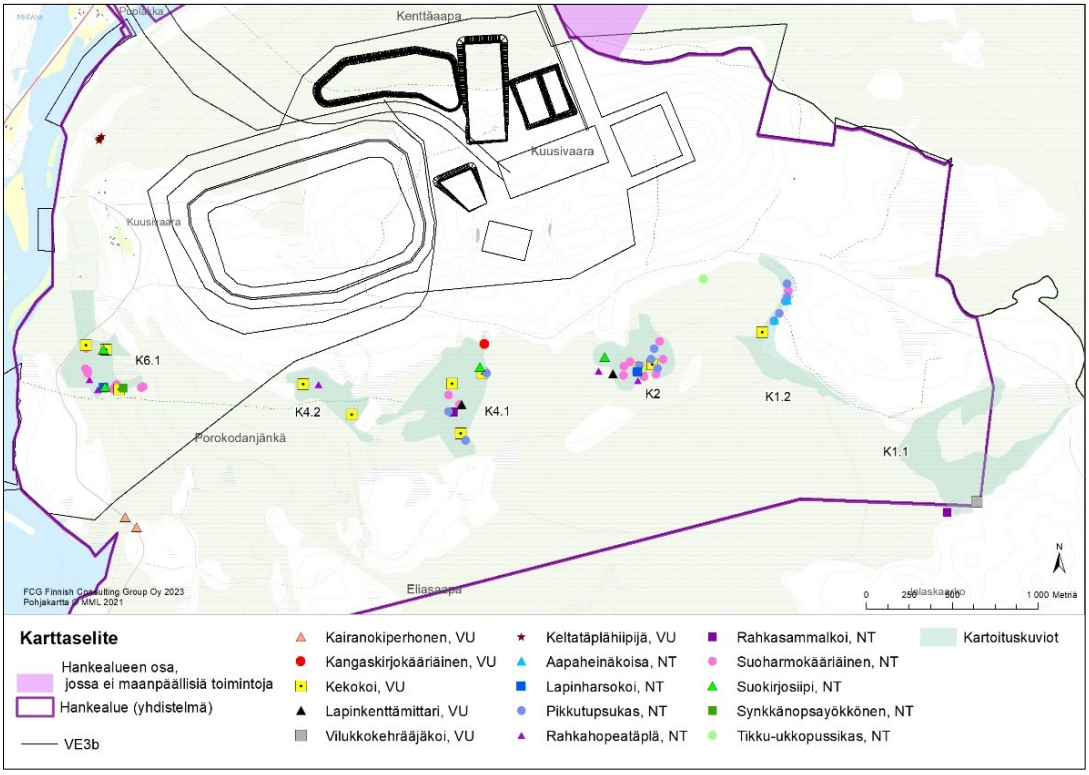
Kuva 21-16 Tehdasalue vaihtoehdossa VE2a.



Kuva 21-17 Tehdasalue vaihtoehdossa VE2b.



Kuva 21-18 Tehdasalue vaihtoehdossa VE3a.



Kuva 21-19 Tehdasalue vaihtoehdossa VE3b.

Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b Kuusivaaran eteläpuolen suokuviot K2 ja K4.1, joilla on erityisesti monipuolinen suoperhoslajisto, menetetään pääosin rakentaminen takia, mutta myös mahdollisesti suolla tapahtuvien hydrologisten muutosten takia, jotka muodostuvat tehdasrakenteista (Kuva 21-14 – Kuva 21-17). Tehdasrakenteet vaikuttavat kuivattavasti Kuusivaaran eteläpuolen soiden suuntaan, koska luonnontilainen pintavaluntatilanne muuttuu. Tämä muuttaa Kuusivaaran eteläpuolen suon kasvillisuutta. Kasvillisuusmuutos vaikuttaa suoperhoslajistoon ja se tulee muuttumaan. Näiltä kuviolta (K2 ja K4.1) on todettu sekä uhanalaista että silmälläpidettävää lajistoa. Samoin menetetään vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b suokuviot K1.2 ja K4.2, joilla on varsin merkittävää suoperhoslajistoa. Suurimmat haittavaikutukset suoperhoslajistoon muodostuvat vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b (Kuva 21-16 ja Kuva 21-17). Tällöin menetetään suoympäristöä Kuusivaaran kaakkoispuolella Eliasaavalla ja Porokodanjängän koillisosalla (K1.2 ja K4.2), missä viihtyvät uhanalaiset kangaskirjokääriäinen, lapinkenttämittari ja kekokoi sekä seitsemän silmälläpidettävää lajia. Vaikutuksen merkittävyys uhanalaisille ja huomionarvoisille suoperhosille on **suuri kielteinen** vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b (Taulukko 21-9).

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b ei muodostu suoria vaikutuksia uhanalaiseen ja huomionarvoiseen perhoslajistoon, koska rakentaminen tapahtuu Kuusivaaran pohjoispuolella (Kuva 21-18 ja Kuva 21-19).

Silmälläpidettävän (NT) käpäläsulkasen elinympäristöä häviää Kuusivaaralla kaikissa vaihtoehdoissa. Lajiin kohdistuvan vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen** tai **kohtalainen**.

Taulukko 21-9 Suorat ja epäsuorat vaikutukset suoperhoslajistoon Kuusivaaran eteläpuolen tutkituilla suokuvioilla. (Merkinnät: VU= vaarantunut, NT = silmälläpidettävä).

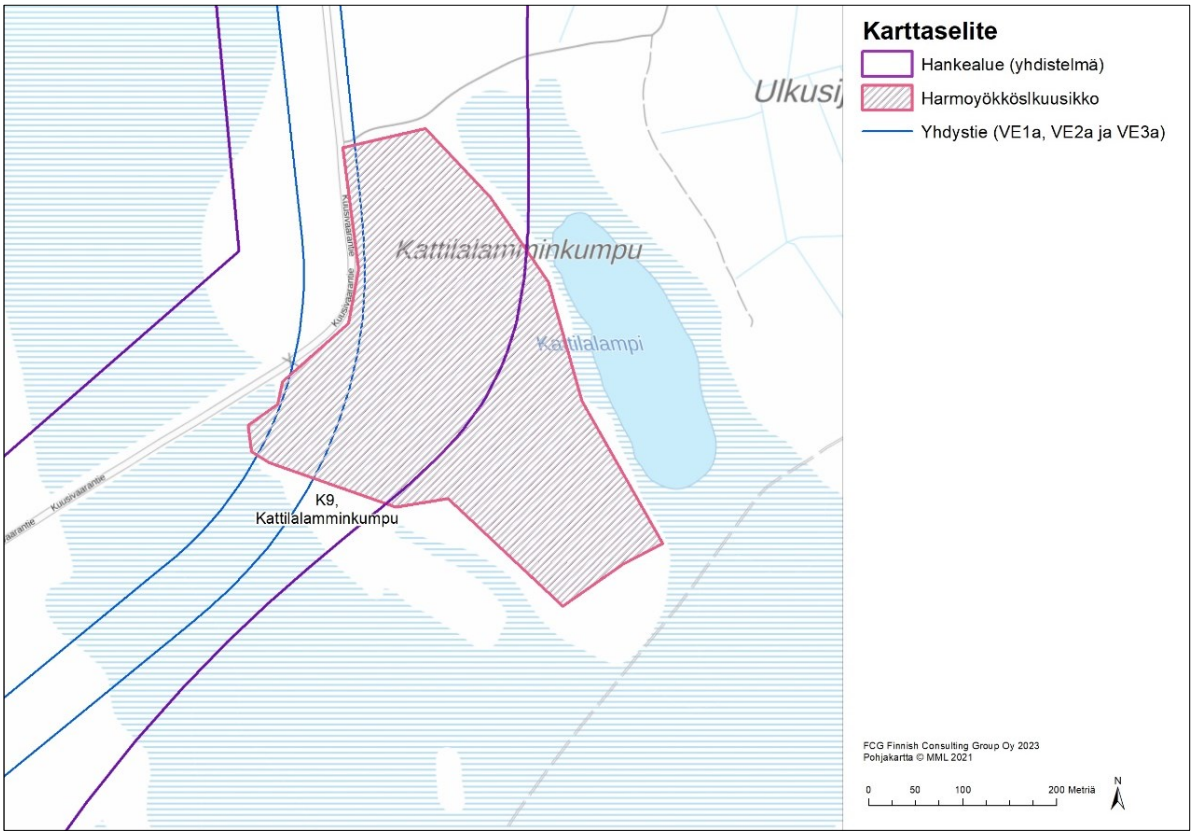
Vaihtoehto	Suora vaikutus, elinympäristö häviää rakentamisen takia	Epäsuora heikentävä vaikutus, suon ominaispiirteet muuttuvat hydrologisten syiden takia
VE1a/VE1b	kangaskirjokääriäinen, VU	kekokoi, VU
	kekokoi, VU	lapinharsokoi, NT
	pikkutupsukas, NT	lapinkenttämittari, VU
	rahkahopeatäplä, NT	pikkutupsukas, NT
	suoharmokääriäinen, NT	rahkahopeatäplä, NT
	suokirjosiipi, NT	suoharmokääriäinen, NT
	tikku-ukkopussikas, NT	suokirjosiipi, NT
VE2a	aapaheinäkoisa, NT	kekokoi, VU
	kangaskirjokääriäinen, VU	lapinharsokoi, NT
	kekokoi, VU	lapinkenttämittari, VU
	lapinkenttämittari, VU	pikkutupsukas, NT
	pikkutupsukas, NT	rahkahopeatäplä, NT
	rahkahopeatäplä, NT	suoharmokääriäinen, NT
	rahkasammalkoi, NT	suokirjosiipi, NT
	suoharmokääriäinen, NT	
	suokirjosiipi, NT	
	tikku-ukkopussikas, NT	
VE2b	aapaheinäkoisa, NT	kekokoi, VU
	kangaskirjokääriäinen, VU	lapinharsokoi, NT
	kekokoi, VU	lapinkenttämittari, VU
	lapinkenttämittari, VU	pikkutupsukas, NT

Vaihtoehto	Suora vaikutus, elinympäristö häviää rakentamisen takia	Epäsuora heikentävä vaikutus, suon ominaispiirteet muuttuvat hydrologisten syiden takia
	pikkutupsukas, NT	rahkahopeatäplä, NT
	rahkahopeatäplä, NT	suoharmokääriäinen, NT
	rahkasammalkoi, NT	suokirjosiipi, NT
	suoharmokääriäinen, NT	
	suokirjosiipi, NT	
	tikku-ukkopussikas, NT	
VE3a/VE3b	Ei suoria vaikutuksia, rakentaminen tapahtuu Kuusivaaran pohjoispuolella.	kangaskirjokääriäinen, VU
		lapinkenttämittari, VU
		kekokoi, VU
		rahkahopeatäplä, NT
		rahkasammalkoi, NT
		suoharmokääriäinen, NT
		pikkutupsukas, NT
		suokirjosiipi, NT

Silmälläpidettävän käpäläsulkasen elinympäristöä häviää Kuusivaaralla kaikissa vaihtoehdoissa. Vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen** tai **kohtalainen**.

Kuusivaaran harmoyökkösmetsäkohteille (kuviot K1.1 ja K1.2) vaikutuksia ei muodostu. Kattilalamminkummun K9.1 kuusikon kautta on suunniteltu yhdystie vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a (Kuva 21-20). Harmoyökkösille (vaarantunut vaaleaharmoyökkönen ja silmälläpidettävä nuoliharmoyökkönen) sekä uhanalaisille metsäpohjan- ja sahaneulasmittarille (molemmat VU) sopivan metsän pinta-ala on noin 11 hehtaaria ja lajeille sopivaa elinympäristöä menetetään tien rakentaminen takia noin 0,7 hehtaaria. Lisäksi tiestä muodostuva reunavaikutus[1] hieman laajenee nykyisestä kuusimetsän lounasosalla. Reunavaikutus voi myös pienentää lajeille sopivaa elinympäristöä. Kuusikko rajautuu nykyisin tiehen ja Kattilalampeen. Vaikutusten merkittävyys on **vähäinen** (Taulukko 21-10).

[1] Reunavaikutuksella tarkoitetaan kahden habitaatin välistä, yleensä kasvillisuuden rakenteen perusteella erotettavaa raja- tai vaihettumisvyöhykettä. Hakkuuaukko, tie, vesistö ym. aukea vaikuttaa metsän reunan pienilmasto-oloihin. Reunaosalla pienilmasto-olot ovat erilaiset kuin metsän sisällä. Reunavaikutus ulottuu yleensä 10–50 metriä aukon reunasta metsän puolelle ja se vaikuttaa heikentävästi etenkin lajistoihin, jotka suosivat metsän sisäosia.



Kuva 21-20 Vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a yhdystie pirstoo harmoyökkösille (vaaleaharmoyökkönen ja nuoliharmoyökkönen) sopivaa kuusikkoa (K9, Kattilalamminkumpu).

Suoympäristön tavanomaisessa hyönteislajistossa tapahtuu myös muutoksia, kun kaivokseen liittyviä rakenteita rakennetaan suolle. Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b rakentaminen hävittää Porokodanjängän ja Eliasaavan pohjoisosan suoluontoa laajasti. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b arviolta noin 165 hehtaaria suoympäristöä muuttuu rakennetuksi, suokasvillisuus muuttuu suon hydrologisten muutosten takia vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b noin 190–200 hehtaarin alueella. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b menetetään tai muuttuu noin 90 hehtaaria suoympäristöä Kenttäaavan eteläosalla tehdasalueen rakentamisen takia. Lisäksi Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjavesivaikutus vaihtoehdoilla VE1a ja VE1b on voimakkainta juuri Kenttäaavalla, jolla pohjavedenpinnan alenemisen takia tapahtuu myös muutoksia suokasvillisuudessa ja sen eläimistössä. Vaikutusalue on noin 170 hehtaarin laajuinen.

Samoin eteläisen ja pohjoisen yhdystien, huoltotien ja hihnakuljettimen rakentamisessa (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b) menetetään suoluontotyyppejä. Menetettävillä alueilla on puustoisia rämeitä, erityyppistä lettoa ja lähdeympäristöjä, joilla voi olla merkittävää hyönteislajistoa (Albus Luontopalvelut Oy 2020a).

Hankkeen vaikutusalueella olevalle tavanomaiselle lajistolle vaikutuksen merkittävyys on vähintään **kohtalainen** vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b. Myös vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b merkittävyys on **kohtalainen**, vaikka menetettävä pinta-ala on pienempi kuin muissa vaihtoehdoissa,

mutta vaikutukset kohdistuvat laajasti lettoihin ja lähteikköihin, joilla voi olla merkittävä hyönteislajistoa. Vaikutusten merkittävyyttä ei varmuudella voida arvioida epävarmuuksien takia.

Taulukko 21-10 Rakentamisvaiheen vaikutusten merkittävyys eri vaihtoehdoilla suurpetoihin, lettokoihin, uhanalaisiin ja huomionarvoisiin suoperhosiin, käpäläsulkaseen, tavanomaiseen suohyönteislajistoon, lettosiemenkotiloon ja muuhun eläimistöön. (Merkinnät: DIR II = EU:n luontodirektiivin II-liite, EN = erittäin uhanalainen, NT= silmälläpidettävä).

Laji tai lajiryhmä	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Suurpedot	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen
Lettokoi (EN, erityisesti suojeltava laji)	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Tiedossa olevat uhanalaiset ja huomioarvoiset suoperhoslajit* Kuusivaaran eteläosalla	Kohtalainen	Kohtalainen	Suuri	Suuri	Kohtalainen	Kohtalainen
Käpäläsulkanen (NT)	Vähäinen Kohtalainen	Vähäinen Kohtalainen	Vähäinen Kohtalainen	Vähäinen Kohtalainen	Vähäinen Kohtalainen	Vähäinen Kohtalainen
Tavanominen suohyönteislajisto	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen
Lettosiemenkotilo (NT, DIR II)	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Muu eläimistö	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen

**= kekokoi (VU), kangaskirjokääriäinen (VU), lapinkenttämittari (VU), aapaheinäkoisa (NT), lapinharsokoi (NT), pikkutupsukas (NT), rahkahopeatäplä (NT), suoharmokääriäinen (NT), rahkasammalkoi (NT), suokirjosiipi (NT) ja tikku-ukkopussikas (NT).*

21.4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Jättisukeltaja, lepakot, kirjojokikorento ja saukko

Arviointi ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

Viitasammakko

Arviointi ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

Suurpedot

Arviointi ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

Hyönteiset, perhoset ja kovakuoriaiset

Lettokoin esiintymä on Porokodanjängän itäosan sarakorpijuotissa, joka rajautuu lettorämeeseen. Lajin ravintokasvi on pohjanruttojuuri, ja sen menestyminen korvessa vaikuttaa lettokoin olemassaoloon. Muutokset suoveden määrään, virtauksiin, ja ravinnepitoisuuksiin esiintymän yläpuoliselle valuma-alueelle vaikuttavat pohjanruttojuureen ja sitä kautta lettokoin paikallispopulaatioon. Lajin esiintymä on Porokodanjängän valuma-alueella. Vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b

tehdasalue sijoittuu Porokodanjängän valuma-alueelle, johon ulottuvat myös Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjavesivaikutukset. Pohjavesivaikutusalue ei ulotu Porokodanjängän itäosalle, missä on lettokoin esiintymä.

Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b tehdasalue sijoittuu Porokodanjängän länsiosalle, josta pintavedet virtaavat Junttilan Palokummun pohjoispuolelta Kitiseen vaikuttamatta korpijuotin ekologisiin oloihin. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b tehdasalue sijoittuu lettokoin esiintymäkorven valuma-alueelle, joka on varsin pienialainen osavaluma-alue. Näillä vaihtoehdoilla (VE2a ja VE2b) korpeen tuleva valuma-vesimäärä tulee vähenemään. Valuma-alue pienenee noin 10 %. Lisäksi vaihtoehdoissa ylijäämävesien purkuputki sijoittuu korven valuma-alueelle. Putkilinjan takia suolle kaivetaan kaivanto, joka peitetään putken asentamisen jälkeen. Putkilinja katkaisee turveyhteyden suolla. Lisäksi putkilinja-rakenne voi ohjata vesiä poispäin korvesta ja kuivattaa sitä. Putken rakentaminen ja valuma-alueen muutos heikentää korven vesitaloutta ja se voi heijastua lettokoin ruokakasvin runsauteen, ja sitä kautta pienentää lettokoin populaatiokokoa. Myös vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b ylijäämävesien purkuputkilinjan rakentaminen voi vaikuttaa korven vesitaseeseen. Purkuputken kuivattavaa vaikutusta voidaan välttää jossain määrin teknisin toimin. Näitä toimenpiteitä ovat esimerkiksi putkilinjan pituussuunnassa pohjaveden virtauskanavina toimivien, hyvin vettä johtavien rakennekerrosten katkaiseminen säännöllisin välimatkoin erityisillä katkaisurakenteilla (savi, tiivis turve).

Vaihtoehdossa VE3a ja VE3b ylijäämävesien purkuputkilinja ei sijoitu korven valuma-alueelle, jolloin vaikutuksia ei muodostu. Vaikutuksen merkittävyys on **kohtalainen kielteinen** vaihtoehdoilla VE1b, VE1b, VE2a ja VE2b huomioiden haitan mahdollisen lieventämisen teknisillä toimenpiteillä. Pitkällä aikavälillä merkittävyys voi olla suuri. Arviointiin liittyy epävarmuutta

Korpeen ei päädy haitallisia yhdisteitä pintavalunnan mukana, koska tehdasalueella muodostuvat hulevedet kerätään ja johdetaan ylijäämävesien mukana puhdistettuna Kitiseen. Yhdystien rakentaminen vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a ei muuta korven vesi- ja virtaamisolosuhteita, koska yhdystie ei sijoitu korven valuma-alueelle.

Viiankiaavalla tavattavat silmälläpidettävä (NT) lettosiemenkotilo ja lapinpallosimpukka säilyvät kaikissa vaihtoehdoissa. Toiminnan aikaiset pohjavedenpinnan alenemavaikutukset ulottuvat vain Kärväslammen ympäristöön ja ne ovat korkeintaan 0,3 metriä. Alenemavaikutukset eivät muuta lettosiemenkotilon ja lapinpallosimpukan elinympäristöä, koska siihen vaikuttaa enemmän pintavedet kuin pohjavedet. Molemmat lettosiemenkotilon esiintymät ovat luhtaletolla, kuten myös lapinpallosimpukan esiintymä.

Sakatin kaivoksen valaistus muuttaa kaivosalueen ympäristön luonnonvalaistusta keinotekoiseksi. Keinotekoisen valon tiedetään vaikuttavan eläimistöön, mm. yökkösiin ja pölyttäjiin. Pääosa kasvien pölyttäjistä lentää valoisaan aikaan, mutta osa pölyttäjistä, kuten osa kovakuoriaista, yöperhosista sekä myös kärpäsistä, sääskistä, luteista ja pistiäisistä, lentää hämärässä ja yöllä. Sakatin kaivoksen keinovalo ei vaikuta eläimistöön kesä-heinäkuussa, kun Lapissa on valoisaa ympäri vuorokauden, mutta jo elokuussa tilanne on toinen. Keinovalo vaikuttaa sekä yöpölyttäjien lajimäärään, että aktiivisuuteen (Perkin ym. 2013, Owens & Lewis 2018). Keinovalaistus voi aiheuttaa myös hyönteisille suuntaantumisvaikeuksia ja yöhyönteiset saattavat lentää kaivoksen tehdasalueelle lajille sopimattomaan elinympäristöön, josta ne eivät pääse palamaan ennen aamua tai joutuvat saalistuksen

uhriksi seuraavana päivänä (Owens & Lewis 2018). Tutkimuksissa on todettu, että noin 30–40 % katulamppuja lähestyvistä hyönteisistä kuolee (mm. Eisenbeis 2006). Keinovalo muuttaa hyönteislajistoa tehdasalueen reunavyöhykkeellä ja osin vaikutukset heijastuvat kaivosalueeseen rajautuville luontotyypeille, kun pölytys vähenee. Vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen** tavanomaiseen hyönteislajistoon.

Keinovalo ei heikennä lettokoin elinympäristöä millään vaihtoehdolla, koska tehdasalue on lähimmilläänkin vaihtoehdolla VE2a noin 490 metrin päässä lettokoin elinympäristöstä.

Muu eläimistö

Arviointi ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

Vaikutusten merkittävyys

Toiminnanaikaisten vaikutusten merkittävyys eri vaihtoehdoilla on esitetty alla (Taulukko 21-11).

Taulukko 21-11 Toiminnanaikaisten vaikutusten merkittävyys eri vaihtoehdoilla suurpetoihin, lettokoihin, uhanalaiseen ja huomionarvoisiin suoperhosiin, käpäläsulkaseen, tavanomaiseen suohyöneislajistoon, lettosiemenkotiloon ja muuhun eläimistöön. (Merkinnät: DIR II = EU:n luontodirektiivin II-liite, EN = erittäin uhanalainen, NT= silmälläpidettävä).

Laji tai lajiryhmä	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Suurpedot	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen
Lettokoi (EN, erityisesti suojeltava laji)	Kohtalainen/ (suuri pitkällä aikavälillä)	Kohtalainen/ (suuri pitkällä aikavälillä)	Kohtalainen/ (suuri pitkällä aikavälillä)	Kohtalainen/ (suuri pitkällä aikavälillä)	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Tiedossa olevien uhanalaisten ja huomionarvoisten suoperhoslajit (*) Kuusivaaran eteläosalla.	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Käpäläsulkanen (NT)	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Tavanominen suohyönteislajisto	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Kohtalainen	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Lettosiemenkotilo (NT, DIR II)	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Muu eläimistö	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen	Vähäinen

**= kekokoi (VU), kangaskirjokääriäinen (VU), lapinkenttämittari (VU), aapaheinäkoisa (NT), lapinharsokoi (NT), pikkutupsukas (NT), rahkahopeatäplä (NT), suoharmokääriäinen (NT), rahkasammalkoi (NT), suokirjosiipi (NT) ja tikku-ukkopussikas (NT).*

21.4.5 Sulkemisen aikaiset vaikutukset

Arviointitulos ei muutu aiemmasta uusien mallinnusten ja selvityksien myötä.

21.5 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Kaivostoiminnasta aiheutuvaan pohjavesialenemaan voidaan vaikuttaa rajoittamalla kaivokseen tulevaa vesimäärää ja keskeisin keino tähän on kalliotilan tiivistäminen käyttämällä esi- ja jälki-injektointimenetelmiä. Tiivistämisen ohella vedentuloa kaivostiloihin voidaan vähentää tukemalla kalliotiloja. Tuennalla pyritään ehkäisemään kallion muodonmuutosta kuten sortumia ja uusien rakojen syntymistä. Kalliotuennalla voidaan siten epäsuorasti vähentää uusien vettä johtavien rakenteiden syntyä ja kalliotiloihin tulevan veden määrää. Lisäksi avoimet louhostilat pyritään täyttämään mahdollisimman nopeasti, jotta kallioperässä ei ennättäisi tapahtua avonaisesta tilasta johtuvia merkittäviä muodonmuutoksia. Uutena lievennystoimenpiteenä (välttämistoimenpide) esitetty NE-satelliittiesiintymän louhimatta jättäminen vaikuttaa pohjavedenpinnan alenemia pienentävästi erityisesti Viiankiaavan alueella. Tällä ei ole merkittävää vaikutusta edellä esitettyihin arvioihin.

Valosaastetta voidaan lieventää valosuunnittelulla ja istuttamalla puustoa. Korkea puusto ja muu kasvillisuus voi varjostuksellaan estää valon pääsyä taivaalle tai muihin kohteisiin, joissa valoa ei tarvita.

Ylijäämävesien purkuputken vaikutuksia lettokoin korven vesitaseeseen voidaan lieventää siten, että putkikaivanto ei ohjaisi vesiä poispäin korvesta vaihtoehdoilla VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b.

Kattilalamminkummun K9.1 kuusikon kohdalla yhdystien tarkemmassa suunnittelussa voidaan vähentää huomionarvoisiin hyönteisiin (vaarantuneet metsäpohjanmittari (VU), sahaneulasmittari (VU), vaaleaharmoyökkönen (VU) ja silmälläpidettävä nuoliharmoyökkönen (NT)) kohdistuvaa haittaa.

Mikäli hankevaihtoehdot VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a tai VE3b valitaan toteutukseen, eläimistöön kohdistuvia vaikutuksia on mahdollista lieventää mm. Kuusivaaran alueelle sijoittuvan tarvekivilouhoksen suunnittelulla.

21.6 Yhteenveto vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä

Eläimistöön kohdistuvista vaikutuksista merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat viitasammakkoon sekä Kuusivaaran eteläpuolen suoympäristön suohyönteislajistoon. Muihin suojeltaviin ja huomionarvoisiin lajeihin vaikutukset ovat vähäisiä tai vaikutuksia ei muodostu.

Viitasammakolla on useita lisääntymis- ja levähdyspaikkoja hankealueella. Hankevaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b kielteisten vaikutusten merkittävyys on **suuri**, koska rakentamisen takia menetetään lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkoja Kuusivaaran eteläpuolella. Toiminnan aikainen pöly- ja meluhaitta ulottuu vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b osalle lisääntymis- ja levähdyspaikkoja. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b ei suoria vaikutuksia lajin lisääntymis- ja levähdyspaikoille muodostu, mutta rakentamisen aikainen melu ulottuu yhdelle lisääntymis- ja levähdyspaikalle. Vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen**. Vaihtoehtojen VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b osalta joudutaan hakemaan poikkeusta lajin suojelusta, ellei haitallisia vaikutuksia pystytä muilla keinoille vähentämään. Eteläisen yhdystien ja ylijäämävesien purkuputken rakentaminen voi heikentää lajin kutupaikkoja vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a. Heikennys voidaan välttää jatkosuunnittelussa.

Jättisujeltajaan ei kohdistu vaikutuksia rakentamisvaiheessa tai toiminnan aikana.

Lepakoihin ei missään vaihtoehdossa kohdistu vaikutuksia, koska lepakoita ei ole todettu hankealueella tai sen läheisyydessä.

Kirjojokikorennon reviiri on suunnitellun Kelujoen sillalta yläjuoksun puolella noin 560 metrin päässä koilliseen. Sillan rakentamisvaiheessa haitallisia samentumisvaikutuksia ei kohdistu lajireviirille vaihtoehdoissa VE1a, VE2a ja VE3a. Siltarakenteet eivät muuta Kelujoessa virtaamia, ja pysyviä vaikutuksia lajille ei muodostu.

Saukon talvireviirit ja lisääntymispaikat sijaitsevat Matarakosken voimalaitoksen alapuolella ja Tiukuojalla, joihin toimintoja ei ole suunniteltu. Kelujoki on saukolle ruokailualuetta. Kelujoen ylittävä silta ei estä lajin liikkumista jokivarressa. Saukko voi rakentamisvaiheessa vältellä meluisia alueita. Vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen kielteinen** kaikissa vaihtoehdoissa.

Hankealue ja sen lähialue ei ole suurpetojen keskeistä lisääntymisaluetta. Kaivoksen rakentaminen pirstoo suurpetojen saalistusaluetta kaikissa vaihtoehdoissa. Rakentamisvaiheessa melun ja häiriön takia suurpedot tulevat välttämään hankealuetta. Vaikutuksen merkittävyys lajeille on vähäinen kielteinen kaikissa vaihtoehdoissa.

Pääosa merkittävästä ja suojeltavasta hyönteislajistosta keskittyy Viiankiaavalle sekä Ruosteojan ympäristöön (Natura-alueella) sekä Kärväsniemeen, joihin rakentamistoimet eivät ulotu missään vaihtoehdossa.

Kuusivaaran eteläpuolen suoympäristön suohyönteislajistossa tapahtuu muutoksia, kun kaivoksen tehdasalue rakennetaan tälle suoalueelle. Kuusivaaran eteläpuolella menetetään vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b suoympäristöä, missä elää uhanalaista ja huomionarvoista lajistoa. Vaikutukset kohdistuvat uhanalaisiin kekokoihin, lapinkenttämittariin ja kangaskirjokääriäiseen. Vaikutuksen merkittävyys on **suuri kielteinen**. Vaikutukset kohdistuvat seuraaviin lajeihin: kekokoi (VU), kangaskirjokääriäinen (VU), lapinkenttämittari (VU), aapaheinäkoisa (NT), lapinharsokoi (NT), pikkutupsukas (NT), rahkahopeatäplä (NT), suoharmokääriäinen (NT), rahkasammalkoi (NT), suokirjosiipi (NT), käpäläsulkanen (NT) ja tikku-ukkopussikas (NT).

Silmälläpidettävän käpäläsulkasen elinympäristöä häviää Kuusivaaralla kaikissa vaihtoehdoissa. Lajiin kohdistuvan vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen** tai **kohtalainen kielteinen**.

Poronkodanpalon korpijuotissa elää erityisesti suojeltava ja uhanalainen lettokoi. Korpi jää kaikissa vaihtoehdoissa rakentamisen ulkopuolelle, mutta vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b tehdasalue on korven valuma-alueella ja näillä vaihtoehdoilla lajiin kohdistuu vaikutuksia, kun korpeen tuleva valuma-vesimäärä vähenee. Myös ylijäämävesien purkuputken rakentaminen vaikuttaa korven vesitalouteen vaihtoehdoilla VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b. Vesitaloudessa tapahtuva muutos vaikuttaa lettokoin ruokakasvin runsauteen, ja sitä kautta pienentää lettokoin populaatiokokoa. Vaikutuksen merkittävyys on **kohtalainen kielteinen** ja pitkällä aikavälillä voi olla jopa **suuri** ilman lievennystoimia. Kaivoksen keinovalo ei heikennä lettokoin elinympäristöä millään vaihtoehdolla. Vaihtoehtojen VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b osalta mahdollisesti joudutaan hakemaan poikkeusta lajin suojelusta.

Eteläinen yhdystie vaihtoehdoilla VE1a, VE2a ja VE3a pirstoo vähäisesti Kattilalamminkummun K9.1 kuusikkoa, josta on todettu uhanalaiset metsäpohjanmittari, sahaneulasmittari, vaaleaharmoyökkönen ja silmälläpidettävä nuoliharmoyökkönen. Lajeille sopivaa elinympäristöä häviää noin 6 %. Haittavaikutuksen merkittävyys on **vähäinen**.

Suoympäristön hyönteislajistossa tapahtuu muutoksia, kun kaivokseen liittyviä rakenteita rakennetaan suolle. Hankkeen vaikutusalueella olevalle tavanomaiselle lajistolle vaikutuksen merkittävyys on vähintään **kohtalainen** vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b. Myös vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b merkittävyys on **kohtalainen**, vaikka menetettävä pinta-ala on pienempi kuin muissa vaihtoehdoissa, mutta vaikutukset kohdistuvat laajasti lettoihin ja lähteikköihin, joilla voi olla merkittävää hyönteislajistoa.

Viiankiaavalla tavattavat lettosiemenkotilon ja lapinpallosimpukan elinympäristöt säilyvät kaikissa vaihtoehdoissa ja epäsuoria vaikutuksia ei kohdistu lajien elinalueelle.

Sakatin kaivoksen valaisu vaikuttaa eläimistöön mm. yökkösiin ja pölyttäjiin. Keinovalo muuttaa hyönteislajistoa tehdasalueen reunavyöhykkeellä ja osin vaikutukset heijastuvat kaivosalueeseen rajautuville luontotyypeille, kun pölytys vähenee. Vaikutuksen merkittävyys on **vähäinen** tavanomaiseen hyönteislajistoon.

Kaivoksen toiminnan aikaiset vaikutukset muuhun eläimistöön ovat vähäisiä. Suurin osa nisäkkäistä tulee välttämään kaivosaluetta. Myös liikennekuolemien riski eläimillä kasvaa. Haittojen merkittävyys on **vähäinen kielteinen**.

22 Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
22.2 Luontoarvojen turvaaminen	Päivitetty ja huomioitu uuden luonnonsuojelulain voimaantulo (uudessa laissa on luontodirektiivin liitteen II, IV ja lintudirektiivin liitteen I lajien suojelua tiukennettu ja lakiin on sisällytetty vapaaehtoinen ekologinen kompensaatio). Mahdolliset poikkeamiset suojelusäännöksistä tullaan hakemaan uuden lainsäädännön pykälien perusteella. Uusi luonnonsuojelulaki astuu voimaan 1.6.2023 (LSL 9/2023).	-
22.3 Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen	Arvioinnissa on huomioitu uusi pohjaveden virtausmallinnus ja Kuusivaaran tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnus sekä kaivoksen vesitasemallinnus. Lisäksi arvioinnissa on huomioitu päivitetty Natura-arviointi ja selvitys tulppaushankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura-alueeseen.	Vaikutusarvioinnit pitkälti nojautuvat pohjavesimallinnuksen tuloksiin. Pohjavesimallinnukseen ja vesitasemallinnukseen liittyvät puutteet aiheuttavat merkittävän epävarmuuden, joka heijastuu edelleen muihin tarkasteluihin, joissa käytetään näiden tarkastelujen tuloksia lähtötietoina. Virhelähteet ja epävarmuus heijastuvat mm. pohjavesivaikutusten arviointeihin. Yhteysviranomaisen mukaan Kuusivaaran tehdasalueen rakentamisen, tarvekivilouhoksen sijainnin ja otettavan tarvekiven määrän vaikutukset Kuusivaaran alueella muodostuvaan, varastoituvaan ja purkautuvaan pohjaveden määrään ja laatuun tulee arvioida.

22.1 Johdanto

Lukuun ei ole tullut muutosta.

22.2 Luontoarvojen turvaaminen

Suomessa luontoarvojen säilyttämisen keskeiset mekanismit sisältyvät luonnonsuojelulain (LSL (20.12.1996/1096, uusi laki 9/2023) mukaiseen sääntelyyn. Muita keskeisiä luonnon monimuotoisuutta turvaavia lakeja ovat vesilaki (VesiL 587/2011) ja metsälaki (MetsäL 1093/1996) sekä maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL 132/1999). Tämän lisäksi Suomessa luontoarvojen säilyttämisen kannalta olennaisia säännöksiä sisältyy luonnonvaraoikeudelliseen sääntelyyn; maa-aineslaki (MaL 555/1981) ja koskiensuojelulaki (35/1987). Euroopan unionin luonto- (92/43/ETY) ja lintudirektiivin (79/409/ETY) säännökset on huomioitu sekä vanhassa että uudessa luonnonsuojelulaissa.

Viiankiaavan ympäristössä etenkin suoluonnon monimuotoisuutta turvaamaan on perustettu Viiankiaavan Natura 2000 -alue, Viiankiaavan soidensuojelualue (SSO120565) sekä neljä yksityistä luonnonsuojelualuetta. Hankevaihtoehdosta riippuen hankkeen jatkosuunnittelu saattaa edellyttää yhden yksityisen luonnonsuojelualueen rauhoitusmääräyksistä poikkeamista tai suojelualueen rauhoituksen osittaista purkamista luonnonsuojelulain (9/2023) 54 §:n mukaisesti. Hankealueella esiintyvää lajistoa koskevat useat eri suojelustatukset. Jokaisen hankevaihtoehdon osalta tulee tarkemmassa jatkosuunnittelussa tarkasteltavaksi luonnonsuojelulain erityisesti suojeltavan lajin esiintymispaikan heikentämiskiellosta poikkeaminen, lajin rauhoitussäännöksistä poikkeaminen sekä luontodirektiivin lajin kasvupaikan tai lisääntymis- ja levähdyspaikan tuhoamisesta tai osittaisesta heikentämiskiellosta poikkeaminen. (Taulukko 22-1)

Taulukko 22-1 Luontoarvojen turvaaminen Suomessa ja sen yhteys hankkeeseen ja hankkeen lähialueelle.

Suojeluohjelma, laki tai ohjelma			**Toteutus hankealueella ja sen lähiympäristössä**
Soidensuojeluohjelma (SSO)	Valtakunnallisesti merkittävien luonnonarvojen turvaamiseksi voidaan laatia luonnonsuojeluohjelmia, joilla alueita varataan luonnonsuojelutarkoituksiin.	Perustamista ohjaa luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023)	Viiankiaavan soidensuojelualue (SSO120565)
Luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 43–47 § (LSL 1996/1096) 10 § ja 24 § Luonnonsuojelualueen perustaminen	Luonnonsuojelualueen perustamisen yleisenä edellytyksenä on mm., että alueella on uhanalainen eliölaji, eliöyhteisö tai ekosysteemi, alueella on tiukkaa suojelua vaativan eläinlajin yksilön lisääntymis- ja levähdyspaikkoja tai alueella on erikoinen luonnonmuodostuma, luontotyypin tai eliölajin suojelutason takia.	Valtion maiden suojelualueet; kansallispuistot, luonnonpuistot ja muut luonnonsuojelualueet. Yksityiset suojelualueet (YSA)	Viiankiaavan soidensuojelualue (SSO120565) Ylitalon, Viiankiaavan, Suojelu-Mäkitalon ja Uusitalon luonnonsuojelualueet
EU:n luontodirektiivi			
Liite I	Yhteisön erityisen tärkeinä pitämät luontotyypit eli sellaiset ympäristöt, joiden suojelemiseksi on perustettava erillinen suojelualue.		Viiankiaapa Natura-alue (SAC). Suojeluperusteena 13 luontotyyppiä.

Suojeluohjelma, laki tai ohjelma			Toteutus hankealueella ja sen lähiympäristössä
Liite II	Liitteen II lajit, **luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 79 §** Euroopan unionin tärkeinä pitämien eliölajien esiintymispaikkojen suojelu	Yhteisön tärkeinä pitämät eläin- ja kasvilajit, alalajit tai lajiryhmät, joiden suojelemiseksi on osoitettava erityisten suojelutoimien alueita (SAC) (Natura 2000 -alueverkosto). Alueellinen ELY-keskus voi päättää suojella luontodirektiivin liitteessä II mainitun eliölajin suotuisan suojelutason saavuttamisen tai säilyttämisen kannalta merkittävän esiintymispaikan. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (LSL 83 §, LSL 9/2023)	Viiankiaavan Natura-alue (SAC/SPA). Suojeluperusteena lajit: kiiltosirppisammal lettorikko, lapinsirppisammal, isonuijasammal ja lapinleinikki. Lisäksi kaikki ne liitteen II lajien merkittävät esiintymät, jotka ovat Natura-alueen ulkopuolella.
Liite IV (a) Eläinlajit	Liitteen IV (a) lajit, **luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 78 §, (1096/1996) 49 §** Euroopan unionin tiukkaa suojelua edellyttävien eliölajien lisääntymis- ja levähdyspaikkojen suojelu	Liitteen IV(a) eläinlajien lisääntymis- ja levähdyspaikkojen heikennys- ja hävittämiskielto. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (LSL 83 §, LSL 9/2023)	Jättisukeltaja, kirjojokikorento, saukko ja viitasammakko sekä suurpedot (pl. susi)
Liite IV (b) Kasvilajit	Liitteen IV (b) lajit, **luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 78 §** Euroopan unionin tiukkaa suojelua edellyttävien eliölajien lisääntymis- ja levähdyspaikkojen suojelu	Liitteen IV (b) kasvilajeille edellytetään direktiivin 12 ja 13 artiklojen mukaisesti tiukkaa suojelua. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (LSL 83 §, LSL 9/2023)	Neidonkenkä, laaksoarho, lapinleinikki ja lettorikko. Lajien esiintymät, jotka ovat Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolella.
EU:n lintudirektiivi, liite I	Liitteen I lajit **luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 79 §** Euroopan unionin tärkeinä pitämien eliölajien esiintymispaikkojen suojelu	Yhteisön tärkeinä pitämät lajit, joiden suojelemiseksi on osoitettava erityissuojelualueita (SPA) (Natura 2000 -alueverkosto). Alueellinen ELY-keskus voi päättää suojella lintudirektiivin liitteessä I mainitun eliölajin suotuisan suojelutason saavuttamisen tai säilyttämisen kannalta merkittävän esiintymispaikan. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (LSL 83 §, LSL 9/2023)	Viiankiaavan Natura -alue (SAC/SPA). Suojeluperusteena 28 lintulajia. Lisäksi lintudirektiivin liitteessä I lajien merkittävät esiintymät, jotka ovat Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolella.
Luonnonsuojelulaki LSL 9/2023			

Suojeluohjelma, laki tai ohjelma			Toteutus hankealueella ja sen lähiympäristössä
Luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 64 § Suojellut luontotyypit	Luonnonsuojelulain luettelemat suojeltavat luontotyypit; luonnontilaiset hiekkarannat, jalopuumetsiköt, pähkinäpensaslehdot, tervaleppäkorvet, merenrantaniityt, lehdesniityt, kedot, rannikon metsäiset dyynit, sisämaan tulvametsät, meriajokaspohjat, suojaiset näkinpartaispohjat sekä kalkkikalliot.	Luonnonsuojelulain luontotyypit ovat suojeltuja sen jälkeen, kun alueellinen ELY-keskus on tehnyt siitä rajauspäätöksen ja saattanut sen maanomistajan tietoon.	Hankealueella tai sen läheisyydessä ei ole luonnonsuojelulain suojeltavia luontotyyppejä.
Luonnonsuojelulaki (20.12.1996/1096) 29 § Suojellut luontotyypit	Luonnonsuojelulain luettelemat suojeltavat luontotyypit; jalopuumetsiköt, pähkinäpensaslehdot, tervaleppäkorvet, luonnontilaiset hiekkarannat, merenrantaniityt, puuttomat tai luontaisesti vähäpuustoiset hiekkadyynit, katajakedot, lehdesniityt, sekä avointa maisemaa hallitsevat suuret yksittäiset puut ja puuryhmät.		
Luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 73 § Suurten petolintujen pesäpuiden suojelu		Maakotkan, merikotkan, kiljukotkan, pikkukiljukotkan tai sääksen pesäpuu, jossa oleva pesä on toistuvasti käytössä ja selvästi nähtävissä, on rauhoitettu. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (LSL 83 §, LSL 9/2023).	
Luonnonsuojelulaki (20.12.1996/1096) 39 § Rauhoitussäännökset		Rauhoitetun linnun pesäpuu, joka on asianmukaisesti merkitty, tai suuren petolinnun pesäpuu, on rauhoitettu.	
Luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 77 § Erityisesti suojeltavien eliölajien esiintymispaikkojen suojelu	Asetuksella voidaan säätää erityisesti suojeltavaksi lajiksi sellainen uhanalainen eliölaji, jonka häviämisuhka on ilmeinen.	Erityisesti suojeltavan lajin säilymiselle **tärkeän** esiintymispaikan hävittäminen tai heikentäminen on kielletty. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (LSL 83 §, LSL 9/2023).	Turjanhorsma (EN), kalkkilähdesammal (EN), isonuijasammal (EN), karhunlovisammal (EN) ja tupsurustojäkälä (CR). Esiintymät, jotka ovat Viiankiaavan Natura-alueen ulkopuolella.
Luonnonsuojelulaki (20.12.1996/1096) 47 § Lajien esiintymispaikkojen suojelu	Asetuksella voidaan säätää erityisesti suojeltavaksi lajiksi sellainen uhanalainen eliölaji, jonka häviämisuhka on ilmeinen.	Erityisesti suojeltavan lajin säilymiselle tärkeän esiintymispaikan hävittäminen tai heikentäminen on kielletty.	

Suojeluohjelma, laki tai ohjelma			Toteutus hankealueella ja sen lähiympäristössä
Luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 74 § Kasvilajien rauhoittaminen	Laji voidaan rauhoittaa asetuksella koko maassa tai jossakin osassa maata.	Rauhoitetun kasvin tai sen osan poimiminen, kerääminen, irti leikkaaminen, juurineen ottaminen tai hävittäminen on kielletty. Lajin rauhoitus ei estä rakentamista. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (LSL 83 §, LSL 9/2023).	Laaksoarho, neidonkenkä, lettorikko, lapinleinikki, isonuijasammal, kiiltosirppisammal, lapinkämmekkä ja soikkokaksikko.
Luonnonsuojelulaki (20.12.1996/1096) 42 § Kasvilajien rauhoittaminen	Laji voidaan rauhoittaa asetuksella koko maassa tai jossakin osassa maata.	Rauhoitetun kasvin tai sen osan poimiminen, kerääminen, irti leikkaaminen, juurineen ottaminen tai hävittäminen on kielletty. Lajin rauhoitus ei estä rakentamista.	
Luonnonsuojelulaki (LSL 9/2023) 11 luku Vapaaehtoinen ekologinen kompensaatio	Luonnonarvoja toiminnassaan heikentävä toimija voi hyvittää toiminnastaan luontotyypille tai eliölajin elinympäristölle aiheutuvan heikennyksen hyvittävillä toimenpiteillä tuotetuilla luonnonarvoilla tai suojeluhyvityksellä.	Hyvittävillä toimenpiteillä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla korvataan luontotyypille tai eliölajin elinympäristölle aiheutuva heikennys vähintään täysimääräisesti. Suojeluhyvityksellä tarkoitetaan uhanalaisen luontotyypin luonnontilaltaan edustavan esiintymän pysyvää suojelua.	AASM Oy on sitoutunut vapaaehtoiseen ekologiseen kompensaatioon. ks. YVA-selostuksen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) luku 22.4 *AA Sakatti Mining Oy:n sitoutuminen nettopositiiviseen vaikutukseen luonnon monimuotoisuuden osalta.*
Vesilaki 2 luku, 11 § Eräiden vesiluontotyyppien suojelu	Luonnontilainen enintään kymmenen hehtaarin kokoinen flada, kluuvijärvi, lähde, muualla kuin Lapin maakunnassa sijaitseva noro tai enintään yhden hehtaarin suuruinen lampi tai järvi.	Mainittujen luontotyyppien luonnontilan vaarantaminen on kielletty. Suojelusta voidaan poiketa luvalla (VesiL 11§).	Hankealueella tai sen läheisyydessä olevat lähteet.
Metsälaki 10 § Monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeät elinympäristöt	Lähteiden, purojen ja pysyvän vedenjuoksu-uoman muodostavien norojen sekä enintään 0,5 hehtaarin suuruisten lampien välittömät lähiympäristöt; rehevät korvet, aitokorvet, letot, rehevät lehtolaikut ja vähäpuustoiset suot, luonnontilaisten tai niiden kaltaisten soiden kangasmetsäsaarekkeet, vähintään kymmenen metriä syvät rotkot ja kurut sekä jyrkänteet ja niiden välittömät alusmetsät, hietikot, kalliot, kivikot ja louhikot.	Metsälakia sovelletaan metsän hoitamiseen ja käyttämiseen metsätalousmaaksi luettavilla alueilla. Lakia ei kuitenkaan sovelleta mm. luonnonsuojelualueilla tai valtion luonnonsuojelutarkoitukseen hankkimilla alueilla, kaavoissa suojelualueeksi osoitetulla alueilla, asemakaava-alueilla lukuun ottamatta maa- ja metsätalouteen osoitettuja alueita, yleiskaavan alueella lukuun ottamatta maa- ja metsätalouteen ja virkistyskäyttöön osoitettuja alueita.	Laajalle tarkastelualueelle sijoittuu lukuisia metsälain 10 §:n määritelmän mukaisia erityisen arvokkaita elinympäristöjä, etenkin vähäpuustoisten soiden, aitokorpien, rehevien korpien, lettojen sekä pienvesien välittömien lähiympäristöjen osalta.

Suojeluohjelma, laki tai ohjelma			Toteutus hankealueella ja sen lähiympäristössä
Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL)	5 §: Alueiden käytön suunnittelun tavoitteena on vuorovaikutteiseen suunnitteluun ja riittävään vaikutusten arviointiin perustuen edistää mm. luonnon monimuotoisuuden ja muiden luonnonarvojen säilymistä sekä ympäristönsuojelua ja ympäristöhaittojen ehkäisemistä.	Järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että luonnonsuojeluarvot huomioidaan riittävästi ja edistetään ekologisesti kestävää kehitystä.	Huomioitava alueelle laadittavassa yleiskaavassa ja yleissuunnitelmassa.
Suomen lajien uhanalaisuus Punainen kirja 2019	Lajien uhanalaisuus huomioidaan LSL:ssa (9/2023) ja LSA (14.2.1997/160) 21 §:ssä. LSL 76 § Uhanalaisten eliölajien huomioon ottaminen	Järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että uhanlaiset lajit voidaan huomioida riittävästi.	Huomioitava alueelle laadittavassa yleiskaavassa ja yleissuunnitelmassa. Viranomaiset huomioivat uhanalaiset lajit kaavoituksessa sekä lupaharkinnassa. Uhanalaisia on yhteensä 38 lajia, joiden esiintymät ovat Natura-alueen ulkopuolella. Linnut: 23 lajia Kasvit: 11 lajia Hyönteiset: Kymmenen lajia Nisäkkäät: Kolme lajia
Kansainväliset vastuulajit	Suomella katsotaan olevan kansainvälinen vastuu tiettyjen pohjoisten alkuperäislajien säilyttämisestä. Lainsäädännössä määriteltyä asemaa vastuulajeilla ei ole.	Vastuu merkitsee lähinnä sitä, että lajin seurantaa ja tutkimusta on tehostettava ja että lajin elinympäristö tulee ottaa huomioon maankäytön suunnittelussa.	Huomioitava alueelle laadittavassa yleiskaavassa ja yleissuunnitelmassa. Lajit, joiden esiintymät ovat Natura-alueen ulkopuolella. Linnut: 27 lajia Kasvit: Neljä lajia Hyönteiset: Kaksi lajia
Suomen luontotyyppien uhanalaisuus (Kontula & Rauonio 2018)	Uhanalaisilla luontotyypeillä ei ole virallista asemaa luonnonsuojelulainsäädännössä. Uhanalaiset luontotyypit sisältyvät usein tarkempina luontotyyppeinä luonnonsuojelu-, metsä- ja vesilakiin. On myös uhanlaisia luontotyyppejä, jotka eivät em. lakien määritelmien mukaisiin kohteisiin sisälly.	Järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että uhanalaiset luontotyypit voidaan huomioida riittävästi.	Huomioitava alueelle laadittavassa yleiskaavassa ja yleissuunnitelmassa.

22.3 Vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen

Vaikutuksia luonnon monimuotoisuudelle on tarkasteltu kokonaisuutena kaikkien laadittujen luontovaikutusten arviointien (Luvut 19–21, 23) pohjalta. Vaikutusarvio on luontovaikutusten arvioinnin yhteenvedon perusteella muodostettu johtopäätös siitä, aiheutuuko monimuotoisuuden eri tasoille vaikutuksia, ja mikä niiden yhteismerkittävyys on. Esimerkiksi vähäiset ja keskisuuret vaikutukset useiden arvioitujen lajiryhmien ja useiden eri esiintymien osalta voivat aiheuttaa

merkittävyydeltään suuremman kokonaisvaikutuksen luonnon monimuotoisuudelle. Lisäksi arvioinnissa on otettu huomioon, että luonnon monimuotoisuus kytkeytyy tiiviisti luonnon vuorovaikutussuhteisiin eli alueellisen ja paikallisen ekosysteemin toimintaan. (Taulukko 22-2)

Taulukko 22-2 Vaikutusten merkittävyydet luonnon monimuotoisuuden osatekijöille eri hankevaihtoehdoilla. Vaikutusten merkittävyyden värikooditus alla. Viiankiaavan Natura-alueen osalta merkittävyys ilmaistu kuten Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a).

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
SUOJELUALUEET						
Viiankiaavan Natura-alue (sis. Viiankiaapa SSO120565)	Kohtalainen kielteinen välttämistoimella ja tiivistys-skenaarioilla (65 % ja 80 %).	Suuri kielteinen. Koska tässä vaiheessa ei voida selvästi osoittaa, että hankkeella ei ole haitallista vaikutusta alueen eheyteen, vaikutukset ovat merkittävän kielteiset				
Yksityiset luonnonsuojelu-alueet				Uusitalon YSA	Uusitalon YSA	Uusitalon YSA
VESIEKOLOGIA						
Kalat	Vaikutus kohdistuu purkuvesistön kalastoon					
Pohjaeläimet	Vaikutus kohdistuu osaan lähivaluma-alueen pienvesiuomista					
Vesisammalyhteisöt	Vaikutus kohdistuu osaan lähivaluma-alueen pienvesiuomista					
KASVILLISUUS (putkilokasvit, sammalet, jäkälät)						
Luontodirektiivin liitteen IV(b) laji	lettorikko	lettorikko	lettorikko	lettorikko	lettorikko	lettorikko
		laaksoarho		laaksoarho	neidonkenkä	neidonkenkä laaksoarho
	lapinleinikki	lapinleinikki	lapinleinikki	lapinleinikki	lapinleinikki	lapinleinikki
Luontodirektiivin liitteen II laji	kiiltosirppisammal	kiiltosirppisammal	kiiltosirppisammal	kiiltosirppisammal	kiiltosirppisammal	kiiltosirppisammal
Erityisesti suojeltavat lajit	turjanhorsma	turjanhorsma	turjanhorsma	turjanhorsma	turjanhorsma	turjanhorsma
	isonuijasammal	isonuijasammal	isonuijasammal	isonuijasammal	isonuijasammal	isonuijasammal
	karhunlovisammal	karhunlovisammal	karhunlovisammal	karhunlovisammal	karhunlovisammal	karhunlovisammal
	kalkkilähdesammal	kalkkilähdesammal	kalkkilähdesammal	kalkkilähdesammal	kalkkilähdesammal	kalkkilähdesammal
	tupsurustojäkälä	tupsurustojäkälä	tupsurustojäkälä	tupsurustojäkälä	tupsurustojäkälä	tupsurustojäkälä
Uhanalaiset lajit	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara
	lapinkämmekkä	lapinkämmekkä	lapinkämmekkä	lapinkämmekkä	lapinkämmekkä	lapinkämmekkä
	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara
	hetekinnassammal	hetekinnassammal	hetekinnassammal	hetekinnassammal	hetekinnassammal	hetekinnassammal
	kalkkihuurresammal	kalkkihuurresammal	kalkkihuurresammal	kalkkihuurresammal	kalkkihuurresammal	kalkkihuurresammal

Silmälläpidettävät lajit			sirppi-, siro- ja pohjanhuurresammal	sirppi-, siro- ja pohjanhuur-resammal	sirppi-, siro- ja pohjanhuur-resammal	sirppi-, siro- ja pohjan-huurresam-mal
	tataarikohokki, kaltiokinnassam-mal	tataarikohokki, kaltiokinnas-sammal	tataarikohokki kaltiokinnassam-mal	tataarikohokki, kaltiokinnas-sammal	tataarikohokki, kaltiokinnas-sammal	tataariko-hokki, kaltiokin-nassammal
	suopunakämmek-kä	suopunakäm-mekkä	suopunakäm-mekkä	suopunakäm-mekkä	suopunakäm-mekkä	suopuna-kämmekkä
	kanadanluppo	kanadanluppo	kanadanluppo	kanadanluppo	kanadanluppo	kanadanlup-po
	ahokissankäpälä	ahokissankäpälä	ahokissankäpälä	ahokissankä-pälä	ahokissankä-pälä	ahokissankä-pälä
Alueellisesti uhanalaiset lajit	luhtalemmikki, leskenlehti					
Suomen kansainvälinen vastuulajit	vaaleasara, pohjansirppi-sammal, pallopää-rahkasammal	vaaleasara, pohjansirppi-sammal, pallo-päärahkasam-mal	vaaleasara, pohjansirppi-sammal, pallo-päärahkasam-mal	vaaleasara, pohjansirppi-sammal, pallo-päärahkasam-mal	vaaleasara, pohjansirppi-sammal, pal-lopäärahka-sammal	vaaleasara, pohjansirp-pisammal, pallopää-rahkasam-mal
	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara	lettosara
	kellosinilatva	kellosinilatva	kellosinilatva	kellosinilatva	kellosinilatva	kellosini-latva
LUONTOTYYPIT						
Lakisääteiset luontotyypit	lähteiköt (VesiL 2. luku 11 §)					
Uhanalaiset luontotyypit	lettorämeet, aito-korvet, lettokor-vet, välipintaletot, koivuletot	lettorämeet, ai-tokorvet, letto-korvet, välipin-taletot, koivu-letot, rimple-tot, rimpinevat	lettorämeet, ai-tokorvet, väli-pintaletot, let-tokorvet, rimpi-letot	lettorämeet, välipintaletot, aitokorvet, lettokorvet, rimpiletot	lettorämeet, välipintaletot, aitokorvet, kangaskorvet, rimpiletot	lettorä-meet, aito-korvet, kan-gaskorvet, rimpiletot
Silmälläpidettävät luontotyypit	Hankealueen selvityksissä inventoitu ja rajattu Pohjois-Suomessa silmälläpidettävistä luontotyypeistä 18 eri tyyppiä					
LINNUSTO						
Suojelullisesti huomionarvoiset lajit	Metso.					
Porokodanjänkä	Suolajisto, kuten riekko (VU), pohjansirkku (NT, RT, U), liro (NT, EU, kvl)					
Eliasaapa, pohjois-osa	Suolajisto, kuten liro (NT, EU, kvl), mustaviklo (NT, kvl), jänkäsirriäinen (NT, kvl)					
Kenttäaapa, keski-osa			Suolajisto, kuten liro (NT, EU, kvl), valkoviklo (NT, kvl)		Vaikutus laaja-alaisempi kuin VE2. Liro runsas	
Muut lintulajit	Lajien herkkyys vaikutuksille on vähäisempi, joten vaikutukset arvioidaan kokonaisuutena vähäisiksi					
ELÄIMISTÖ						
Luontodirektiivin liitteen IV (a) lajit						
	viitasammakko					
Uhanalaiset lajit						
Lettokoi						
Uhanalainen suo-perhoslajisto	kangaskirjo-kääriäinen kekokoi	kangaskirjo-kääriäinen kekokoi	kangaskirjo-kääriäinen, kekokoi, lapinkenttä-mittari	kangaskirjo-kääriäinen, kekokoi	kangaskirjo-kääriäinen, lapinkenttä-mittari	kangaskirjo-kääriäinen, lapinkenttä-mittari

Silmälläpidettävät lajit						
	pikkutupsukas, rahkahopeatäplä, suoharmokääriäinen, suokirjosiipi, tikku-ukkopussikas	aapaheinäkoisa, pikkutupsukas, rahkahopeatäplä, rahkasammalkoi, suoharmokääriäinen, suokirjosiipi, tikku-ukkopussikas	pikkutupsukas, rahkahopeatäplä, rahkasammalkoi, suoharmokääriäinen, suokirjosiipi, tikku-ukkopussikas	aapaheinäkoisa, pikkutupsukas, rahkahopeatäplä, rahkasammalkoi, ruoharmokääriäinen, suokirjosiipi, tikku-ukko-pussikas		

Merkittävimmät vaikutukset tarkastelualueen luonnon monimuotoisuudelle aiheutuvat alueen luontotyypeille aiheutuvista pinta-alan menetyksistä sekä lajien elinympäristöjen tai kasvupaikkojen kaventumisesta tai niiden luonnontilan heikentymisestä. Luonnon monimuotoisuus heikkenee etenkin arvokkaiden suoluontotyyppien, lähteiden, lähdeluontotyyppien sekä huomionarvoisen sammal- ja putkilokasvilajiston esiintymien vähentyessä tai heikentyessä. Pohjavesivaikutteisille suoluontotyypeille ja lähteiköille aiheutuvat vaikutukset on arvioitu merkittävyydeltään **suuriksi** kaikissa hankkeen toteuttamisvaihtoehdoissa. Näiden lisäksi merkittävyydeltään **suuret** vaikutukset arvioidaan kohdistuvan viitasammakkoon kaikissa muissa vaihtoehdoissa paitsi vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b, joissa vaikutukset arvioidaan merkittävyydeltään **pieniksi**. Muiden luontovaikutusten, kuten linnuston, osalta vaikutukset on arvioitu merkittävyydeltään **vähäisiksi** tai **kohtalaisiksi**.

Merkittävyydeltään suuriksi arvioitavien haitallisten vaikutusten aiheutuminen uhanalaisille suoluontotyypeille, lähteille ja lähdeluontotyypeille kertautuu vaikutuksina näillä luontotyypeillä elävälle, levähtävälle ja/tai ruokailevalle eliölajistolle. Suoluontotyyppien taantuminen ja muuttuminen pitkällä aikavälillä heikentää sekä luontotyyppien monimuotoisuutta että lajistollista monimuotoisuutta. Merkittävien vaikutusten alaisten suoluontotyyppien tärkeä ominaispiirre on vetisyys ja pohjavesivaikutteisuus, jolloin näiden luontotyyppien vähentyminen tai lievä kuivuminen yksipuolistaa alueen suoluontotyyppien kirjoa. Samalla suoluontotyypeistä suoraan tai välillisesti riippuvainen eliölajisto muuttuu tavanomaisempien suoluontotyyppien lajiston kaltaiseksi, ja vaateliaat ja kilpailukyvyltään heikot lajit taantuvat pitkällä aikavälillä.

Suojelullisesti arvokkaiden luontotyyppien ja lajien osalta luonnon monimuotoisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvioinnin taustalla on arvioitu vaikutusta lajien suotuisaan suojelun tasoon, mikä tarkoittaa kaikkia niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat pitkällä aikavälillä lajien ja luontotyyppien säilymiseen ja levinneisyyteen. Lajin tai luontotyypin suojelutaso on suotuisa silloin, kun laji tai luontotyyppi kykenee säilymään elinkelpoisena osana elinympäristöään. Euroopan Unionin luontodirektiivissä määritellään luontotyyppien ja lajien suojelun tavoitetaso, joka tulee säilyttää Natura 2000-verkoston sekä muiden kansallisten toimenpiteiden avulla. Riittävällä tai suotuisalla suojelutasolla voidaan myös tarkoittaa luonnonsuojelualueen kykyä pitää lajien ja elinympäristöjen laatu elinvoimaisena. Tiettyjen lajien suotuisa suojelutaso hankkeen osalta tulee tarkemmin tarkasteltavaksi luonnonsuojelulain poikkeamismenettelyn yhteydessä, sillä osa luontodirektiivin liitteen IV b sekä luonnonsuojelulain erityisesti suojeltavien kasvi- ja sammallajien esiintymistä menetetään hankkeen rakentamisalueiden kohdalla, vaihtoehdosta riippuen.

Arvioitaessa vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen, voidaan todeta, että kaikilla arvioiduilla luontovaikutusten osa-alueilla ilmenee suuruusluokaltaan pieniä ja/tai keskisuuria haitallisia vaikutuksia ja myös suuria haitallisia vaikutuksia. Vaikutukset yksittäiseen kohteeseen saattavat jäädä merkittävyydeltään **vähäiseksi**, mutta monimuotoisuuteen kohdistuvien vaikutusten merkittävyys kasvaa, jos vaikutuskohteita on paljon. Lisäksi on otettava huomioon vaikutusten mittakaava. Vaikutusten merkittävyys saattaa olla erilainen, kun tarkastellaan vaikutuksia alueellisella tai valtakunnallisella tasolla.

Tarkasteltaessa luonnon monimuotoisuudelle aiheutuvia vaikutuksia alueellisella tasolla Viiankiaavan-Eliasaavan-Kenttäaavan sekä Kitisen ja Kelujoen välisellä alueella esiintyvien luontotyyppikokonaisuuksien sekä niillä esiintyvän lajiston perusteella, voidaan eri vaikutustyyppien ja vaikutuksen kohteiden osatekijöistä johtaa kokonaisuutena merkittävyydeltään **kohtalaisia** ja **suuria** vaikutuksia.

Kaikissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa kaivoshanke tulee heikentämään useista osista muodostuneen aapasuokokonaisuuden sekä alueen pienvesien (ml. lähteiköt) nykyistä luonnontilaa. Lisäksi jokaisessa hankevaihtoehdossa aiheutuu luontodirektiivin liitteessä IV a ja IV b listattujen lajien ja/tai erityisesti suojeltavien kasvilajien sekä sammallajien esiintymien suoria menetyksiä sekä niiden kasvupaikkojen välillisiä heikennyksiä. Huomionarvoiseen lajistoon sekä uhanalaisiin luontotyyppeihin kohdistuvat eriasteiset vaikutukset nostavat kohteiden herkkyys huomioiden vaikutuksen merkittävyyttä. Kun näitä kohteita (lajiesiintymiä ja luontotyyppejä) on eri puolilla hankealuetta, aiheutuu näiden vähäisestäkin heikennyksestä kokonaisuutena merkittävyydeltään suurempi kielteinen vaikutus alueen luonnon monimuotoisuudelle. Hankkeessa tarkastelluista päävaihtoehdoista VE2 ja VE3:ssa kaivoksen sisäänkäynti sekä niille johtavat hihnakuljetin ja huoltotie sijoittuvat etäämmälle Kuusivaaran tehdasalueesta, jolloin näillä vaihtoehdoilla on merkittävyydeltään suurempi vaikutus monimuotoisuudelle.

Jokaisessa hankevaihtoehdossa eri toimintojen ja rakenteiden sekä hydrologiaan vaikuttavien mekanismien yhteisvaikutus on edellä kuvatun mukaisesti monimuotoisuutta vähentävä ja voidaan tulkita merkittävyydeltään **suureksi**. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b tämä vaikutus on merkittävyydeltään edelleen **suuri**, mutta kuitenkin muita tarkasteltuja vaihtoehtoja vähäisempi niiden kattamien suppeampien rakentamisalueiden vuoksi.

Tarkasteltaessa hankkeen seudullista ja valtakunnallista merkittävyyttä luonnon monimuotoisuudelle, arvioidaan alueen luontotyyppejä (lajien elinympäristöjä) Suomen luontotyyppien uhanalaisuuden sekä Natura 2000-verkoston kautta. Hankealue sijoittuu aapasoiden muodostamalle aluekokonaisuudelle, jolla on alueellisen arvon lisäksi seudullista ja valtakunnallista merkitystä. Viiankiaavan Natura-alue ja soidensuojeluohjelman alue ovat rajaukseltaan tietty osa laajempaa suoallasta, jolle sijoittuu aapasoiden suoyhdistymiä. Viiankiaapa yhdessä sen ympäristöön sijoittuvien, pääosin ojittamattomien aapasoiden kanssa muodostaa siten myös seudullisesti arvokkaan suoluontokohteiden keskittymän. Viiankiaapa ja sitä ympäröivät suot lukeutuvat minerotrofisena suoyhdistymätyyppinä luontotyyppiin eteläiset pohjoisboreaaliset aapasuot, jotka on luokiteltu uusimmassa uhanalaisuusluokituksessa (Kontula & Raunio 2018) silmälläpidettäviksi (NT) sekä Pohjois-Suomessa että koko maassa. Aapasuot lukeutuvat suoyhdistyminä Suomen kansainvälisiin vastuuluontotyyppeihin.

Laajemmin tarkasteltuna hanke muuttaa alueen ja seudun suoluonnon tilaa Kuusivaaran ympäristössä, vaihtoehdosta riippuen Kenttäaavalla, Eliasaavalla, Porokodanjängällä ja Ulkusijanaavalla. Vaikutukset aiheutuvat välittömien pinta-alamenetysten lisäksi pirstomalla laajempia ojittamattomia suoalueita yhdystie-, purkuputki-, huoltotie- ja voimajohtoyhteyksillä. Hankkeella on pinta-alaa vähentävä vaikutus tai välillisesti heikentävä vaikutus Pohjois-Suomessa uhanalaisista suotyypeistä lettorämeiden, välipintalettojen, koivulettojen, välipintakoivulettojen, kangaskorpien ja aitokorpien alueille. Samalla tuhoutuu tai heikkenee myös huomionarvoisia lajiesiintymiä. Koko maassa uhanalaisiksi luettavista suoluontotyypeistä hankkeen rakentamisalueille tai niiden välittömään läheisyyteen tai välillisten vaikutusten alueille sijoittuu 27 erilaista uhanalaista ja silmälläpidettävää neva-, räme- tai korpityyppiä.

Pohjoisboreaalisena aapasuona Viiankiaapa sekä sitä ympäröivät muut pienemmät aapasoiden suoyhdistymät edustavat luonnontilaltaan hyviä Peräpohjolan aapasoita. Vastaavia aapasuokokonaisuuksia, joilla esiintyy karujen suotyyppien lisäksi myös ruohoisia ja lettoisia osia, sijoittuu Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeelle sekä Kuusamoon. Sodankylän alueella Koitelaisenkaira ja Pomokaira edustavat samaa eteläisten pohjoisboreaalisten aapasoiden tyyppiä. Vastaavia kokonaisuuksia, koivu- ja rimpilettoja sisältäviä aapasoita, esiintyy samalla kasvillisuusvyöhykkeellä Kittilän Silmäsvuomalla, Tollovuomalla ja Kalkkaravuomalla, Kolarin Teuravuomalla sekä Pelkosenniemellä Luiron ja Vuotoksen soiden alueella. Tässä tarkastelussa Viiankiaapa on oma kokonaisuutensa ja täydentää aapasoiden verkostoa, joka on ollut myös tärkeä peruste Viiankiaavan sisällyttämisessä Natura 2000-verkostoon. Seudullisesti ja valtakunnallisesti tarkastellen aapasuokokonaisuus (Viiankiaapa ja sen ympäristön pienemmät aapasuot) ei ole ainutlaatuinen alue.

Kaivoshanke aiheuttaa eriasteisia suoluontoa heikentäviä vaikutuksia kokonaisuudelle, mutta ei kuitenkaan täydellisesti muuta Viiankiaavan-Eliasaavan-Kenttäaavan alueen kokonaisuutta. Kaivostoiminnan loputtua rakentamisalueilla luonnonolot eivät palaudu nykyisen kaltaisiksi, mutta muualla hankkeen vaikutusalueella tapahtuu palautumista.

Valtakunnallisesta näkökulmasta, alueen herkkyys ja merkitys tunnistaen, hankkeen kokonaisvaikutukset aapasoiden monimuotoisuudelle arvioidaan varovaisuusperiaatteella merkittävyydeltään **kohtalaisiksi**.

Hankkeen aiheuttamien muutosten aiheuttama vaikutus alueen kangasmetsille tai muille kivennäismaan luontotyypeille on merkittävyydeltään vähäinen kielteinen, sillä rakentamisalueet ovat tavanomaisessa talousmetsäkäytössä. Alueen metsäluonto on pirstoutunutta, eikä hankkeen aiheuttamalla metsäisten luontotyyppien menetyksillä ole merkittävää vaikutusta metsien ja niistä riippuvaisen lajiston monimuotoisuudelle alueellisesti, seudullisesti tai valtakunnallisesti.

Natura-arvioinnissa on arvioitu vaikutukset Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperusteena oleville luontotyypeille ja lajistolle. Arvioinnin johtopäätöksenä todetaan, että muiden kuin VE1a (mallinnettu, välttämistoimet huomioitu) hankevaihtoehtojen osalta ei voida riittävällä varmuudella poissulkea merkittävän heikennyksen mahdollisuutta.

Natura-alueelle aiheutuvien vaikutusten johtopäätökset sekä seudullisesti ja valtakunnallisesti edustavalle aapasuoluonnolle aiheutuvat kokonaisuusvaikutukset huomioiden voidaan arvioida, että kaikissa hankevaihtoehdoissa vaikutukset luonnon monimuotoisuudelle ovat kokonaisuutena merkittävyydeltään **kohtalaisia kielteisiä** ja päävaihtoehtojen VE2 ja VE3 osalta jopa **suuria**.

22.4 AA Sakatti Mining Oy:n sitoutuminen nettopositiiviseen vaikutukseen luonnon monimuotoisuuden osalta

Lukuun ei ole tullut muutosta.

23 Vaikutukset Natura-alueisiin ja suojelualueisiin

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
23 Vaikutukset Natura-alueisiin ja suojelualueisiin	Luku laadittu ja nimetty kokonaan uudelleen, koska kaivoshankkeen Natura-arviointia on täydennetty ja päivitetty uusien mallinnusten pohjalta.	Metsähallituksen 5.3.2021 (MH 7642/2020) ja Lapin ELY-keskuksen 17.3.2021 (LAPELY/3385/2017) luonnonsuojelulain 65 §:n mukaisissa lausunnoissa on tuotu esille Natura-arvioinnin täydennystarpeet.
	Vaikutusten arviointi on laadittu uudelleen huomioiden uudet pohjaveden virtausmallinnukset (tarvekivilouhoksen hydrogeologinen mallinnus ja maanalaisen kaivoksen pohjaveden virtausmallinnus, jossa on laadittu myös mallinnus ilman NE-satelliitin louhintaa).	Arvioinnissa olisi ollut tarpeen tarkastella yksityiskohtaisesti satelliittiesiintymän (NE) louhinnan vaikutuksia luontotyyppeihin ja lajeihin, koska esiintymä on lähimpänä rikkonaista kalliota ja suon pintaa.

23.1 Vaikutusten muodostuminen ja tarkastelualue

23.1.1 Vaikutusten muodostuminen

Maanalaisen kaivoshankkeen rakentamisesta ja toiminnasta aiheutuvista, Viiankiaavan Natura-alueen suojeltaviin luontotyyppeihin kohdistuvista vaikutuksista merkittävimmät voivat muodostua pohja- ja pintavesien kautta välittyvistä vaikutuksista ja pölyn leviämisestä. Nämä vaikutukset voivat välillisesti vaikuttaa myös alueen eläimistöön. Eläimistöön kohdistuvia välittömiä vaikutuksia voi muodostua melusta, tärinästä ja visuaalisesta häiriöstä sekä valoympäristön muutoksesta, joka vaikuttaa pimeä- ja hämäräaktiivisiin lajeihin. Ihmisten ja työkoneiden liikkumisesta aiheutuva visuaalinen häiriö on voimakkaimmillaan rakentamisvaiheessa. Rakennetuilla alueilla on todettu olevan myös karkottava vaikutus eläimiin. Viiankiaavan Natura-arvioinnissa on esitetty tarkemmin luontovaikutusten muodostuminen (Ramboll Finland Oy 2023a). Kaivoshankkeen Natura-arvioinnissa on huomioitu myös hankkeesta vastaavan suunnitteilla oleva malminetsintään liittyvien kairareikien tulppaushanke, jossa avoimia kairareikiä tullaan erikseen tulppaamaan pysyvästi. Eurofins Ahma Oy (2022c) on laatinut erillisen selvityksen tulppaushankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura-alueeseen.

Pohjavesien kautta välittyvien vaikutusten arviointi perustuu kaivoksen pohjaveden virtausmallinnukseen (Itasca Denver Inc. 2023), kaivoksen sulkemissuunnitelmassa arvgioituihin pohjavesivaikutuksiin (AFRY Finland Oy 2023c) ja tarvekivilouhoksen pohjavesimallinnukseen (AFRY Finland Oy 2022a) (mallinnusten kuvaukset, ks. Luku 16 Vaikutukset pohjaveteen).

Sakatin kaivoshankkeen rakennus- ja toimintavaiheen aikana maanalaiseen kaivokseen tulevaa vesimäärää rajoitetaan teknisin ratkaisuin ja siten lievennetään pohjavesiin kohdistuvia vaikutuksia. Sakatin kaivoshankkeen YVA-selostusta koskevaan täydennykseen on valittu kaksi mallinnusskenaariota (80 % tiivistysskenaario ja 65 % tiivistysskenaario), joiden valinnan perusteena oli niiden realistinen toteutettavuus. Molemmissa skenaariossa kaivostäytön on oletettu kutistuvan täytön

kovettuessa. Kutistumisen seurauksena kallion ja täytön väliin jää vettä johtava kanava, mikä on huomioitu mallinnuksessa. (AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022.)

Em. tiivistysskenaarioiden lisäksi pohjaveden virtausmallinnus on tehty molemmille VE1a vaihtoehdon tiivistysskenaarioille käyttäen välttämistoimia vaikutusten vähentämiseksi. Välttämistoimet käsittävät NE-satelliittiesiintymän louhimatta jättämisen (ks. luku 4 Hankkeen tekninen kuvaus).

Sulkemistoiminnasta ei arvioida syntyvän uusia vaikutuksia, vaan vaikutusten suuruus luontoon pienenee toiminnan päättymisen myötä louhittujen kaivostilojen täyttyessä ja pohjaveden pinnantasojen vähitellen palautuessa ennalleen.

23.1.2 Vaikutusten tarkastelualue

Vaikutusarvioinnissa hankealueena käsitellään aluetta, jonka sisällä hankkeen pääasialliset fysikaaliset vaikutukset ilmenevät. Hankealuetta on laajennettu YVA-ohjelmassa (Pöyry Finland Oy 2018) esitetystä rajauksesta, ja nyt laajennetun tarkastelun mukaiseen hankealueeseen sisältyvät Viiankiaavan alle sijoittuva hyödynnettävä esiintymä, Kitisen yli rakennettavaksi suunniteltu silta sekä eteläinen yhdystievaihtoehto Kelukoskelle saakka.

Vaikutusten tarkastelualue on varsinaista hankealuetta laajempi etenkin suojelukohteiden osalta, joihin voi kohdistua hydrologisia muutoksia. Hydrologisten vaikutusten arviointi perustuu Sakatin kaivoshankkeen uusimpaan pohjaveden virtausvaikutusten mallinnukseen (Itasca Denver Inc. 2023). Pohjavesivaikutus keskittyy maanalaisen kaivoksen lähiympäristöön. Hankkeen pintavesivaikutukset syntyvät rakennettavien alueiden kuivanapidosta, maan tasauksen aiheuttamista muutoksista valuma-alueissa sekä kaivoksen toimintaa varten otettavan raakaveden ja kaivokselta pois johdettavan ylijäämäveden vaikutuksista. Nämä vaikutukset ulottuvat kaivoksen lähialueelle. Tarkemmin pintavesien vaikutusalueesta eri vaihtoehdoilla on kuvattu Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a) sekä luvussa 17.

Pölyvaikutus voi ulottua noin 3–4 kilometrin päähän päästölähteestä, mutta äärialueilla pitoisuudet ovat alhaisia (AONA Environmental 2020). Melu leviää useiden satojen metrien päähän melulähteestä. Tärinän vaikutusalue vaihtelee ja voi ulottua muutamien satojen metrien päähän tärinälähteestä. Keinovalon vaikutus ilmenee laajalla alueella useiden kilometrien päähän, mutta välitön haitta-alue ulottuu kaivosalueen lähiympäristöön muutaman sadan metrin päähän. Valoisan kesän takia valosaastehaitta kohdistuu paikalliseen eläimistöön loppukesästä kevääseen, eli lintujen ja eläinten pääasiallisen lisääntymiskauden ulkopuolella.

23.1.3 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Kaivoshankkeen YVA -menettelyyn liittyen on laadittu erillinen ja päivitetty Natura-arviointi Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura 2000 –alueeseen, liite 6 (Ramboll Finland Oy 2023a). Lisäksi alueella suoritettuun malminetsintään liittyen Viiankiaavalle on laadittu Sakatti 1–5-malminetsintälupa-alueelle Natura-arviointi vuonna 2009. Tämän jälkeen Natura-arviointi on laadittu Sakatin malminetsintäalueen jatkoaikahakemuksille (Lapin Vesitutkimus Oy 2009; Ahma ympäristö Oy 2013a, 2015a; Eurofins Ahma Oy 2019d, 2020f, 2023) ja Viiangin

hankkeen malmietsinnän jatkoaikahakemuksille (Rimpelä, Kotimaa, Särki ja Petäjä) ja ensimmäistä kertaa hakemuksena oleville (Viianki 1 ja Viianki 2) malminetsintäalueille. Lisäksi on laadittu selvitys tulppaushankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura-alueeseen, jotka on huomioitu Sakatin kaivoshankkeen päivitetyssä Natura-arvioinnissa (Eurofins Ahma Oy 2022c).

Viiankiaavan lisäksi Natura-arviointi on laadittu Ilmakkiaavan ja Koitelaisen Natura-alueita koskien (Lapin Vesitutkimus Oy 2011c).

Hankkeesta vastaava on teettänyt lukuisia luontoselvityksiä alueella, ks. luvut 18–21. Linnusto-, kasvillisuus- ja luontotyyppiselvitykset alueella on käynnistetty vuonna 2009. Lisäksi alueella on toteutettu muita lajiselvityksiä hankkeesta vastaavan toimeksiannosta, kuten lepakko-, viitasammakko- ja hyönteisselvityksiä. Laadittuja luontoselvityksiä on hyödynnetty mm. malminetsintälupiin liittyvissä Natura-arvioinneissa sekä monimetallikaivoshankkeen YVA-menettelyssä. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Viiankiaavan luontotyyppikartoituksia on tehty Metsähallituksen toimesta pääasiassa vuosina 2001–2003 (Metsähallituksen paikkatietoaineistot). Hankkeesta vastaavan toimesta on laadittu useita luontotyyppiselvityksiä koko Natura-alueelta vuosina 2009–2018 (esim. Lapin vesitutkimus Oy 2010, Ahma ympäristö Oy 2009b). Lähteiden osalta on lisäksi tehty täydentäviä kartoituksia suunnitellun kaivoshankkeen läheisyydessä vuosina 2019, 2020, 2021 ja 2022 (Ramboll Finland Oy 2019a, 2020a, 2021, 2022b). Natura-alueella sijaitsevien lähteiden sijainti on esitetty luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen (Kuva 16-5).

Putkilokasvien ja sammalten esiintymistä on selvitetty Viiankiaavalla luontotyyppikartoitusten yhteydessä sekä erillisissä kasvillisuuskartoituksissa vuosina 2009–2022 (esim. Lapin vesitutkimus Oy 2010, Ahma ympäristö Oy 2016c). Kasvillisuuskartoitukset ovat tarkempia malminetsintälupien kairauksia varten kartoitetuilla alueilla, joilla uhanalaiset kasvit on kartoitettu erillisessä uhanalaisten kasvien kartoituksessa noin 2–10 metrin välein. Sakatin malminetsintälupa-alueen ulkopuolisilla alueilla kartoitusväli on ollut noin 20–50 metriä luontotyypin lajistopotentiaalista riippuen. Kasvillisuustiedot ovat yleispiirteisempiä Viiankiaavan muilla osa-alueilla, joissa kasvillisuus on kartoitettu luontotyyppikartoituksen yhteydessä noin 50–150 metrin kartoitusvälein. Lisäksi kesästä 2019 lähtien on kartoitettu pohjavedestä riippuvaisia lajeja potentiaalisten lähteiden kartoituksen yhteydessä suunnitellun kaivoshankkeen lähialueilla (Ramboll Finland Oy 2019a, 2020a, 2021).

Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperusteena mainitun saukon esiintymistä on kartoitettu Viiankiaavalla ja sen lähialueilla vuodesta 2010 alkaen useina vuosina lumipeitteisinä aikoina (Lapin Vesitutkimus 2011g; Ahma ympäristö Oy 2013b, 2016d, Eurofins Ahma Oy 2020e).

Viiankiaavan linnustoa on selvitetty jo 2000-luvulla. Metsähallitus on tehnyt alueella vesilintulaskentoja ja linjalaskentoja Keski-Lapin Life –hankkeen yhteydessä (Metsähallitus 2006). Lapin Yliopiston Arktinen keskus on suorittanut Keski-Lapin suolintuselvityksien yhteydessä linjalaskentaa, vesilintulaskentoja sekä kesäatlaslaskentaa Viiankiaavan alueella (Jokimäki & Kaisanlahti-Jokimäki 2004). Sakatin malminetsintähankkeeseen liittyvät lintulaskennat aloitettiin vuonna 2009 Viiankiaavan Natura-alueella ja sen lähialueita. Linnuston selvityksiä on tehty ja linnuston muutoksia seurattu vuosina 2014–2018. Linnustoselvitysten tulokset vuosilta 2009–2018 on koottu yhteen raporttiin

(Eurofins Ahma Oy 2018f). Linnustokartoituksia on edelleen täydennetty vuosina 2019 ja 2021 Natura-alueelle sijoittuvalla petolintutarkkailulla ja pöllöjen pesimäseurannalla (Eurofins Ahma Oy 2019i; AFRY Finland Oy 2020e), kanalintujen riistakolmiolaskennoilla (Eurofins Ahma Oy 2019a), Viiankiaavan pesimälintu- ja muuttolintuselvityksillä (Eurofins Ahma Oy 2020d, 2021a) sekä täydentävällä metsokartoituksella 2021 (Eurofins Ahma Oy 2021a), ks. myös luku 20 Vaikutukset linnustoon.

Hankkeesta vastaava on teettänyt lukuisia selvityksiä Viiankiaavan alueen hydrologiasta ja hydrogeologiasta, ks. luku 16 Vaikutukset pohjaveteen.

Lähtötietoina on käytetty seuraavia lähteitä ja selvityksiä:

Viiankiaavan luontoarvoihin liittyvä lähtöaineisto:

- AFRY Finland Oy 2020e. Sakatin pöllöselvitys 2020.
- Ahma ympäristö Oy 2013a. Viiankiaavan kaivoslain mukaisten malminetsintälupien Natura-arviointi. Täydennys vuoden 2009 arviointiin.
- Ahma ympäristö Oy 2015a. Viiankiaavan kaivoslain mukaisten malminetsintälupien Natura-arviointi 2015.
- Ahma ympäristö Oy 2016d. Viiankiaavan ja Kersilön alueen saukkokartoitus 2016.
- Eurofins Ahma Oy 2018f. Viiankiaavan linnuston perustilaselvitykset 2009–2018.
- Eurofins Ahma Oy 2019i. Rauhoitetun lajin erillistarkkailu ja hiiripöllön pönttöseuranta 2019 (salainen).
- Eurofins Ahma Oy 2019k. Viiankiaavan luontotyyppiaineisto (paikkatietoaineisto).
- Eurofins Ahma Oy 2020d. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2020.
- Eurofins Ahma Oy 2020e. Kitisen saukkoselvitys 2019–2020.
- Eurofins Ahma Oy 2021a. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2021. Salainen.
- Eurofins Ahma Oy 2021b. Rauhoitetun lajin erillistarkkailu 2021. Salainen.
- Eurofins Ahma Oy 2022a. Puroselvitykset 2021.
- Eurofins Ahma Oy 2022c. Selvitys tulppaushankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura 2000-alueeseen.
- Eurofins Ahma Oy 2022e. Viiankiaavan luontoarvoihin liittyvät selvitykset ja tutkimukset.
- Eurofins Ahma Oy 2022f. Kasvillisuuskartoitukset Viiankiaavalla ja Kuusivaaralla. Paikkatietoaineisto.
- Eurofins Ahma Oy 2022g. Uhanalaisten kasvilajien kartoitus 2022. Alustavat havainnot.
- Korkka-Niemi, K. ym. 2017. Characterization of geo-hydro-ecological factors possibly controlling the distribution of endangered species of Viiankiaapa mire. Helsingin yliopisto.
- Lapin Lintutieteellinen Yhdistys ry 2016: Lapin maakunnallisesti tärkeät lintualueet. MAALI-hankkeen loppuraportti.
- Lapin Vesitutkimus Oy 2009. Viiankiaavan kaivoslain mukaisten valtausalueiden Natura-arviointi.
- Lapin Vesitutkimus Oy 2011c. Ilmakkiaavan ja Koitelaisen kaivoslain mukaisten valtausalueiden Natura-arviointi.
- Lapin Vesitutkimus Oy 2011g. Viiankiaavan saukkokartoitus vuosina 2010 ja 2011.
- Metsähallitus 2006. Viiankiaavan hoito- ja käyttösuunnitelma.
- Pääkkö, E. (toim.) 2004. Keski-Lapin aapasoiden luonto. Metsähallitus.
- Ramboll Finland Oy 2019a. Sakatin alueen lähteiden biologinen kartoitus.
- Ramboll Finland Oy 2020a. Viiankiaavan itäosan potentiaalisten lähteiden biologinen kartoitus.
- Ramboll Finland Oy 2020d. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen 110 kV liityntävoimajohdon ympäristöselvitys.
- Ramboll Finland Oy 2021. Viiankiaavan alueen potentiaalisten lähteiden biologinen kartoitus.
- Ramboll Finland Oy 2023a. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen vaikutukset Viiankiaavan Natura-alueeseen.
- Salonen Environment 2020. Viiankiaavan hydrologiaan vaikuttavista tekijöistä.
- Ympäristöministeriö 2018. Viiankiaavan Natura-alueen tietolomake.

Hankevaihtoehdosta VE1a on laadittu pohjaveden virtausmallinnus välttämistoimien sekä molempien vaihtoehtoisten tiivistysskenaarioiden kanssa. Lisäksi on mallinnettu vinotunnelien ja tarvekivilouhoksen pohjaveteen kohdistuvia yhteisvaikutuksia. YVA-menettelyn yhteydessä on myös laadittu muita mallinnuksia ja vaikutusten arviointeja:

YVA-menettelyn yhteydessä laaditut mallinnukset ja vaikutusten arvioinnit:

- AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022. Tiivistys- ja tuentamenetelmät Sakatin maanalaisessa kaivoksessa
- AFRY Finland Oy 2022a. Kuusivaaran tarvekivilouhoksen numeerinen pohjavesimallinnus.
- AFRY Finland Oy 2023a. Kaivoksen vesitase.
- AFRY Finland Oy 2023c. Kaivoksen sulkemissuunnitelma
- AFRY Finland Oy 2023d. Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin jokimallin avulla arvioituna.
- AONA Environmental Consulting Ltd. 2020a. Sakatin kaivoshankkeen pölymallinnus
- Eurofins Ahma Oy 2019d. Viiankiaavan Natura-alueen malminetsinnän Natura-arviointi 2019.
- Eurofins Ahma Oy 2020f. Viiankiaavan Natura-alueen malminetsinnän Natura-arviointi 2020, Viiangin hanke.
- Eurofins Ahma Oy 2022c. Selvitys tulppaushankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura 2000-alueeseen.
- Eurofins Ahma Oy 2023. Sakatti-malminetsintäalueen jatkolupahankkeen Natura-arviointi 2023.
- FCG Suunnittelu- ja tekniikka Oy 2020b. Sakatin kaivoshankkeen meluselvitys.
- FCG Suunnittelu- ja tekniikka Oy 2020c. Sakatin kaivoshankkeen tärinäselvitys.
- Itasca Denver, Inc. 2023. Ennuste pohjaveden pinnankorkeuden alenemisesta ja vuotovesimääristä Sakatin kaivoshankkeen elinkaaren aikana (Pohjaveden virtausmalli-raportti, kumulatiiviset alenemat + alenema-alueet paikkatieto-muodossa).

23.2 Nykytila

Sakatin esiintymä sijoittuu Viiankiaapa Natura-alueen alapuoliseen kallioperään. Viiankiaavan Natura-alue (FI1301706) kuuluu Natura 2000 -verkostoon sekä luontodirektiivin mukaisena yhteisön tärkeänä pitämänä alueena (SAC-alue) että lintudirektiivin mukaisena erityisenä linnustonsuojelualueena (SPA-alue). Viiankiaavan Natura-alue on laajuudeltaan 6 595 hehtaaria.

Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperusteina on esitetty 13 luontodirektiivin luontotyyppiä, joista viisi on priorisoituja eli ensisijaisen tärkeitä luontotyyppejä (Taulukko 23-1). Lisäksi Natura-alueen suojeluperusteina on kuusi luontodirektiivin liitteen II lajia sekä 28 lintudirektiivin liitteen I lintulajia ja muuttolintua (Taulukko 23-2 ja Taulukko 23-3).

Kartoitusaineiston perusteella pinta-alatieto alueella esiintyvistä Natura-luontotyypeistä on tarkentunut ja kartoitusten perusteella arviointiin on lisätty kaksi Natura-tietolomakkeella mainitsematonta luontotyyppiä, tulva-metsät ja metsäluhdat (Ramboll Finland Oy 2023a).

Natura-alueella on myös tavattu pesivänä tai säännöllisesti levähtävänä kahdeksan lintudirektiivin liitteen I lajia, joita ei ole mainittu Natura-alueen tietolomakkeessa.

Suojelu toteutetaan luonnonsuojelulailla ja lähes koko Viiankiaavan Natura-alue on jo suojeltu (Viiankiaavan soidensuojelualue SSA120159). Natura-alueella sijaitsee lisäksi neljä pienempää,

yksityistä luonnonsuojelualuetta. Nämä ovat Ylitalon luonnonsuojelualue (YSA200644), Suojelu-Mäkitalo (YSA201644), Viiankiaavan luonnonsuojelualue (YSA200153) ja Uusitalon luonnonsuojelualue (YSA200649), joista kaksi viimeksi mainittua sijaitsee kaivoshankealueella. Muu osa Natura-alueesta kuuluu soidensuojelun perusohjelmaan (Viiankiaapa SSO120565) (Suomen ympäristökeskus 2020a). Viiankiaapa (920229) kuuluu maakunnallisesti arvokkaisiin lintualueisiin (MAALI-alueet) (Lapin Lintutieteellinen Yhdistys ry 2016).

*Taulukko 23-1 Luontodirektiivin I liitteen luontotyypit Viiankiaavan Natura-alueella. Pinta-alatiedoissa Eurofins Ahma/Ramboll -sarakkeen pinta-alatiedot kuvaavat viimeisimpien inventointien perusteella alueella olevia todellisia pinta-alatietoja. Ko. sarakkeen luvut ovat muilta osin Eurofins Ahman inventointien mukaiset, mutta lähteiden ja lähdesoiden pinta-ala perustuu Ramboll Finland Oy:n (2019a, 2020a, 2021, 2022b) inventointeihin. Luontotyypin edustavuus: A erinomainen, B hyvä, C merkittävä. Priorisoidut luontotyypit on merkitty tähdellä (*). Natura-tietolomakkeelta puuttuvat luontotyypit on korostettu **lihavoituna.** (Lähde: Ramboll Finland Oy 2023a.)*

Luontotyyppi	Tunnus	Pinta-ala (ha) ja edustavuus, tietolomake 2018	Pinta-ala (ha), Eurofins Ahma/Ramboll
Humuspitoiset järvet ja lammet	3160	70 (A)	164,33
Fennoskandian luonnontilaiset jokireitit	3210	91 (B)	88,61
Pikkujoet ja purot	3260	1,165 (B)	2,303
Tulvaniityt	6450	5,547 (B)	-
Keidassuot*	7110	70 (B)	80,92
Vaihettumissuot ja rantasuot	7140	70 (B)	41,65
Lähteet ja lähdesuot	7160	0,3 (A)	1,55
Huurresammallähteet*	7220	0,446 (B)	0,026
Letot	7230	540 (A)	1 791,59
Aapasuot*	7310	4 950 (A)	5 094,82
Luonnonmetsät*	9010	860 (A)	868,52
Harjumetsät	9060	12,679 (C)	15,84
Puustoiset suot*	91D0	1 100 (B)	1 321,89
Tulvametsät	91E0	-	0,299
Metsäluhdat	9080	-	9,176

Taulukko 23-2 Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperusteina esitetyt luontodirektiivin liitteen II lajit Natura-alueella tietolomakkeen (2018) mukaan.

Laji	Populaatio (minimi – maksimi), yksikkö
Saukko	1–5, yksilöä
Isonuijasammal	1, m^2
Lettorikko	80 000–90 000, fertiiliä versoa
Lapinleinikki	1–5, km^2 ruutua
Lapinsirppisammal	0–1, m^2
Kiiltosirppisammal	20 000–50 000, m^2

*Taulukko 23-3 Viiankiaavan Natura-alueen suojeluperusteina esitetyt lintudirektiivin liitteen I lajit ja lintudirektiivissä mainitsemattomat muuttolinnut. Populaation kokona on kaikkien lajien osalta ilmoitettu parimäärä. Taulukon lopussa lueteltuja, **lihavoituna** korostettuja lajeja, ei ole esitetty tietolomakkeella alueen suojelutavoitteina, mutta selvitysten perusteella ko. lajit pesivät Viiankiaavalla (Lähde: Ramboll Finland Oy 2023a).*

Laji	Populaatio (minimi – maksimi, paria) Tietolomake (2018)	Eurofins Ahma Oy 2019–2021
helmipöllö *Aegolius funereus*	1–5	0–5
jouhisorsa *Anas acuta*	6–10	15
lapasorsa *Anas clypeata*	1–5	0–1
metsähanhi *Anser fabalis*	6–10	0–5
lapasotka *Aythya marila*	1–5	0
pyy *Bonasa bonasia*	1–5	2
palokärki *Dryocopus martius*	1–5	1–5
pohjansirkku *Emberiza rustica*	40–68	119–202
ampuhaukka *Falco columbarius*	1–5	2–4
tuulihaukka *Falco tinnunculus*	1–5	1–2
varpuspöllö *Glaucidium passerinum*	1–5	0–5
kurki *Grus grus*	54–76	44–61
jänkäsirriäinen *Limicola falcinellus*	454–682	126–188
sinirinta *Luscinia svecica*	11–50	1–2
jänkäkurppa *Lymnocryptes minimus*	53–106	11–22
mustalintu *Melanitta nigra*	1–5	0
keltavästäräkki *Motacilla flava*	989–1582	509–814
suokukko *Calidris pugnax*	6–10	21–31
pohjantikka *Picoides tridactylus*	26–39	8–12
kapustarinta *Pluvialis apricaria*	11–16	24–34
hiiripöllö *Surnia ulula*	1–5	1–5
teeri *Tetrao tetrix*	37–51	4–5
metso *Tetrao urogallus*	51–100	45–90
mustaviklo *Tringa erythropus*	32–45	13–18
liro *Tringa glareola*	521–781	563–844
lisäksi kolme salassa pidettävää lajia	x	x
kuikka *Gavia arctica*	-	1
laulujoutsen *Cygnus cygnus*	-	13
uivelo *Mergellus albellus*	-	7
sinisuohaukka *Circus cyaneus*	-	2
vesipääsky *Phalaropus lobatus*	-	1–2
lapintiira *Sterna paradisaea*	-	0–5
lapinpöllö *Strix nebulosa*	-	0–1
suopöllö *Asio flammeus*	-	7–10

Muut Natura-alueet sijaitsevat etäämmällä hankealueesta. Sakatin esiintymästä luoteeseen noin viiden kilometrin etäisyydellä sijaitsee Pomokairan (FI1301712; SAC/SPA) Natura-alue ja seitsemän kilometrin etäisyydellä koillisessa on Koitelaisen (FI1301716; SAC/SPA) Natura-alue. Seuraavaksi lähimpänä sijaitsevat Natura-alueverkoston kohteet ovat yli 20 kilometrin etäisyydellä hankealueesta.

Pomokairan Natura-alueella sijaitsevat Pomokairan-Tenniöaavan sekä Ilmakkiaavan soidensuojelualueet (SSA120157, SSA120158). Lisäksi Pomokairan Natura-alueeseen kuuluu vanhojen metsien suojeluohjelman alue Pomokaira (AMO120286). Valtaosa Koitelaisen Natura-alueesta kuuluu kohteeseen Koitelaiskairan luonnonpuisto (KLO120005). Natura-alueella on myös vanhojen metsien suojeluohjelmarajauksia (Suomen ympäristökeskus 2020a).

Pomokairan-Koitelaiskairan alue (920256) kuuluu kansainvälisesti ja kansallisesti arvokkaisiin lintualueisiin (IBA- ja FINIBA-alueet). Kymmenen kilometrin säteellä Sakatin esiintymästä sijaitsevat lisäksi MAALI-kohteet Iso Moskujärvi (920348), Satojärvi (920354), Ilmakkijärvi (920352) ja Takaltama-aapa (920443) (Lapin Lintutieteellinen Yhdistys ry 2016).

Hankealueella tai sen ympäristössä ei sijaitse valtakunnallisesti arvokkaita tuuli- ja rantakerrostumia tai moreenimuodostumia. Hankealueeseen nähden lähin valtakunnallisesti arvokas kallioalue sijaitsee lähes kymmenen kilometrin etäisyydellä (Suomen ympäristökeskus 2020a). Hankealueella ei myöskään sijaitse huomioitavia perinnemaisemakohteita (Kalpio & Bergman 1999). Lähimmät perinnemaisemakohteet ovat Haapalan laidun Sattasjoen rannalla Asentopalossa ja Onnelan laidun Kelujoen etelärannalla Siurunmaan kylässä. Molemmat kohteet ovat yli viiden kilometrin päässä hankealueesta.

Hankealueen ympäristössä sijaitsevat Natura 2000-alueet ja luonnonsuojelualueet on esitetty luvussa 2.5 Hankkeen sijainti ja alueen yleiskuvaus.

23.3 Vaikutusten arviointi ja vaikutusten merkittävyys

Natura-arvioinneissa arviointimenetelmät eroavat YVA-menettelyssä käytetyistä arviointimenetelmistä.

Viiankiaavan Natura-arviointi perustui laadittuihin mallinnuksiin ja selvityksiin, hankkeen tekniseen kuvaukseen sekä suunnittelun aikaisempien vaiheiden yhteydessä tehtyihin luontoselvityksiin ja tutkimuksiin. Vaikutusten arvioinnissa ja sen päivityksessä on tarkasteltu kaikkia suunnitelmaan tai hankkeeseen liittyviä seikkoja, jotka voisivat vaikuttaa merkittävästi Natura 2000 -alueeseen ja sen suojeluperusteena oleviin luontotyyppeihin ja lajeihin. Erityisesti arvioinnissa on keskitetty arvioimaan heikentäviä vaikutuksia, joilla tarkoitetaan luontotyypin tai lajin elinympäristön fyysistä rappeutumista tai lajin yksilöihin kohdistuvaa häiriötä minkä tahansa hankkeeseen liittyvän suoran tai epäsuoran vaikutustyypin seurauksena. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Vaikutuksen merkittävyyden arvioinnissa on huomioitu vaikutuksen suuruus ja laatu (kaikki suojeluperusteet) sekä kohteen luonnontilaisuus ja edustavuus (luontotyypit, valtioneuvoston päätös YM/2018/82). Lisäksi merkittävyyden arvioinnissa on huomioitu luontotyyppien ja lajien suojelun taso sekä Natura-alueen suojelutavoitteet. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu kohteen ominaisuudet huomioiden asiantuntija-arviona (Ramboll Finland Oy 2023a).

Vaikutusten suuruutta on arvioitu luontotyyppien kohdalla pinta-alana ja lajien kohdalla lajirunsauteen liittyvinä vaikutuksina, jotka on luokiteltu neliportaisella asteikolla (Taulukko 23-4, soveltaen Eurofins Ahma Oy 2023).

Taulukko 23-4 Vaikutuksen suuruuden luokittelu viisiportaisella asteikolla (Lähde: soveltaen Eurofins Ahma Oy 2019d, 2020f).

Vaikutuksen suuruus	Kriteerit
Erittäin suuri	Heikentävä vaikutus kohdistuu yli 80 % Natura-luontotyypin pinta-alasta tai yli 80 % Natura-alueella esiintyvän direktiivilajin runsaudesta.
Voimakas	Heikentävä vaikutus kohdistuu 50–80 % Natura-luontotyypin pinta-alasta tai 50–80 %:iin Natura-alueella esiintyvän direktiivilajin runsaudesta.
Kohtalainen	Heikentävä vaikutus kohdistuu 10–50 % Natura-luontotyypin pinta-alasta tai 10–50 % Natura-alueella esiintyvän direktiivilajin runsaudesta.
Lievä	Heikentävä vaikutus kohdistuu 0,5–10 % Natura-luontotyypin pinta-alasta tai 0,5–10 % Natura-alueella esiintyvän direktiivilajin runsaudesta.
Ei vaikutusta	Ei muutoksia tai muutokset kohdistuvat vain hyvin pieneen osaan (< 0,5 %) Natura-luontotyypistä tai direktiivilajin runsaudesta.

Vaikutuksen suuruus on luontotyyppien osalta heikentyvän tai häviävän pinta-alan ja koko Natura-alueella esiintyvän ko. luontotyypin kokonaispinta-alan prosentuaalinen suhde. Kasvilajien osalta vaikutuksen suuruutta lajin runsauteen on tarkasteltu selvyyden vuoksi sekä lajien havaintopisteiden lukumäärän että saatavilla olevan muun tiedon (kasvien versomäärä tai pinta-ala) pohjalta. Kasvilajeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on kiinnitetty erityistä huomiota yli 30 senttimetrin maaperän pohjavedenpinnan alenemiin, sillä 10–29 senttimetrin pohjavedenpinnan alenema mahtuu Viiankiaavan avosuoalueiden luontaisen, pitkän aikavälin keskimääräisen vaihteluvälin sisään, joka on tyypillisesti turpeessa 0,2–0,5 metriä. Varovaisuusperiaatteen mukaisesti vaikutuksen suuruuden arvioinnissa yli 30 senttimetrin pohjavedenpinnan alenemaa on käsitelty todennäköisempänä sekä voimakkaampana kuin 10–29 senttimetrin pohjavedenpinnan alenemaa. Vaikutusten suuruuden luokittelussa on pyritty yhdenmukaistamaan arviointia alueella aiemmin toteutettujen Natura-arviointien (Eurofins Ahma Oy 2019d, 2020f) kanssa. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa on käytetty neliportaista asteikkoa (Taulukko 23-5), jossa vaikutusten merkittävyys on jaettu luokkiin ’merkittävä heikennys, ’kohtalainen heikennys, ’lievä heikennys’ ja ’merkityksetön’ pohjautuen Söderman (2003) ohjeistukseen.

Taulukko 23-5 Vaikutusten merkittävyyden luokittelu ja kriteerit (Lähde: soveltaen Söderman 2003).

Vaikutuksen merkittävyys	Kriteerit
Merkittävä heikennys	Hanke tai suunnitelma heikentää voimakkaasti luontotyypin tai lajin esiintymistä Natura-alueella tai johtaa luontotyypin/lajin katoamiseen Natura-alueelta lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä.
Kohtalainen heikennys	Hanke tai suunnitelma heikentää kohtalaisesti luontotyypin tai lajin esiintymistä Natura-alueella tai voi johtaa luontotyypin/lajin osittaiseen katoamiseen Natura-alueelta pitkällä aikavälillä. Osittaisella katoamisella tarkoitetaan luontotyypin vähäistä pysyvää supistumista tai populaatiokoon pienentymistä. Heikentymistä voidaan estää tai vähentää häiriötä ehkäisevillä tai lieventävillä toimenpiteillä.
Lievä heikennys	Hankkeella on vain lieviä vaikutuksia luontotyyppiin tai lajin esiintymiseen Natura-alueella eikä hanke uhkaa luontotyypin/lajin esiintymistä alueella millään tarkasteluvälillä.
Merkityksetön	Hankkeesta ei aiheudu heikentäviä vaikutuksia Natura-alueen luontotyypeille/lajeille tai ne ovat suuruusluokaltaan ja laadultaan erittäin pieniä.

Muihin Natura-alueisiin, luonnonsuojelualueisiin ja luonnonsuojeluohjelmien alueisiin sekä arvokkaisiin luontokohteisiin kohdistuvien vaikutusten herkkyyden ja muutoksen suuruusluokan arvioinnissa käytetyt kriteerit on esitetty alla taulukoissa (Taulukko 23-6 ja Taulukko 23-7).

Taulukko 23-6 Vaikutuskohteen herkkyys; Natura-alueet ja luonnonsuojelualueet.

Vähäinen	Luonnonsuojelualue tai Natura-alue ei sijoitu vaikutusalueelle tai sen välittömään läheisyyteen. Vaikutusalueella on määräaikainen suojelukohde tai METSO-suojelukohde, jonka olosuhteet eivät ole edustavia. Suojelualue on vahvasti ihmisen muokkaamaa ympäristöä.
Kohtalainen	Vaikutusalueella on Natura-alue ja/tai luonnonsuojelualue. Natura- ja suojelualueen suojeluperusteet ovat kohtalaisen herkkiä ympäristön muutokselle. Vaikutusalueella on määräaikainen suojelukohde tai METSO-suojelukohde, joka on olosuhteiltaan edustava. Suojelualue on olosuhteiltaan luonnontilaisen kaltainen.
Suuri	Vaikutusalueella on Natura-alue ja/tai luonnonsuojelualue, suojeluohjelman kohde, METSO-suojelukohde ja/tai RAMSAR-kosteikko. Alueella on useita (tai laaja-alaisesti) luonnonsuojelulain perusteella suojeltuja lajeja tai luontotyyppejä, erityisesti suojeltavia tai rauhoitettuja lajeja, luonnontilaisia ja edustavia valtakunnallisesti uhanalaisia luontotyyppejä, valtakunnallisesti uhanalaisia lajeja. Suuri osuus uhanalaisen tai hyvin harvinaisen lajin populaatiosta vaikutusalueella.

Taulukko 23-7 Muutoksen voimakkuus ja suunta; Natura-alueet ja luonnonsuojelualueet.

Suuri kielteinen	Muuttaa luonnonsuojelualueen suojeluperusteena olevia ominaispiirteitä ja/tai lajistoa ja elinympäristöjä vaarantaen suojeluperusteet. Hanke tai suunnitelma (joko yksistään tai yhteisvaikutuksena muiden hankkeiden kanssa) vaikuttaa haitallisesti Natura-alueen eheyteen, eli sen yhtenäiseen ekologiseen rakenteeseen ja toimintaan, joka ylläpitää luontotyyppejä/elinympäristöjä ja populaatioita, joita varten alue on suojeltu. Muutokset kohdistuvat useiden avainlajien populaatioihin niitä heikentäen. Kasvi- tai eläinlajisto muuttuu, lajisto yksipuolistuu oleellisesti.
Keskisuuri kielteinen	Hanke muuttaa luonnonsuojelualueen suojeluperusteena olevia ominaispiirteitä ja/tai lajistoa ja elinympäristöjä heikentäen suojeluperusteita. Hanke tai suunnitelma (joko yksistään tai muiden kanssa) ei vaikuta haitallisesti alueen eheyteen, mutta vaikutus on todennäköisesti merkittävä alueen yksittäisiin luontotyyppeihin/ elinympäristöihin/ lajeihin.
Pieni kielteinen	Muuttaa luonnonympäristöä, mutta alueen ekosysteemit säilyvät toimivina.
Ei vaikutusta	Vaikutuksia ei ole huomattavissa kielteiseen tai myönteiseen suuntaan.
Pieni myönteinen	Hanke tai suunnitelma lisää vähäisesti luonnon monimuotoisuutta, esimerkiksi lieventävillä toimenpiteillä luodaan käytäviä eristyneiden alueiden välille tai ennallistamalla luontotyyppejä. Hanke parantaa tai laajentaa vähäisesti luontotyyppien tai huomionarvoisten lajien elinympäristöä tai vähentää elinympäristön pirstoutumista.
Keskisuuri myönteinen	Hanke tai suunnitelma lisää jonkin verran luonnon monimuotoisuutta, esimerkiksi lieventävillä toimenpiteillä luodaan käytäviä eristyneiden alueiden välille tai ennallistamalla luontotyyppejä.

	Hanke parantaa tai laajentaa luontotyyppien tai huomionarvoisten lajien elinympäristöä tai vähentää jonkin verran elinympäristön pirstoutumista.
Suuri myönteinen	Hanke tai suunnitelma lisää selvästi luonnon monimuotoisuutta, esimerkiksi lieventävillä toimenpiteillä luodaan käytäviä eristyneiden alueiden välille tai ennallistamalla luontotyyppejä. Hanke parantaa tai laajentaa alueellisesti luontotyypin tai huomionarvoisten lajien elinympäristöä ja/tai yhdistää erillään olleita ympäristöjä vähentäen selvästi elinympäristöjen pirstoutuneisuutta.

23.3.1 Viiankiaavan Natura-alue (FI1301706)

Pohjaveden virtausmallinnusta ei ole tehty muista hankevaihtoehdoista kuin VE1a. Voidaan kuitenkin arvioida, että muissa eri hankevaihtoehdoissa Sakatin esiintymän louhimisen pohjavesivaikutukset luontotyyppeihin ovat samat, mutta eroja syntyy eri vinotunnelivaihtoehtojen vuoksi (Ramboll Finland Oy 2023a).

Luontotyypit

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 23-8) on esitetty yhteenveto luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyydestä eri hankevaihtoehdoissa sekä erikseen vaihtoehdon VE1a osalta (Ramboll Finland Oy 2023a). Hankevaihtoehdon VE1a osalta vaikutukset esitetään 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioiden osalta sekä erikseen välttämistoimilla. Välttämistoimella VE1a molemmat tiivistysskenaariot ovat toteutettavissa niin, että vaikutukset suojeltaviin luontotyyppeihin jäävät merkittävyydeltään tasolle ei vaikutuksia tai lievä heikennys paitsi letoille, jossa vaikutusten merkittävyys on luokassa kohtalainen heikennys.

Hankevaihtoehdossa VE1a molemmissa tiivistysskenaarioissa seitsemään suojeluperusteena mainittuun luontotyyppiin (humuspitoiset järvet ja lammet, pikkujoet ja purot, vaihettumissuot ja rantasuot, lähteet ja lähdesuot, aapasuot, boreaaliset luonnonmetsät ja puustoiset suot) kohdistuu lievä heikennys ja lettoihin kohtalainen heikennys.

Välttämistoimella VE1a molemmat tiivistysskenaariot ovat toteutettavissa niin, että vaikutukset suojeltaviin luontotyyppeihin jäävät merkittävyydeltään tasolle ei vaikutuksia tai lievä heikennys.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b vaikutukset luontotyypille pikkujoet ja purot on todennäköisesti merkittäviä. Mahdollinen kohtalainen heikennys lettoihin ja aapasoihin on tunnistettu hankevaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Lisäksi VE3a:ssa ja VE3b:ssä on mahdollinen merkittävä heikennys sekä pikkujoet ja purot osalta sekä mahdollinen kohtalainen heikennys lähteet ja lähdesuot osalta. Hankevaihtoehdossa VE1b, VE2a ja VE2b on lievän-kohtalaisen heikennyksen mahdollisuus lähteet ja lähdesuot luontotyyppiin. Lisäksi hankevaihtoehdossa VE2b on tunnistettu kohtalainen heikennys luontotyypille humuspitoiset järvet ja lammet. Muiden luontotyyppien osalta vaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b merkittävyys on ei vaikutusta tai lievä heikennys.

*Taulukko 23-8 Yhteenveto eri hankevaihtoehtojen vaikutusten merkittävyydestä luontodirektiivin luontotyyppeihin Viiankiaavan Natura-alueella. Taulukossa on kuvattu vaikutukset hankevaihtoehdon VE1a 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioiden osalta sekä erikseen VE1a välttämistoimilla. Luontotyyppejä tulvametsät ja metsäluhdat ei ole ilmoitettu Natura-alueen suojeluperusteina, mutta niitä on todettu Natura-alueelta. (Lähde: Ramboll Finland Oy 2023a.) (Merkintä * = priorisoitu luontotyyppi).*

Vaikutuksen merkittävyys								
Merkittävä heikennys	Kohtalainen heikennys	Lievä heikennys	Ei vaikutusta	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen	Suuri myönteinen		
Luontotyyppi	**VE1a välttämistoimet**	**VE1a 65 % tiivistysskenaario**	**VE1a 80 % tiivistysskenaario**	**VE1b**	**VE2a**	**VE2b**	**VE3a**	**VE3b**
Humuspitoiset järvet ja lammet	Ei vaikutuksia	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Kohtalainen heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys
Fennoskandian luonnontilaiset jokireitit	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Pikkujoet ja purot	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys, lievennettävissä alle merkittävän heikennyksen	Mahd. merkittävä heikennys, lievennettävissä alle merkittävän heikennyksen
Tulvaniityt	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Keidassuot*	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Vaihettumissuot ja rantasuot	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Kohtalaiset, lievennettävissä vähäisiksi	Kohtalainen heikennys, lievennettävissä vähäisiksi
Lähteet ja lähdesuot	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys-Kohtalainen heikennys	Lievä heikennys-Kohtalainen heikennys	Lievä heikennys-Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys
Huurresammal-lähteet *	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Letot	Lievä heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys
Aapasuot*	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys
Luonnonmetsät*	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Ei vaikutuksia	Lievä heikennys	Ei vaikutuksia	Lievä heikennys	Ei vaikutuksia
Harjumetsät	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia

Puustoiset suot*	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys
Tulvametsät	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia
Metsäluhdat	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia	Ei vaikutuksia

Suojeltavat lajit

Luontodirektiivin liitteen II ja IV-lajeista merkittävin heikentävä vaikutus kohdistuu vaihtoehdoissa VE1b-VE3b lapinsirppi-, kiiltosirppi- sekä isonuijasammaleeseen (Taulukko 23-9). Vaihtoehdon VE1a molemmissa tiivistysskenaariossa kohdistuu lapinsirppisammaleeseen merkittävä heikennys. Vaikutuksien merkittävyys jää luokkaan lievä – kohtalainen heikennys. Lapinsirppisammaleeseen kohdistuu mahdollinen merkittävä heikennys lähes kaikissa vaihtoehdoissa, mutta välttämistoimilla vaikutukset lievenevät VE1a:ssa kohtalaisen merkittäviksi. Saukkoon ei missään vaihtoehdossa kohdistu merkittäviä vaikutuksia (lievä heikennys rakennusvaiheessa). Välttämistoimenpiteet vaihtoehdossa VE1a eivät muuta saukkoihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyyttä.

Taulukko 23-9 Yhteenveto eri hankevaihtoehtojen vaikutusten merkittävyydestä luontodirektiivin liitteen II ja IV lajeihin. Taulukossa on kuvattu erikseen vaikutukset hankevaihtoehdon VE1a 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioiden osalta sekä lievennystoimet huomioiden (Lähde: Ramboll Finland Oy 2023a).

Vaikutuksen merkittävyys								
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +		
Liitteen II laji	**VE1a, välttämistoimet**	**VE1a, 65 % tiivistyssken.**	**VE1a, 80 % tiivistyssken.**	**VE1b**	**VE2a**	**VE2b**	**VE3a**	**VE3b**
Saukko (lutra lutra)	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys
Isonuijasammal (*Meesia longiseta*)	Lievä heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys
Lettorikko (*Saxifraga hirculus*)	Ei vaikutuksia	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys
Lapinleinikki (*Coptidium lapponicum*, syn. *Ranunculus lapponicus*)	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Lievä heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys
Lapinsirppisammal (*Hamatocaulis lapponicus*)	Kohtalainen heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys
Kiiltosirppisammal (*Hamatocaulis vernicosus*)	Korkeintaan kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Kohtalainen heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys	Mahd. merkittävä heikennys

Merkittävin linnustoon kohdistuva vaikutus on arvioinnin perusteella meluvaikutus sekä metsojen soidinkeskuksiin kohdistuva heikennys Kuusivaaran ja Tihiämaan alueella (Taulukko 23-10). Meluvaikutuksia voidaan lieventää huomattavasti sekä rakentamisen aikaisen melun että tuotantovaiheen melun osalta, jolloin melun merkitys linnuston kannalta voidaan arvioida vähäiseksi. Metsojen osalta heikennys arvioidaan suuruudeltaan lieväksi ja merkitykseltään enintään kohtalaiseksi heikennykseksi.

Taulukko 23-10 Lintudirektiivin I liitteen lajit ja säännöllisesti esiintyvät muuttolintulajit Viiankiaavan Natura-alueella, lajikohtainen yhteenveto tunnistetuista vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä (Lähde: Ramboll Finland Oy 2023a).

Laji/lajiryhmä	Lajiin kohdistuvat vaikutukset ja niiden merkittävyys
Jouhisorsa, lapasorsa, uivelo, mustalintu, metsähanhi, laulujoutsen, kuikka, kurki, suopöllö	Mahdollisesti Sakattilampien alueella pesiviä lajeja. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakentamisen aikainen melu saattaa aiheuttaa satunnaisia häiriöitä. Kaikissa vaihtoehdoissa toimintavaiheessa maanalaisen kaivoksen louhinta saattaa aiheuttaa satunnaista häiriötä lajien yksilöihin, mutta tämän häiriön ei arvioida keskeyttävän pesintöjä. Vähäinen vaikutus kohdistuu vain pienelle osalle lajien soveltuvista pesimisalueista. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.**
Lapasotka	Vain satunnaisesti muuttoaikoina tavattava laji. **Ei vaikutuksia.**
Mustalintu	Viiankiaavalla muuttoaikoina tavattava laji, pesii myös satunnaisesti alueella, ainakin Iso Moskujärvellä. Tavattu Sakattilampien alueilla levähtävänä. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakentamisen aikainen melu saattaa aiheuttaa satunnaisia häiriöitä lajin levähtäville yksilöille/parville Viiankilampien alueilla. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys (vaihtoehdot VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b rakennusvaiheessa).**
Pyy, teeri	Lajien elinympäristöihin Natura-alueen reunoilla kohdistuu melua ja ihmisten liikkumisesta aiheutuvaa visuaalista häiriötä. Meluhaitta on lievennettävissä enintään vähäiseksi vaikutukseksi. Elinympäristöjen muutokset rakentamisalueiden osalta saattavat aiheuttaa lievää heikennystä ainakin teeren populaatiolle. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.**
Metso	Lajin elinympäristöön kohdentuu heikennystä Kuusivaaran ja Tihiämaan alueelta häviävien tai heikkenevien soidinkeskusten vuoksi. Osa Kuusivaaran alueelle soidintamaan kokoontuvista metsoista saattaa kuulua Natura-alueen populaatioon, mutta tästä ei ole varmuutta. Kaikki Tihiämaan alueen yksilöt kuuluvat Natura-alueen metsopopulaatioon. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään enintään kohtalainen heikennys.**
Ampuhaukka, tuulihaukka, sinisuohaukka	Lajit eivät ole erityisen herkkiä melulle eikä tärinän arvioida vaikuttavan lajien pesäpaikkoihin heikentävästi. Osa pesäpaikoista saattaa joinain vuosina sijoittua alueille, joihin ihmisten liikkumisesta aiheutuu visuaalista häiriötä. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.**
Jänkäkurppa, jänkäsirriäinen, suokukko, kapustarinta, mustaviklo, liro, vesipääsky	Lähinnä tärinä saattaa aiheuttaa lajeille satunnaisia pelästymisreaktioita Sakattilampien alueilla. Tärinän vaikutusalue on melko suppea verrattuna lajeille soveltuvien elinympäristöjen kokonaisalaan Natura-alueella. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.**
Lapintiira	Pesivänä Moskujärvillä. **Ei vaikutuksia.**
Helmipöllö, varpuspöllö, hiiripöllö	Maankäytön muutosten vaikutus mahdollisesti rakentamisalueiden läheisyyteen sijoittuvien pesäpaikkojen osalta arvioidaan vähäiseksi heikennykseksi. Lisääntyvä valaistus saattaa aiheuttaa laadullisen heikennyksen lajien elinympäristöihin. Lisääntyvän valaistuksen vaikutus kohdistuu

Laji/lajiryhmä	Lajiin kohdistuvat vaikutukset ja niiden merkittävyys
	kuitenkin samalle alueelle kuin meluvaikutus. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.**
Lapinpöllö	Lajia ei ole ilmoitettu suojeluperusteena. Vuoden 2020 kartoituksen mukaiset soidinpaikat eivät sijoitu rakennettavien alueiden läheisyyteen. Lajin potentiaalisiin pesimisalueisiin saattaa kohdistua vähäisiä meluvaikutuksia tai lisääntyneen valaistuksen vaikutuksia. **Enintään suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.**
Palokärki, pohjantikka	Maankäytön muutokset saattavat heikentää rakentamisalueiden osalta lajien elinympäristöjä Natura-alueen ulkopuolella. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.**
Keltavästäräkki, pohjansirkku	Lajeja voi pesiä Natura-alueen reunaosissa kaikkien rakennettavien alueiden läheisyydessä. Melu saattaa aiheuttaa vähäistä häiriötä lajien reviireihin, mutta meluvaikutus kohdistuu vain pieneen osaan lajien potentiaalisista elinympäristöistä. Lisäksi melu on lievennettävissä meluntorjuntakeinoin kaikissa hankevaihtoehdoissa enintään vähäiseksi haitaksi. **Suuruudeltaan ja merkitykseltään enintään lievä heikennys.**
Sinirinta	Tavataan hankkeen vaikutusalueella Natura-alueella lähinnä vain muuttoaikoina. **Ei vaikutuksia.**

Vaikutukset Natura-alueen eheyteen

Eheydellä ja koskemattomuudella viitataan alueen ekologiseen rakenteeseen ja toimintaan, alueen säilymiseen elinkelpoisena sekä niiden luontotyyppien ja lajien säilymiseen, joiden vuoksi alue on sisällytetty Natura-verkostoon. Natura-alueen eheyden ja muuttumattomuuden arvioinnissa on kiinnitettävä erityistä huomiota alueen luontoarvojen ja suojeluperusteiden säilymiseen pitkällä aikavälillä.

Sakatin kaivoshankkeessa vaihtoehto VE1a 65 % ja 80 % tiivistysskenaariossa pohjavedenpinnan aleneman vaikuttaa seuraaviin suojeluperusteisiin luontotyyppiin aiheuttaen lievää heikennystä: humuspitoiset järvet ja lammet, pikkujoet ja purot, vaihettumissuot ja rantasuot, lähteet ja lähdesuot, aapasuot, luonnonmetsät ja puustoiset suot. Lettoihin kohdistuu kohtalaista heikennystä vaihtoehdon VE1a molemmissa tiivistysskenaariossa. Pöly vaikuttaa vähäisessä määrin luontotyyppiin luonnonmetsät. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Vaihtoehdon VE1a pohjalta mallinnetuissa 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioissa kohdistuu maaperän pohjavedenpinnan aleneman johdosta merkittäviä heikennyksiä suojeluperusteina mainittujen luontodirektiivin liitteen II lajien osalta lapinsirppisammaleeseen. Kiiltosirppisammaleeseen, isonuijasammaleeseen ja lettorikkoon kohdistuu kohtalainen heikennys, ja lapinleinikkiin lievä heikennys maaperän pohjavedenpinnan aleneman johdosta. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Linnuston osalta merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat metsoon, kun heikennetään Natura-alueen ulkopuolella olevia metson soidinpaikkoja. Kuusivaaran alueella soidinpaikan menetys voi vaikuttaa enimmillään 3–7 % osuuteen Natura-alueen metsopopulaatiosta vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE2a ja VE2b. Hankevaihtoehdoissa VE3a ja VE3b metsoon kohdentuu enimmillään 3–7 % heikennys Tihiämaan alueen soidinkeskuksen häviämisen myötä. Eläimistä saukkoon kohdistuu hankkeen rakennusvaiheesta aiheutuva lievä heikennys. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Natura-arvioinnin mukaan vaihtoehdon VE1a osalta on arvioitavissa, että 65 % ja 80 % tiivistysskenaariolla vaikutus Viiankiaavan Natura-alueen eheyteen ja koskemattomuuteen on ”merkittävä kielteinen” (Ramboll Finland Oy 2023a). Kuitenkin lievennystoimilla (välttämistoimet) vaihtoehdossa VE1a 65 % ja 80 % tiivistysskenaariossa ei aiheuteta merkittäviä tai kohtalaisia haitallisia vaikutuksia millekään luontotyypille. Lieviä heikentäviä vaikutuksia kohdistuu seitsemään suojeluperusteena mainittuun luontotyyppiin: pikkujoet ja purot, vaihettumissuot ja rantasuot, lähteet ja lähdesuot, letot, aapasuot, luonnonmetsät ja puustoiset suot. Tällöin Viiankiaavan Natura-alueen ekologinen rakenne ja toiminta kokonaisuudessaan säilyvät ja ne ekologiset prosessit, jotka ylläpitävät suojeltavia luontotyyppejä eivät heikkene tai muutu kaivoksen toimiessa. Samoin kuin suojeltavien lajien kannat eivät heikkene.

Vaihtoehtoihin VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b sisältyy suurempia luontotyyppeihin kohdistuvia heikennyksiä kuin vaihtoehdossa VE1a. Tämä johtopäätös perustuu siihen, että pohjaveden virtausmallinnusta ei ole tehty kuin vaihtoehdosta VE1a, joten tiettyihin pohjavesivaikutteisiin luontotyyppeihin mahdollisesti kohdistuvat vaikutukset on arvioitu varovaisuusperiaatteen nojalla suuremmiksi. Lisäksi päävaihtoehtoon VE3 sisältyy luontotyypin pikkujoet ja purot sekä lapinleinikin osalta mahdollisuus merkittävään heikennykseen. Edellä esitetyn perusteella Natura-arvioinnin mukaan vaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b myös Natura-alueen eheyteen saattaa kohdistua merkittävä heikennys. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Yhteisvaikutukset

Keskeisimmät yhteisvaikutukset muodostuvat Viiankiaavalla jatkossa tapahtuvasta malminetsinnästä, kairareikien tulppauksesta ja Sakatin kaivoshankkeen yhteisvaikutuksista. Muita yhteisvaikutusten arvioinnissa huomioitavia tekijöitä ovat Kevitsan kaivos, Pahtavaaran kaivos ja Valtatien 5 uusi linjaus. Tiedossa ei ole muita hankkeita tai suunnitelmia, jotka voisivat aiheuttaa haitallisia yhteisvaikutuksia Viiankiaavan Natura-alueeseen Sakatin kaivoshankkeen kanssa (Ramboll Finland Oy 2023a).

Suunnitellun malminetsinnän ja Sakatin kaivoshankkeen yhteisvaikutukset

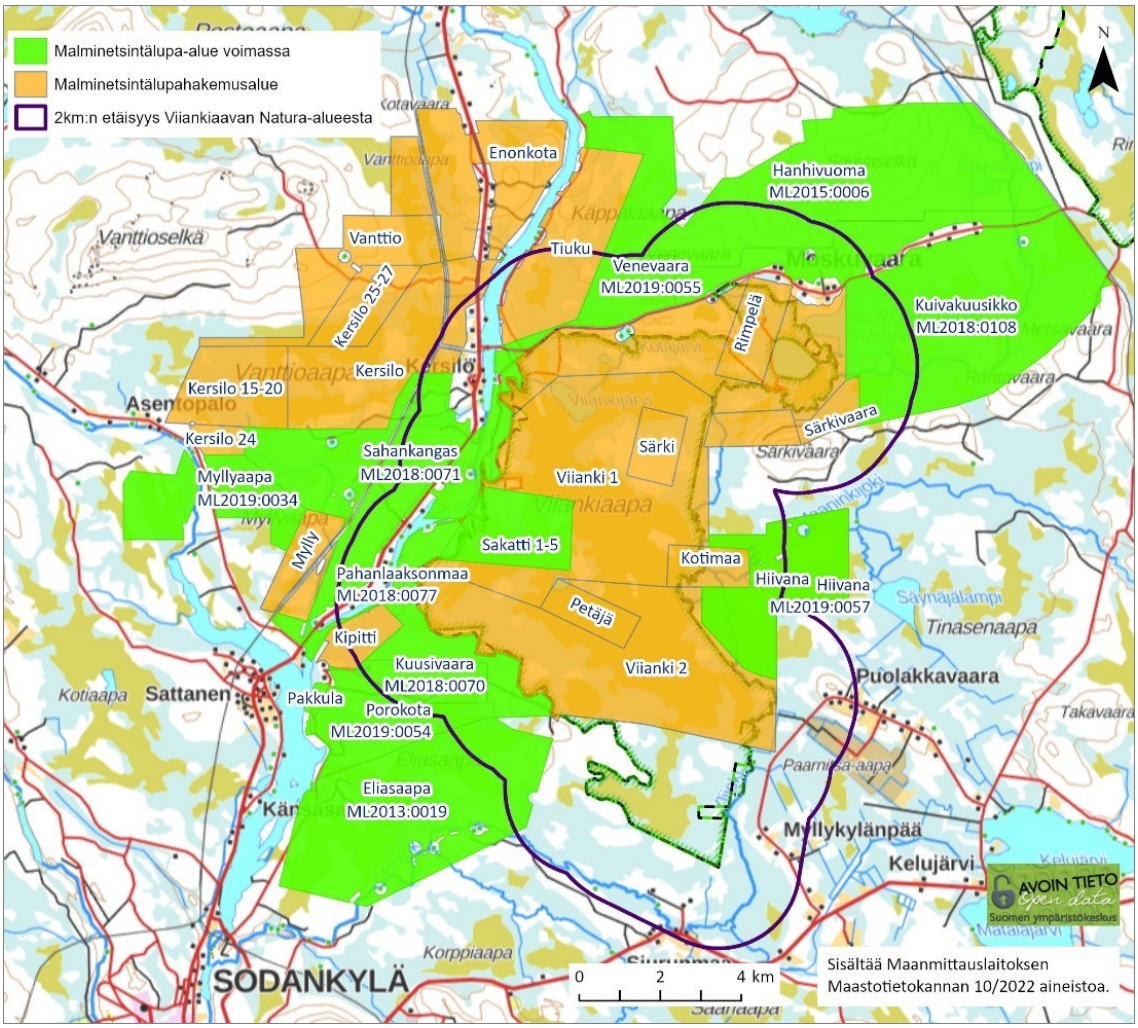
AA Sakatti Mining Oy on toteuttanut Viiankiaavan Natura-alueelle malminetsintää vuodesta 2006 alkaen. Tutkimustoiminta on keskittynyt Viiankiaavan länsiosaan Sakatin esiintymän ympäristöön Sakatin lupa-alueelle (ennen voimassa Sakatti 1–5 valtauksina), jolla on tällä hetkellä voimassa malminetsintäluvan 4. lupajakso (14. lupavuosi). Sakatin lupa-alueen lisäksi yhtiöllä on vireillä malminetsintähanke ’Viiangin hanke’, joka sijoittuu Viiankiaavalle ja sen reuna-alueille. Erikseen haettavan kaivosluvan myötä yhtiö on suunnitellut jatkavansa maanpäällistä malminetsintää Natura-alueen ulkopuolella ennen kaivostoiminnan käynnistymistä. Malminetsinnän lisäksi yhtiöllä on suunnitteilla malminetsinnässä toteutettujen avointen kairareikien tulppaushanke (ks. Natura arviointi (Ramboll Finland Oy 2023a), Liite 7).

Malminetsinnän vaikutusten arvioinnit perustuvat Eurofins Ahma Oy:n laatimiin Natura-arviointeihin (Eurofins Ahma Oy 2019d, 2020f, 2023) ja tulppaushankkeen osalta Eurofins Ahma Oy:n laatimaan arvioon hankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura-alueeseen (Eurofins Ahma Oy 2022c).

Malminetsintä

Nykyinen Sakatin lupa-alueen malminetsintäluvan 4. lupajakso tuli voimaan 30.9.2020 ja päättyy 29.9.2023 ja se mahdollistaa tutkimustoiminnan Sakatin malminetsintälupa-alueella talvikautena 2022–2023. Voimassa olevaan Sakatin malminetsintälupaan liittyen on laadittu erillinen Natura-arviointi vuonna 2019 (Eurofins Ahma Oy 2019d). Toiminta luonnonsuojelualueella (soidensuojelualue) on edellyttänyt myös lupaa ympäristöministeriöltä. Helmikuussa 2023 yhtiö on jättänyt Tukesille Sakatin lupa-alueen viimeistä lupavuotta koskevan malminetsintälupahakemuksen (5. lupajakso). Viimeisestä lupavuodesta on laadittu oma Natura-arviointi vuonna 2023 (Eurofins Ahma Oy 2022c), joka on jätetty viranomaisille lupahakemuksen yhteydessä. Sakatin lupa-alueen 5. lupajakso tulee aikaisintaan voimaan loppuvuodesta 2023 ja on kestoltaan yksi vuosi.

Hankkeesta vastaava on hakenut Tukesilta malminetsintälupaa kuudelle Viiankiaavan Natura-alueelle sijoittuvalle lupa-alueelle, jotka muodostavat yhdessä malminetsintähankkeen nimeltä Viiangin hanke. Viiangin hanketta koskeva Natura-arviointi valmistui helmikuussa 2020 (Eurofins Ahma Oy 2020f). Malminetsintälupahakemusalueille Rimpelä, Kotimaa, Särki ja Petäjä on haettu täyttä jatkoaikaa, joka on kaivoslain (621/2011) mukaan kolme vuotta. Alueille Viianki 1 ja 2 on haettu ensimmäistä lupajaksoa täysimääräisenä neljäksi vuodeksi. Toiminta luonnonsuojelualueella (soidensuojelualue) edellyttää myös lupaa ympäristöministeriöltä. Tukesille ja ympäristöministeriölle jätetyistä lupahakemuksesta ei ole vielä saatu päätöksiä. Kuvassa (Kuva 23-1) on esitetty yhtiön malminetsintälupatilanne, joka pitää sisällään Sakatin lupa-alueen sekä Viiangin hankkeen hakemusvaiheessa olevat lupa-alueet sekä hankkeesta vastaavan Natura-alueen ulkopuoliset malmietsintälupa-alueet ja -hakemukset.



Kuva 23-1 AA Sakatti Mining Oy:n malminetsintälupatilanne Sodankylän alueella (tilanne 30.11.2022). Kartalla on havainnollistettu kahden kilometrin etäisyys Viiankiaavan Natura 2000-alueesta.

Kaivostoiminnan aikana malminetsintää jatketaan maanalaisesta kaivoksesta. Ennen kaivostoiminnan käynnistymistä, hankkeesta vastaava on suunnitellut toteuttavansa maanpäällistä malminetsintää kaivosluvalla. Kaivoslupa-alueella maanpäällisiä malminetsintätoimia ei toteuteta Viiankiaavan Natura-alueella ja Natura-alueen ulkopuolella malminetsintää toteutetaan seuraavin reunaehdoin:

- Malminetsinnässä koneiden melualue ei ulotu lintujen pesimäaikana Natura-alueelle (1.5.–31.7. välisenä aikana). Metsojen soidinaikana (1.4.–20.5. välisenä aikana) tunnettuihin soidinkeskuksiin pidetään vähintään 250 metrin etäisyys soidinkeskuksen reunaan.
- Kuusivaaran suunnitellun tehdasalueen ympäristössä voidaan kuitenkin toteuttaa geoteknisiä tutkimuksia läpi vuoden.
- Malminetsintää toteutetaan enintään kahdella kairakoneella yhtäaikaisesti.

Viiankiaavalle suunniteltu malminetsintä (Viiangin hanke) ja kairareikien tulppaushanke sekä kaivosluvalla tehtävä Natura-alueen ulkopuolinen malminetsintä voivat ajallisesti osua osittain

päällekkäin. Seuraavassa on esitetty suunnitellun malminetsinnän ja tulppaushankkeen arvioitu aloitusajankohta, käytettävien kairausyksiköiden määrä sekä toiminnan kesto:

- Nykyinen Sakatin malminetsintäluvan 4. lupajakso on tullut voimaan täytäntöönpanomääräyksellä 30.9.2020 ja on voimassa kolme vuotta. Lupajakso päättyy 29.9.2023. Hankkeesta vastaava on hakenut Sakatin lupa-alueelle yhden vuoden jatkoaikaa ja tämä viimeisen vuoden malminetsintälupa voisi tulla aikaisintaan voimaan loppuvuodesta 2023. Näin ollen tutkimustoimet voisivat käynnistyä aikaisintaan talvikautena 2023–2024. Sakatin malminetsintälupa-alueella tehtäviin kairauksiin osallistuu 6 kairausyksikköä.
- Viiangin hankkeen malminetsintälupahakemukset ovat parhaillaan käsiteltävänä Tukesissa. Viiangin hankkeen malminetsintälupahakemukset voisivat tulla aikaisintaan voimaan vuoden 2023 aikana, jolloin tutkimustoimet voisivat käynnistyä aikaisintaan talvikautena 2023–2024. Osa Viiangin malminetsintähankkeen lupahakemusalueista (Viianki 1 ja Viianki 2) eivät ole olleet koskaan voimassa ja niillä voi olla enimmillään 15 lupavuotta (lupajaksot 4+3+3+3+2 vuotta). Viiangin hankkeessa on suunniteltu käytettävän kahta kairausyksikköä.
- Lupaa kairareikien tulppaushankkeen toteuttamiselle tullaan hakemaan kaivosluvan yhteydessä. Poikkeuksena on kuitenkin Kärväsniemen alueella sijaitsevat kairareiät, joiden tulppaus tullaan toteuttamaan Kuusivaaran malminetsintäluvan puitteissa. Tulppaushanke toteutetaan käyttäen kolmea kairausyksikköä. Alustavan arvion perusteella työ tehdään kolmen talvikauden aikana. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)
- Kaivosluvalla toteutettava maanpäällinen malminetsintä Natura-alueen ulkopuolella toteutetaan kahdella kairausyksiköllä. Tarkkoja tutkimussuunnitelmia ei tässä vaiheessa ole vielä tehty ja niiden toteutusajankohta on riippuvainen siitä, milloin Sakatin kaivoshankkeella on voimassa oleva kaivoslupa.

Sakatin lupa-alueella tapahtuva malminetsintä ajoittuu kaivostoimintaa edeltävälle ajalle. Viiangin hanke toteutuu limittäin kaivostoiminnan kanssa korkeintaan muutamia vuosia. Ennakkoarvion mukaan kairareikien tulppaushanke sekä kaivosluvalla toteutettava maapäällinen malminetsintä Natura-alueen ulkopuolella voisivat ajoittua samoille vuosille kuin Viiangin hankkeen viimeiset malminetsintätyöt

Keskeiset vaikutusmekanismit

Malminetsinnästä ja kairareikien tulppauksesta sekä suunnitellusta kaivoshankkeesta aiheutuu sekä meluvaikutuksia että hydrologisia vaikutuksia. Siten myös yhteisvaikutukset edellä mainittujen osalta ovat mahdollisia. Hydrologisten ja meluvaikutusten lisäksi kairaustoiminnasta syntyy kairauspisteen lähiympäristöön pääasiassa suoria vaikutuksia, jotka syntyvät kairauksesta ja sen seurauksena kairareiän ympärille nousevan kairaussoijan ja mineraalimaa-aineksen peittovaikutuksesta. Mahdollinen kairareiän ympärille kairauksessa jäänyt kairaussoija ja mineraalimaa-aines pyritään keräämään pois. Lisäksi jäljelle maastoon jääneitä kairaussoija- ja mineraalimaa-ainesvuotoja on puhdistettu kesäaikaan. (AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022.)

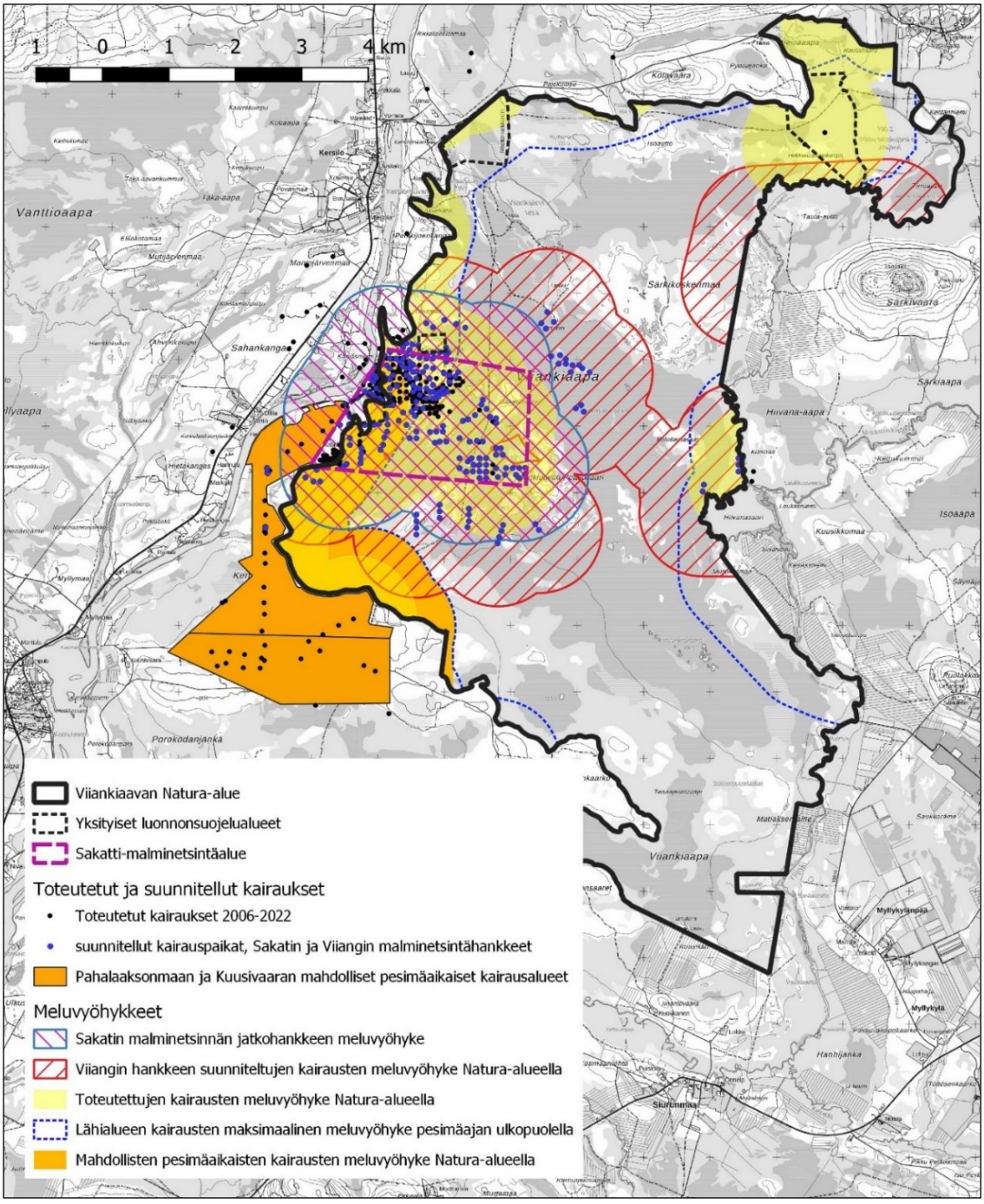
Toiminnasta syntyy kasvillisuuden tallautumista ja epäsuoria vaikutuksia maaperän tiivistymisen kautta. Natura-alueella kairaustoimintaa toteutetaan talvella lumipeitteen aikana, jolloin maaperä ja suot ovat jäässä. Lumen suojaavan vaikutuksen vuoksi vaikutukset luontotyyppeihin ovat selvästi vähäisempiä kuin sulan maan aikana (Antila 2007).

Kokonaisuudessaan Sakatin jatkoluvan malminetsintähankkeen, aiemmin toteutetun toiminnan ja suunnitellun Viianki-hankkeen toiminnan luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen kohdistuvien vaikutusten kokonaispinta-ala (kairauspaikat ja reitit) on noin 42 hehtaaria, joka kattaa Natura-alueen kokonaispinta-alasta noin 0,65 %. (Eurofins Ahma Oy 2023) Tulppaushankkeen kasvillisuusvaikutusten kokonaispinta-ala on noin 10,8 hehtaaria. Tulppaustoiminnan vaikutusalue on - joitain reittimuutoksia lukuun ottamatta - päällekkäinen aiemman malminetsinnän vaikutusalueiden kanssa.

Meluvaikutukset kairaustoiminnasta

Malminetsintähankkeen ja tulppaushankkeen meluvaikutuksia arvioitaessa on käytetty Oy Kati Ab:n tekemiä melumittauksia. Malminetsintään liittyvän kairaustoiminnan osalta on käytetty laajempaa, 950 metrin levyistä vyöhykettä, koska kairauksissa käytetään järeämpää DE130 –tyypin kairakonetta (Eurofins Ahma Oy 2023). Selvityksen tuloksiin perustuen kairakoneen DE130 laskennallinen äänenpainetaso oli 20 metrin etäisyydellä kairakoneesta 73,5 dB, 330 metriä kairakoneesta 50 dB ja 950 metrin päässä alittui jo 40 dB (Eurofins Ahma Oy 2020f). Tulppaushankkeen Natura-arvioinnissa meluvaikutusalueet on muodostettu tulppauspaikkojen ympärille Oy Kati Ab:n mittauksiin perustuvan laskennallisen 40 dB melutason mukaisen säteen perusteella, joka on hankkeessa käytettävillä konetyypeillä (DE140 ja DE 150) 800 metriä. Tulppaushankkeessa varsinaista kairaustyötä tehdään vain siinä tapauksessa, jos tulpattava kairareikä joudutaan avaamaan ennen reiän tulppaamista. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

Eurofins Ahma Oy:n laatimissa Natura-arvioinnissa ja tulppaushanketta koskevassa erillisselvityksessä meluvaikutusalueet on muodostettu kairauspaikkojen ympärille Oy Kati Ab:n mittauksiin perustuvan laskennallisen 40 dB melutason mukaisen säteen perusteella, joka on kairaustoiminnassa 950 metriä ja tulppaushankkeessa 800 metriä. Varovaisuusperiaatteen mukaisesti puuston vaimentavaa vaikutusta ei ole huomioitu, ja melutaso on laskettu äänekkäimmän konevaihtoehdon mukaan. Suunniteltujen kairauspaikkojen mukaan määritelty meluvaikutusvyöhyke sisältää pääosin myös suunnitellut reitit. (Eurofins Ahma Oy 2023.) Toteutettujen kairausten, suunniteltujen malminetsintäkairauksen sekä kairareikien tulppauksen melun vaikutusalueet on rajattu oheisessa kuvassa (Kuva 23-2). Tulppaushankkeen meluvaikutukset kohdistuvat samoille alueille kuin malminetsinnän melualueet. Tulppaushankkeen meluvaikutuksista on kerrottu tarkemmin Sakatin kaivoshankkeen Natura-arvioinnin liitteessä 7 (Ramboll Ginland Oy 2023a). Lähialueen osalta tulevien mahdollisten kairausten meluvyöhyke on esitetty maksimilaajuudessaan, sillä kairausten sijainnista ei ole tietoa.



Kuva 23-2 Aiemman ja suunnitellun toiminnan meluvyöhykkeet Viiankiaavan Natura-alueella. Taustalla näkyvät myös kaikki toteutetut ja suunnitellut kairauspaikat (Lähde: Eurofins Ahma Oy 2023).

Natura-alueella tehdään kairausta ja kairareikien tulppausta vain talvikaudella, sillä routa, jää ja lumi ovat edellytyksiä toiminnalle suoalueella. Kairaus ja kaikki tulppaushankkeeseen liittyvä toiminta Natura-alueella lopetetaan 15.3. mennessä, mikä vähentää meluvaikutusten merkittävyyttä pesimälinnuston kannalta. Natura-alueen ulkopuolella malminetsintää ja kairareikien tulppausta voidaan suorittaa ympäri vuoden pois lukien lintujen pesimäaika (toukokuu-heinäkuu), jolloin

hankkeesta vastaavan malminetsintälupa-alueilla (pl. Pahanlaaksonmaa ja Kuusivaara) ei kairata tai tehdä muuta melutasoltaan vastaavaa malminetsintää alle 950 metrin etäisyydellä Natura-alueen rajasta. Pahanlaaksonmaan ja Kuusivaaran malminetsintälupa-alueiden eteläosissa voidaan mahdollisesti kairata ja tehdä muutakin melutasoltaan vastaavaa malminetsintää läpi vuoden lupaehtojen mukaisesti niin, että Natura-alueen rajaan jätetään vähintään sadan metrin etäisyys. Toiminnassa huomioidaan lisäksi tiedossa olevat Pahanlaaksonmaalle ja Tihiämaalle sijoittuvat metsojen soidinkeskukset. Toiminnan häiriövaikutukset voivat malminetsinnän tavoin ajoittua pöllöjen laulukauteen, joka voi kevään etenemisestä riippuen olla käynnissä jo helmi-maaliskuussa. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

Vuosina 2006–2019 Natura-alueesta on ollut meluvaikutusten piirissä noin 24,8 % Viiankiaavan alueella ja lähiympäristössä tehtyjen kairausten takia (Eurofins Ahma Oy 2020f). Sakatin ja Viiangin hankkeiden suunniteltujen malminetsintäkairausten meluvyöhyke Natura-alueen puolella kokonaisuudessaan on noin 32 km^2, eli noin 48,5 % Natura-alueesta. (Eurofins Ahma Oy 2023.) Suunniteltu kairareikien tulppaushanke tulee aiemman malminetsintätoiminnan tavoin jakautumaan useammalle kairauskaudelle, ja melu ei kohdistu samanaikaisesti kaikkialle vyöhykkeiden peittämälle alueelle. Tulppaushankkeen suurimmat meluvaikutukset kohdistuvat samoille alueille, missä kairausmelukin on ollut voimakkainta ja pitkäkestoisinta, mutta meluvaikutusalue jää myös kokonaan malminetsinnän meluvaikutusalueiden sisään. Meluvaikutusalue ei siis laajene, mutta tulppaustoiminta pidentää meluvaikutuksen kestoa aiemman kairaustoiminnan meluvaikutusvyöhykkeen sisään jäävällä alueella. (Eurofins Ahma Oy 2023.)

Aiemmin toteutetun ja suunnitellun malminetsinnän sekä suunnitellun tulppaustoiminnan arvioidaan aiheuttavan merkittävyydeltään vähäisiä linnustovaikutuksia lähinnä paikkalintuihin eli pöllöihin, metsäkanalintuihin ja tikkoihin. Aiemmilla kairauksilla ja Viiangin tulevilla tutkimuksilla on kokonaisuutena arvioitu olevan tai olleen vähäisiä vaikutuksia yhteensä 31 arvioituun lajiin. Linnustovaikutukset syntyvät melusta ja visuaalisista häiriövaikutuksista, joten niillä ei ole suoraa vaikutusta lintujen elossa säilyvyyteen tai yksilömääriin. Linnuston osalta aiemman kairaustoiminnan keskeisen vaikutuksen arvioidaan kohdistuneen paikallisen kannan poikastuottoon, joka on saattanut häiriöalueilla heikentyä. Viiankiaavalla pesintöjen onnistumiseen selvästi merkittävämpi vaikuttava tekijä on pesimäajan sääolosuhteet. Näistä syistä kairaustoiminnalla ei arvioida olevan pitkän ajan vaikutuksia ja vaikutusten on siten katsottu kaikkien lajien osalta olevan merkitykseltään vähäisiä tai merkityksettömiä. (Eurofins Ahma Oy 2023.)

Meluhäiriö tai muu häiriö ei kohdistu laaditun arvioinnin perusteella Natura-alueella sijaitseville saukon kannalta tärkeille alueille. Tämän perusteella saukkoon ei kohdistu haitallisia yhteisvaikutuksia Sakatin kaivoshankkeesta ja suunnitellusta malminetsinnästä. Malminetsintä ja tulppaus tapahtuvat pääsääntöisesti ennen kaivostoiminnan aloittamista ja melun yhteisvaikutukset kohdistuvat korkeintaan kaivoksen rakentamisvaiheeseen.

Malminetsinnän ja Sakatin kaivoshankkeen tulppaustoiminnan yhteisvaikutukset Natura-luontotyyppeihin ja luontodirektiivin liitteen II lajeihin

Toteutettu ja suunniteltu malminetsintätoiminta kokonaisuudessaan on voinut tai voi vaikuttaa merkittävyydeltään vähäisesti kolmeen Viiankiaavan suojelun perusteena olevaan luontodirektiivin

liitteen II lajiin (lapinsirppi-, kiiltosirppi- ja isonuijasammal) (Eurofins Ahma Oy 2023). Vaikutukset kiiltosirppisammaleeseen on arvioitu todennäköisyydeltään odotettavissa oleviksi ja lapinsirppi- ja isonuijasammaleeseen ennakoitavissa oleviksi. Toteutettu ja suunniteltu malminetsintä yksin tai yhdessä Sakatin kaivoshankkeen kanssa ei aiheuta merkittäviä haitallisia vaikutuksia Viiankiaavan suojelunperusteena oleville luontodirektiivin liitteen II lajeille.

Laadittujen arviointien (Eurofins Ahma Oy 2020f, 2023) perusteella aiemman malminetsinnän ja suunnitellun Viiangin malminetsinnän sekä Sakatin malminetsinnän jatkohankkeen vaikutukset ovat kohdistuneet merkityksiltään vähäisinä yhdeksään Natura-luontotyyppiin: vaihettumis- ja rantasuot, letot, aapasuot, boreaaliset luonnonmetsät, puustoiset suot, humuspitoiset järvet ja -lammet, pikkujoet ja -purot sekä lähteet ja lähdesuot. Vaikutukset kohdistuvat tai ovat kohdistuneet kaikkien luontotyyppien osalta vain hyvin pieneen osaan luontotyyppien kokonaispinta-aloista Natura-alueella.

Sakatin kaivoshankkeen osalta vaikutuksia luontotyyppiin lähteet ja lähdesuot voidaan pitää kokonaismerkittävyyden kannalta kriittisimpänä vaikutuskohteena. Viiangin malminetsintähankkeesta ei arvioida aiheutuvan lähteet ja lähdesuot -luontotyypin kohteisiin kohdistuvia vaikutuksia. Sen sijaan aiemmin toteutetussa Sakatin malminetsinnässä yksi pohjamoreenin näytteenottopiste on sijoittunut luontotyypiltään lähdesuoksi luettavalle kohteelle. Tähän liittyvät merkittävät pohjaveden pinnantasoon liittyvät muutokset on arvioitu epätodennäköisiksi. Sakatin malminetsintähankkeen jatkolupahakemuksessa tämän MeEuLäs-luontotyyppikuvion lähimmän kairauspaikan laskennallinen vaikutusalue sijaitsee kuviosta noin 40 metrin päässä. Alle sadan metrin päähän kuviosta sijoittuu myös reittejä ja kaksi muuta kairauspaikkaa. Lähdekohteen Vii-L1 läheisyyteen sijoittuva kairauspaikka sisältyy jatkohankkeen suunnitelmiin. (Eurofins Ahma Oy 2023.) Sakatin jatkolupahankkeen vaikutukset luontotyypille eivät poikkea aiemman toiminnan vaikutuksista, eivätkä laajenna laskennallista vaikutusaluetta. Toiminnan keston lisääntyminen lisää luontotyypille kohdistuvia riskejä (Eurofins Ahma Oy 2023). Edellä esitetyn perusteella on kokonaisuutena arvioitavissa, ettei Viiankiaavan Natura-alueella jo toteutetusta malminetsinnästä eikä suunnitellusta Viiangin malminetsinnästä ja Sakatin malminetsinnän jatkolupahankkeesta aiheudu lähteet ja lähdesuot -luontotyyppiin merkittävää heikentävää yhteisvaikutusta Sakatin kaivoshankkeen kanssa. Toteutettu ja suunnitteilla oleva malminetsintä ei lisää lähteet ja lähdesuot -luontotyyppiin kohdentuvia pinta-alallisia yhteisvaikutuksia Sakatin kaivoshankkeen kanssa, kun valitaan hankevaihtoehto VE1a 65 % tai 80 % tiivistysskenaariolla ja lievennystoimilla. (Ramboll Finland Oy 2023a).

Luontotyyppiin pikkujoet ja -purot kohdistuvien mahdollisten vaikutusten arvioidaan syntyvän ainoastaan malminetsintään liittyvien moottorikelkkojen kulkureittien sijoittumisesta Kärväslammen alueella sijaitsevan puron ja Natura-alueen itäosassa sijaitsevan Hiivanahaaran puron alueille. Mahdollinen heikentävä vaikutus voisi syntyä purojen Natura-alueeseen sisältyvälle rantavyöhykkeelle mahdollisen vahingon yhteydessä. Todennäköisyys polttoainevuodoille joen ylityksessä katsotaan kuitenkin erittäin pieneksi onnettomuustilanteita ennaltaehkäisevien toimintatapojen johdosta. Tämän vaikutuksen suuruus ja merkittävyys on arvioitu enintään lieväksi. Näiden osalta on arvioitavissa, että luontotyyppiin pikkujoet ja -purot kohdistuu lievää yhteisvaikutusta Sakatin kaivoshankkeesta ja suunnitellusta malminetsinnästä, mutta vaikutus on niin vähäinen, ettei se muuta kaivoshankkeen eri vaihtoehtojen osalta laadittua merkittävyyden arviointia. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Suunniteltu ja toteutettu malminetsintä lisää hieman Viiankiaavan Natura-alueen pikkujoet ja purot -luontotyyppiin kohdistuvaa pinta-alallista vaikutusta. Yhteisvaikutus kohdentuu enintään noin 3,5 %:n Natura-alueen luontotyypin kokonaispinta-alasta, joka ei muuta luontotyyppiin kohdistuvaa vaikutusten arviointia.

Lettojen osalta suunniteltu ja toteutettu malminetsintä Viiankiaavalla lisää pinta-alallista yhteisvaikutusta yhteensä noin neljän hehtaarin verran. Malminetsinnän ja Sakatin kaivoshankkeen pinta-alallinen yhteisvaikutus lettoihin on enintään noin 3,3 % Viiankiaavan Natura-alueen lettojen kokonaispinta-alasta. Letoille aiheutuvista vaikutuksista merkittävimpiä ovat pienialaiset ja lievät kulutusvaikutukset, soijan todennäköisesti lyhytaikaiset peittovaikutukset ja mahdolliset haitat poikkeustilanteissa tapahtuneista vuodoista (Eurofins Ahma Oy 2023.)

Vaihettumis- ja rantasoiden luontotyyppiin voi malminetsinnän sekä kairareikien tulppauksen ja Sakatin kaivoshankkeen yhteisvaikutuksena kohdistua vaikutuksiltaan lievää ja merkitykseltään vähäistä lisäheikennystä. Tulppaushankkeen ja aiemman toteutetun ja suunnitellun malminetsinnän laskennallinen kokonaisvaikutusala on noin 0,56 hehtaaria, joka on 1,36 % vaihettumis- ja rantasoiden luontotyypin kokonaispinta-alasta Viiankiaavan Natura-alueella. Yhteisvaikutus ei muuta luontotyypin vaikutuksen arviointia, joka on suuruudeltaan ja merkitykseltään lievä heikennys.

Aiemmin todetun pohjalta voidaan arvioida, ettei toteutettu ja suunniteltu malminetsintä yksin tai yhdessä Sakatin kaivoshankkeen kanssa aiheuta merkittäviä haitallisia vaikutuksia Viiankiaavan suojelunperusteena oleville luontodirektiivin mukaisille luontotyypeille.

Malminetsintää koskevat toiminnot tulee toteuttaa erityisellä huolellisuudella, jotta ympäristön ja luonnonarvojen voidaan turvata. Suojelullisesti arvokas kasvilajisto mm. kartoitetaan tarkasti niiden potentiaalisella esiintymisalueella ennen reittien ja kairauspaikkojen käyttöönottoa. Kulkureitit merkitään maastoon tarkkuus-GPS:llä ja reitit merkitään väliaikaisin heijastinviitoin.

Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa

Kevitsan kaivoksen ainoana yhteisvaikutuksena Sakatin kaivoshankkeen kanssa on liikennemelu, joka on jo otettu huomioon tämän arvioinnin meluvaikutusten osalta. Hankkeista ei synny muita yhteisvaikutuksia Natura-alueen suojeluperusteisiin.

Pahtavaaran kaivoksen uudelleen avaaminen voisi lisätä vt 4 suunnalta tulevaa melukuormitusta Viiankiaavan länsireunalla. Yhteisvaikutuksena keskiäänitaso nousisi hieman Natura-alueen reunalla, mutta melun lisäys on niin vähäinen, ettei sen arvioida muuttavan tässä arvioinnissa kuvattujen Sakatin kaivoshankkeen meluvaikutusten suuruutta tai merkittävyyttä minkään suojeluperusteena olevan lajin kannalta.

Valtatien 5 uuden linjauksen vaikutukset liittyvät Sodankylän taajaman läheisyydessä tapahtuviin maankäytön muutoksiin sekä uuden linjauksen läheisyydessä tapahtuviin liikennemelun muutoksiin. Suunnitelmasta ei aiheudu Viiankiaavan Natura-alueeseen kohdistuvia vaikutuksia, eikä myöskään yhteisvaikutuksia.

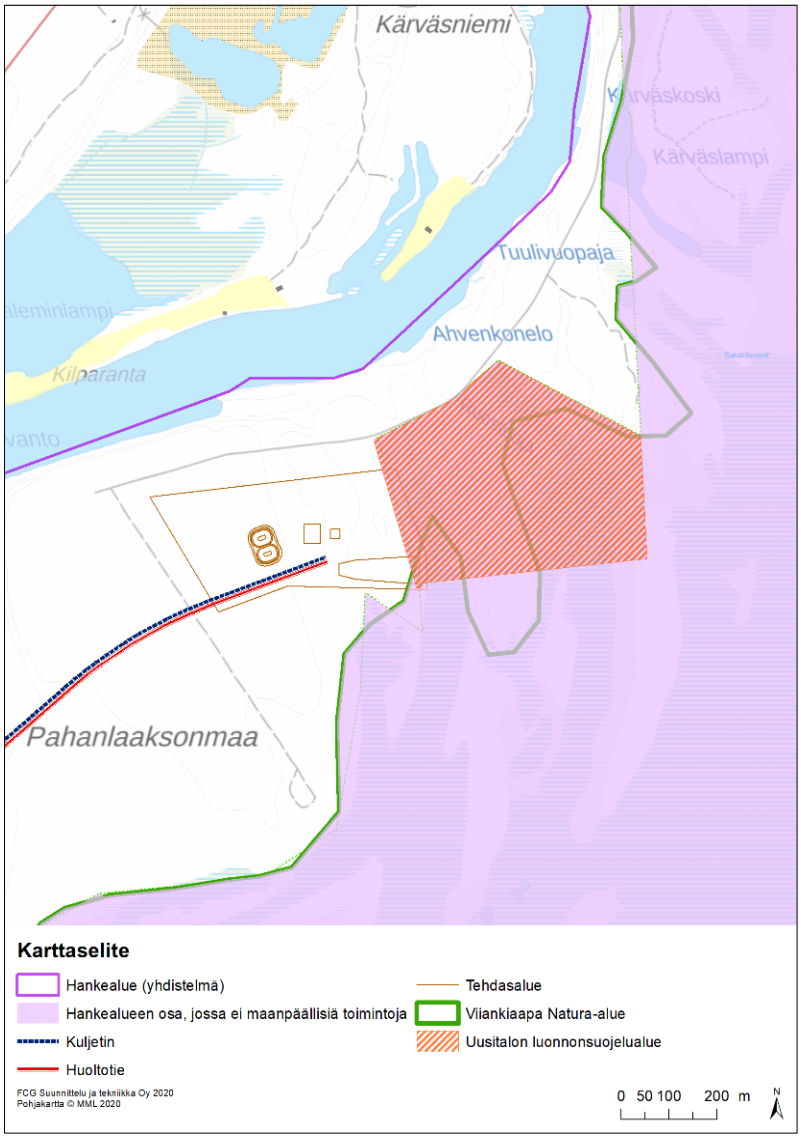
23.3.2 Muut Natura-alueet ja suojelukohteet

Pomokairan (FI1301712) ja Koitelaisen (FI1301716) Natura-alueet

Pomokairan (FI1301712) ja Koitelaisen (FI1301716) Natura-alueet osioon ei ole tullut muutoksia.

Uusitalon yksityinen luonnonsuojelualue (YSA200649)

Uusitalon yksityinen luonnonsuojelualue (YSA200649) sijaitsee osittain hankealuerajauksen sisällä. Vaihtoehdossa VE2b hankealue ulottuu suojelualueelle (Kuva 23-3) ja tämän vaihtoehdon toteuttaminen vaatii alueen suojelun osittaista purkamista. Suojelualueelta menetetään kangasmetsää, kangaskorpea ja rämettä. Menetys koskee noin 0,8 hehtaarin alaa, joka vastaa suojelualueen kokonaispinta-alasta noin 4 % osuutta. Suojelualueen pinta-ala on 18,8 hehtaaria.

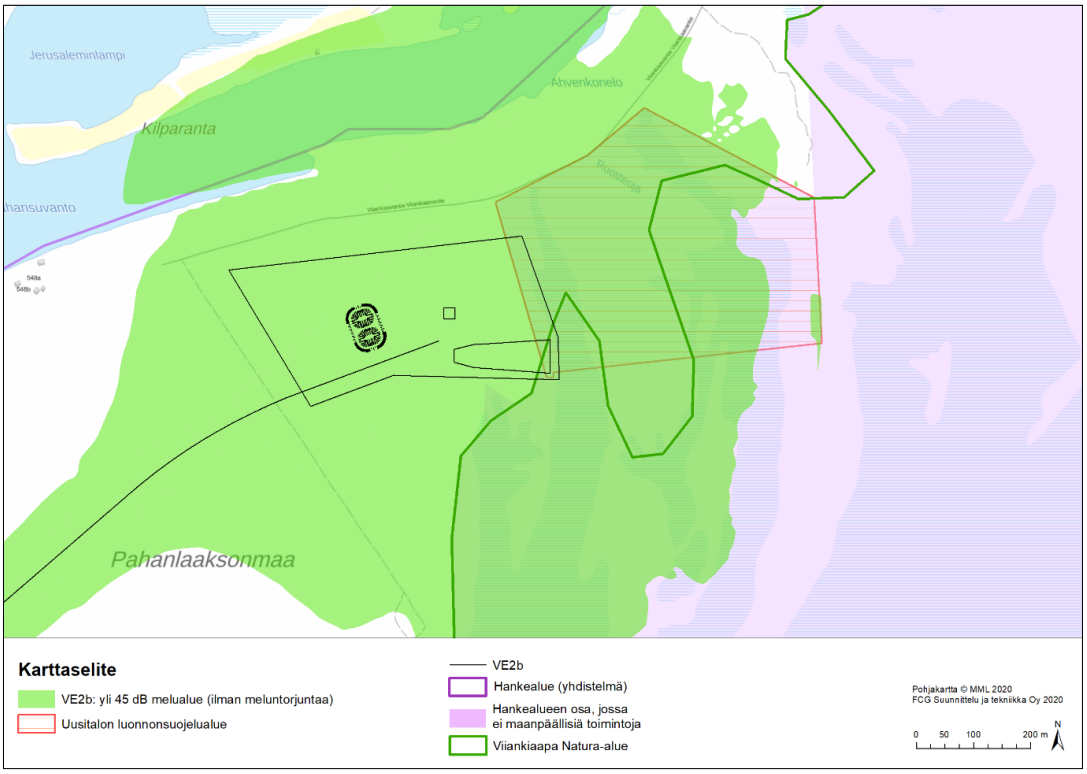


Kuva 23-3 Vaihtoehdolla VE2b tehdasalue sijoittuu osittain Uusitalon luonnonsuojelualueelle (YSA200649).

Vaihtoehdossa VE2a hankealue on noin 140 metrin etäisyydellä luonnonsuojelualueen rajasta ja vaihtoehdossa VE3a hankealue on noin 40 metrin etäisyydellä. Uusitalon suojelualueeseen kohdistuu nykyisin Viiankiaavantiestä muodostuva reunavaikutus, sillä suojelualue rajautuu tiehen. Vaihtoehdossa VE3a reunavaikutus hieman lisääntyy, mutta vaihtoehdossa VE2a tätä vaikutusta ei muodostu. Vaihtoehdossa VE3b huoltotie ja hihnakuljetin sijoittuisivat noin 35 metrin etäisyydelle suojelualueesta. Huoltotiestä ja hihnakuljetinlinjasta muodostuvan reunavaikutuksen merkitys Uusitalon luonnonsuojelualueen lajistolle on vähäinen.

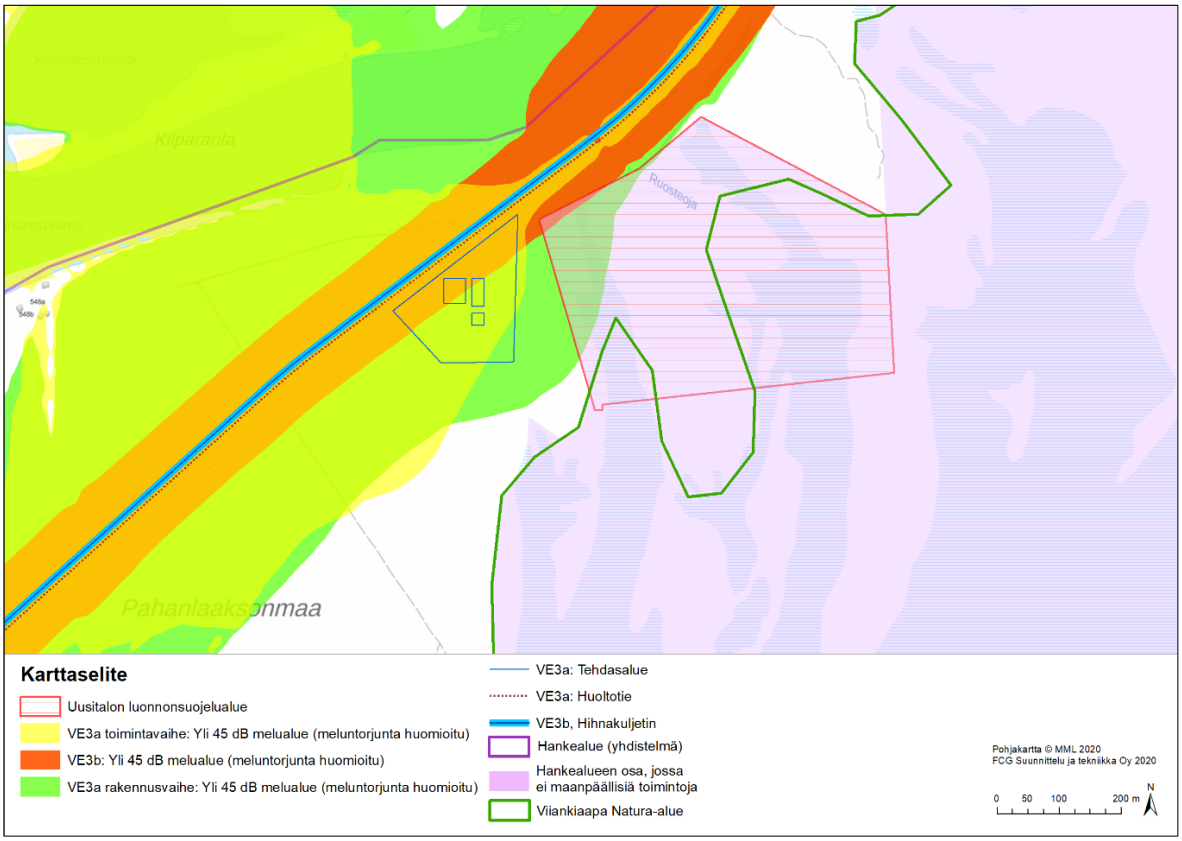
Vaihtoehdossa VE2a saadaan rakennusvaiheen ja toiminnan aikainen melu alennettua melutorjunnalla niin, että yli 45 dB:n meluhaitta ei ulotu suojelualueelle (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a). VE2b:lle ei ole tehty erikseen melumallinnusta rakentamisen ajalle. Pahanlaaksonmaan alueella melutilanne on käytännössä sama kuin VE2a:ssa, joka on mallinnettu, mutta vaihtoehdon VE2a periaatteet ovat sovellettavissa myös vaihtoehtoon VE2b (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a). Ilman meluntorjuntaa toiminnan aikana vaihtoehdossa VE2b yli 45 dB:n päiväajan keskiäänitaso ulottuu lähes koko Uusitalon luonnonsuojelualueelle (Kuva 23-4). Vaihtoehdolle VE2b ei ole erikseen mallinnettu tilannetta, jossa on meluntorjuntatoimet käytössä. Tässä vaihtoehdossa voidaan kuitenkin soveltaa rakentamis- ja tuotantoajalle samoja meluntorjuntatoimenpiteitä kuten vaihtoehdossa VE2a. Vaihtoehdossa VE3a Uusitalon suojelualueeseen kohdistuu meluhaitta.

Myös rakennus- ja toimintavaiheen tärinä ulottuu luonnonsuojelualueelle, samoin keinovalon vaikutus. Vaihtoehdossa VE3a suojelualueelle kohdistuva meluhaitta on sekä rakennusvaiheessa että toiminnan aikana selvä, koska yli 45 dB:n päiväajan keskiäänitaso ulottuu suojelualueelle. Melun torjunnalla saadaan haittaa pienemmäksi niin, että melutaso toiminnan aikana suojelualueella jää alle 45 dB:n, mutta rakennusvaiheessa yli 45 dB:n päiväajan keskiäänitaso ulottuu hieman suojelualueelle (Kuva 23-5).



Kuva 23-4 Toiminnan aikana vaihtoehdossa VE2b yli 45 dB:n päiväajan keskiäänitaso ilman meluntorjuntaa ulottuu lähes koko Uusitalon luonnonsuojelualueelle (YSA200649). Tässä vaihtoehdossa voidaan kuitenkin soveltaa rakentamis- ja tuotantoajalle samoja meluntorjuntatoimenpiteitä kuin vaihtoehdossa VE2a.

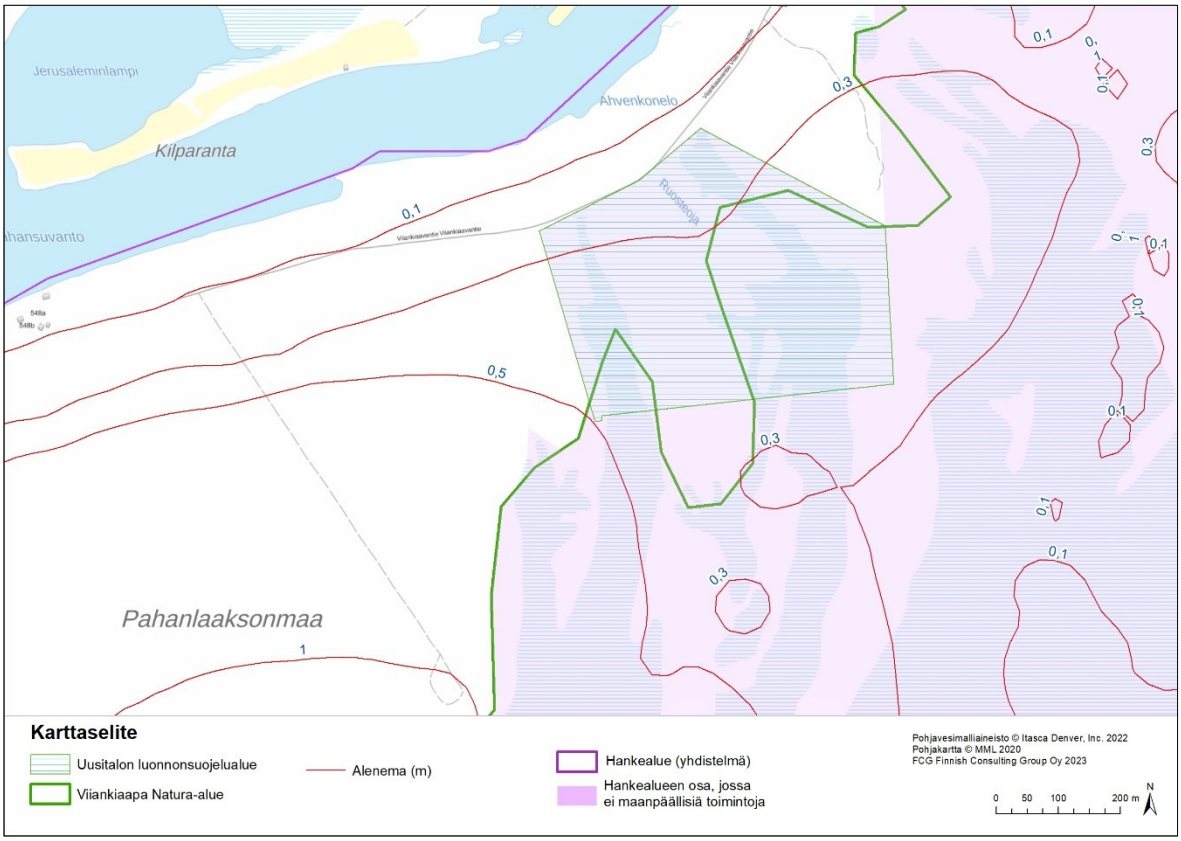
Vaihtoehdossa VE3b huoltotiestä ja hihnakuljettimesta aiheutuva melutaso suojelualueella ei ole merkittävä. Melutorjunnalla saadaan haitta pienennettyä niin, että 45 dB:n päiväajan keskiäänitaso ei ulotu Uusitalon luonnonsuojelualueelle. Uusitalon luonnonsuojelualueeseen ei kohdistu pölyhaittaa missään vaihtoehdossa.



Kuva 23-5 Meluhaitta-alueet vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b Uusitalon luonnonsuojelualueella (YSA200649).

Vaihtoehdossa VE1a kaivoksen toimiessa 22. toimintavuoden jälkeen maanalaisen kaivoksen lievennystoimenpiteillä (välttämistoimenpide, tiivistysskenaariolla 65 %) suojelualueen pohjoisosilla talvikaudella maaperän pohjavedenpinta alenisi noin 30 senttimetriä (Kuva 23-6). Pohjavedenpinnan aleneman vaikutus on voimakkaimmillaan toimintavuotena 22.

Vaikutus luonnonsuojelualueen suojeluarvoille on todennäköisesti vähäinen tai olematon, sillä Uusitalon luonnonsuojelualueella suot ovat suurelta osin luhtia tai kausikosteikkoja, jotka ovat pintavesivaikutteisia suotyyppejä. Lisäksi alueella on rämettä ja kangaskorpea, jotka eivät ole pohjavesivaikutteisia suotyyppejä.



Kuva 23-6 Uusitalon luonnonsuojelualueella (YSA200649) pohjavedenpinnan alenema 22. toimintavuonna tammikuussa olisi noin 30 senttimetriä vaihtoehdossa VE1a huomioiden lievennystoimenpiteet (välttämistoimenpide, tiivistysskenaariolla 65 %).

Viiankiaavan luonnonsuojelualue (YSA200153)

Viiankiaavan Natura-alueeseen kuuluvalle Viiankiaavan luonnonsuojelualueelle (YSA200153) muodostuu myös yli 45 dB:n meluhaitta vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b. Meluntorjunnalla saadaan haitta vähennettyä niin, ettei yli 45 dB:n melualue ulotu suojelualueelle.

Kaivostoiminnasta aiheutuvat maaperän pohjavedenpinnan alentumat eivät ulotu Viiankiaavan luonnonsuojelualueelle.

Suojelu-Mäkitalo (YSA201644) ja Ylitalon luonnonsuojelualue (YSA200644)

Suojelu-Mäkitalo (YSA201644) ja Ylitalon luonnonsuojelualue (YSA200644) sijoittuvat yli kolmen kilometrin etäisyydelle hankealueesta, joten rakentamis- ja toimintavaiheen melu- tai pölyhaittojen ei arvioida ulottuvan suojelualueille ja välilliset hydrologiset vaikutukset eivät ulotu alueelle. Kaivoksen valaistus näkyy ko. suojelualueille, mutta sen ei arvioida vaikuttavan suojelualueen eläimistöön.

Yhteenveto tunnistetuista vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä

Alla (Taulukko 23-11) on esitetty yhteenveto tunnistetuista vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä Natura- ja suojelualueilla.

Taulukko 23-11 Yhteenveto tunnistetuista vaikutuksista ja niiden merkittävyydestä Natura- ja suojelualueilla (Lähde: Ramboll Finland Oy 2023a).*

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Natura- ja luonnonsuojelualue	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Viiankiaavan Natura-alue (sis. Viiankiaapa SSO120565) *	Kohtalainen kielteinen välttämis-toimilla ja tiivistys-skenaarioilla (65 % ja 80%).	Suuri kielteinen. Koska tässä vaiheessa ei voida selvästi osoittaa, että hankkeella ei ole haitallista vaikutusta alueen eheyteen, vaikutukset ovat merkittävän kielteiset.				
Koitelaisen Natura-alue	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
Pomokairan Natura-alue	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
Ylitalon luonnonsuojelualue	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
Viiankiaavan luonnonsuojelualue	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Meluvaikutus-ta voidaan lieventää, jolloin vähäi-nen kielteinen merkitys.	Meluvaikutus-ta voidaan lieventää, jolloin vähäi-nen kielteinen merkitys.
Suojelu-Mäkitalo	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta
Uusitalon luonnonsuojelualue	Pohjaveden muutoksilla ei ole vaikutus-ta, koska kasvillisuus ei ole pohjavesi-vaikutteista. Ei vaikutusta.	Pohjaveden muutoksilla ei ole vaikutus-ta, koska kasvillisuus ei ole pohjavesi-vaikutteista. Ei vaikutusta.	Melutorjun-nan jälkeen vähäinen kielteinen merkitys. Pohjaveden muutoksilla ei ole vaikutus-ta.	Kaivoksen toi-mintoja sijoittuu osittain suojelu-alueelle. Keinovalovai-kutus ja tärinä ulottuvat suojelualueel-le. Melutor-junnalla saa-daan melu-haitta vähäi-seksi. Pohja-veden muu-	Reunavaiku-tus lisääntyy hieman. Rakennusai-kainen melu ulottuu suoje-lualueelle meluntorjun-nan jälkeen-kin. Toimin-nan aikainen melu saadaan torjuttua. Vähäinen kielteinen merkitys.	Melutorjun-nan jälkeen ei meluhaittaa. Pohjaveden muutoksilla ei ole vaikutus-ta. Vähäinen kielteinen merkitys.

Natura- ja luonnonsuojelualue	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
				toksilla ei ole vaikutusta. Kohtalainen kielteinen vaikutus.		

23.4 Haitallisten vaikutusten vähentäminen

Euroopan komission ohjeiden mukaisesti lieventävien toimenpiteiden on oltava suorassa yhteydessä asianmukaisessa arvioinnissa havaittuihin todennäköisiin vaikutuksiin, ja ne voidaan määritellä vasta sen jälkeen, kun nämä vaikutukset on perusteellisesti arvioitu ja kuvattu asianmukaisessa arvioinnissa (Euroopan komissio 2018).

Sakatin kaivoshankeen suunnittelussa on tarkasteltu keinoja, joilla voidaan lieventää hankkeesta mahdollisesti aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Hankesuunnittelun aikana on jo päätetty pölyämistä, meluvaikutuksia sekä pinta- ja pohjavesivaikutuksia lieventävistä toimista, joiden toteuttaminen on ollut arvioinnin lähtöoletuksena.

Kaivoksen aiheuttamien haitallisten vaikutusten lieventämiseksi on esitetty Natura-arvioinnissa uusia lievennystoimia. Uudet lieventämistoimenpiteet on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 23-12).

Taulukko 23-12 Arvioinnin jälkeen esitettyjen lievennystoimien kuvaukset (Ramboll Finland Oy 2023a).

Toiminto/asia	Lieventämistoimenpiteen kuvaus
Kaivoksen ylijäämävesien laatu ja vesienkäsittely	Mikäli vedenlaatu muuttuu kaivoksen toiminnan aikana YVA:ssa esitetystä, tullaan kaivoksen ylijäämävesien puhdistusta tehostamaan.
Pölyntorjunnan lisälievennystoimet	Kuiva- ja märkäläjitetyllä rikastushiekka-alueella toteutetaan kastelua pölyämisen estämiseksi. Kuivaläjitetyn rikastushiekan osalta mikrobipohjaisten pölynsitomisaineiden käyttömahdollisuuksia selvitetään. Rikastushiekan kuivaläjitys voidaan keskeyttää esimerkiksi poikkeuksellisen tuulisina päivinä.
Välttämistoimenpide: Satelliittiesiintymän NE louhimisesta luopuminen	Maanalaisen kaivoksen louhinta rajataan pääesiintymään ja luovutaan satelliittiesiintymän NE louhinnasta.
	Satelliittiesiintymän NE poisjättämisen seurauksena louhinta keskittyy kaivoksen toimintavuosina vain pääesiintymän alueelle. Satelliittiesiintymästä NE louhittavan malmin osuus on noin 5 % koko kaivoksesta louhittavan malmin kokonaismäärästä. Pohjautuen mineraalivarantoarvioon satelliittiesiintymän NE poisjättäminen ei vaikuta kaivoksen toiminta-aikaan eikä louhintamääriin.
Tarvekivilouhoksen louhintamäärien rajaus tai louhimatta jättäminen hankevaihtoehdossa VE3a ja VE3b	Hankevaihtoehdossa VE3a ja VE3b luontotyyppeihin kohdentuvia vaikutuksia voidaan lieventää Kuusivaaran alueelle sijoittuvan tarvekivilouhoksen suunnittelulla ja louhintamäärien rajauksella siten, että voidaan varmistua, ettei Kuusivaaran pohjoispuolisella Natura-alueella sijaitsevien lähteiden hydrologia muutu. Tarvittaessa tarvekivilouhos voidaan jättää louhimatta.

Uusitalon luonnonsuojelualueeseen kohdistuvia suoria luontovaikutuksia sekä melu- ja tärinävaikutuksia voidaan vähentää esim. vaihtoehdossa VE2b siirtämällä toiminnot ja kaivoksen rakenteet Uusitalon luonnonsuojelualueen ulkopuolelle.

23.5 Arvioinnin epävarmuustekijät

Viiankiaavan Natura-arvioinnissa (Ramboll Finland Oy 2023a) on esitetty laajalti epävarmuustekijöitä, jotka ovat myös muiden suojelukohteiden osalta asianmukaisia. Tässä yhteydessä epävarmuuksia käsitellään hyvin tiivistetysti toiston välttämiseksi.

23.5.1 Laji- ja luontotyyppitietojen ajantasaisuus

Tarkat luontotyyppi- ja lajistokartoitukset ovat painottuneet suunnitellun kaivoshankkeen alueelle Viiankiaavan Natura-alueen länsiosaan, mutta Viiankiaavan itäpuolen inventoinnit ovat yleispiirteisempiä ja luontotyyppien esiintymätiedot perustuvat osittain ilmakuvatulkinnan pohjalta tehtyihin rajauksiin, joita on tarkennettu eri vuosina tehdyillä maastokartoituksilla. Tämän perusteella on arvioitavissa, että eri vaikutusmekanismien mallinnettujen tai arvioitujen vaikutusalueiden osalta arviointia varten on käytettävissä riittävät ja luotettavat tiedot alueella esiintyvistä suojeluarvoista.

Tämän seurauksena lähdevaikutteisia luontotyyppien ja sammal- ja putkilokasvilajien esiintymien lukumäärä saattaa olla aliarvioitu Viiankiaavan todelliseen tilanteeseen verrattuna.

23.5.2 Hydrologiset vaikutukset

Pohjaveden virtausmallin luotettavuutta vähentää ja epävarmuutta lisää mm. se, että pohjaveden virtausmalli on aina yleistys luonnonolosuhteista ja korkeintaan niin tarkka kuin mallin lähtötiedot ovat. Pohjaveden virtausmalli on kuitenkin riittävän luotettava ympäristövaikutusten arviointia varten. Mallinnus on tehty vain vaihtoehdolle VE1a.

Tarvekivilouhoksen pohjaveden virtausmallissa suurin osa epävarmuudesta aiheutuu Kuusivaaran alueen rajallisemmasta tutkimusaineistosta sekä lyhyestä pohjaveden pinnankorkeuden aikasarjasta (AFRY Finland Oy 2022a). Epävarmuustekijöitä on tarkemmin käsitelty luvussa 16 Vaikutukset pohjaveteen.

Pohjavesimallinnuksen käyttökelpoisuus ekologisten vaikutusten arvioinnissa

Arviossa käytetyillä pohjaveden virtausmalleilla ei voida kuvata tarkasti suoalueilla turpeessa tapahtuvia pohjaveden pinnankorkeuden muutoksia, sillä turpeessa tapahtuvat ekohydrologiset prosessit ovat monimuotoisia ja niiden tarkka numeerinen mallintaminen ei tarkastelun vaatimassa laajuudessa ole mahdollista eikä tavoiteltua. Käytetyt pohjaveden virtausmallit kuvaavat lähinnä turpeen alapuolisessa kivennäismaassa tapahtuvaa pohjaveden alenemaa. Turvekerros on kuvattu malliin yhdellä vedenjohtavuusarvolla, mikä jättää huomioimatta esimerkiksi turpeen alimpien tiiviiden ja huonosti vettä johtavien kerrosten vaikutukset. Mallinnuksessa käytetty turpeen vedenjohtavuusarvo on suurempi, kuin näiden tiiviiden turvekerrosten. Isotooppitutkimusten perusteella suuri osa kausikosteikoihin purkautuvasta vedestä on esimerkiksi hyvin lyhyen viipymän pinta- ja

pintakerrosvaluntaa (Salonen 2020). Turvekerroksen alla olevan pohjavesikerroksen painemuutokset eivät välttämättä näy yhtä suurina turvekerroksessa.

Yleisesti tämän kaltaisissa virtausmalleissa alenemien tarkkuustasona voidaan pitää ± 0,5 metriä. Alenemien vaikutukset luontotyyppeihin ja luontodirektiivin liitteen II lajeihin on kuitenkin arvioitu kymmenen senttimetrin välein. Tämä tarkoittaa sitä, että alenemien ekologisiin vaikutuksiin liittyy toistaiseksi merkittäviä epävarmuuksia, eikä tarkkoja esiintymä- tai luontotyyppikohtaisia arvioita aleneman suuruudesta pysty mallien perusteella tällä (kymmenen senttimetrin alenema-käyrävälein) tarkkuudella ennustamaan. Luontovaikutusten jaottelu alenemien suurusluokan mukaan on kuitenkin perusteltua, sillä suurempien mallinnettujen alenemien (≥ 30 senttimetriä) tapauksessa haitallisten vaikutusten todennäköisyys on suurempaa, kuin pienempien alenemien (< 30 senttimetriä) tapauksessa. Mallinnusparametrien määrittämisessä käytetty varovaisuus merkitsee sitä, että todelliset alenemat ovat turpeessa todennäköisesti mallinnettuja pienempiä.

Viiankiaavalla pohjaveden luonnollinen pinnankorkeusvaihtelu on noin puolen metrin luokkaa (Salonen 2020). Mallinnettu alenema on kaivoksen aiheuttama pohjaveden pinnankorkeuden muutos luonnontilaisesta tietylle ajanhetkelle mallinnetusta pinnankorkeudesta. Alenema vaikuttaa pohjaveden keskimääräiseen pinnankorkeuteen ja siten pohjaveden pinnankorkeuden todellinen muutos luonnontilaisesta keskivedenpinnasta saattaa olla suurempi, kuin historiallinen suurin havaittu poikkeama. Siten pienetkin pohjaveden pinnankorkeuden alenemat saattavat vaikuttaa luontotyyppien ja pohjavedestä riippuvaisten lajien säilymiseen, jos pohjaveden pinnankorkeus laskee aleneman myötä toistuvasti alle kasvillisuuden selviämisen kannalta kriittisen tason. Tämän vuoksi mallinnettujen alenemien suuruutta (vedenpinnan hetkellistä tasomuutosta) ei voi suoraan verrata havaintohistoriasta saatuun pohjaveden pinnankorkeuden luonnolliseen vaihteluväliin (havaittu minimi- ja maksimiarvo).

Alenemien ekologisia vaikutuksia kompensoi kuitenkin se, että kaivostoiminnan myötä syntyvä alenema pienenee lisääntyvän pohjaveden muodostumisen myötä. Painekorkeuden muutoksesta johtuva vedellä kyllästymättömän huokostilavuuden kasvu lisää muutoin pintavaluntana kulkeutuvan veden suotautumista, etenkin kevään sulamiskauden aikana. Näin syntynyt pohjaveden alenema saattaa todellisuudessa lisätä pohjaveden muodostumista. Tätä kompensatorista vaikutusta ei ole mallinnuksessa huomioitu (Itasca Denver Inc. 2023).

Mallin oletuksista ja käytetyistä parametreista aiheutuvan konservatiivisuuden perusteella alle 0,5 metrin alenema-alue ei välttämättä todellisuudessa näy turvekerroksessa lainkaan. Malli on pyritty rakentamaan konservatiiviseksi seuraavilla keinoilla:

1. Vedenjohtavuusarvot ovat maltillisia ja ne perustuvat mittausaineistoon.
2. Turve on kuvattu selvästi todellisuutta vedenjohtavampana, sillä tiivis pohjakerros on jätetty varovaisuussyistä pois.
3. Rakenteiden hydrauliset ominaisuudet ovat konservatiivisia ja ne esitetään pohjavesimallissa todellisuutta jatkuvampina vyöhykkeinä.

4 Kairaustietoon perustuen tiedetään, että pohjaruhjeessa, syvän kallioperän merkittävimmässä rakenteessa, on hyvin savisiakin osuuksia, joissa veden liike on rajoittuneempaa kuin malliin kuvatussa pohjaruhjeessa.

5 Alueella esiintyvän savisen rapauman toimimista veden virtausta estävänä tai hidastavana tekijänä ei ole huomioitu pohjavesimallissa.

6 Pohjaveden virtausmallissa ei ole huomioitu pohjaveden painekorkeuden laskun lisäävää vaikutusta pohjaveden muodostumiseen.

23.5.3 Tiivistysmenetelmiin liittyvät epävarmuustekijät

Kalliotilojen tiivistäminen täysin vesitiiviiksi on käytännössä mahdotonta. Natura-vaikutusarvioinnin pohjana olevissa pohjaveden virtausmallinnukseen skenaarioissa (Itasca Denver Inc. 2023) on tämä epävarmuus huomioitu siten, että arvioitavat skenaariot olettavat injektointien onnistuvan 80 % tehokkuudella ja 65 % tehokkuudella**.** Mallinnuksen yhteydessä on myös tehty herkkyystarkasteluja erilaisilla tiivistysasteilla.

23.5.4 Pölyn vaikutukset

Pölyn mallinnuksella ei voida kuvata täysin aukottomasti kaikkia pölyämistilanteita. Pölyn pitkäaikaisvaikutuksia lettosoiden kasvillisuuteen ei tunneta. Arvioinnin mukaan edellä mainituilla seikoilla ei ole merkittävää vaikutusta.

23.5.5 Tärinän vaikutukset

Tärinän vaikutuksia linnustoon ei tunneta hyvin. Lintujen tiedetään aistivan hyvinkin heikkoja maaperän tärinöitä, mutta eri maanpinnan liikenopeuksien (mm/s) parimäärää alentavia kynnysarvoja ei tunneta. Tärinän vaikutus Viiankiaavan linnustoon jää epävarmuuksista huolimatta todennäköisesti vähäiseksi.

23.5.6 Melun vaikutukset

Meluntorjuntakeinojen avulla melu on lievennettävissä sellaiselle tasolle, jonka osalta voidaan suurella todennäköisyydellä sanoa, että merkittäviä vaikutuksia ei ilmene. Melun vaikutuksia linnustoon on tutkittu useissa eri tutkimuksissa ja tutkittuina lajeina on ollut joko Viiankiaavalla pesiviä lajeja tai näiden läheisiä sukulaislajeja. Myös Kevitsan kaivoksen seuranta on tuottanut tietoa, miten kaivostoiminta vaikuttaa Sodankylän alueelle ominaiseen lajistoon. Kevitsan avolouhoksen vaikutukset läheisen Satojärven pesimälajistoon ja parimääriin ovat jääneet vähäisiksi tai olemattomiksi, eikä kaivostoimintaan liitettävissä olevaa linnuston parimäärien laskua ole havaittu tehdyissä seurannoissa (Ramboll Finland Oy 2013, 2014, 2016).

23.6 Johtopäätökset

Viiankiaavan Natura-arvioinnin perusteella hankevaihtoehto **VE1a** 65 % ja 80 % tiivistysskenaariolla on toteutettavissa lievennystoimien (välttämistoimet) avulla siten, että yhteenkään suojeluperusteena mainittuun luontotyyppiin ei kohdistu merkittäviä tai kohtalaisia heikennyksiä.

Viiankiaavan Natura-alueen ekologinen rakenne ja toiminta kokonaisuudessaan säilyvät ja ne ekologiset prosessit, jotka ylläpitävät suojeltavia luontotyyppejä eivät heikkene tai muutu kaivoksen toimiessa.

Muiden arvioitujen hankevaihtoehtojen (VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b) osalta laaditut mallinnukset ja muut selvitykset eivät ole riittäviä, jotta voitaisiin riittävällä varmuudella poissulkea merkittävän heikennyksen mahdollisuus. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Suojeluperusteena mainittujen luontodirektiivin II lajien osalta vaikutukset voidaan lieventää lettorikon osalta merkityksettömäksi, isonuijasammalen osalta lieväksi heikennykseksi ja lapinsirppisammalen ja kiiltosirppisammalen osalta kohtalaisiksi heikennyksiksi. hankevaihtoehdossa VE1a 65 % tai 80 % tiivistysskenaariolla ja lievennystoimilla (välttämistoimet). Lapinleinikkiin ja saukkoon kohdistuu lievä heikennys, jota ei voida lieventää esitetyillä toimilla. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Suojeltaviin lintuihin kohdistuu vain vähäisiä heikentäviä vaikutuksia pääasiassa melun ja tärinän takia kaikissa hankevaihtoehdoissa. Vain metson osalta vaikutus on arvioitavissa enintään kohtalaiseksi, johtuen Natura-alueen ulkopuolisten soidinpaikkojen heikennyksestä (Ramboll Finland Oy 2023a).

Uusitalon luonnonsuojelualueelle (YSA200649) muodostuu kohtalaisen merkittävä haitta vaihtoehdolla VE2b, sillä osa kaivoksen toiminnoista sijoittuu osittain suojelualueelle. Sen lisäksi alueelle kohdistuu rakennus- ja toimintavaiheessa melu- ja tärinähaittaa, joita ei saada täysin lievennettyä. Vaihtoehdon VE2b toteuttaminen vaatii alueen suojelun osittaista purkamista. Muihin suojelualueisiin tai Koitelaisen ja Pomokairan Natura-alueille ei vaikutuksia arvioida muodostuvan.

28 Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
28 Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa	Luvun johdanto-osa päivitetty käsiteltävien hankkeiden tilanteen osalta.	-
28.2 Soklin kaivoshanke	Hankkeen tilanne päivitetty.	-
28.3 Pahtavaaran kaivos ja Ikkarin kaivoshanke	Lisätty Ikkarin kaivoshanke.	-
28.4 Kemijärven biojalostamo	Hankkeen tilanne päivitetty.	-
28.5 Jäämeren rata	Hankkeen tilanne päivitetty.	-
28.6 Lapin tunturirata	Hanke lisätty.	-

Sakatin kaivoshankkeella voi hankkeen elinkaaren aikana esiintyä yhteisvaikutuksia muiden hankkeiden kanssa useiden eri vaikutusmekanismien kautta. Tässä yhteydessä tarkasteluun on sisällytetty sellaiset hankkeet, joiden osalta suunnittelu on selkeästi käynnissä, niille on tehty ympäristövaikutusten arviointi tai niillä on ympäristölupa, mutta hanke ei ole vielä toteutunut. Lisäksi mukaan on otettu hankkeet, joilla on aluevaraus maakuntakaavassa. YVA-selostuksessa (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a) käsiteltyjä hankkeita, joilla on mahdollisesti yhteisvaikutuksia Sakatin kaivoshankkeen kanssa, olivat vt 5:n uusi linjaus Sodankylän taajaman kohdalla, Soklin kaivoshanke, Pahtavaaran kaivos, Jäämeren rata, Peurasuvanto-Kuivasalmi -yhdystie sekä Kemijärven biojalostamo. Lapin liiton valtuusto päätti 17.5.2021 tekemällään päätöksellä siirtää Pohjois-Lapin maakuntakaavan 2040 uudelleen valmisteluun ja samalla Jäämeren ratahanke poistettiin tulevasta Pohjois-Lapin maakuntakaavasta. Uusina hankkeina mukaan on nostettu Rupert Finland Oy:n Ikkarin kaivoshanke sekä ns. Lapin tunturirata, josta Lapin liitto on parhaillaan tekemässä Lappi-sopimuksen aluerakenne- ja tulevaisuuskuvaan vuodelle 2040 pohjautuvaa ratayhteysselvitystä. Yhteisvaikutukset edellä esitettyjen hankkeiden kanssa arvioidaan olevan samoja kaikkien YVA-selostuksessa tarkasteltavien vaihtoehtojen osalta. Näin ollen yhteisvaikutukset on arvioitu yhteisesti kaikkien vaihtoehtojen osalta.

Kevitsan kaivoksen osalta yhteisvaikutuksia ei käsitellä tässä yhteydessä, koska sen kaivostoiminta on vakiintunutta eikä julkisessa tiedossa ole erityisiä laajentamis- tai muita toimenpiteitä. Kevitsan kaivoksen nykyisen toiminnan yhteisvaikutuksia Sakatin kaivoshankkeen kanssa on kuitenkin

käsitelty melun, pintavesien, poronhoidon, liikenteen ja ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin yhteydessä.

28.1 Valtatie 5:n uusi linjaus Sodankylän taajaman kohdalla

Lukuun ei ole tullut muutosta.

28.2 Soklin kaivoshanke

Savukosken kuntaan sijoittuva Soklin fosfaattikaivoshankkeen oikeudet siirtyivät Yara Suomi Oy:ltä Suomen Malmijalostus Oy:lle vuoden 2020 lopulla. Projektia vie eteenpäin Suomen Malmijalostus Oy:n hankeyhtiö Sokli Oy. Sokli on merkittävä kaivoshanke Lapin alueella. Esiintymä on Euroopan mittakaavassa yksi suurimmista. Soklin kaivoksen toiminnalle myönnettiin ympäristö- ja vesitalousluvat vuonna 2018. Luvista tehdyt valitukset hylättiin pääosin toukokuussa 2020 (VHaO 5.5.2020 nro 20/0034/3 - Ympäristö- ja vesitalouslupa, kaivosteollisuus, Savukoski). Asian käsittely jatkui Korkeimmassa hallinto-oikeudessa, joka kumosi aikaisemmat päätökset ja palautti ympäristö- ja vesitalousluvan kokonaisuudessaan uudelleen käsiteltäväksi Lapin aluehallintovirastolle keväällä 2022 (Korkein hallinto-oikeus 2022a). Kaivoksesta ei ole tehty investointipäätöstä ja hankkeen kannattavuusselvitystä päivitetään parhaillaan. Kaivosvaihtoehdoista selvitetään avo- ja maanalaisen louhinnan yhdistelmää. Selvitystyöhön kuuluvat myös logistiikka- ja infrastruktuuriratkaisut. (Finnish Minerals Group 2023.)

Sakatin kaivoksella ja mahdollisella Soklin kaivoksella voi olla liikenteeseen kohdistuvia yhteisvaikutuksia. Soklin kaivoksen YVA-menettelyssä (2008–2009) on lähdetty siitä, että kuljetukset toteutettaisiin rautatiekuljetuksina joko Kemijärven kautta muualle Suomeen tai kaivokselta Venäjälle (Pöyry Environment Oy 2009). Tämän jälkeen todennäköisemmäksi kuljetusvaihtoehdoksi ovat osoittautuneet maantiekuljetukset. Tällöin rikaste kuljetettaisiin rekoilla Soklista Kemijärven terminaaliin ja siitä eteenpäin junakuljetuksin. Tämän vaihtoehdon toteutuessa Soklin kuljetukset tapahtuisivat osittain samalla tieverkolla kuin ne Sakatin rikastekuljetukset, jotka mahdollisesti suuntautuvat Kemijärvelle. Liikenteelliset yhteisvaikutukset kohdistuisivat siten vt 5:lle Pelkosenniemen ja Kemijärven väliselle osuudelle. Lisäksi Soklin kaivokseen liittyvää muuta raskasta liikennettä tulee todennäköisesti kulkemaan vt 4:n ja vt 5:n kautta, mikä lisää raskaan liikenteen määrää näillä tieosuuksilla.

28.3 Pahtavaaran kaivos ja Ikkarin kaivoshanke

Rupert Finland Oy:n Pahtavaaran kultakaivos sijaitsee Sodankylän kunnassa. Kaivoksen toiminta on ollut keskeytettynä vuodesta 2014, mutta alueella tehdään malminetsintää. Uudet kairaukset keskittyvät etenkin Ikkarin esiintymän (sijaitsee noin 20 kilometriä länteen Pahtavaarasta) ympäristöön. Ikkarin kaivoshankkeen YVA-menettelyn aloittaminen on valmisteluvaiheessa. (Rupert Resources Ltd. 2021.) Tulevaisuudessa on myös mahdollista, että toiminta Pahtavaaran kaivoksella jälleen käynnistyy. Koska kyseessä on jo olemassa oleva kaivos, toiminnan mahdolliset yhteisvaikutukset Sakatin kaivoshankkeen kanssa kohdistuvat todennäköisesti lähinnä liikenteeseen liikennemäärien kasvun myötä sekä mahdollisesti myös vesistöön Kotisuvannon ja Kelukosken voimalaitospadon

välisellä alueella. Ikkarin kaivoshankkeen osalta ei ole vielä arvioitu liikenteeseen ja ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia.

28.4 Kemijärven biojalostamo

Kemijärven biojalostamo on Kemijärvelle sijoittuvaksi suunniteltu hanke. Jalostamon on tarkoitus tuottaa 700 000 tonnia biomateriaaleja ja -kemikaaleja vuosittain. (Vataset 2023.) Hanke oli alkuaan Boreal Bioref Oy:n vetämä, mutta yhtiö hakeutui konkurssiin huhtikuussa 2022. Jo sitä ennen Boreal Bioref Oy jäi hankkeen taustayhtiöksi ja vetovastuu siirtyi Vataset Teollisuus Oy:lle. (YLE 2022.) Hanke sai ympäristö-, vesitalous- ja töiden aloittamislupapäätöksen kesäkuussa 2019, josta valitettiin Vaasan hallinto-oikeuteen ja edelleen Korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Kesäkuussa 2022 Korkein hallinto-oikeus antoi päätöksen ja piti voimassa tehtaalle myönnetyn ympäristö- ja vesitalousluvan. (Korkein hallinto-oikeus 2022b.)

Toteutuessaan biojalostamon toiminnalla olisi vaikutuksia Kemijärven veden laatuun. Sakatin kaivoksen purkuvedet johdetaan Kitiseen, joka laskee lopulta Kemijärveen yli sadan kilometrin päässä kaivosalueelta.

Sakatin kaivoksen ylijäämävesien mallinnustulosten perusteella mallinnetuissa vaihtoehdoissa kuormituksen aiheuttamat pitoisuusnousut ovat Kitisessä pieniä. Suurin pitoisuusnousu rajoittuu purkupaikan lähialueen pohjakerrokseen. Purkupaikkavaihtoehto (A ja B) aiheuttaa hieman eroja pitoisuusvaikutuksiin Kelukosken altaassa ja padolla, mutta ei enää alempana. Korkeimmat pitoisuusnousut Kitisessä ajoittuvat vähävirtaamaiseen aikaan kuten kevääseen ennen tulva-aikaa. Tulosten mukaisilla pienillä pitoisuuksilla ei ole käytännössä mitattavaa tai havaittavissa olevaa vaikutusta Kemijärven vedenlaatuun eikä purkuvesillä arvioida olevan haitallisia vaikutuksia Kemijärven kerrostumiseen. (AFRY Finland Oy 2023d.) Biojalostamohankkeella ja Sakatin kaivoshankkeella ei siten voida katsoa olevan yhteisvaikutuksia vesistöjen osalta.

Sakatin kaivoshankkeen ja Kemijärven biojalostamon olennaisimmat yhteisvaikutukset liittyvät raskaan liikenteen kuljetuksiin, joista voi aiheutua liikenteeseen kohdistuvia yhteisvaikutuksia vt 5:lle. Biojalostamon puunhankinta-alue ulottuu laajalle alueelle Lappia, myös Sodankylän pohjoispuolelle. Biojalostamolle suuntautuvat puu- ja kemikaalikuljetukset tapahtuvat rekoilla, joiden yksi mahdollinen reitti jalostamolle on vt 5:ttä pitkin pohjoisen suunnasta. Biojalostamon puukuljetuksista vajaa 40 % on arvioitu tulevan pohjoisen suunnasta. (Sweco Industry Oy 2017.) Tarkempaa tietoa näiden puukuljetusten jakautumisesta tieverkolle ja erityisesti vt 5:lle ei tässä vaiheessa ole. Liikennetietoja ei myöskään ole päivitetty hankkeen omistajan vaihdosten myötä.

Lapin ELY-keskus suunnittelee uuden 13 kilometrin mittaisen tieyhteyden rakentamista välille Kemijärvi–Varrio–vt 5. Hankkeessa rakennetaan uusi, Kemijärven keskustan ja Perävaaran kylän asutuksen kiertävä tieyhteys Kemijärven Patokankaan terminaalilta Varrion kohdalle sekä uusi silta. Mikäli Varrion silta ja tieyhteys rakennetaan, biojalostamon kuljetukset hyödyntäisivät tätä yhteyttä pohjoisesta tuleviin kuljetuksiin (Sweco Industry Oy 2017). Myös Sakatin rikastekuljetukset tulisivat käyttämään uutta tieyhteyttä. Uusi tieyhteys mahdollistaa sen, että pohjoisesta mahdollisesti tulevan puutavara- ja rikasteliikenteen ei ole tarpeen kulkea Kemijärven taajaman kautta. Jos uutta

tieyhteyttä ja siltaa ei toteuteta, Kemijärven biojalostamon ja Sakatin kaivoksen kuljetukset kohdistuvat samoille reiteille Kemijärven taajamassa.

28.5 Jäämeren rata

Lapin liiton valtuusto palautti 17.5.2021 maakuntakaavan 2040 uudelleen valmisteluun siten, että Jäämeren rata linjauksineen, varauksineen ja merkintöineen poistetaan kaavasta sekä kaava-aineistosta saamelaisten kotiseutualueella, sekä selvitetään mahdollisuutta hyödyntää muiden maakuntakaavojen olemassa olevia infrastruktuureja Jäämeren yhteyden luomiseksi, jotka eivät aiheuta yhtä merkittävää haittaa alkuperäiskansoille ja porotaloudelle. (Saamelaiskäräjät 2022.)

28.6 Lapin tunturirata

Lappi-sopimus on kehittämisstrategia, joka määrittelee maakunnan strategisen kehittämisen ja rahoituksen suuntaamisen painopisteet, sekä pitkän tähtäimen tulevaisuuskuvat. Pidemmän aikavälin tavoitteena rautatieliikenteen osalta on kehittää sekä poikittaisia että kansainvälisiä ratayhteyksiä. Poikittaisiin yhteyksiin liittyen Lappi-sopimuksessa nostetaan esiin uusi Kemijärvi–Sodankylä–Kittilä–Kolari-rata, joka yhdistäisi Itä-Lapin ja Tunturi-Lapin poikittaisella ratayhteydellä sekä muodostaisi käänteisen pisaran muotoisen ympyäradan olemassa olevan radan kanssa. (Lapin liitto 2022a.) Toteutuessaan rata kulkisi Kemi-Kolari-Kittilä-Sodankylä-Kemijärvi-Rovaniemi-Kemi -reittiä.

Lapin liitto laatii parhaillaan arviolta alkuvuodesta 2023 valmistuvaa ratayhteysselvitystä Tunturiradaksi nimetylle poikittaiselle Sodankylä–Kittilä–Ylläs-ratayhteydelle, joka palvelisi etenkin matkailun ja kaivos- ja metsäteollisuuden tarpeita, sekä ylläpitäisi Suomen huoltovarmuutta. Selvitys sisältää myös liikenteellisen tarveselvityksen laajemmalle ratayhteysvälille Kemijärvi–Sodankylä–Kittilä–Ylläs–Kolari, ja siinä kartoitetaan myös mm. nykyisten ja tulevien kaivosten kuljetustarpeet. Selvityksessä huomioidaan myös yhteys Ruotsiin ja Narvikiin. Ratayhteysselvityksen suunnitelmakarttojen mukaan rata kulkisi joko Sodankylän keskustan pohjois- tai eteläpuolitse. Radan yhteyteen on ratayhteysselvityksessä suunniteltu Sodankylästä pistoyhteyttä Kevitsan kaivoksen suuntaan, joka sijoittuisi Porokodanjängän länsiosaan ja edelleen pohjoiseen Kuusivaaran ja Kitisen väliselle alueelle, ja jatkuisi siitä pohjoiseen Kitisen länsipuolelle. (Lapin liitto 2022c.) Yhteisvaikutuksia kaivoshankkeen ja Tunturiradan ratahankkeen osalta ei kuitenkaan tässä yhteydessä tarkastella, koska radan toteuttaminen on vasta selvitysvaiheessa, eikä sen toteuttamisesta näin ollen ole olemassa vielä päätöstä. Toteutuessaan ratahanke mahdollistaisi junakuljetukset Sakatin kaivosalueelle, mikä vähentäisi raskaan liikenteen määrää alueella.

29 Yhteenveto ja vaihtoehtojen vertailu

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
29 Yhteenveto ja vaihtoehtojen vertailu	Taulukot (Taulukko 29-1 – Taulukko 29-4) päivitetty uudelleen arvioitujen vaikutusten osalta.	-

Sakatin kaivoshankkeen ympäristövaikutuksia on arvioitu merkittävimpien vaikutusten osalta vaikutuskohtaisesti hankkeen eri vaiheissa (rakentamisvaihe, toimintavaihe ja sulkemisvaihe). Tarkastelu on toteutettu vertaamalla eri hankevaihtoehtojen toteutuksen aiheuttamia muutoksia nykytilanteeseen (VE0). Arviointi perustuu vaikutuskohteen herkkyyteen ja vaikutuksen suuruusluokkaan, joita ristiintaulukoimalla määritetään vaikutusten merkittävyys. Vaikutuksen merkittävyyden arviointiperusteet on esitetty YVA-selostuksen luvussa 8, taulukossa 8-2 (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a). Taulukko 29-1 kokoaa yhteen eri vaikutusten merkittävyyden vaihtoehdoittain. Taulukko kuvaa lähinnä toiminnanaikaisten vaikutusten merkittävyyttä. Joidenkin vaikutusten merkittävyys on kuitenkin suurempi rakennusaikana kuin toiminta-aikana. Näissä tapauksissa rakennusaikaisten vaikutusten merkittävyyttä on selvennetty jäljempänä taulukoissa (Taulukko 29-2 – Taulukko 29-4). Taulukkoa (Taulukko 29-1) tarkasteltaessa on huomioitava, että merkittävyys on taulukoitu merkityksellisimmän kielteisen tai myönteisen vaikutuksen mukaan, jolloin esimerkiksi luontovaikutuksissa jo yksittäiseen eläin- tai kasvilajiin kohdistuva merkittävyydeltään suuri vaikutus aiheuttaa koko vaihtoehdon luokittelun ko. luokkaan. Taulukoissa (Taulukko 29-2 – Taulukko 29-4) on esitetty yksityiskohtaisemmin vaikutusten kohdistuminen ja merkittävyys eri vaihtoehdoissa. Taulukot ovat yksinkertaistettuja versioita, joten esimerkiksi eri skenaarioita ja vaikutusten kohdistumista ei ole huomioitu samassa laajuudessa kuin vaikutusten arviointiluvuissa.

Jäljempänä (Taulukko 29-5) on vertailtu kuiva- ja märkäläjityksen eroja ympäristövaikutusten ja riskien osalta ja luvun viimeisessä taulukossa (Taulukko 29-6) seurausten merkittävyyttä eri hankevaihtoehtojen mukaisten vesivarastoaltaan ja matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueen sijainnin perusteella mahdollisessa patomurtumatapauksessa.

Taulukko 29-1 Yhteenveto vaikutusten merkittävyydestä vaihtoehdoittain (toiminta-aika).

Vaikutuksen merkittävyys							
Suuri kielteinen ---	Kohtalainen kielteinen --	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen ++	Suuri myönteinen +++	
Vaikutuksen kohde	**VE0**	**VE1a**	**VE1b**	**VE2a**	**VE2b**	**VE3a**	**VE3b**
Maankäyttö							
Aluerakenne	**0**	++	++	++	++	++	++
Yhdyskuntarakenne	**0**	+++	++	+++	++	+++	++
Lähiympäristö	**0**	-	--	-	--	-	--
Yksittäiset kohteet	**0**	-	-	-	-	-	-
Maisema ja kulttuuriympäristö	**0**	-	-	--	--	--	--
Maa- ja kallioperä	**0**	--	--	--	--	--	--
Melu*							
Liikenne	**0**	--	---	--	---	--	---
Tuotanto	**0**	-	-	--	--	---	---

Vaikutuksen kohde	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Tärinä							
Liikenne	0	-	-	-	-	-	-
Tuotanto	0	--	--	--	---	---	---
Liikenne							
Lähialue, Kevitsa toiminnassa	0	--	--	--	--	--	--
Laajempi alue, Kevitsa toiminnassa	0	-	-	-	-	-	-
Ilmasto ja ilmanlaatu	0	--	--	-	-	--	-
Pohjavesi							
Hankealue	0	---	---	---	---	---	---
Pohjavesialueet	0	---	--	---	---	---	---
Lähteet	0	---	---	---	---	---	---
Vesistöt ja vedenlaatu							
Kelukosken allas	0	-	-	-	-	-	-
Kitisen alajuoksu	0	0	0	0	0	0	0
Lähivaluma-alue	0	-	-	-	-	-	-
Sakattilammit	0	--	--	--	--	--	--
Vesiekologia ja vesieliöstö							
Kalat	0	-	-	-	-	-	-
Pohjaeläimistö ja piilevät Kitinen	0	0	0	0	0	0	0
Pohjaeläimistö ja piilevät lähivaluma-alue	0	-	-	-	-	-	-
Pohjaeläimistö ja piilevät lähivaluma-alue (Sakattilammit)		--	--	--	--	--	--
Luonto							
Luontotyypit ja kasvillisuus							
• *tavanomainen kasvillisuus ja yleiset metsä- ja suotyypit*	0	-	-	-	-	-	-
• *huomionarvoinen kasvillisuus ja sammallajisto*	0	---	---	---	---	---	---
• *arvokkaat puustoiset luontotyypit*	0	-	-	-	-	--	--
• *arvokkaat suoluontotyypit*	0	---	---	---	---	---	---
• *pienvedet ja lähteikköluontotyypit*	0	---	---	---	---	---	---
Linnusto							
• *suolajisto*	0	---	---	---	---	---	---
• *metso ja tavanomainen metsälajisto*		--	--	--	--	--	--
• *muut arvioidut lajit*		-	-	-	-	-	-
Eläimistö ja hyönteislajisto							
• *jättisukeltaja, kirjojokikorento, lettosiemenkotilo, saukko*	0	0	0	0	0	0	0
• *viitasammakko*	0	---	---	---	---	- **	-
• *lettokoi*	0	--	--	--	--	0	0
• *pikkutupsukas*	0	0	0	0	0	0	0
• *käpäläsulkanen*	0	--	--	--	--	--	--
• *suohyönteislajisto*	0	--	--	--	--	0	0
• *suurpedot, muu eläimistö*	0	-	-	-	-	-	-
Luonnon monimuotoisuus							
• *kasvillisuus*	0	---	---	---	---	---	---
• *luontotyypit*	0	---	---	---	---	---	---
• *linnut, hyönteiset ja eläimet*		---	---	---	---	---	---
• *yksityiset suojelualueet*	0	0	0	0	--	-	-

Vaikutuksen kohde	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
• *Viiankiaavan Natura-alue*	0	--***	---	---	---	---	---
Ihmiset							
Väestö	--	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Maanomistajat ja metsätalous	0	-	-	---	---	---	---
Elinolot ja viihtyvyys, Kevitsa toiminnassa	0	--	---	---	---	---	---
Kunta ja palvelut	-	++	++	++	++	++	++
Luonnon virkistyskäyttö	0	-	-	--	--	--	--
Elinkeino ja toimeentulo	-	++	++	++	++	++	++
Poronhoito							
Porojen laidunalueet	0	--	--	--	--	---	---
Porojen laidunalueet TK****	0	---	---	---	---	---	---
Poronhoitotyö ja elinkeino	0	--	--	--	--	---	--
Poronhoitotyö ja elinkeino TK****	0	---	---	---	---	---	---
Sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset	0	-	-	-	-	-	-
Sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset TK****	0	---	--	---	---	---	---
Aluetalous	0	+++	+++	+++	+++	+++	+++

** Meluntorjuntatoimet huomioitu*
*** Edellyttää viitasammakkojen kutualueiden huomioimista tie- ja putkilinjojen suunnittelun yhteydessä*
**** Edellyttää välttämistoimien toteuttamista (NE-satelliittiesiintymän pois jättäminen)*
***** Tokkakuntakohtainen tarkastelu*

Viiankiaavan Natura 2000 -alueesta on laadittu oma arviointiraportti (Ramboll Finland Oy 2023a). Raportti on esitetty tämän selostuksen liitteenä 6. Natura-arvioinnin johtopäätöksenä on esitetty, hanke ei LSL 65 §:n mukaisen arvioinnin perusteella merkittävästi heikennä niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi Viiankiaapa on sisällytetty Natura 2000-verkostoon, kun hanke toteutetaan vaihtoehdon VE1a 65 % tai 80 % tiivistysskenaarioiden sekä uusien lieventämistoimien (välttämistoimet) kanssa. Nämä lievennystoimet toteuttamalla voidaan varmistaa, ettei merkittävän heikennyksen puuttumista koskevasta johtopäätöksestä jää tieteellisesti perusteltua epäilystä. Johtopäätös sisältää vaikutusten arvioinnin kaikkine siihen kuuluvine toimintoineen sekä vaikutusten arvioinnin yhdessä muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa.

Sakatin kaivoshankkeen VE1a 65 % tai 80 % tiivistysskenaarioilla ei ilman ehdotettuja uusia välttämistoimia olisi poissuljettavissa mahdollisuutta niiden suojeluarvojen merkittävään heikentymiseen, joiden perusteella Viiankiaapa on sisällytetty osaksi Natura 2000 -verkostoa. Muiden arvioitujen hankevaihtoehtojen osalta laaditut mallinnukset ja muut selvitykset eivät ole riittäviä, jotta voitaisiin riittävällä varmuudella poissulkea merkittävän heikennyksen mahdollisuus. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Taulukko 29-2 Yhteenveto vaikutusten merkittävyydestä vaihtoehdoittain, vaihtoehdot VE1a ja VE1b.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen ---	Kohtalainen kielteinen --	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen ++	Suuri myönteinen +++

Vaikutuksen kohde	VE1a	VE1b
Maankäyttö		

Vaikutuksen kohde	VE1a	VE1b
aluerakenne	+ + Myönteinen, havaittavissa oleva muutos, ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi aluerakenteeseen. Yhdystie tukisi maakuntakaavan mukaista uutta työpaikka-aluetta hankealueen eteläpuolella.	+ + Myönteinen, havaittavissa oleva muutos, ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi aluerakenteeseen.
yhdyskuntarakenne	+ + + Havaittava muutos, mutta ei vaikuta merkittävästi yhdyskuntarakenteeseen. Yhdystie tukee Sodankylän kunnan esittämiä tavoitteita.	+ + Havaittava muutos, mutta ei vaikuta merkittävästi yhdyskuntarakenteeseen. Yhdystie ei tue Sodankylän kunnan esittämiä tavoitteita.
lähiympäristö	- Vaikutukset aiheutuvat lähinnä yhdystiestä ja siihen liittyvästä sillasta. Nämä rajoittavat yhden lomarakennuspaikan toteuttamista.	- - Vaikutukset aiheutuvat lähinnä yhdystiestä, joka lisää liikennettä keskustaajaman pohjoispuolisten kyläalueiden tuntumassa. Lisäksi rajoituksia kohdistuu neljään rakennuspaikkaan. Keskustaajaman lisääntyvä liikenne voi vaikeuttaa kuntakeskuksen kehittämistä.
yksittäiset kohteet	- Molemmat vaihtoehdot saattavat edellyttää rakennuspaikkojen siirtämistä.	
Maisema ja kulttuuriympäristö	- Tehdasalueen näkyminen Sattasen kylään aiheuttaa lievän maisemavaikutuksen. Kommattivaaran maisemaan aiheutuu pieni häiriö ja useille muille vaaramaisemille kohtalainen vaikutus. Muutoin vaikutukset pieniä.	- Tehdasalueen näkyminen Sattasen kylään aiheuttaa lievän maisemavaikutuksen. Kommattivaaran maisemaan aiheutuu pieni häiriö ja useille muille vaaramaisemille kohtalainen vaikutus. Muutoin vaikutukset pieniä. Muinaisjäännös tuhoutuu, jos sitä ei huomioida yhdystien tarkemmassa suunnittelussa.
Maa- ja kallioperä	- - Vaikutukset ovat pysyviä ja ne kohdistuvat louhinta-alueille, tehdasalueelle ja teknisten perusrakenteiden alueille. Käsiteltävät maamassojen määrät ja louhintamäärät ovat suuret. Hankealueella ei ole erityisiä tai arvokkaita maaperä- tai kalliomuodostumia. Toiminnasta aiheutuu maaperän pilaantumisvaara, joka kohdistuu vain rajoitetuille alueille.	
Melu*		
liikenne	- - Kohtalainen meluvaikutus Kitisen ylittävän sillan lähitienoolla. Vähäinen meluvaikutus Kitisen itäpuolella. Muilta osin merkityksetön.	- - - Suuri meluvaikutus yhdystien lähellä Kitisen länsipuolella. Kohtalainen meluvaikutus Sattasen kylään. Muilta osin merkityksetön.
tuotanto	- Meluntorjuntatoimenpiteet yksinkertaisemmat kuin vaihtoehdoissa VE2 ja VE3. Kohtalainen meluvaikutus Viiankiaavan suuntaan ja vähäinen Kitisen itäpuolelle. Rakentamisaikainen melu vastaa merkittävyydeltään tuotantovaihetta.	- Ei tarvitse meluntorjuntatoimia. Vähäinen meluvaikutus Kitisen itäpuolella. Rakentamisaikainen melu vastaa merkittävyydeltään tuotantovaihetta.
Tärinä		

Vaikutuksen kohde	VE1a	VE1b
liikenne	- Liikennetärinä nykyisellä tieverkolla ei muutu. Yhdystien ja huoltotien ympäristön tärinäalueella (20–125 metriä) ei ole asutusta eikä herkkiä kohteita. Tehdasalueen liikenteestä aiheutuvalla tärinäalueella ei ole asutusta. Tärinä on havaittavissa epämiellyttävänä tuntemuksena tärinäalueilla. Merkittävyydeltään vähäinen vaikutus kohdistuu Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta etelään Kaanaanmaan pohjoispuolelle.	- Liikennetärinä nykyisellä tieverkolla ei muutu. Yhdystien ja huoltotien ympäristön tärinäalueella (20–125 metriä) ei ole asutusta eikä herkkiä kohteita. Tehdasalueen liikenteestä aiheutuvalla tärinäalueella ei ole asutusta. Tärinä on havaittavissa epämiellyttävänä tuntemuksena tärinäalueilla. Merkittävyydeltään vähäinen vaikutus kohdistuu Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta Tihiämaan kohdalle.
toiminta-aika	- - Tarvekivilouhoksessa louhinta ja murskaus aiheuttavat tärinää aina 300–400 metrin etäisyydelle. Alueella ei ole asutusta. Tehdasalueella tärinää aiheutuu malmin jälkimurskauksesta ja jauhatuksesta, vaikutus rajoittuu rikastamon läheisyyteen. Maanalaisen kaivoksen louhintatärinä (räjäytykset) on selvästi havaittavissa maanpinnalla pääesiintymän yläpuolella. Tärinä ei aiheuta riskiä rakennuksille tai rakenteille. Mukavuushaitta jää pieneksi. Kallioperän jännitysten purkautuminen aiheuttaa satunnaista tärinää, joka voi olla tunnettavissa epämiellyttävänä kauempanakin. Merkittävyydeltään vähäiset vaikutukset kohdistuvat Kitisen länsirannalle Kärväsniemeen ja Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta Tihiämaan kohdalle. Merkitykseltään kohtalaiset vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavalle.	
Liikenne		
lähialue	- - Alavaihtoehdoissa VEaKJ (eteläinen yhdystie, kaikki rikasteet Kemijärvelle) liikenteen kokonaisvaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Kaikissa muissa a-vaihtoehdoissa ja b-vaihtoehdoissa vaikutusten merkittävyys on kohtalainen.	
laajempi vaikutusalue	- Liikenteellinen kokonaisvaikutus on kaikissa vaihtoehdoissa merkittävyydeltään vähäinen vt 4:n osalta. Vt 5:n osalta on vaikutukset arvioitu merkityksettömiksi hankkeen rakennusvaiheessa sekä toimintavaiheen niissä kuljetusvaihtoehdoissa, joissa kaikki rikastekuljetukset suuntautuvat Perämeren satamiin, ja merkitykseltään vähäisiksi muissa kuljetusten alavaihtoehdoissa.	
Ilmasto ja ilmanlaatu	- - Merkittävin ilmapäästö on rikastushiekka-alueen pölyäminen, vaikutus on hieman suurempi a-vaihtoehdoissa (kuivaläjitys). Vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavan ja Kenttäaavan suuntaan.	
Pohjavesi		
Määrälliset vaikutukset pohjaveteen		
• *Kuusivaaran alue*	- - - Merkittävin vaikutus on maaperän pohjaveden pinnan aleneminen kaivostoiminnan loppuvaiheissa tarvekivilouhoksen lähiympäristössä 75 metriä, laajalti Kuusivaaran alueella yli 1,0 metriä ja Kuusivaaran reuna-alueilla >0,3 metriä.	- - - Merkittävin vaikutus on maaperän pohjaveden pinnan aleneminen kaivostoiminnan loppuvaiheissa tarvekivilouhoksen lähiympäristössä 75 metriä, laajalti Kuusivaaran alueella yli 1,0 metriä ja Kuusivaaran reuna-alueilla >0,3 metriä. Vinotunneleiden sijainnista johtuen vaikutusalue ulottuu hieman enemmän itään kuin vaihtoehdossa VE1a.

Vaikutuksen kohde	VE1a	VE1b
• *Porokodanjänkä ja Eliasaapa*	- - Kuusivaaralla tapahtuva pohjavedenpinnan alenema heijastuu Porokodanjängän ja Eliasaavan pohjavesiolosuhteisiin ja muuttaa vesitasapainoa. 0,1–0,3 metrin alenema ulottuu pienellä alueella Porokodanjängälle. Alenemalla voi olla vaikutusta lähteisiin.	
• *Kenttäaapa*	- - - Maaperän pohjavedenpinnan alenema laajalla alueella yli 0,5 metriä (max. yksi metri). Yli 0,1 metrin alenema kattaa lähes koko Kenttäaavan alueen. Alenema-alueella sijaitsee lukuisia lähteitä, joihin voi kohdistua merkittäviä vaikutuksia.	- - - Maaperän pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan suuruudeltaan sama kuin vaihtoehdossa VE1a. Vaikutusalueen arvioidaan olevan samaa suuruusluokkaa VE1a:han verrattuna, mutta kohdistuvan hieman vähemmän Kenttäaavan länsiosiin. Vaikutusalueella sijaitsee useita lähteitä. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.
• *Viiankiaapa*	- - Enimmillään 0,5 metrin alenema ulottuu vähäisessä määrin ja 0,1 metrin alenema noin 500 metriä Natura-alueelle Kenttäaavan kohdalla. Esiintymän ympäristössä maksimialenema 0,6 metriä Natura-alueella, lisäksi laaja-alainen 0,1–0,5 metrin alenema.	- - - Maaperän pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan suuruudeltaan sama kuin vaihtoehdossa VE1a. Vaikutusalueen arvioidaan olevan samaa suuruusluokkaa VE1a:han verrattuna, mutta kohdistuvan enemmän Viiankiaavalle. Vaikutusalueella sijaitsee useita lähteitä. Vaikutusten merkittävyys on arvioitu suureksi pohjaveden virtausmallinnuksen soveltamiseen liittyvien epävarmuuksien johdosta.
• *Pahalaksonmaan pohjavesialue*	- - - Enimmillään noin 1,4 metrin pohjavedenpinnan alenema. Koko pohjavesialue >0,1 metrin aleneman piirissä. Alenema on suurimmaksi osaksi samaa suuruusluokkaa kuin luonnollinen pohjavedenpinnan vaihtelu, mutta alenemalla arvioidaan olevan jossain määrin vaikutusta esiintymän antoisuuteen.	- - Pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan pienempi kuin vaihtoehdossa VE1a alenemavyöhykkeen sijoittuessa enemmän Viiankiaavan suuntaan. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.
• *Kersilönkankaan pohjavesialue*	**0** Määrällisiä vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.	
• *Lähteet*	- - - Kaksi lähdettä tuhoutuu rakentamisvaiheessa, noin 15 lähteeseen kohdistuu pohjavedenpinnan alenemisesta tai rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia.	- - - Kaksi lähdettä tuhoutuu rakentamisvaiheessa, noin 24 lähteeseen voi kohdistua pohjavedenpinnan alenemisesta tai rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.
• *Talousvesikaivot*	**0** Määrällisiä vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.	
Laadulliset vaikutukset pohjaveteen		

Vaikutuksen kohde	VE1a VE1b
• *Lähteet*	- - Rikastushiekka-alueen suotovesien vaikutus voi heijastua Eliasaavan suunnassa kahteen lähteeseen.
• *Talousvesikaivot*	**0** Laadullisia vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.
Vesistöt ja vedenlaatu	
Kelukosken allas	- Suurimmat pitoisuusnousut ilmenevät purkuputken pään alueella joen pienen virtaaman aikana. Vaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Kitisen ekologinen tai kemiallinen tila ei heikenny.
Kitisen alajuoksu	**0** Vaikutus vähenee alavirtaan siirryttäessä. Pitoisuusnousut suurimmillaankin pieniä tai melko pieniä. Kitisen ekologinen tai kemiallinen tila ei heikenny.
lähivaluma-alue	- Lähivaluma-alueiden pinta-alat pienevät. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b on pienimmät pinta-alamuutokset. Porokodanjängän puron ja Eliasojan virtaamat pienenevät jonkin verran. Sakattiojaan ei kohdistu merkittäviä vaikutuksia. Pohjavedenpinnan alenemalla ei ole merkittäviä pintavesivaikutuksia. Vaihtoehdossa VE1a Ruosteojan valuma-alueelle kohdistunee suurimmat pohjavedenpinnan alenemisesta aiheutuvat vaikutukset.
lähivaluma-alue (Sakattilammit)	- - Sakattilampien herkkyys on arvioitu suureksi. Lammet ovat pääosin pintavesivaikutteisia, joten pohjavedenpinnan alenema vaikuttaa vain vähäisessä määrin lampien vedenpinnan tasoon.
Vesiekologia ja vesieliöstö	
kalat	- Kalojen lajisuhteissa ja kalakannoissa ei arvioida tapahtuvan merkittäviä muutoksia. Vaikutukset ovat luonteeltaan tilapäisiä, ja kalaston tilanne palautuu ennalleen lähinnä rakennusaikaan ajoittuvien häiriöiden jälkeen. Kalojen elintarvikekäyttöön ei arvioida tapahtuvan muutoksia.
pohjaeläimistö ja piilevät, Kitinen	**0** Vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.
pohjaeläimistö ja piilevät, lähivaluma-alue	- Rakentamis- ja sulkemisvaiheessa kiintoainekuormitus voi vaikuttaa osaan ojista ja puroista. Toiminnan aikana valuma-alueiden pienenemisestä on arvioitu aiheutuvan vaikutuksia joihinkin puroihin. Vaikutukset voivat heikentää vesieliöstön tilaa. Osalla ojista ja puroista ei ole todettavissa vaikutuksia.
Luonto	
luontotyypit ja kasvillisuus	
• *tavanomainen kasvillisuus ja yleiset metsä- ja suotyypit*	- Podsoli- tai turvemaata teollisuusalueeksi. Kangasmetsien ja rämeiden lajiston kasvupaikkojen menetyksiä, pirstoutumisvaikutuksia, reunavaikutusta kasvillisuudelle metsätalouden aiheuttaman muutoksen lisänä, pölyvaikutukset toimintojen lähialueella. Vaikutuksessa ei suuria epävarmuuksia.
• *huomionarvoinen kasvillisuus ja sammallajisto*	- - - Esiintymä tuhoutuu tai olosuhteet heikkenevät; lettorikko, lapinleinikki, isonuijasammal, karhunlovisammal, lettosara, lapinkämmekkä, kiiltosirppisammal.
• *arvokkaat kivennäismaan puustoiset luontotyypit*	- Välilliset hydrologiset vaikutukset tai suorat pinta-alan menetykset; talousmetsien kangasmetsätyypit.

Vaikutuksen kohde	VE1a	VE1b
• *arvokkaat suoluontotyypit*	- - - Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lettorämeet, aitokorvet, lettokorvet, välipintaletot, koivuletot, aapasuot.	- - - Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lettorämeet, aitokorvet, lettokorvet, välipintaletot, koivuletot, aapasuot, rimpiletot, rimpinevat, aapasuot.
• *pienvedet ja lähteikkö-luontotyypit*	- - - Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lähteet.	
linnusto		
• *suolajisto*	- - - Merkittävimmät vaikutukset muodostuvat jo rakennusaikana ja ne kohdistuvat Eliasaavan pohjoisosaan useisiin suojelullisesti huomionarvoisiin suolajeihin. Vaikutuksia myös vähäisemmässä määrin Porokodanjängällä. Ulkusijanaavalla ja -kankaalla yhdystiestä aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia.	- - - Merkittävimmät vaikutukset muodostuvat jo rakennusaikana ja ne kohdistuvat Eliasaavan pohjoisosaan useisiin suojelullisesti huomionarvoisiin suolajeihin. Vaikutuksia myös vähäisemmässä määrin Porokodanjängällä. Kenttäaavan pohjoisosassa yhdystiestä aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia.
• *metso ja tavanomainen metsälajisto*	- - Kuusivaaran alueella kohtalaisiksi arvioituja metsoon ja tavanomaiseen metsälajistoon kohdistuvia vaikutuksia.	
• *muut arvioidut lajit*	- Eteläinen yhdystievaihtoehto aiheuttaa vähäisiä vaikutuksia Ulkusijanaapaan ja Kattilalammella pesivään kaakkuriparii (mahdollisesti hylkää lammen pesimäpaikkana).	**0** Ei vaikutuksia.
eläimistö ja hyönteislajisto		
• *jättisukeltaja, kirjojokikorento, saukko*	**0** Ei vaikutuksia.	
• *viitasammakko*	- - Viitasammakolla on useita lisääntymis- ja levähdyspaikkoja hankealueella. Hankevaihtoehdoissa VE1a, VE1b kielteisten vaikutusten merkittävyys on toimintavaiheessa kohtalainen melu-, tärinä- ja pölyhaitasta johtuen.	
	- - - Rakentamisvaiheessa merkittävyys on suuri kielteinen, koska rakentamisen takia menetetään lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkoja Kuusivaaran eteläpuolella. Lisäksi olosuhteet voivat heikentyä joillakin lisääntymis- ja levähdyspaikoilla.	
• *lettokoi*	- - Tehdasalueen ja ylijäämävesien purkuputken rakentaminen vaikuttaa kielteisesti lettokoin esiintymään Porokodanjängän itäosassa. Kuivattavaa vaikutusta voidaan lieventää teknisin toimenpitein.	
• *pikkutupsukas*	- - Pikkutupsukkaan elinympäristöä häviää rakentamisen takia. Lisäksi epäsuoraa heikentävää vaikutusta hydrologisten olosuhteiden mahdollisesti muuttuessa. Kuusivaaran itäpuolelle jää lajille sopivaa elinympäristöä. Toimintavaiheessa ei vaikutuksia.	
• *käpäläsulkanen*	- - Käpäläsulkasen elinympäristöä häviää rakentamisen takia. Toimintavaiheessa ei vaikutuksia.	

Vaikutuksen kohde	VE1a	VE1b
• *suohyönteislajisto*	- - Rakentamisen johdosta laajoja suoluontoalueita tuhoutuu tai niihin kohdistuu vaikutuksia. Alueilla voi olla merkittävää hyönteislajistoa. Toimintavaiheessa hydrologisten olosuhteiden muutokset voivat heikentää elinolosuhteita.	
• *suurpedot, muu eläimistö*	- Suurpetojen saalistusalueet pirstoutuvat jossain määrin. Kaivos vaikuttaa hirvien liikkumiseen. Vaikutusten merkittävyys vähäinen, lähinnä liikennekuolemien riski (a-vaihtoehdoissa hieman pienempi kuin b-vaihtoehdoissa).	
Luonnon monimuotoisuus		
yksityiset suojelualueet	**0** Ei vaikutuksia.	
Viiankiaavan Natura-alue	- - Edellyttää välttämistoimien toteuttamista.	- - - Ei voida selvästi osoittaa, että hankkeella ei ole haitallista vaikutusta alueen eheyteen.
vesiekologia	- Vaikutukset kohdistuvat purkuvesistön kalastoon sekä lähivaluma-alueiden pienvesiuomiin.	
kasvillisuus	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat turjanhorsmaan ja isonuijasammaleeseen. Kohtalainen vaikutus lettorikkoon, lapinleinikkiin, kiiltosirppisammaleeseen, karhunlovisammaleeseen ja lapinkämmekkään.	
luontotyypit	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat lähteikköihin, lettorämeisiin, aitokorpiin, lettokorpiin, välipintalettoihin ja koivulettoihin.	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat lähteikköihin, lettorämeisiin, aitokorpiin, lettokorpiin, välipintalettoihin, koivulettoihin, rimpilettoihin sekä rimpinevoihin.
linnusto	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat suolajistoon.	
eläimistö	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat viitasammakkoon. Kohtalaisia vaikutuksia kohdistuu lisäksi kangaskirjokääriäiseen, kekokoihin, pikkutupsukkaaseen, rahkahopeatäplään, suoharmokääriäiseen, suokirjosiipeen ja tikkuukkopussikkaaseen.	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat viitasammakkoon. Kohtalaisia vaikutuksia kohdistuu lisäksi aapaheinäkoisaan, kangaskirjokääriäiseen, kekokoihin, pikkutupsukkaaseen, rahkahopeatäplään, rahkasammalkoihin, suoharmokääriäiseen, suokirjosiipeen ja tikku-ukkopussikkaaseen.
Ihmiset		
väestö	+ + + Sodankylän vetovoima kasvaa, työvoiman kysyntä lisääntyy, työikäisten ja lapsiperheiden määrä kasvaa, koulutustaso nousee. Vaikutukset samat kaikilla vaihtoehdoilla.	
maanomistajat ja metsätalous	- Kaivostoiminta rajoittaa metsätalouden harjoittamista, vaikutuksen laajuus riippuu yleiskaavoituksen yhteydessä annettavista määräyksistä. Vaikutukset ovat lievimpiä vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b.	

Vaikutuksen kohde	VE1a	VE1b
elinolot ja viihtyvyys, Kevitsa toiminnassa	- - Liikennemelun suhteen a-vaihtoehdot ovat hieman parempia kuin b-vaihtoehdot. VE1 on melun kokemisen ja luonnonmukaisen äänimaiseman säilymisen kannalta paras vaihtoehto. Pieni kielteinen ilmapäästöjen vaikutus.	- - - Liikennemelun suhteen a-vaihtoehdot ovat hieman parempia kuin b-vaihtoehdot. VE1 on melun kokemisen ja luonnonmukaisen äänimaiseman säilymisen kannalta paras vaihtoehto.
kunta ja palvelut	+ + Talouskasvu tuo työtä ja nostaa kuntalaisten elintasoa. Aluetalous kasvaa verotulojen kasvun myötä. Kunnan valmiudet palvelujen parantamiseen paranevat. Koulutusmahdollisuudet paranevat. Asunnoista voi tulla pulaa. Vaikutukset samat kaikissa vaihtoehdoissa.	
luonnon virkistyskäyttö	- Vaikutus virkistyskäyttöön paikallisesti suuri, alueellisesti pienempi. Häiriöt virkistyskäyttöön pienimmät vaihtoehdossa VE1a ja VE1b.	
elinkeino ja toimeentulo	+ + Merkittävät työllisyysvaikutukset, elinkeinoelämä vahvistuu. Vaikutukset samanlaiset kaikissa vaihtoehdoissa.	
Poronhoito		
porojen laidunalueet	- - Pienimmät pinta-alavaikutukset. Vähäiset pölyvaikutukset. Suurimmat meluvaikutukset.	
porojen laidunalueet TK**	- - - Huomattavimmat vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavan tokkakunnan syys- ja talvilaitumille. VE1b vaihtoehdossa toiminnot sijoittuvat pienemmälle alueelle kuin VE1a:ssa.	
poronhoitotyö ja elinkeino	- - Kannattavuus heikentyy.	
poronhoitotyö ja elinkeino TK**	- - - Lisäruokintatarvetta ja lisääntyvä työmäärä, vaikutuksia kannattavuuteen, talvilaidunalueiden pirstaloituminen.	
sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset	- Haitat kohdistuvat maantieteellisesti pienelle alueelle ja ovat kestoltaan väliaikaisia.	
sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset TK**	- - - Tokkakunnan näkökulmasta haitat ovat pitkäaikaisia ja voivat johtaa elinkeinonharjoittajien lukumäärän vähenemiseen.	- - Tokkakunnan näkökulmasta haitat ovat pitkäaikaisia ja voivat johtaa elinkeinonharjoittajien lukumäärän vähenemiseen. Kielteiset sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset ovat kokonaisuudessaan hieman pienemmät kuin muissa vaihtoehdoissa.
Aluetalous	+ + + Merkittävä välitön ja välillinen työllistävä vaikutus. Merkittävä lisäys kokonaistuotokseen, arvonlisäykseen, investointeihin ja verotuloihin Suomessa. Merkittävä cleantechiä edistävä vaikutus. Myönteiset vaikutukset samat kaikissa vaihtoehdoissa.	

** Meluntorjuntatoimet huomioitu*
*** Tokkakuntakohtainen tarkastelu*

Taulukko 29-3 Yhteenveto vaikutusten merkittävyydestä vaihtoehdoittain, vaihtoehdot VE2a ja VE2b.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
Maankäyttö		
aluerakenne	+ + Myönteinen, havaittavissa oleva muutos, ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi aluerakenteeseen. Yhdystie tukisi maakuntakaavan mukaista uutta työpaikka-aluetta hankealueen eteläpuolella.	+ + Myönteinen, havaittavissa oleva muutos, ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi aluerakenteeseen.
yhdyskuntarakenne	+ + + Havaittava muutos, mutta ei vaikuta merkittävästi yhdyskuntarakenteeseen. Yhdystie tukee Sodankylän kunnan esittämiä tavoitteita.	+ + Havaittava muutos, mutta ei vaikuta merkittävästi yhdyskuntarakenteeseen. Yhdystie ei tue Sodankylän kunnan esittämiä tavoitteita.
lähiympäristö	- Vaikutukset aiheutuvat lähinnä yhdystiestä ja siihen liittyvästä sillasta. Nämä rajoittavat yhden lomarakennuspaikan toteuttamista.	- - Vaikutukset aiheutuvat lähinnä yhdystiestä, joka lisää liikennettä keskustaajaman pohjoispuolisten kyläalueiden tuntumassa. Lisäksi rajoituksia kohdistuu neljään rakennuspaikkaan. Keskustaajaman lisääntyvä liikenne voi vaikeuttaa kuntakeskuksen kehittämistä.
yksittäiset kohteet	- Molemmat vaihtoehdot saattavat edellyttää rakennuspaikkojen siirtämistä.	
Maisema ja kulttuuriympäristö	- - Sattasen kylään ja sen lähialueen asuinalueille sekä Kommattivaaran ja useiden muiden vaarojen lakialueille aiheutuu kohtalainen maisemavaikutus. Muilta osin vaikutukset pieniä.	- - Sattasen kylään ja sen lähialueen asuinalueille sekä Kommattivaaran ja useiden muiden vaarojen lakialueille aiheutuu kohtalainen maisemavaikutus. Muilta osin vaikutukset pieniä. Muinaisjäännös tuhoutuu, jos sitä ei huomioida yhdystien tarkemmassa suunnittelussa.
Maa- ja kallioperä	- - Vaikutukset ovat pysyviä ja ne kohdistuvat louhinta-alueille, tehdasalueelle ja teknisten perusrakenteiden alueille. Käsiteltävät maamassojen määrät ja louhintamäärät ovat suuret. Hankealueella ei ole erityisiä tai arvokkaita maaperä- tai kalliomuodostumia. Toiminnasta aiheutuu maaperän pilaantumisvaara, joka kohdistuu vain rajoitetuille alueille.	
Melu*		
liikenne	- - Kohtalainen meluvaikutus Kitisen ylittävän sillan lähitienoolla. Vähäistä meluvaikutusta Kitisen itäpuolella. Muilta osin merkityksetön.	- - - Suuri meluvaikutus yhdystien lähitienoolla Kitisen länsipuolella. Kohtalainen meluvaikutus Sattasen kylään. Muilta osin merkityksetön.

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
tuotanto	- - Edellyttää meluntorjuntatoimia. Kohtalaista meluvaikutusta Viiankiaavalle. Vähäistä meluvaikutusta Kitisen länsirannan asutukselle Kitisestä pohjoiseen sekä Kitisen itäpuolella. Rakentamisaikainen melu vastaa merkittävyydeltään tuotantovaihetta.	- - Edellyttää meluntorjuntatoimenpiteitä. Kohtalainen meluvaikutus Viiankiaavan suuntaan. Vähäinen meluvaikutus Kitisen itäpuolella ja Kitisen länsirannan asutukselle Sattasesta pohjoiseen. Rakentamisaikainen melu vastaa merkittävyydeltään tuotantovaihetta.
Tärinä		
liikenne	- Liikennetärinä nykyisellä tieverkolla ei muutu. Yhdystien ja huoltotien ympäristön tärinäalueella (20–125 metriä) ei ole asutusta eikä herkkiä kohteita. Tehdasalueen liikenteestä aiheutuvalla tärinäalueella ei ole asutusta. Tärinä on havaittavissa epämiellyttävänä tuntemuksena tärinäalueilla. Merkittävyydeltään vähäinen vaikutus kohdistuu Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta etelään Kaanaanmaan pohjoispuolelle.	- Liikennetärinä nykyisellä tieverkolla ei muutu. Yhdystien ja huoltotien ympäristön tärinäalueella (20–125 metriä) ei ole asutusta eikä herkkiä kohteita. Tehdasalueen liikenteestä aiheutuvalla tärinäalueella ei ole asutusta. Tärinä on havaittavissa epämiellyttävänä tuntemuksena tärinäalueilla. Merkittävyydeltään vähäinen vaikutus kohdistuu Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta Tihiämaan kohdalle.
toiminta-aika	- - Tarvekivilouhoksessa louhinta ja murskaus aiheuttavat tärinää aina 300–400 metrin etäisyydelle. Alueella ei ole asutusta. Tehdasalueella tärinää aiheutuu malmin jälkimurskauksesta ja jauhatuksesta, vaikutus rajoittuu rikastamon läheisyyteen. Maanalaisen kaivoksen louhintatärinä (räjäytykset) on selvästi havaittavissa maanpinnalla pääesiintymän yläpuolella. Tärinä ei aiheuta riskiä rakennuksille tai rakenteille. Mukavuushaitta jää pieneksi. Kallioperän jännitysten purkautuminen aiheuttaa satunnaista tärinää, joka voi olla tunnettavissa epämiellyttävänä kauempanakin. Merkittävyydeltään vähäiset vaikutukset kohdistuvat Kitisen länsirannalle Kärväsniemeen ja Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta Tihiämaan kohdalle. Viiankiaavalle kohdistuvien vaikutusten merkittävyys on kohtalainen.	- - - Tarvekivilouhoksessa louhinta ja murskaus aiheuttavat tärinää aina 300–400 metrin etäisyydelle. Alueella ei ole asutusta. Tehdasalueella tärinää aiheutuu malmin jälkimurskauksesta ja jauhatuksesta, vaikutus rajoittuu rikastamon läheisyyteen. Maanalaisen kaivoksen louhintatärinä (räjäytykset) on selvästi havaittavissa maanpinnalla pääesiintymän yläpuolella. Tärinä ei aiheuta riskiä rakennuksille tai rakenteille. Mukavuushaitta jää pieneksi. Kallioperän jännitysten purkautuminen aiheuttaa satunnaista tärinää, joka voi olla tunnettavissa epämiellyttävänä kauempanakin. Merkittävyydeltään vähäiset vaikutukset kohdistuvat Kitisen länsirannalle Kärväsniemeen ja Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta Tihiämaan kohdalle. Viiankiaavalle kohdistuvien vaikutusten merkittävyys on suuri.
Liikenne		
lähialue	- - Alavaihtoehdoissa VEaKJ (eteläinen yhdystie, kaikki rikasteet Kemijärvelle) liikenteen kokonaisvaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Kaikissa muissa a-vaihtoehdoissa ja b-vaihtoehdoissa vaikutusten merkittävyys on kohtalainen.	

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
laajempi vaikutusalue	- Liikenteellinen kokonaisvaikutus on kaikissa vaihtoehdoissa merkittävyydeltään vähäinen vt 4:n osalta. Vt 5:n osalta on vaikutukset arvioitu merkityksettömiksi hankkeen rakennusvaiheessa sekä toimintavaiheen niissä kuljetusvaihtoehdoissa, joissa kaikki rikastekuljetukset suuntautuvat Perämeren satamiin, ja merkitykseltään vähäisiksi muissa kuljetusten alavaihtoehdoissa.	
Ilmasto ja ilmanlaatu	- Merkittävin ilmapäästö on rikastushiekka-alueen pölyäminen, vaikutus on hieman suurempi a-vaihtoehdoissa (kuivaläjitys). Vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavalle, asuin- ja lomarakennuksiin ja vt 4 käyttäjiin.	- Merkittävin ilmapäästö on rikastushiekka-alueen pölyäminen, vaikutus on hieman suurempi a-vaihtoehdoissa (kuivaläjitys). Vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavalle ja vähäisessä määrin asuin- ja lomarakennuksiin.
Pohjavesi		
Määrälliset vaikutukset pohjaveteen		
• *Kuusivaaran alue*	- - - Merkittävin vaikutus on maaperän pohjaveden pinnan aleneminen kaivostoiminnan loppuvaiheissa tarvekivilouhoksen lähiympäristössä 75 metriä, ja laajalti Kuusivaaran länsiosan alueella yli 1,0 metriä aleneman ulottuessa Porokodanjängälle ja Kenttäaavalle. Vaikutusalue sijoittuu lännemmäksi kuin vaihtoehdoissa VE1 ja VE3. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Porokodanjänkä ja Eliasaapa*	- - - Tarvekivilouhoksen vaikutus ulottuu Porokodanjängälle aleneman suuruus voi olla enimmillään arviolta yli metrin luokkaa. Pohjavedenpinnan alenema muuttaa pohjavesiolosuhteita ja sillä on merkittävä vaikutus Porokodanjängän alueella sijaitseviin lähteisiin. Eliasaavalla sijaitseviin lähteisiin voi kohdistua rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia (pohjavesiolosuhteiden muutos). Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Kenttäaapa*	- - - Tarvekivilouhoksen vaikutus ulottuu Kenttäaavalle, aleneman suuruus voi olla enimmillään arviolta yli metrin luokkaa. Pohjavedenpinnan alenema muuttaa pohjavesiolosuhteita ja sillä on merkittävä vaikutus Kenttäaavan länsiosan alueella sijaitseviin lähteisiin. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Viiankiaapa*	- - Esiintymän ympäristössä laaja-alainen, arviolta samaa suurusluokkaa oleva tai hieman suurempi alenema kuin VE1a:ssa vinotunnelin johdosta. Aleneman suuruuden arviointiin liittyy epävarmuutta mallinnustulosten soveltamisesta johtuen.	- - - Esiintymän ympäristössä laaja-alainen pohjavedenpinnan alenema (>0,5 metriä), ulottuu pitkälle itään vinotunnelin johdosta. Suurimmat vaikutukset vaihtoehdon VE3b jälkeen. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
• *Pahalaksonmaan pohjavesialue*	- - - Pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan merkittävä kaivoksen sisäänkäynnin ja vinotunneleiden sijoittuessa pohjavesialueelle. Suurin alenema kaikista vaihtoehdoista. Alenemalla arvioidaan olevan merkittävä vaikutus muodostuman antoisuuteen. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	- - - Pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan merkittävä kaivoksen sisäänkäynnin sijoittuessa pohjavesialueelle. Alenemalla arvioidaan olevan merkittävä vaikutus muodostuman antoisuuteen. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.
• *Kersilönkankaan pohjavesialue*	**0** Määrällisiä vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.	
• *Lähteet*	- - - Kahdeksan lähdettä tuhoutuu rakentamisvaiheessa, noin seitsemään lähteeseen kohdistuu pohjavedenpinnan alenemisesta tai rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	- - - Kahdeksan lähdettä tuhoutuu rakentamisvaiheessa, noin 12 lähteeseen voi kohdistua pohjavedenpinnan alenemisesta tai rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.
• *Talousvesikaivot*	- - - Tarvekivilouhoksen kuivanapidon aiheuttaman pohjavedenpinnan alenema ulottuu myös kahteen talousvesikaivoon. Alenema voi olla yli metrin suuruinen, mikä vaikuttaa kielteisesti kaivojen antoisuuteen. Pohjavedenpinnan ollessa alimmillaan kaivot voivat kuivua. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
Laadulliset vaikutukset pohjaveteen		
• *Lähteet*	- - Rikastushiekka-alueen, sivukivialueiden ja vesivarastoaltaan suotovesien vaikutus voi heijastua Porokodanjängän suunnassa kolmeen lähteeseen.	- - Rikastushiekka-alueen, sivukivialueiden ja vesivarastoaltaan suotovesien vaikutus voi heijastua Porokodanjängän suunnassa kolmeen lähteeseen.
• *Talousvesikaivot*	**0** Laadullisia vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.	
Vesistöt ja vedenlaatu		
Kelukosken allas	- Suurimmat pitoisuusnousut ilmenevät purkuputken pään alueella joen pienen virtaaman aikana. Vaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Kitisen ekologinen tai kemiallinen tila ei heikenny.	
Kitisen alajuoksu	**0** Vaikutus vähenee alavirtaan siirryttäessä. Pitoisuusnousut suurimmillaankin pieniä tai melko pieniä. Kitisen ekologinen tai kemiallinen tila ei heikenny.	
lähivaluma-alue	- Lähivaluma-alueiden pinta-alat pienevät jonkin verran. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b on hieman suuremmat pinta-alamuutokset kuin vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b. Suurin vaikutus kohdistuu Porokodanjängän valuma-alueeseen. Eliasojan virtaama pienenee jonkin verran. Pohjavedenpinnan alenemalla ei ole pintavesivaikutuksia.	

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
lähivaluma-alue (Sakattilammit)	- - Sakattilampien herkkyys on arvioitu suureksi. Lammet ovat pääosin pintavesivaikutteisia, joten pohjavedenpinnan alenema vaikuttaa vain vähäisessä määrin lampien vedenpinnan tasoon.	
Vesiekologia ja vesieliöstö		
kalat	- Kalojen lajisuhteissa ja kalakannoissa ei arvioida tapahtuvan merkittäviä muutoksia. Vaikutukset ovat luonteeltaan tilapäisiä, ja kalaston tilanne palautuu ennalleen lähinnä rakennusaikaan ajoittuvien häiriöiden jälkeen. Kalojen elintarvikekäyttöön ei arvioida tapahtuvan muutoksia.	
pohjaeläimistö ja piilevät, Kitinen	**0** Vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.	
pohjaeläimistö ja piilevät, lähivaluma-alue	- Rakentamis- ja sulkemisvaiheessa kiintoainekuormitus voi vaikuttaa osaan ojista ja puroista. Toiminnan aikana valuma-alueiden pienenemisestä on arvioitu aiheutuvan vaikutuksia joihinkin puroihin. Vaikutukset voivat heikentää vesieliöstön tilaa. Osalla ojista ja puroista ei ole todettavissa vaikutuksia.	
pohjaeläimistö ja piilevät, lähivaluma-alue (Sakattilammet)	- - Sakattilammien vedenpinnantason alenemisella voi olla kohtalainen vaikutus lampien vesikasvillisuuteen. Sakattilampien herkkyys on varovaisuusperiaatteella arvioitu suureksi huomioiden mm. lampien luonnontilaisuus, niiden sijainti lajistoltaan arvokkaalla alueella ja lampien pieni koko. Sakattilammit ovat kuitenkin pääosin pintavesivaikutteisia, joten pohjavedenpinnan alenemalla ei ole merkittävää vaikutusta lampiin.	
Luonto		
luontotyypit ja kasvillisuus		
• *tavanomainen kasvillisuus ja yleiset metsä- ja suotyypit*	- Podsoli- tai turvemaata teollisuusalueeksi. Kangasmetsien ja rämeiden lajiston kasvupaikkojen menetyksiä, pirstoutumisvaikutuksia, reunavaikutusta kasvillisuudelle metsätalouden aiheuttaman muutoksen lisänä, pölyvaikutukset toimintojen lähialueella. Vaikutuksessa ei suuria epävarmuuksia.	
• *huomionarvoinen kasvillisuus ja sammallajisto*	- - - Esiintymä tuhoutuu tai olosuhteet heikkenevät; isonuijasammal, karhunlovisammal, sirohuurresammal, pohjanhuurresammal, sirppihuurresammal, lapinkämmekkä, kiiltosirppisammal.	- - - Esiintymä tuhoutuu tai olosuhteet heikkenevät; isonuijasammal, karhunlovisammal, kalkkilähdesammal, sirohuurresammal, pohjanhuurresammal, sirppihuurresammal, lapinkämmekkä, kiiltosirppisammal.
• *arvokkaat kivennäismaan puustoiset luontotyypit*	- Välilliset hydrologiset vaikutukset tai suorat pinta-alan menetykset; talousmetsien kangasmetsätyypit.	
• *arvokkaat suoluontotyypit*	- - - Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lettorämeet, aitokorvet, välipintaletot, lettokorvet, rimpiletot, rimpinevat, aapasuot.	- - - Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lettorämeet, välipintaletot, aitokorvet, lettokorvet, rimpiletot, rimpinevat, aapasuot.
• *pienvedet ja lähteikköluontotyypit*	- - - Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lähteet.	
linnusto		

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
• *suolajisto*	- - - Merkittävimmät vaikutukset muodostuvat jo rakennusaikana ja ne kohdistuvat Eliasaavan pohjoisosaan useisiin suojelullisesti huomionarvoisiin suolajeihin. Kenttäaavan keskiosaan kohdistuu kohtalaisia vaikutuksia, kuten myös Porokodanjängälle. Ulkusijanaavalla ja -kankaalla yhdystiestä aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia. Sakattiojalla rakenteista aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia.	- - - Merkittävimmät vaikutukset muodostuvat jo rakennusaikana ja ne kohdistuvat Eliasaavan pohjoisosaan useisiin suojelullisesti huomionarvoisiin suolajeihin. Vaikutuksia myös vähäisemmässä määrin Porokodanjängällä. Kenttäaavan keskiosassa huoltotiestä ja muista rakenteista aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia. Sakattiojalla rakenteista aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia.
• *metso ja tavanomainen metsälajisto*	- - Kuusivaaran alueella kohtalaisiksi arvioituja metsoon ja tavanomaiseen metsälajistoon kohdistuvia vaikutuksia.	
• *muut arvioidut lajit*	- Eteläinen yhdystievaihtoehto aiheuttaa vaikutuksia Kattilalammella pesivään kaakkuripariin, joka mahdollisesti hylkää lammen pesimäpaikkana.	**0** Ei vaikutuksia.
eläimistö ja hyönteislajisto		
• *viitasammakko*	- - Viitasammakolla on useita lisääntymis- ja levähdyspaikkoja hankealueella. Hankevaihtoehdoissa VE2a, VE2b kielteisten vaikutusten merkittävyys on toimintavaiheessa kohtalainen melu-, tärinä- ja pölyhaitasta johtuen.	
	- - - Rakentamisvaiheessa merkittävyys on suuri kielteinen, koska rakentamisen takia menetetään lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkoja Kuusivaaran eteläpuolella. Lisäksi olosuhteet voivat heikentyä joillakin lisääntymis- ja levähdyspaikoilla.	
• *lettokoi*	- - Tehdasalueen ja ylijäämävesien purkuputken rakentaminen vaikuttaa kielteisesti lettokoin esiintymään Porokodanjängän itäosassa. Kuivattavaa vaikutusta voidaan lieventää teknisin toimenpitein.	
• *pikkutupsukas*	- - - Pikkutupsukkaan elinympäristöä häviää rakentamisen takia. Lisäksi epäsuoraa heikentävää vaikutusta hydrologisten olosuhteiden mahdollisesti muuttuessa. Toimintavaiheessa ei vaikutuksia.	
• *käpäläsulkanen*	- - Käpäläsulkasen elinympäristöä häviää rakentamisen takia. Toimintavaiheessa ei vaikutuksia.	
• *suohyönteislajisto*	- - Rakentamisen johdosta laajoja suoluontoalueita tuhoutuu tai niihin kohdistuu vaikutuksia. Alueilla voi olla merkittävää hyönteislajistoa. Toimintavaiheessa hydrologisten olosuhteiden muutokset voivat heikentää elinolosuhteita.	
• *suurpedot, muu eläimistö*	- Suurpetojen saalistusalueet pirstoutuvat jossain määrin. Kaivos vaikuttaa hirvien liikkumiseen. Vaikutusten merkittävyys vähäinen, lähinnä liikennekuolemien riski (a-vaihtoehdoissa hieman pienempi kuin b-vaihtoehdoissa).	
Luonnon monimuotoisuus		
yksityiset suojelualueet	**0** Ei vaikutuksia.	- - Uusitalon YSA

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
Viiankiaavan Natura-alue	- - - Ei voida selvästi osoittaa, että hankkeella ei ole haitallista vaikutusta alueen eheyteen.	
vesiekologia	- Vaikutukset kohdistuvat purkuvesistön kalastoon sekä lähivaluma-alueiden pienvesiuomiin.	
kasvillisuus	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat turjanhorsmaan ja isonuijasammaleeseen. Kohtalainen vaikutus lettorikkoon, lapinleinikkiin, kiiltosirppisammaleeseen, karhunlovisammaleeseen, kalkkilähdesammaleeseen, lapinkämmekkään sekä sirppi-, siro- ja pohjanhuurresammaleeseen.	
luontotyypit	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat lähteikköihin, lettorämeisiin, aitokorpiin, lettokorpiin, välipintalettoihin ja rimpilettoihin.	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat lähteikköihin, välipintalettoihin, aitokorpiin, lettokorpiin ja rimpilettoihin.
linnusto	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat suolajistoon.	
eläimistö	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat viitasammakkoon, kangaskirjokääriäiseen, kekokoihin, lapinkenttämittariin, pikkutupsukkaaseen, rahkahopeatäplään, rahkasammalkoihin, suoharmokääriäiseen, suokirjosiipeen sekä tikku-ukkopussikkaaseen.	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat viitasammakkoon, kangaskirjokääriäiseen, kekokoihin, aapaheinäkoisaan, pikkutupsukkaaseen, rahkahopeatäplään, rahkasammalkoihin, suoharmokääriäiseen, suokirjosiipeen sekä tikku-ukkopussikkaaseen.
Ihmiset		
väestö	+ + + Sodankylän vetovoima kasvaa, työvoiman kysyntä lisääntyy, työikäisten ja lapsiperheiden määrä kasvaa, koulutustaso nousee. Vaikutukset samat kaikilla vaihtoehdoilla.	
maanomistajat ja metsätalous	- - - Kaivostoiminta rajoittaa metsätalouden harjoittamista, vaikutuksen laajuus riippuu yleiskaavoituksen yhteydessä annettavista määräyksistä. Vaikutusten merkittävyys vaihtoehtojen VE1 ja VE3 välissä.	
elinolot ja viihtyvyys, Kevitsa toiminnassa	- - - Liikennemelun suhteen a-vaihtoehdot ovat hieman parempia kuin b-vaihtoehdot. Pieni kielteinen ilmapäästöjen vaikutus.	
kunta ja palvelut	+ + Talouskasvu tuo työtä ja nostaa kuntalaisten elintasoa. Aluetalous kasvaa verotulojen kasvun myötä. Kunnan valmiudet palvelujen parantamiseen paranevat. Koulutusmahdollisuudet paranevat. Asunnoista voi tulla pulaa. Vaikutukset samat kaikissa vaihtoehdoissa.	
luonnon virkistyskäyttö	- - Vaikutus virkistyskäyttöön paikallisesti suuri, alueellisesti pienempi. Rajoittaa metsästystä. Häiriöt virkistyskäyttöön suuremmat kuin vaihtoehdossa VE1 toimintojen sijoittuessa laajemmalle alueelle.	
elinkeino ja toimeentulo	+ + Merkittävät työllisyysvaikutukset, elinkeinoelämä vahvistuu. Vaikutukset samanlaiset kaikissa vaihtoehdoissa.	
Poronhoito		

Vaikutuksen kohde	VE2a	VE2b
porojen laidunalueet	- - Suurimmat laidunaluemenetykset, toiminnot sijoittuvat pienemmälle alueelle kuin VE3, mutta laajemmalle kuin VE1.	- - Suurehkot laidunaluemenetykset. Toiminnot sijoittuvat laajemmalle alueelle kuin VE1. Vähäiset pölyvaikutukset.
porojen laidunalueet TK**	- - - Huomattavimmat vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavan tokkakunnan syys- ja talvilaitumille. VE2b vaihtoehdossa toiminnot sijoittuvat pienemmälle alueelle kuin VE2a:ssa.	
poronhoitotyö ja elinkeino	- - Kannattavuus heikentyy.	
poronhoitotyö ja elinkeino TK**	- - - Lisäruokintatarvetta ja lisääntyvä työmäärä, vaikutuksia kannattavuuteen, talvilaidunalueiden pirstaloituminen.	
sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset	- Haitat kohdistuvat maantieteellisesti pienelle alueelle ja ovat kestoltaan väliaikaisia.	
sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset TK**	- - - Tokkakunnan näkökulmasta haitat ovat pitkäaikaisia ja voivat johtaa elinkeinonharjoittajien lukumäärän vähenemiseen.	
Aluetalous	+ + + Merkittävä välitön ja välillinen työllistävä vaikutus. Merkittävä lisäys kokonaistuotokseen, arvonlisäykseen, investointeihin ja verotuloihin Suomessa. Merkittävä cleantechiä edistävä vaikutus. Myönteiset vaikutukset samat kaikissa vaihtoehdoissa.	

** Meluntorjuntatoimet huomioitu*
*** Tokkakuntakohtainen tarkastelu*

Taulukko 29-4 Yhteenveto vaikutusten merkittävyydestä vaihtoehdoittain, vaihtoehdot VE3a ja VE3b.

Vaikutuksen merkittävyys						
Suuri kielteinen - - -	Kohtalainen kielteinen - -	Vähäinen kielteinen -	Ei vaikutusta 0	Vähäinen myönteinen +	Kohtalainen myönteinen + +	Suuri myönteinen + + +

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
Maankäyttö		
aluerakenne	+ + Myönteinen, havaittavissa oleva muutos, ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi aluerakenteeseen. Yhdystie tukisi maakuntakaavan mukaista uutta työpaikka-aluetta hankealueen eteläpuolella.	+ + Myönteinen, havaittavissa oleva muutos, ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi aluerakenteeseen.
yhdyskuntarakenne	+ + + Havaittava muutos, mutta ei vaikuta merkittävästi yhdyskuntarakenteeseen. Yhdystie tukee Sodankylän kunnan esittämiä tavoitteita.	+ + Havaittava muutos, mutta ei vaikuta merkittävästi yhdyskuntarakenteeseen. Yhdystie ei tue Sodankylän kunnan esittämiä tavoitteita.
lähiympäristö	- Vaikutukset aiheutuvat lähinnä yhdystiestä ja siihen liittyvästä sillasta. Nämä rajoittavat yhden lomarakennuspaikan toteuttamista.	- - Vaikutukset aiheutuvat lähinnä yhdystiestä, joka lisää liikennettä keskustaajaman pohjoispuolisten kyläalueiden tuntumassa. Lisäksi rajoituksia kohdistuu

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
		neljään rakennuspaikkaan. Keskustaajaman lisääntyvä liikenne voi vaikeuttaa kuntakeskuksen kehittämistä.
yksittäiset kohteet	- Molemmat vaihtoehdot saattavat edellyttää rakennuspaikkojen siirtämistä.	
Maisema ja kulttuuriympäristö	- - Sattasen kylään ja sen lähialueen asuinalueille sekä Kommattivaaran ja useiden muiden vaarojen lakialueille sekä vt 4:lle Kitisen ja Sattasen yhtymäkohdassa aiheutuu kohtalainen maisemavaikutus. Muilta osin vaikutukset pieniä.	- - Sattasen kylään ja sen lähialueen asuinalueille sekä Kommattivaaran ja useiden muiden vaarojen lakialueille sekä vt 4:lle Kitisen ja Sattasen yhtymäkohdassa aiheutuu kohtalainen maisemavaikutus. Muilta osin vaikutukset pieniä. Muinaisjäännös tuhoutuu, jos sitä ei huomioida yhdystien tarkemmassa suunnittelussa.
Maa- ja kallioperä	- - Vaikutukset ovat pysyviä ja ne kohdistuvat louhinta-alueille, tehdasalueelle ja teknisten perusrakenteiden alueille. Käsiteltävät maamassojen määrät ja louhintamäärät ovat suuret. Hankealueella ei ole erityisiä tai arvokkaita maaperä- tai kalliomuodostumia. Toiminnasta aiheutuu maaperän pilaantumisvaara, joka kohdistuu vain rajoitetuille alueille.	
Melu*		
liikenne	- - Kohtalainen meluvaikutus Kitisen ylittävän sillan lähitienoolla. Vähäinen meluvaikutus Kitisen itäpuolella. Muilta osin merkityksetön.	- - - Suuri meluvaikutus yhdystien lähitienoolla Kitisen länsipuolella. Kohtalainen meluvaikutus Sattasen kylään. Muilta osin merkityksetön.
tuotanto	- - - Edellyttää runsaasti meluntorjuntatoimia. Suuri meluvaikutus Viiankiaavan suuntaan. Kohtalainen meluvaikutus yhdystien lähitienoolla Kitisen länsipuolella. Vähäinen meluvaikutus Kitisen länsirannan asutukselle Sattasesta pohjoiseen. Meluvaikutusten kannalta huonoin vaihtoehto VE3b:n kanssa. Rakentamisaikainen melu vastaa merkittävyydeltään tuotantovaihetta.	- - - Edellyttää runsaasti meluntorjuntatoimia. Suuri meluvaikutus Viiankiaavan suuntaan. Kohtalainen meluvaikutus yhdystien lähitienoolla Kitisen länsipuolella. Vähäinen meluvaikutus Kitisen länsirannan asutukselle Sattasesta pohjoiseen. Huonoin vaihtoehto VE3a:n kanssa. Rakentamisaikainen melu vastaa merkittävyydeltään tuotantovaihetta.
Tärinä		
liikenne	- Liikennetärinä nykyisellä tieverkolla ei muutu. Yhdystien ja huoltotien ympäristön tärinäalueella (20–125 metriä) ei ole asutusta eikä herkkiä kohteita. Tehdasalueen liikenteestä aiheutuvalla tärinäalueella ei ole asutusta. Tärinä on havaittavissa epämiellyttävänä tuntemuksena tärinäalueilla. Merkittävyydeltään vähäinen vaikutus kohdistuu Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta etelään Kaanaanmaan pohjoispuolelle.	- Liikennetärinä nykyisellä tieverkolla ei muutu. Yhdystien ja huoltotien ympäristön tärinäalueella (20–125 metriä) ei ole asutusta eikä herkkiä kohteita. Tehdasalueen liikenteestä aiheutuvalla tärinäalueella ei ole asutusta. Tärinä on havaittavissa epämiellyttävänä tuntemuksena tärinäalueilla. Merkittävyydeltään vähäinen vaikutus kohdistuu Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta Tihiämaan kohdalle.
toiminta-aika	- - -	

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
	Tarvekivilouhoksessa louhinta ja murskaus aiheuttavat tärinää aina 300–400 metrin etäisyydelle. Alueella ei ole asutusta. Tehdasalueella tärinää aiheutuu malmin jälkimurskauksesta ja jauhatuksesta, vaikutus rajoittuu rikastamon läheisyyteen. Maanalaisen kaivoksen louhintatärinä (räjäytykset) on selvästi havaittavissa maanpinnalla pääesiintymän yläpuolella. Tärinä ei aiheuta riskiä rakennuksille tai rakenteille. Mukavuushaitta jää pieneksi. Kallioperän jännitysten purkautuminen aiheuttaa satunnaista tärinää, joka voi olla havaittavissa kauempanakin. Merkittävyydeltään kohtalaisia vaikutuksia kohdistuu Kitisen länsirannalle Kärväsniemeen ja Kitisen itäpuolelle Kuusivaarasta Tihiämaan kohdalle. Viiankiaavalle kohdistuvien vaikutusten merkittävyys on suuri.	
Liikenne		
lähialue	- - Alavaihtoehdoissa VEaKJ (eteläinen yhdystie, kaikki rikasteet Kemijärvelle) liikenteen kokonaisvaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Kaikissa muissa a-vaihtoehdoissa ja b-vaihtoehdoissa vaikutusten merkittävyys on kohtalainen.	
laajempi vaikutusalue	- Liikenteellinen kokonaisvaikutus on kaikissa vaihtoehdoissa merkittävyydeltään vähäinen vt 4:n osalta. Vt 5:n osalta on vaikutukset arvioitu merkityksettömiksi hankkeen rakennusvaiheessa sekä toimintavaiheen niissä kuljetusvaihtoehdoissa, joissa kaikki rikastekuljetukset suuntautuvat Perämeren satamiin, ja merkitykseltään vähäisiksi muissa kuljetusten alavaihtoehdoissa.	
Ilmasto ja ilmanlaatu	- - Merkittävin ilmapäästö on rikastushiekka-alueen pölyäminen, vaikutus on hieman suurempi a-vaihtoehdoissa (kuivaläjitys). Vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavalle, asuin- ja lomarakennuksiin ja vt 4 käyttäjiin.	- Merkittävin ilmapäästö on rikastushiekka-alueen pölyäminen, vaikutus on hieman suurempi a-vaihtoehdoissa (kuivaläjitys). Vaikutukset kohdistuvat asuin- ja lomarakennuksiin sekä vt 4 käyttäjiin.
Pohjavesi		
Määrälliset vaikutukset pohjaveteen		
• *Kuusivaaran alue*	- - - Merkittävin vaikutus on maaperän pohjaveden pinnan aleneminen kaivostoiminnan loppuvaiheissa tarvekivilouhoksen lähiympäristössä 75 metriä, laajalti Kuusivaaran alueella yli 1,0 metrin aleneman ulottuessa etelään Eliasaavalle ja pohjoiseen Kenttäaavalle sekä Natura-alueelle. Vaikutusalue sijoittuu idemmäksi kuin vaihtoehdoissa VE1 ja VE2. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Porokodanjänkä ja Eliasaapa*	- - Tarvekivilouhoksen vaikutus ei ulotu Porokodanjängälle. Eliasaavalle ulottuu yli 1,0 metrin alenema, mikä voi vaikuttaa haitallisesti alueella sijaitseviin lähteisiin. Myös rakentaminen aiheuttaa muutoksia pohjavesiolosuhteisiin, mikä vaikuttaa molemmilla alueilla sijaitseviin lähteisiin. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Kenttäaapa*	- - - Tarvekivilouhoksen vaikutus ulottuu Kenttäaavalle, aleneman suuruus voi olla enimmillään arviolta yli metrin luokkaa. Pohjavedenpinnan alenema muuttaa pohjavesiolosuhteita ja sillä on merkittävä vaikutus Kenttäaavan keskiosan alueella sijaitseviin lähteisiin. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Viiankiaapa*	- - - Esiintymän ympäristössä laaja-alainen pohjavedenpinnan alenema, arviolta	- - - Esiintymän ympäristössä laaja-alainen pohjavedenpinnan alenema (>0,5

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
	suurempi kuin vaihtoehdossa VE2a vinotunnelin johdosta. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	metriä), ulottuu pitkälle itään vinotunnelin johdosta. Suurimmat vaikutukset kaikista vaihtoehdoista. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.
• *Pahalaksonmaan pohjavesialue*	- - - Pohjavedenpinnan alenema kohdistuu muodostuman pohjoisosaan vinotunnelin ja nostokuilun vaikutuksesta. Alenema voi vaikuttaa jossain määrin pohjaveden virtausmuodostuman antoisuuteen. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Kersilönkankaan pohjavesialue*	- - - Pohjavedenpinnan aleneman arvioidaan olevan merkittävä, mutta pienialainen, kaivoksen sisäänkäynnin sijoittuessa pohjavesialueelle. Alenemalla arvioidaan olevan vaikutusta muodostuman antoisuuteen. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Lähteet*	- - - Kahdeksan lähdettä tuhoutuu rakentamisvaiheessa, noin 22 lähteeseen kohdistuu pohjavedenpinnan alenemisesta tai rakentamisesta aiheutuvia vaikutuksia. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin vaikuttavat pohjaveden virtausmallinnuksen tulosten soveltamiseen liittyvät epävarmuudet.	
• *Talousvesikaivot*	**0** Määrällisiä vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.	
Laadulliset vaikutukset pohjaveteen		
• *Lähteet*	- - Rikastushiekka-alueen ja sivukivien sijoitusalueiden suotovesien vaikutus voi heijastua Kuusivaaran länsiosassa 6 lähteeseen. Vesivarastoaltaan suotovesien vaikutus voi huonontaa veden laatua Eliasaavalla sijaitsevissa kahdessa lähteessä.	
• *Talousvesikaivot*	- - - Rikastushiekka-alueen suotovesien vaikutus voi näkyä Kuusivaaran länsiosassa sijaitsevien kahden talousvesikaivon veden laadun huonontumisena.	
Vesistöt ja vedenlaatu		
Kelukosken allas	- Suurimmat pitoisuusnousut ilmenevät purkuputken pään alueella joen pienen virtaaman aikana. Vaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Kitisen ekologinen tai kemiallinen tila ei heikenny.	
Kitisen alajuoksu	**0** Vaikutus vähenee alavirtaan siirryttäessä. Pitoisuusnousut suurimmillaankin pieniä tai melko pieniä. Kitisen ekologinen tai kemiallinen tila ei heikenny.	
lähivaluma-alue	- Lähivaluma-alueiden pinta-alat pienevät. Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b pinta-ala-muutokset ovat suurimmat, merkittävin vaikutus kohdistuu tehdasalueen luoteispuolella sijaitsevaan pieneen valuma-alueeseen, jolla ei ole purku-uomia tai lampia. Eliasojaan ei kohdistu mainittavia vaikutuksia. Pohjavedenpinnan alenemalla ei ole pintavesivaikutuksia.	
lähivaluma-alue (Sakattilammit)	- - Sakattilampien herkkyys on arvioitu suureksi. Lammet ovat pääosin pintavesivaikutteisia, joten pohjavedenpinnan alenema vaikuttaa vain vähäisessä määrin lampien vedenpinnan tasoon.	
Vesiekologia ja vesieliöstö		

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
kalat	- Kalojen lajisuhteissa ja kalakannoissa ei arvioida tapahtuvan merkittäviä muutoksia. Vaikutukset ovat luonteeltaan tilapäisiä, ja kalaston tilanne palautuu ennalleen lähinnä rakennusaikaan ajoittuvien häiriöiden jälkeen. Kalojen elintarvikekäyttöön ei arvioida tapahtuvan muutoksia.	
pohjaeläimistö ja piilevät, Kitinen	**0** Vaikutuksia ei oleteta muodostuvan hankkeen missään vaiheessa.	
pohjaeläimistö ja piilevät, lähivaluma-alue	- Rakentamis- ja sulkemisvaiheessa kiintoainekuormitus voi vaikuttaa osaan ojista ja puroista. Toiminnan aikana valuma-alueiden pienenemisestä on arvioitu aiheutuvan vaikutuksia joihinkin puroihin. Vaikutukset voivat heikentää vesieliöstön tilaa. Osalla ojista ja puroista ei ole todettavissa vaikutuksia.	
pohjaeläimistö ja piilevät, lähivaluma-alue (Sakattilammet)	- - Sakattilammien vedenpinnantason alenemisella voi olla kohtalainen vaikutus lampien vesikasvillisuuteen. Sakattilampien herkkyys on varovaisuusperiaatteella arvioitu suureksi huomioiden mm. lampien luonnontilaisuus, niiden sijainti lajistoltaan arvokkaalla alueella ja lampien pieni koko. Sakattilammit ovat kuitenkin pääosin pintavesivaikutteisia, joten pohjavedenpinnan alenemalla ei ole merkittävää vaikutusta lampiin.	
Luonto		
luontotyypit ja kasvillisuus		
• *tavanomainen kasvillisuus ja yleiset metsä- ja suotyypit*	- Podsoli- tai turvemaata teollisuusalueeksi. Kangasmetsien ja rämeiden lajiston kasvupaikkojen menetyksiä, pirstoutumisvaikutuksia, reunavaikutusta kasvillisuudelle metsätalouden aiheuttaman muutoksen lisänä, pölyvaikutukset toimintojen lähialueella. Vaikutuksessa ei suuria epävarmuuksia.	
• *huomionarvoinen kasvillisuus ja sammallajisto*	- - - Esiintymä tuhoutuu tai olosuhteet heikkenevät; isonuijasammal, turjanhorsma, kalkkilähdesammal, kalkkihuurresammal, neidonkenkä, sirohuurresammal, pohjanhuurresammal, sirppihuurresammal, lettorikko lapinleinikki, kiiltosirppisammal.	- - - Esiintymä tuhoutuu tai olosuhteet heikkenevät; isonuijasammal, turjanhorsma, kalkkilähdesammal, kalkkihuurresammal, neidonkenkä, sirohuurresammal, pohjanhuurresammal, sirppihuurresammal, lettorikko, lapinleinikki, kiiltosirppisammal.
• *arvokkaat puustoiset kivennäismaan luontotyypit*	- - Suorat pinta-alan menetykset tai välilliset hydrologiset vaikutukset; tuoreet runsasravinteiset lehdot	
• *arvokkaat suoluontotyypit*	- - - Letot ja lähteiköt: Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lettorämeet, välipintaletot, aitokorvet, kangaskorvet, rimpiletot, rimpinevat ja aapasuot.	- - - Letot ja lähteiköt: Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; lettorämeet, aitokorvet, kangaskorvet, rimpiletot ja aapasuot.
• *pienvedet ja lähteikkö-luontotyypit*	- - - Lähteet: Suorat pinta-alan menetykset ja välilliset hydrologiset vaikutukset; huurresammallähteet.	
linnusto		
• *suolajisto*	- - - Merkittävimmät vaikutukset muodostuvat jo rakennusaikana ja ne	- - - Merkittävimmät vaikutukset muodostuvat jo rakennusaikana ja ne kohdistuvat

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
	kohdistuvat Kenttäaavan keskiosaan useisiin suojelullisesti huomionarvoisiin suolajeihin. Porokodanjängälle kohdistuu kohtalaisia vaikutuksia. Ulkusijanaavalla ja -kankaalla yhdystiestä aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia. Sakattiojalla rakenteista aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia.	Kenttäaavan keskiosaan useisiin suojelullisesti huomionarvoisiin suolajeihin. Kenttäaavan lounaisosaan kohdistuu vähäisiä vaikutuksia. Sakattiojalla rakenteista aiheutuvia vähäisiä vaikutuksia.
• *metso ja tavanomainen metsälajisto*	- - Kuusivaaran alueella, Tihiämaalla ja Poikkijoenkankaalla kohtalaisiksi arvioituja metsoon ja tavanomaiseen metsälajistoon kohdistuvia vaikutuksia. Ulkusijanaavalla ja -kankaalla vähäisiä vaikutuksia metsälajistoon ja Kelujoella sekä Pahanlaaksonmaalla tavanomaiseen lajistoon.	- - Kuusivaaran alueella, Tihiämaalla ja Poikkijoenkankaalla kohtalaisiksi arvioituja metsoon ja tavanomaiseen metsälajistoon kohdistuvia vaikutuksia. Kitisellä ja Pahanlaaksonmaalla vähäisiä vaikutuksia tavanomaiseen lajistoon.
• *muut arvioidut lajit*	- Eteläinen yhdystievaihtoehto aiheuttaa vaikutuksia Kattilalammella pesivään kaakkuripariin, joka mahdollisesti hylkää lammen pesimäpaikkana.	**0** Ei vaikutuksia.
eläimistö ja hyönteislajisto		
• *jättisukeltaja, kirjojokikorento, saukko*	**0** Ei vaikutuksia.	
• *viitasammakko*	- Viitasammakolla on useita lisääntymis- ja levähdyspaikkoja hankealueella. Suoria vaikutuksia lajin lisääntymis- ja levähdyspaikoille ei muodostu rakentamisvaiheessa, mikäli viitasammakkojen kutualueet huomioidaan tie- ja putkilinjojen suunnittelussa. Rakentamisen aikainen melu ulottuu yhdelle lisääntymis- ja levähdyspaikalle. Vaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Toimintavaiheessa melu-, tärinä- ja pölyhaitasta johtuvien vaikutusten merkitys on vähäinen.	- Viitasammakolla on useita lisääntymis- ja levähdyspaikkoja hankealueella. Suoria vaikutuksia lajin lisääntymis- ja levähdyspaikoille ei muodostu rakentamisvaiheessa. Rakentamisen aikainen melu ulottuu yhdelle lisääntymis- ja levähdyspaikalle. Vaikutuksen merkittävyys on vähäinen. Toimintavaiheessa melu-, tärinä- ja pölyhaitasta johtuvien vaikutusten merkitys on vähäinen.
• *lettokoi*	**0** Ei vaikutuksia.	
• *pikkutupsukas*	- - Pikkutupsukkaan elinympäristöä häviää rakentamisen takia. Lisäksi epäsuoraa heikentävää vaikutusta hydrologisten olosuhteiden mahdollisesti muuttuessa. Kuusivaaran itäpuolelle jää lajille sopivaa elinympäristöä. Toimintavaiheessa ei vaikutuksia.	
• *käpäläsulkanen*	- - Käpäläsulkasen elinympäristöä häviää rakentamisen takia. Toimintavaiheessa ei vaikutuksia.	
• *suohyönteislajisto*	- -	

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
	Rakentamisen johdosta laajoja suoluontoalueita tuhoutuu tai niihin kohdistuu vaikutuksia. Alueilla voi olla merkittävää hyönteislajistoa. Toimintavaiheessa hydrologisten olosuhteiden muutokset voivat heikentää elinolosuhteita.	
• *suurpedot, muu eläimistö*	- Suurpetojen saalistusalueet pirstoutuvat jossain määrin. Kaivos vaikuttaa hirvien liikkumiseen. Vaikutusten merkittävyys vähäinen, lähinnä liikennekuolemien riski (a-vaihtoehdoissa hieman pienempi kuin b-vaihtoehdoissa).	
Luonnon monimuotoisuus		
yksityiset suojelualueet	- - Uusitalon YSA	- Uusitalon YSA
Viiankiaavan Natura-alue	- - - Ei voida selvästi osoittaa, että hankkeella ei ole haitallista vaikutusta alueen eheyteen.	
vesiekologia	- Vaikutukset kohdistuvat purkuvesistön kalastoon sekä lähivaluma-alueiden pienvesiuomiin.	
kasvillisuus	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat turjanhorsmaan. Kohtalainen vaikutus lettorikkoon, neidonkenkään, lapinleinikkiin, kiiltosirppisammaleeseen, kalkkihuurresammaleeseen sekä sirppi-, siro- ja pohjanhuurresammaleeseen.	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat turjanhorsmaan. Kohtalainen vaikutus lettorikkoon, neidonkenkään, lapinleinikkiin, kalkkihuurresammaleeseen sekä sirppi-, siro- ja pohjanhuurresammaleeseen.
luontotyypit	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat lähteikköihin, lettorämeisiin, aitokorpiin, kangaskorpiin, välipintalettoihin ja rimpilettoihin.	- - - Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat lähteikköihin, lettorämeisiin, aitokorpiin, kangaskorpiin ja rimpilettoihin.
linnusto	- - - Vaikutus kohdistuu etenkin suolajistoon.	
eläimistö	- - Merkittävin vaikutus kohdistuu etenkin kangaskirjokääriäiseen ja lapinkenttämittariin sekä viitasammakkoon.	
Ihmiset		
väestö	+ + + Sodankylän vetovoima kasvaa, työvoiman kysyntä lisääntyy, työikäisten ja lapsiperheiden määrä kasvaa, koulutustaso nousee. Vaikutukset samat kaikilla vaihtoehdoilla.	
maanomistajat ja metsätalous	- - - Kaivostoiminta rajoittaa metsätalouden harjoittamista, vaikutuksen laajuus riippuu yleiskaavoituksen yhteydessä annettavista määräyksistä. Vaikutukset ovat laajimpia vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b.	
elinolot ja viihtyvyys, Kevitsa toiminnassa	- - - Liikennemelun suhteen a-vaihtoehdot ovat hieman parempia kuin b-vaihtoehdot. Tarvekiven louhinta aiheuttaa melun ohjearvon ylittymisen Viiankiaavalla. Pieni kielteinen ilmapäästöjen vaikutus.	
kunta ja palvelut	+ + Talouskasvu tuo työtä ja nostaa kuntalaisten elintasoa. Aluetalous kasvaa verotulojen kasvun myötä. Kunnan valmiudet palvelujen parantamiseen paranevat. Koulutusmahdollisuudet paranevat. Asunnoista voi tulla pulaa. Vaikutukset samat kaikissa vaihtoehdoissa.	

Vaikutuksen kohde	VE3a	VE3b
luonnon virkistyskäyttö	- - Vaikutus virkistyskäyttöön paikallisesti suuri, alueellisesti pienempi. Rajoittaa metsästystä. Meluvaikutusta Kitisen rantaan ja Viiankiaavalle. Häiriöt virkistyskäyttöön suuremmat kuin vaihtoehdossa VE1 toimintojen sijoittuessa laajemmalle alueelle.	
elinkeino ja toimeentulo	+ + Merkittävät työllisyysvaikutukset, elinkeinoelämä vahvistuu. Vaikutukset samanlaiset kaikissa vaihtoehdoissa.	
Poronhoito		
porojen laidunalueet	- - - Pienimmät suorat laidunaluemenetykset, mutta alueellisesti laajimmat vaikutukset, mikä tekee merkityksestä suuren. Vähäiset pölyvaikutukset. Pienimmät meluvaikutukset.	
porojen laidunalueet TK**	- - - Huomattavimmat vaikutukset kohdistuvat Viiankiaavan tokkakunnan syys- ja talvilaitumille. VE3b vaihtoehdossa toiminnot sijoittuvat pienemmälle alueelle kuin VE3a:ssa.	
poronhoitotyö ja elinkeino	- - - Suurimmat vaikutukset. Kannattavuus heikentyy.	- - Kannattavuus heikentyy.
poronhoitotyö ja elinkeino TK**	- - - Lisäruokintatarvetta ja lisääntyvä työmäärä, vaikutuksia kannattavuuteen, talvilaidunalueiden pirstaloituminen.	
sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset	- Haitat kohdistuvat maantieteellisesti pienelle alueelle ja ovat kestoltaan väliaikaisia.	
sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset TK**	- - - Tokkakunnan näkökulmasta haitat ovat pitkäaikaisia ja voivat johtaa elinkeinonharjoittajien lukumäärän vähenemiseen.	
Aluetalous	+ + + Merkittävä välitön ja välillinen työllistävä vaikutus. Merkittävä lisäys kokonaistuotokseen, arvonlisäykseen, investointeihin ja verotuloihin Suomessa. Merkittävä cleantechiä edistävä vaikutus. Myönteiset vaikutukset samat kaikissa vaihtoehdoissa.	

** Meluntorjuntatoimet huomioitu*

*** Tokkakuntakohtainen tarkastelu*

Hankevaihtoehdoissa a on matalarikkisen rikastushiekan läjitystapana kuivaläjitys. Vastaavasti hankevaihtoehdoissa b läjitystapana on märkäläjitys. Näiden läjitystapojen erojen vertaamiseksi on laadittu seuraava taulukko (Taulukko 29-5), jossa on esitetty keskeisimmät erot ympäristövaikutusten ja riskien osalta.

Taulukko 29-5 Märkä- ja kuivaläjityksen keskinäinen vertailu.

Ympäristövaikutus tai kohde	Märkäläjitys	Kuivaläjitys
Ilman laatu	Pölyämistä aiheuttavat vain ne rikastushiekka-alueen osat, joissa matalarikkisen rikastushiekan pinta pääsee kuivumaan. Rikastushiekan pinnan pitäminen kosteana ehkäisee pölyämistä.	Rikastushiekka kuljetetaan autoilla, pölyämistä tapahtuu kuljetuksen, kuorman purkamisen sekä rikastushiekan tiivistämisen aikana. Pölyämistä voidaan vähentää erilaisilla lievennystoimen-piteillä.

Ympäristövaikutus tai kohde	Märkäläjitys	Kuivaläjitys
Melu	Pieni meluvaikutus	Kuorma-autojen ja työkoneiden meluvaikutus päiväaikaan
Maaperä	Sijoitusalueen jalanjälki hieman suurempi kuin kuivaläjitysvaihtoehdossa, vaatii runsaasti maa-aineksia patorakenteisiin	Sijoitusalueen jalanjälki hieman pienempi kuin märkäläjitysvaihtoehdossa, vaatii vähemmän maa-aineksia rakenteisiin
Pohjavesi	Rikastushiekka-alueella hallittava suurehkoja vesimääriä, jolloin suotautumisriski pohjarakenteiden läpi kasvaa. Suotovesissä hieman korkeammat metallipitoisuudet kuin kuivaläjityksessä.	Pintavedet ohjataan alueelta pois, vähäinen suotautumisriski pohjaveteen. Pohjaveteen suotautuva vesimäärä ja metallipitoisuudet hieman pienempiä kuin märkäläjityksessä.
Pintavesi	Vähäistä vaikutusta lähinnä pölypäästöjen kautta, pienentää nykyisen valuma-alueen kokoa	Pölypäästöjen vaikutus, pienentää nykyisen valuma-alueen kokoa
Kasvillisuus	Vähäinen vaikutus pölypäästöjen kautta	Pölypäästöjen vaikutus suurempi kuin märkäläjityksessä
Eläimistö	Vähäinen vaikutus pölypäästöjen ja melun kautta	Pölypäästöjen vaikutus suurempi kuin märkäläjityksessä
Suojelualueet ja Natura	Vähäinen vaikutus pölypäästöjen ja melun kautta	Pölypäästöjen vaikutus suurempi kuin märkäläjityksessä
Maisema	Maisemavaikutus riippuu sijainnista	Maisemavaikutus riippuu sijainnista
Porotalous	Vähäinen välillinen vaikutus pölyn johdosta	Välillinen vaikutus pölypäästöjen ja melun johdosta
Ihmiset	Vähäinen välillinen vaikutus pölyn johdosta	Välillinen vaikutus pölypäästöjen ja melun johdosta
Ympäristö-/tekniset riskit	Suurempi patojen sortuma- ja vuotoriski kuin kuivaläjitysvaihtoehdossa Hallittavien vesien suuri määrä Sulfidien hapettumisriski läjitetyn rikastushiekan pintaosissa	Alhainen sortuma- ja vuotoriski Sadevesien hallintariski Sulfidien hapettuminen ja happamien vesien muodostuminen
Sulkeminen	Rikastushiekka-alueen sulkeminen voidaan aloittaa vasta sen jälkeen, kun läjitys alueelle lopetetaan. Rikastushiekka joudutaan kuivaamaan kantavuuden saavuttamiseksi. Koverassa pintavaihtoehdossa tarvitaan vedenpoistorakenne.	Sulkemistoimenpiteet helpommin toteutettavia kuin märkäläjitysvaihtoehdossa. Voidaan sulkea osissa.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 29-6) on vertailtu seurausten merkittävyyttä vaihtoehtojen VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b mukaisten vesivarastoaltaan ja matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalueen sijainnin perusteella mahdollisessa patomurtumatapauksessa.

Taulukko 29-6 Vesivarastoaltaan ja rikastushiekka-alueen patomurtuman vaikutusalue eri hankevaihtoehdoissa.

VE	Vesivarastoaltaan sijainti	Patomurtuman vaikutusalue	Rikastus-hiekka-alueen sijainti	Läjitystapa	Patomurtuman vaikutusalue	Vaikutusalueen herkkyys
1a	Kuusivaaran lounaispuoli	Porokodanjänkä, Kitinen, Eliasaapa	Kuusivaaran kaakkoispuoli	Kuivaläjitys	Eliasaapa, Eliasoja	-ei asutusta -pintavesivaikutuksia -merkittävät luontoarvot
1b	Kuusivaaran lounaispuoli	Porokodanjänkä, Kitinen, Eliasaapa	Kuusivaaran kaakkoispuoli	Märkäläjitys	Eliasaapa, Eliasoja, (Kelujoki)	-ei asutusta -pintavesivaikutuksia -merkittävät luontoarvot
2a	Kuusivaaran kaakkoispuoli	Eliasaapa, Eliasoja, (Kelujoki)	Kuusivaaran lounaispuoli	Kuivaläjitys	Porokodanjänkä, Kitinen, Eliasaapa	-ei asutusta -pintavesivaikutuksia -merkittävät luontoarvot
2b	Kuusivaaran kaakkoispuoli	Eliasaapa, Eliasoja, (Kelujoki)	Kuusivaaran lounaispuoli	Märkäläjitys	Porokodanjänkä, Kitinen, Eliasaapa, Eliasoja	-ei asutusta -pintavesivaikutuksia -merkittävät luontoarvot
3a	Kuusivaaran luoteispuoli	Kenttäaapa, Kitinen	Kuusivaaran länsipuoli	Kuivaläjitys	Kenttäaapa, Kitinen	-yksittäisiä asuinrakennuksia -pintavesivaikutuksia -merkittävät luontoarvot
3b	Kuusivaaran luoteispuoli	Kenttäaapa, Kitinen	Kuusivaaran länsipuoli	Märkäläjitys	Kenttäaapa, Kitinen	-yksittäisiä asuinrakennuksia -pintavesivaikutuksia -merkittävät luontoarvot

Eri hankevaihtoehtojen välillä ei ole sellaisia yksiselitteisiä eroja ympäristövaikutusten osalta, että vaihtoehdot olisivat laitettavissa paremmuusjärjestykseen ja tämä ei myöskään ole ympäristövaikutusten arviointimenettelyn tavoite. Esimerkiksi yhdystien osalta alavaihtoehdossa a eli eteläisen yhdystien suhteen vaikutusten merkittävyys on melkein kauttaaltaan pienempi kuin alavaihtoehdossa b. Toisaalta vaikutusten merkittävyys mm. porotalouteen on suurempi alavaihtoehdossa a. Läjitysvaihtoehtojen osalta kuivaläjitys nousee esille suositeltavampana vaihtoehtona etenkin, jos pölyämiseen liittyvät riskit saadaan hallittua.

Kokonaisuutena hankevaihtoehto VE1a nousee kuitenkin esille haitallisten vaikutusten merkittävyyden ollessa monilta osin muita vaihtoehtoja pienempi. Kyse on kuitenkin osin siitä, että vaihtoehdon VE1a:n osalta on olemassa enemmän ja yksityiskohtaisempaa tutkimustietoa ja suunnitteluaineistoa, kuin muiden vaihtoehtojen osalta. Tämä koskee etenkin pohjaveden virtausmallinnusta, jonka suhteen muissa vaihtoehdoissa on jouduttu huomioimaan suuremmat epävarmuudet kuin VE1a:ssa, mikä johtaa vaikutusten merkittävyyden kasvuun.

Yleisenä johtopäätöksenä voidaan todeta, että eri hankevaihtoehtojen pohjalta tehty yhdistelmä, joka pääosiltaan tukeutuisi VE1a -vaihtoehtoon, voisi johtaa ympäristön kannalta parhaaseen toteutusratkaisuun.

30 Hankkeen toteuttamiskelpoisuus

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
30.1 Tekninen toteuttamiskelpoisuus	Luku päivitetty.	-
30.2 Yhteiskunnallinen toteuttamiskelpoisuus	Luku päivitetty kaavoituksen osalta.	-
30.3 Ympäristöllinen toteuttamiskelpoisuus	Luku päivitetty uudelleen arvioitujen vaikutusten pohjalta, lisätty toteutetut kompensaatiotoimenpiteet.	-
30.4 Sosiaalinen toteuttamiskelpoisuus	Ei muutoksia.	-

Hankkeen toteuttamiskelpoisuuden arvioinnissa on hyödynnetty edellä luvussa 29 esitettyjä vaihtoehtojen vertailutaulukkoja (Taulukko 29-2 – Taulukko 29-4). Toteuttamiskelpoisuuteen vaikuttavia, merkittävimmiksi koettuja vaikutuksia on tarkasteltu lyhyesti seuraavissa kappaleissa tekniseltä, yhteiskunnalliselta, ympäristölliseltä ja sosiaaliselta kannalta.

30.1 Tekninen toteuttamiskelpoisuus

Sakatin kaivoshanke käsittää maanalaisen kaivoksen toteuttamisen sekä siihen liittyvien maan päälle sijoitettavien toimintojen rakentamisen (tehdasalue, tekniset perusrakenteet yms.). Kaivostoiminnassa käytettävä tekniikka on vakiintunutta, joskin jatkuvasti kehittyvää, ja siten teknisesti toteuttamiskelpoista. Muista Suomessa toimivista ja toimineista kaivoksista poiketen Sakatissa pyritään sähköiseen kaivokseen jo toiminnan alusta lähtien. Sähköisen kaivoksen edellyttämä tekniikka on valtaosin jo olemassa ja käytössä lukuisissa kaivoksissa.

Toteutettavasta vinotunnelivaihtoehdosta riippuen vinotunnelit saatetaan toteuttaa tunneliporalla. Suomessa tunneliporan käyttämisestä tässä laajuudessa ei ole kokemuksia, mutta vastaavissa olosuhteissa tunneliporaa on käytetty useissa kalliorakennuskohteissa Euroopassa. Anglo American on käyttänyt tunneliporaa kaivoshankkeissaan mm. Englannin Woodsmith -hankkeessa. Hankkeessa on varauduttu myös vinotunnelien toteuttamiseen poraus-/räjäytysmenetelmällä.

Sakatin kaivoksen tiivistystarpeen määrittelyssä ja tiivistyksen suunnittelussa keskeisin lähtötieto on kallioperän rakenne sekä kivenlaatu alueella, jonne maanalainen kaivos sijoittuu. Sakatin esiintymän tutkimuskairausten perusteella on tuotettu arvio kallioperän kivenlaadusta maanalaisen kaivoksen alueella. Tämänhetkisten tutkimusten mukaan maanalaisen kaivoksen rakenteet ja louhinta-alueet sijoittuvat pääasiassa alueille, jossa kiven laatu on hyvää tai kohtuullista. Näillä alueilla kivenlaatu on siten pääasiassa eheää eikä suuria ruhjevyöhykkeitä tai rakoja esiinny. Paikoitellen kaivoksessa

esiintyy alueita, joissa kivenlaatu on heikko tai erittäin heikko, mikä puolestaan viittaa vettä johtavien rakenteiden mahdolliseen esiintymiseen kyseisillä alueilla. Sakatin esiintymän läpi tiedetään kulkevan myös ruhjevyöhykkeitä, minkä seurauksena esiintymä on jaettu osa-alueisiin. Tunnistetut vettä johtavat rakenteet on otettu huomioon nykyisessä Sakatin kaivossuunnitelmassa, ja näin tulee olemaan myös varsinaisen kaivostoiminnan aikana. Koska merkittäviä vettä johtavia rakenteita ei kuitenkaan pystytä louhinnassa täysin kiertämään tai muilla keinoin välttämään, Sakatin kaivoksen toteuttamisessa on varauduttu kalliotilojen tiivistämiseen. Tiivistys- ja tuentamenetelmistä on kerrottu laajemmin YVA-täydennysasiakirjan liitteessä 14 Tiivistys- ja tuentamenetelmät Sakatin maanalaisessa kaivoksessa.

Sakatin maanalaisen kaivoksen pohjavedenvirtausmalli ja sen pohjalta tehtävät ympäristövaikutusten arvioinnit määrittelevät tiivistysvaatimuksille asetettavan tason ja alueittaiset tiivistysstrategiat valitaan rakennegeologisen ja geoteknisen tiedon perusteella. Todennäköisesti alueittaiset tiivistysstrategiat tulevat koostumaan systemaattisesta ja kriteeripohjaisesta esi-injektoinnista sekä jälkiinjektoinnista.

Suomessa injektointia on käytetty kalliotilojen tiivistämiseen useita kymmeniä vuosia erityisesti yhdyskuntarakentamisessa. Sitä käytetään kallioon rakennettavien pysyvien ja pitkäikäisten tunneleiden ja maan alle rakennettavien kalliotilojen tiivistämiseen. Viimeaikaisia kohteita, joissa on käytetty injektointia, ovat esim. Länsimetro ja ydinjätteen loppusijoituspaikka Onkalo, josta on olemassa paljon tutkimustietoa. Lisäksi Pohjoismaissa injektointia on käytetty tunneliporalla rakennetuissa tunneleissa esimerkiksi Nygårdin tunneliprojektissa Ruotsissa ja Ulriken tunneliprojektissa Norjassa.

Rikastushiekan läjitys toteutetaan yleensä kaivoksissa märkäläjityksenä. Märkäläjityksessä rikastushiekkaan kuitenkin sitoutuu paljon vettä ja altaat vaativat patorakenteita, joiden sortumistapauksissa seuraukset voivat olla vakavia. Märkäläjitykseen liittyvän veden muodostaman riskin vuoksi yleisenä suuntauksena on poistaa vettä rikastushiekasta mahdollisimman paljon ennen läjitystä. Maailmalla uutena yleistyvänä tapana on suodattaa rikastushiekka ja läjittää se suodinkuivana. Suodatus on tehokkain vedenpoistomenetelmä, kun tavoitellaan rikastushiekan luonteen muuttamista nestemäisestä juoksuhiekkamaisesta aineksesta kiinteäksi. Menetelmää kutsutaan myös kuivaläjitykseksi, vaikka materiaali ei läjitettäessä olekaan kuivaa vaan kosteaa. Menetelmä ei ole vielä sellaisenaan käytössä millään suomalaisella kaivoksella, mutta maailmanlaajuisesti se oli vuonna 2017 käytössä ainakin 18 kaivoksella, joista seitsemän sijaitsi pohjoisella pallonpuoliskolla kylmissä ilmasto-olosuhteissa. (Wickland and Longo 2017.) Sakatin kaivoshankkeessa on selvitetty molempien läjitystapojen toteuttamismahdollisuuksia ja niiden ympäristövaikutuksia. Molemmat läjitystavat ovat teknisesti mahdollisia toteuttaa. Kuivaläjitykseen liittyy erityispiirteenä mahdolliset pölyhaitat, minkä vuoksi on selvitetty pölypäästöjä ehkäiseviä toimenpiteitä, jotka voidaan huomioida suunnittelussa ja itse läjitystoiminnassa. Kuivaläjityksen pölynhallintamenetelmistä on kerrottu enemmän YVA-täydennysasiakirjan liitteessä 13 Rikastushiekan kuivaläjitys - Yhteenveto referensseistä ja pölynhallintakeinoista.

Hankkeesta vastaava AASM Oy kuuluu kansainväliseen Anglo American –konserniin, joka kuuluu maailman kymmenen suurimman kaivosyhtiön joukkoon. Hankevastaavalla on siten saatavilla

riittävästi ja kattavasti kokemusta ja teknistä osaamista hankkeen toteuttamiseksi. Suomessa henkilöstön määrää lisätään hankkeen edistyessä.

Sakatin kaivoshankkeen voidaan katsoa olevan teknisesti toteuttamiskelpoinen kaikkien hankevaihtoehtojen osalta ja alustavien suunnitelmien noudattavan kaivosteollisuudessa sovellettavien BREF-vertailuasiakirjojen päätelmiä (BAT-päätelmät) parhaista käyttökelpoisista tekniikoista (EU Directive 2006, Garbarino ym. 2018, Kivipelto & Nieminen 2020). Ympäristölupavaiheessa suunnitelmat tarkentuvat ja niiden vastaavuus BAT-päätelmiin varmennetaan. Myös sulkemisen näkökulmasta kaikki vaihtoehdot ovat teknisesti toteuttamiskelpoisia.

30.2 Yhteiskunnallinen toteuttamiskelpoisuus

Sakatin kaivoksen on tarkoitus vastata maailmanlaajuisesti kasvavaan mineraalien tarpeeseen kaivostoimintaa kestävällä tavalla harjoittaen. Metallien, esim. nikkelin, litiumin ja koboltin, kysyntää kasvattaa mm. liikenteen sähköistyminen, johon pelkällä metallien kierrättämisellä ei pystytä vastaamaan. Euroopan unionin laatimassa kriittisten ja muiden merkittävien raaka-aineiden luokittelussa nikkeli ja kupari on määritelty ei-kriittisiksi, taloudellisesti merkittäviksi raaka-aineiksi, ja platinaryhmän metallit (ruteeni, rhodium, palladium, osmium, iridium ja platina) kriittisiksi raaka-aineiksi. EU-tasolla on valmisteilla European Critical Materials Act, jonka tarkoituksena on mm. lisätä kriittisten raaka-aineiden tuotantoa Euroopassa.

Hankkeen koko elinkaaren aikana Sakatin oma työvoimatarve Suomessa on noin 10 600 henkilötyövuotta (htv) ja kerrannaisvaikutusten kautta tuleva työvoimatarve noin 33 000 htv eli yhteensä noin 43 600 htv. Suomeen kohdistuvista kerrannaisvaikutuksista Sodankylän osuus on noin 26 %, muun Lapin noin 12 % ja muun Suomen noin 62 %. Sakatin vaikutus kokonaistuotokseen Suomessa koko elinkaaren aikana on käyvällä arvolla yhteensä noin 13 130 miljoonaa euroa, arvonlisäykseen noin 7 860 miljoonaa euroa, investointeihin noin 1 540 miljoonaa euroa ja verotuloihin noin 3 310 miljoonaa euroa. (Ramboll Finland Oy 2020b.) Sakatin kaivoshanke on merkittävä cleantechiä edistävä hanke Suomessa. Hankkeen työllisyysvaikutuksista noin 5 % syntyy cleantech -liiketoiminnassa. (Ramboll Finland Oy 2019b.)

Sakatin kaivoshankkeelle laaditaan vaihemaakuntakaava. Kaavan luonnoksen ja valmisteluaineiston laadinta käynnistyy, kun yhteysviranomainen on antanut perustellun päätelmän Sakatin kaivoshankkeen YVA-selostuksesta. Tätä ennen päivitetään kaavan osallistumis- ja arviointisuunnitelma.

Kunnanhallitus käynnisti kaivoksen yleiskaavoituksen 29.1.2019. Sakatin kaivoshankkeen osayleiskaava merkitsee Kelujärvi-Rajala osayleiskaavan, Sodankylän kirkonkylän osayleiskaavan sekä Lokka-Koitelainen-Kevitsa osayleiskaavan osittaista muutosta. Osayleiskaava-alueen koko on noin 49 km² ja se käsittää YVA-menettelyssä tarkasteltavan hankealueen lukuun ottamatta 110 kV voimajohtoa Myllyojalta Vajukoskelle. Osayleiskaavaehdotus tehdään, kun yhteysviranomainen on antanut perustellun päätelmän kaivoshankkeen YVA-selostuksesta, ja Sakatin vaihemaakuntakaavasta on laadittu ehdotus.

Sodankylän kunta käynnisti myös Kirkonkylän osayleiskaavan muutoksen kunnanhallituksen 29.1.2019 tekemällä päätöksellä. Kaava kuulutettiin vireille 17.8.2020. Sen keskeinen tavoite on

varata alue valtatie 5:n uudelle linjalle. Lapin ELY-keskus on käynnistänyt tähän liittyen valtatie 5:n uuden linjan ja kaivoksen yhdysteiden aluevaraussuunnitelmien laatimisen.

Sakatin kaivoshankkeen maanalainen pohjoisosa sijoittuu maakuntakaavaehdotuksen mukaiselle luonnonsuojelualueelle (SL 4313), jolla on osoitettu luonnonsuojelulain nojalla suojeltuja tai suojeltavaksi tarkoitettuja alueita tai kohteita sekä Natura 2000 -verkostoon sisällytettyjä alueita. Alueen suojeluperusteena olevia luonnonarvoja ei saa merkittävästi heikentää.

Kaivoshankkeen toteuttaminen saattaa edellyttää osittaista poikkeamista Natura 2000 -suojelusta ja menetettyjen luontoarvojen kompensaatiota. Tämä edellyttää valtioneuvoston päätöstä ja EU-komission lausuntoa. Natura-alueen suojelun purkamisesta ei ole Suomessa ennakkotapausta.

Käytännössä hankkeen toteuttaminen voi edellyttää myös soidensuojelulainsäädännön muuttamista. Soidensuojeluasetuksen muutos valmisteltaisiin ympäristöministeriössä, ja annettaisiin valtioneuvoston asetuksena.

Vaihtoehdoissa VE2b ja VE3a osa maanpäällä sijaitsevista toiminnoista rajautuu Uusitalon yksityiseen luonnonsuojelualueeseen ja tämän vaihtoehdon toteuttaminen voi vaatia alueen suojelun osittaista purkamista. Vaikutuksia voi myös kohdistua yksityiselle Viiankiaavan suojelualueelle vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b, mikä voi edellyttää luonnonsuojelulain mukaisen poikkeusluvan hakemista suojelupäätökseen.

Sakatin kaivoshankkeen voidaan katsoa olevan yhteiskunnallisesti toteuttamiskelpoinen kaikkien hankevaihtoehtojen osalta.

30.3 Ympäristöllinen toteuttamiskelpoisuus

Sakatin kaivoshankkeen ympäristövaikutuksia (melu, pöly, tärinä, pohjavesi, pintavesi, maisema, luonto) aiheuttavat maanpäälliset toiminnot sijoittuvat kaikissa hankevaihtoehdoissa Kuusivaaran tehdasalueelle. Lisäksi vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b toimintoja sijoittuu Pahanlaaksonmaalle ja vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b Pahanlaaksonmaan pohjoisosaan. Toimintojen sijoittelu Kuusivaarassa vaihtelee eri vaihtoehdoissa. Vinotunnelien vaikutusten kohdistuminen ja suuruus riippuvat niin ikään kyseessä olevasta hankevaihtoehdosta. Eri yhdystievaihtoehdoissa (a ja b) vaikutukset kohdistuvat Kuusivaarasta joko etelän suuntaan tai luoteeseen. Kaivoksen puhdistetut ylijäämävedet johdetaan kaikissa vaihtoehdoissa Kitiseen. Matalarikkisen rikastushiekan läjitystavasta riippuen vaihtoehtojen välillä on myös eroja vaikutusten suuruuden osalta (lähinnä pöly ja suotovedet).

Ympäristön kannalta haitallisia vaikutuksia aiheutuu kaikissa vaihtoehdoissa. Merkittävimmät vaikutukset ovat lähteisiin kohdistuvat vaikutukset sekä Natura- ja luonnonsuojelualueisiin kohdistuvat vaikutukset (Uusitalon yksityinen luonnonsuojelualue vaihtoehdoissa VE2b ja VE3a, Viiankiaavan yksityinen luonnonsuojelualue vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b sekä Viiankiaavan Natura- ja soidensuojelualueet kaikissa vaihtoehdoissa), jotka voivat edellyttää luonnonsuojelulain mukaisen poikkeusluvan hakemista tai soidensuojelulainsäädännön muuttamista (yksityisiin suojelualueisiin ei arvioida aiheutuvan merkittäviä vaikutuksia pohjavedenpinnan alenemisen, enimmillään 0,1–0,3 metriä, johdosta). Lisäksi vaikutuksia kohdistuu paikoitellen kasvillisuuteen ja eläimistöön siinä määrin, että joidenkin lajien osalta joudutaan hakemaan poikkeusta lajien suojelusta. Kaikissa vaihtoehdoissa

haitallisia vaikutuksia kohdistuu myös lähteisiin. Luonnontilaisten lähteiden muuttaminen siten, että sen luonnontilaisuus vaarantuu, on kiellettyä. Vaikutusten suuruudesta riippuen voidaan joutua hakemaan vesilain (587/2011) 2 luvun 11 §:n 2 momentissa tarkoitettua poikkeamislupaa. Puroihin ja noroihin ei kohdistu sellaisia vaikutuksia, jotka vaarantaisivat niiden luonnontilan.

Viiankiaavan Natura-arvioinnin (Ramboll Finland Oy 2023a) perusteella hankevaihtoehto VE1a 65 % ja 80 % tiivistysskenaariolla on toteutettavissa lievennystoimien (välttämistoimet) avulla siten, että yhteenkään suojeluperusteena mainittuun luontotyyppiin ei kohdistu merkittäviä tai kohtalaisia heikennyksiä. Lisäksi suojeluperusteena mainittujen luontodirektiivin II lajien osalta vaikutukset voidaan lieventää lettorikon osalta merkityksettömäksi, isonuijasammalen osalta lieväksi heikennykseksi ja lapinsirppisammalen ja kiiltosirppisammalen osalta kohtalaisiksi heikennyksiksi. Lapinleinikkiin ja saukkoon kohdistuu lievä heikennys, jota ei voida lieventää esitetyillä toimilla.

Linnuston osalta on tunnistettu useiden lajien osalta vähäisiä heikentäviä vaikutuksia, mitkä aiheutuvat pääasiassa melun ja tärinän vähäisistä ja paikallisista vaikutuksista kaikissa hankevaihtoehdoissa. Metson osalta vaikutus on arvioitavissa enintään kohtalaiseksi (mutta alle merkittävän heikennyksen), johtuen Natura-alueen ulkopuolisten soidinpaikkojen heikennyksestä. Kairareikien tulppaushankkeesta arvioidaan aiheutuvan suuruudeltaan ja merkittävyydeltään lievä heikennys paikkalintuihin eli metsäkanalintuihin, helmi- ja hiiripöllöön sekä palokärkeen, pohjantikkaan ja yhteen salassa pidettävään lajiin. Lisäksi varpuspöllön, helmipöllön ja hiiripöllön osalta voidaan arvioida aiheutuvan vähäisiä laadullisia heikennyksiä lajien elinympäristöihin, johtuen lisääntyvästä valaistuksesta ja melusta ja maankäytön muutoksista Natura-alueen ulkopuolelle sijoittuvien rakentamisalueiden osalta. (Eurofins Ahma Oy 2022c.)

Luontotyyppeihin kohdistuva vaikutus aiheutuu mahdollisesta ja pääosin kasvukauden ulkopuolella ilmenevästä maaperän pohjaveden pinnan alenemasta, pölyn mahdollisista pitkäaikaisvaikutuksista luonnonmetsät -luontotyyppiin sekä lisääntyvän valaistuksen ja maankäytön muutosten vaikutuksista metsäisten elinympäristöjen lintulajeihin. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Vaihtoehdon VE1a pohjalta mallinnetuissa 65 % ja 80 % tiivistysskenaarioissa, ilman välttämistoimien huomioimista, kohdistuu maaperän pohjaveden pinnan aleneman johdosta merkittäviä heikennyksiä suojeluperusteina mainittujen luontodirektiivin liitteen II lajien osalta lapinsirppisammaleeseen. Kohtalaisia vaikutuksia kohdistuu kiiltosirppisammaleeseen, isonuijasammaleeseen ja lettorikkoon. Lapinleinikkiin ja saukkoon kohdentuu lievä heikennys. Hankevaihtoehdossa VE1a molemmissa tiivistysskenaarioissa seitsemään suojeluperusteena mainittuun luontotyyppiin (humuspitoiset järvet ja lammet, pikkujoet ja purot, vaihettumissuot ja rantasuot, lähteet ja lähdesuot, aapasuot, boreaaliset luonnonmetsät ja puustoiset suot) kohdistuu lievä heikennys ja lettoihin kohtalainen heikennys. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Lisäksi vaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b on tunnistettu mahdollinen kohtalainen heikennys lettorikkoon ja mahdollinen merkittävä heikennys kiiltosirppisammaleeseen, lapinsirppisammaleeseen ja isonuijasammaleeseen. Mahdollinen kohtalainen heikennys lettoihin on tunnistettu hankevaihtoehdoissa VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Lisäksi VE3a:ssa ja VE3b:ssä on mahdollinen merkittävä heikennys pikkujoet ja purot osalta sekä mahdollinen kohtalainen heikennys lähteet ja lähdesuot osalta. Vaihtoehtoihin VE3a ja VE3b sisältyy myös mahdollisuus merkittävään

heikennykseen Viiankiaavan suojeluperusteena mainitun lapinleinikin osalta. Vaihtoehdoissa VE2a ja VE2b on todettu mahdollisuus kohtalaiseen heikennykseen. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b on tunnistettu lapinleinikkiin kohdistuva lievä heikennys. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Hanke ei luonnonsuojelulain (1096/1996) 65 §:n mukaisen arvioinnin perusteella merkittävästi heikennä niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi Viiankiaapa on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon, kun hanke toteutetaan vaihtoehdon VE1a 65 % tai 80 % tiivistysskenaarioiden sekä uusien lieventämistoimien (välttämistoimet) kanssa. Nämä lievennystoimet toteuttamalla voidaan varmistaa, ettei merkittävän heikennyksen puuttumista koskevasta johtopäätöksestä jää tieteellisesti perusteltua epäilystä. Johtopäätös sisältää vaikutusten arvioinnin kaikkine siihen kuuluvine toimintoineen sekä vaikutusten arvioinnin yhdessä muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa. (Ramboll Finland Oy 2023a.)

Sakatin kaivoshankkeen VE1a 65 % tai 80 % tiivistysskenaarioilla ei ilman ehdotettuja uusia lieventämistoimia olisi poissuljettavissa mahdollisuutta niiden suojeluarvojen merkittävään heikentymiseen, joiden perusteella Viiankiaapa on sisällytetty osaksi Natura 2000 -verkostoa (Ramboll Finland Oy 2023a).

Muiden arvioitujen hankevaihtoehtojen osalta laaditut mallinnukset ja muut selvitykset eivät ole riittäviä, jotta voitaisiin riittävällä varmuudella poissulkea merkittävän heikennyksen mahdollisuus (Ramboll Finland Oy 2023a).

AASM Oy on sitoutunut Natura-arviosta erillisenä prosessina vapaaehtoiseen ekologiseen kompensaatioon. Sitoumus noudattaa emoyhtiö Anglo Americanin uutta konsernitason strategiaa, mikä edellyttää ekologisten haittojen ylikompensaatiota kaikissa uusissa kaivoshankkeissa. Yhtiö on sitoutunut hyvityksen läpinäkyvään suunnitteluun ja sopeutuvaan toteutukseen tarkoittaen, että hyvitystä kasvatetaan, jos hankkeen haitat osoittautuvat ennalta arvioitua suuremmiksi. AASM Oy on ostanut vuoden 2022 toukokuussa Inarin yhteismetsältä 2 910 hehtaarin suuruisen hyvitysalueen. Kauppa on osa Sakatin kaivoshankkeen metsäkompensaatiota ja toistaiseksi suurin Suomessa toteutettu ekologinen kompensaatio.

Toiminnassaan Anglo American on sitoutunut maailmanlaajuisesti noudattamaan kaivosalan tiukimpia turvallisuus- ja vastuullisuusnormeja ja -käytäntöjä.

Sakatin kaivoshankkeen ympäristöllinen toteuttamiskelpoisuus määräytyy viime kädessä poikkeusmenettelyjen kautta.

30.4 Sosiaalinen toteuttamiskelpoisuus

Toiminnan aikaiset sosiaaliset vaikutukset koskevat lähinnä Sodankylän kuntaa. Sodankylän vetovoima asuinpaikkana kasvaa hankkeen toteutumisen lähestyessä. Hanke vaikuttaa sekä kunnan ikärakenteeseen että sosiaaliseen rakenteeseen. Se lisää työikäisten ja lapsiperheiden määrää ja toisaalta nostaa koulutetun ja erikoistuneen väestön osuutta. Kaivoksen tuottama paikallinen talouskasvu tuo työtä ja nostaa elintasoa vähintään sadoille kotitalouksille.

Toimintavaiheessa hanke sulkee pois alueen useimmat nykyiset ja vaihtoehtoiset käyttötavat, kuten metsätalouden harjoittamisen. Muiden maankäyttötapojen sijoittuminen ja mahdollisuudet osoittaa niitä hankealueelle tutkitaan yleiskaavoituksen yhteydessä, ja tarvittaessa annetaan määräyksiä, joilla voidaan joko sallia tai rajoittaa kaivostoiminnalle rinnakkaisia toimintoja.

Poronhoidon osalta vaikutukset kohdistuvat lähinnä Oraniemen paliskuntaan, jonka toiminta perustuu nykytilassa työnjohdollisiin ja tokkakunnittain rajautuneisiin alueisiin. Kaivoshankkeen aiheuttamat sosiaaliset ja kulttuuriset vaikutukset koskevat erityisesti Viiankiaavan tokkakuntaa. Sattasniemen paliskuntaan kohdistuu välillisiä vaikutuksia liikenteen kasvun ja pölyämisen seurauksena.

Muutokset elinoloihin aiheutuvat ympäristövaikutuksista, kuten liikenteen, melun ja pölyn seurausvaikutuksista tai virkistykseen kohdistuvista vaikutuksista. Toisaalta kaivosyhdyskuntaan, elinkeinoihin, työllisyyteen ja palvelujen kehitykseen liittyvistä vaikutuksista sekä odotuksista ja peloista. Liikenteen, pölyn ja melun osalta vaikutusten merkittävyys jää vähäiseksi.

Sakatin toiminnanaikainen vaikutus luonnon virkistyskäyttöön on paikallisesti merkitykseltään suuri, vaikka Kuusivaara lähialueineen ei sinänsä ole poikkeuksellisen arvokas alue. Vaikutusten merkittävyyttä nostaa se, että monet asukkaat ovat aktiivisia luonnon virkistyskäyttäjiä metsästäjinä ja kalastajina. Sosiaalisten vaikutusten kannalta näiden vaikutusten painoarvoa (vaikutuskohteen herkkyys) lisää hankealueen sijainti suhteellisen lähellä asutusta, pari kilometriä Sattasen kylästä. Toiseksi painoarvoa lisää eri vaikutusten kumuloituminen: samat ihmiset voivat kärsiä virkistys- ja ulkoiluolosuhteiden heikentymisen lisäksi esimerkiksi metsätalouden mahdollisuuksien menettämisestä. Herkkyyttä vähentää puolestaan se, että Sodankylässä on runsaasti muitakin virkistykseen sopivia metsiä, soita ja vesistöjä, ja siten Kuusivaaran ja Viiankiaavan alueilla ulkoilulle ja esimerkiksi metsästykselle on vaihtoehtoja.

Kaivoshankkeen katsotaan olevan sosiaalisesti toteuttamiskelpoinen. Eri hankevaihtoehtojen välillä on pieniä eroja vaikutusten merkittävyyden suhteen. Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b häiriöt lähiasutukselle sekä luonnon virkistyskäyttöön jäävät pienimmiksi ja ovat paremmin hallittavissa. Alavaihtoehdoissa a (eteläinen yhdystie) sosiaaliset haitat ovat yleisesti hieman pienemmät kuin alavaihtoehdoissa b. Poikkeuksena ovat vaikutukset poronhoitoon, joiden suhteen alavaihtoehto b on suotuisampi.

32 Hankkeen vaikutusten seuranta

Luku	Muutokset ja lisäykset	Täydennysvaatimus/perustelu
32.1 Vesistöt	Lisätty maininnat kasviplanktonnäytteenotosta, uusien tarkkailupisteiden lisäyksestä, sekä jatkuvatoimisen pintaveden ja virtaaman seurannan aloittamisen suunnittelusta.	-
32.2 Pohjavesi	Tarkennus tarkkailutarpeeseen, päivitetty muita tekstejä.	-
32.4 Ilmanlaatu	Pölypäästöjen seurantaa päivitetty, lisätty kuva perustilan tarkkailusta.	-
32.5 Biologinen seuranta	Päivitetty seurantatiedot sekä vuonna 2021 toteutuneen seurannan että suunnitelmien osalta.	-

Hankkeen seurantavelvoitteet tulevat viime kädessä lupaehtojen kautta. YVA-selostuksessa tulee kuitenkin esittää YVA-lain (252/2017) tarkoittamien asioiden mukainen seurantaohjelma. YVA-asetuksen (277/2017) mukaan arviointiselostuksessa tulee esittää ehdotus mahdollisista merkittäviin haitallisiin ympäristövaikutuksiin liittyvistä seurantajärjestelyistä. YVA-selostuksessa ehdotettavassa seurantaohjelmassa tulee huomioida, että YVA-asetuksen tarkoittama seurantaohjelma on eri kuin ympäristöluvan tarkkailuohjelma. Myös muu lainsäädäntö edellyttää vaikutusten seurantaa. Lisäksi on huomattava, että YVA-menettelyssä voi tulla esille asioita, jotka eivät varsinaisesti kuulu minkään lupa- tai suunnitelmalainsäädännön piiriin. Seurannan päätavoite tulee olla tietojen tuottaminen haitallisten vaikutusten ehkäisyyn. Seurannassa tulee huomioida koko hankkeen elinkaari. Perustilaseurannan sisällöstä ja toteuttamisesta konsultoidaan viranomaista.

Esitettyä vaikutusten seurantaohjelmaa tarkennetaan lupahakemusvaiheessa.

32.1 Vesistöt

Kaivoksen tuotantovaiheen vaikutukset pintavesiin kohdistuvat pääosin Kitiseen, koska muualle ei johdeta kaivoksen toiminnassa muodostuvia ylijäämävesiä. Lähivaluma-alueen pintavesiin kohdistuu rakennustöiden aikaisia vaikutuksia ja vesien johtamisjärjestelyjen seurauksena lähialueella osavaluma-alueiden pinta-alat osittain pienentyvät, mikä pienentää joidenkin lähellä sijaitsevien osavaluma-alueiden virtaamaa nykyiseen verrattuna. Toisaalta sadanta on alueella lisääntynyt ja haihdunta vähentynyt 50-luvun lopulta lähtien, mikä puolestaan vaikuttaa virtaamaa lisäävästi (Ilmatieteen laitoksen Tähtelän aseman aineisto, Itasca Denver Inc. 2023). Tässä luvussa esitetty vesistöjen seuranta painottuu lähinnä veden kemiallisen laadun seurantaan. Lisäksi luvun 32.5 alla on kuvattu vesistöissä tehtäviä biologisia tarkkailuja, kuten kalaston, pohjaeläinten ja vesisammalten seurantaa.

Vesistötarkkailua jatketaan hankkeen oletetulla vaikutusalueella. Toteutettua tarkkailua päivitetään ympäristövaikutusten arvioinnista saatujen tulosten perusteella, ja uusia näytepisteitä on lisätty vesistötarkkailuun vuonna 2021. Esimerkiksi Kitiseen on lisätty tarkkailupisteet Sodankylän

kuntakeskuksen kohdalle sekä pieniin uomiin että puroihin, jotka sijoittuvat hankealueelle tai sen läheisyyteen.

Vesinäytteet otetaan vaihtelevalla näytteenottotiheydellä 1–4 kertaa vuodessa ja niistä analysoidaan lämpötila, pH, sähkönjohtokyky, KHT(Mn), väriluku, alkaliteetti, sameus, kiintoaine, kokonaisfosfori, liukoinen fosfaattifosfori, kokonaistyppi, ammoniumtyppi, nitraatti- ja nitriittitypen summa, sulfaatti, kloridi, liukoiset metallit ja alkuaineet, sisältäen elohopean. Edellä mainittujen fysikaalisten ja kemiallisten parametrien analyysien lisäksi kasviplanktonanalyysejä varten otetaan näytteitä elokuussa vesinäytteenoton yhteydessä Viiankijärven, Kärväslammen, Sakattilammen, Nimettömien lampien 1 ja 2 sekä Kattilalammen näytteenottopisteiltä.

Kaikista vesinäytteistä tehdään näytteenotossa aistinvaraiset arviot sameudesta, hajusta ja väristä. Näytepisteellä mitataan kokonaissyvyys ja näkösyvyys. Uoma- ja puronäytepisteillä pyritään arvioimaan tai mittaamaan virtaama näytteenoton yhteydessä. Yhtiö on aloittanut jatkuvatoimisen pintaveden laadun (pH, lämpötila ja sähkönjohtavuus) sekä virtaaman seurannan Viiankiaavan länsipuolen purku-uomilla.

32.2 Pohjavesi

Hankkeen pohjavesivaikutusten seuranta toteutetaan hyödyntäen olemassa olevia pohjavesiputkia. Seuranta sisältää pohjaveden pinnankorkeuden mittaukset sekä pohjaveden laadun analysoinnin. Seurantaan pyritään sisällyttämään kattavasti maaperän ja kallioperän pohjavesiä sekä lähdevesiä. Vesinäytteistä analysoidaan lämpötila, pH, sähkönjohtokyky, kemiallinen hapenkulutus, väriluku, alkaliteetti, sameus, kiintoaine, kokonaisfosfori, liukoinen fosfaattifosfori, kokonaistyppi, ammoniumtyppi, nitraatti- ja nitriittitypen summa, sulfaatti, kloridi, liukoiset metallit ja alkuaineet, sisältäen elohopean. Hankealueella sijaitsevat kaksi talousvesikaivoa sisällytetään tarkkailuun siltä osin kuin ne pysyvät käytössä.

Ympäristövaikutusten arvioinnin aikana alueelle on asennettu uusia pohjaveden seurantaputkia ja tarvittaessa niitä lisätään arviointitulosten perusteella. Kun hankkeen lopullinen sijainti ja toteutustapa on valittu, pohjavesiputkia lisätään tarpeen vaatiessa mm. tulevien kaivannaisjätealueiden läheisyyteen sekä alueille, joihin on arvioitu kohdistuvan pohjaveden pinnan alenemaa.

Hankealueella on tehty pohjaveden virtausmallinnuksia (käsitelty tämän YVA-selostuksen täydennysasiakirjan luvussa 16). Olennaisena osana hankkeen vaikutusten seurantaa on valittavasta hankevaihtoehdosta riippuen joko pohjavesimallin päivittäminen tai uuden virtausmallinnuksen toteuttaminen valittavan hankevaihtoehdon lähtökohtien mukaisena.

Hankkeessa on aloitettu meteorologinen seuranta vuonna 2015 jota on laajennettu vuonna 2022 asentamalla Kuusivaaraan uusi mittausasema. Seurantaa tullaan jatkamaan hankkeen edetessä. Seurattavia meteorologisia muuttujia ovat mm. sadanta (kesäaikainen), lämpötila, lumen paksuus ja vesiarvo, ilmankosteus sekä tuulen suunta ja nopeus.

Ilmastolla, etenkin lumen vesiarvoilla ja kevättulvien kestolla ja ajoittumisella, on oleellinen vaikutus Viiankiaavan ja suoalueiden hydrologiaan. Ilmastonmuutoksen myötä nettosadannan ennakoidaan kasvavan, sadannan kasvaessa etenkin talvikuukausina. Sadannan imeytymisen pohjavedeksi

ennakoidaan kasvavan turvemailla, mutta lajittuneiden sedimenttien alueilla ja moreenialueilla pienenevän. Kevättulvat aikaistuvat ja kevättulvan kokonaisvirtaamat pienenevät. Ilmastonmuutoksen aiheuttamia mahdollisia muutoksia Viiankiaavan hydrologiaan suunnitellaan tarkkailtavaksi tulevaisuudessa. Seurantaa tullaan suunnittelemaan lähemmin ympäristölupavaiheessa.

Kaivoksen rakentamis- ja toimintavaiheen aikana tarkkaillaan maanalaisesta kaivoksesta ja tarvekivilouhoksesta poistettavien kuivanapitovesien määrää ja laatua. Tarkkailusta saatavia tietoja voidaan hyödyntää kaivoksen pohjavesivaikutusten seurannassa.

32.3 Melu

Lukuun ei ole tullut muutosta.

32.4 Ilmanlaatu

Yhden merkittävimmistä päästöistä kaivoksen toiminnassa muodostavat pölypäästöt, joiden seuranta on aloitettu vertailuaineiston keräämiseksi jo ennen kaivoksen rakentamisen aloittamista. Pölypäästöjä seurataan tuulen suuntajakauman mukaisesti mittauspisteiden avulla, joissa määritetään kertaluontoisesti jatkuvatoimisella kalenterivuoden kestävällä mittauksella PM_{10} ja $PM_{2.5}$, sekä kerätään pölylaskeuma. Pölylaskeuman perustilan seurantaa on jatkettu vuonna 2021 (Kuva 32-1). Tällä vuoden kestävällä tarkkailujaksolla näyte pölylaskeumasta kerättiin kuukausittain 12 kuukauden ajan. Rakentamisen ja toimintavaiheen aikana mittaukset tullaan tekemään neljännesvuosittain tai muulla viranomaisen kanssa sovittavalla taajuudella. Näyte leijumasta tullaan keräämään määrävuosin viranomaisten kanssa sovittavalla tavalla.

Kuva 32-1 Pölylaskeuman seurantapisteet perustilan tarkkailujaksolla 2021–2022.

Laskeuma- ja leijumanäytteistä määritetään ainakin arseeni-, koboltti-, kupari- ja nikkelipitoisuudet. Kaivoksen toiminnan alettua seurataan, että lämpölaitoksen päästöt täyttävät niille asetetut päästörajat.

Seurantojen kohteet ja menetelmät tarkentuvat hankkeen lupavaiheessa ja niistä sovitaan tarkemmin Lapin ELY-keskuksen kanssa.

32.5 Biologinen seuranta

Hankkeen vaikutusalueella tehdään biologista seurantaa keskeisimmiksi arvioitujen vaikutuskohteiden osalta. Seuranta sisältää kasvillisuuden, eläimistön ja linnuston tilan seurannan sekä bioindikaattoritarkkailun vesistöissä ja maa-alueilla. Biologisen seurannan tarkoituksena on havainnoida toiminnasta aiheutuvien päästöjen ja muiden tekijöiden, kuten mahdollisen pohjavedenpinnan aleneman, vaikutuksia kaivoshankkeen lähiympäristössä. Seurantaa kohdennetaan ympäristövaikutusten arvioinnin perusteella kaivoshankkeen lähiympäristöön sisältäen mm. osia Viiankiaavan Natura-alueesta, Kenttäaavan sekä Eliasaavan alueita.

Uhanalaisten kasvilajien seuranta aloitetaan mahdollisesti jo vuonna 2023. Kaivosalueen ympäristössä ja Natura-alueella kasvillisuusseurantaa tehdään esimerkiksi perustamalla seuranta-aloja tunnettujen uhanalaisten kasvien esiintymäalueille. Seuranta-alat kohdennetaan erityisesti pohjaveden pinnanvaihteluista riippuvaisiin luontotyyppeihin ja niiden lajistoon. Lähdekasvillisuuden seuranta on aloitettu vuonna 2021 perustamalla lähdekasvillisuusseuranta-aloja 11 lähdekohteelle. Lähteisten kohteiden ympäristöstä seurataan myös pohjaveden pinnankorkeutta havaintoputkista. Lisäksi vertailualoja perustetaan kaivoksen vaikutusalueen ulkopuolelle samantyyppisille luontotyypeille, jotta saadaan erotettua mm. ilmastonmuutoksesta aiheutuva vaikutus kaivoksen vaikutuksista.

Eläimiin kohdistuvien vaikutuksien seuranta on tässä vaiheessa kohdennettu lettokoin sekä viitasammakon perustilan tarkkailuun. Kesällä 2021 perustettiin lettokoin seurantaa varten kasvillisuusseuranta-alat lajin ravintokasvin pohjanruttojuuren esiintymisalueelle. Viitasammakon vuosittainen seuranta aloitettiin vuonna 2022. Seuranta kohdistuu kaivoshankkeen lähiympäristöön sijoittuville lajin lisääntymisalueille Eliasaavalle, Ulkusijanaavalle, Sakattilampien alueelle sekä Kiimakuusikon ympäristöön. Tarvittaessa vaikutusten seurantaa voidaan kohdistaa myös suojeltaviin lajeihin kuten jättisukeltajaan, lettosiemenkotiloon, kirjojokikorentoon, saukkoon ja harmoyökköseen.

Vuonna 2021 hankealueen lähivesistöissä on jatkettu perustilan tarkkailua. Kalaston seurannan tavoitteena on tarkkailla raskasmetallien mahdollista kertymistä kaloihin. Lisäksi sähkökoekalastuksin voidaan seurata harjus- ja taimenkantojen kehittymistä lähialueen virtavesissä. Pohjaeläinten ja vesisammalten osalta seurataan pohjaeläin- ja vesisammalyhteisöjen tilan kehittymistä.

Linnuston seuranta tapahtuu samoilla menetelmillä kuin millä seurantaa jo nyt toteutetaan. Pesimälinnuston seuranta tapahtuu vuorovuosin linja- ja atlasruutulaskentana. Muuttolintulaskenta tehdään joka toinen vuosi ja hiiripöllön kompensaatiopesien seuranta joka vuosi. Lisäksi Metsähallitus tarkastaa vuosittain rauhoitettujen petolintujen pesät.

Seurantojen kohteet ja menetelmät tarkentuvat hankkeen lupavaiheessa ja niistä sovitaan tarkemmin Lapin ELY-keskuksen kanssa.

32.6 Porotalous

Lukuun ei ole tullut muutosta.

32.7 Aluetalous

Lukuun ei ole tullut muutosta.

32.8 Sosiaaliset vaikutukset

Lukuun ei ole tullut muutosta.

32.9 Kompensaatiotoimet

Lukuun ei ole tullut muutosta.

Lähteet

AA Sakatti Mining Oy 2020. Viiankiaapa, Pinta- ja pohjavesiolosuhteet ja kairareikien hydrologisten ja hydrogeologisten vaikutusten arviointi. Päivitetty versio 5.2.2020.

AA Sakatti Mining Oy 2021. Vinotunneli- ja malmiesiintymämalli. Julkaisematon.

AA Sakatti Mining Oy 2022. Sakatin lupa-alueen kausiraportti 2021–2022. 25 s. + liitteet.

AA Sakatti Mining Oy & Mitta Engineering Oy 2022. Tiivistys- ja tuentamenetelmät Sakatin maanalaisessa kaivoksessa. AA Sakatti Mining Oy, 18.10.2022 (tarkistettu 13.2.2023).

AFRY Finland Oy 2020a. Kuusivaaran uhanalaisten kasvilajien selvitys 2020 (luonnos 30.10.2020).

AFRY Finland Oy 2020b. Sakatin hankkeen luontoselvitys vaihtoehtoiset vedenottoalueet ja Kuusivaaran tielinjauksen alue vuonna 2020.

AFRY Finland Oy 2020e. Sakatin pöllöselvitys 2020. AA Sakatti Mining Oy.

AFRY Finland Oy 2022a. Kuusivaaran tarvekivilouhoksen numeerinen pohjavesimallinnus. 17.11.2022.

AFRY Finland Oy 2022b. Tarvekivilouhoksen veden laadun mallintaminen. AA Sakatti Mining Oy, Sakatin kaivoshanke.

AFRY Finland Oy 2022c. Rikastushiekan kuivaläjitys - Yhteenveto referensseistä ja pölynhallintakeinoista 2.2.2022. AA Sakatti Mining Oy, Sakatin kaivoshanke, Ympäristövaikutusten arviointi.

AFRY Finland Oy 2022d. Kairauksessa käytettävien kemikaalien ympäristövaikutusten arviointi. AA Sakatti Mining Oy. Raportti, 20 s.

AFRY Finland Oy 2022g. Julkaisematon sähköposti.

AFRY Finland Oy 2023a. Kaivoksen vesitase. AA Sakatti Mining Oy, Sakatin kaivoshanke, Ympäristövaikutusten arviointi. 13.1.2023.

AFRY Finland Oy 2023b. Yhteenveto kaivannaisjätteiden karakterisoinnista sekä kaivosalueen vesien laatuarvioinnista, Projektinumero: 101017183-001, 10.2.2023. AA Sakatti Mining Oy, Sakatin kaivoshanke.

AFRY Finland Oy 2023c. Sakatin kaivos, sulkemissuunnitelma. AA Sakatti Mining Oy. Projektinumero: 101017183-001. 16.11.2023.

AFRY Finland Oy 2023d. Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin jokimallin avulla arvioituna, päivitys YVA-selostuksen täydennysasiakirjaan. 16.1.2023, v4. AA Sakatti Mining Oy.

AFRY Finland Oy 2023e. Päivitetty TU-laskenta. Julkaisematon raportti.

Agnico Eagle 2020. Tiedoksianto 09/2020. Lupa tietojen käyttöön vahvistettu 10/2021.

Ahma ympäristö Oy 2009a. Sakatti 1–5 valtausten uhanalaislajien kartoitus.

Ahma ympäristö Oy 2009b. Viianki (13, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 33, 34, 43, 46, 47, 49 ja 55) ja Sarki 1- valtausten uhanalaislajien kartoitus.

Ahma ympäristö Oy 2013a. Viiankiaavan kaivoslain mukaisten malminetsintälupien Natura-arviointi. Täydennys vuoden 2009 arviointiin.

Ahma ympäristö Oy 2013b. Kersilön ja korvaavien Natura-alueiden saukkokartoitus 2013. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2013c. Kersilön pohjaeläinraportti 2012.

Ahma ympäristö Oy 2013d. Viiankiaapa-Kersilö lepakkoselvitys 2012. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2014a. Selvitys kalastuksesta Kitisellä vuonna 2013.

Ahma ympäristö Oy 2014b. Kersilön viitasammakkoselvitys 2013. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2015a. Viiankiaavan kaivoslain mukaisten malminetsintälupien Natura-arviointi 2015.

Ahma ympäristö Oy 2015b. Sakatti 1–5, Kasvillisuusvaikutusten seuranta 2015.

Ahma ympäristö Oy 2015c. Sakatti 1-5 -malminetsintäalueen luontotyyppiselvitys 2015, kartoitukset vuosina 2012-2014.

Ahma ympäristö Oy 2015d. Viiankiaavan viitasammakkoselvitys 2013. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2015e. Viiankiaavan viitasammakkoselvitys 2015. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2015f. Viiankiaapa-Kersilö lepakkoselvitys vuosina 2012 ja 2015. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2015h. Hiiripöllön pesäpaikkojen kompensaatiosuunnitelma Viiankiaavalle 2015–2018.

Ahma ympäristö Oy 2015i. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2009–2015. Petolintuliite. Liite 1. Erityisesti suojeltavien suurten petolintujen esiintymistiedot Viiankiaavalla 2009–2015.

Ahma ympäristö Oy 2015j. Viiankiaavan pöllökartoitus 2015.

Ahma ympäristö Oy 2016a. Neidonkenkäselvitys 2016.

Ahma ympäristö Oy 2016b. Viiankiaavan ja Kersilön alueen riistakolmiolaskennat 2016. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2016d. Viiankiaavan ja Kersilön alueen saukkokartoitus 2016. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2016e. Suurpetoselvitys 2016. AA Sakatti Mining Oy.

Ahma ympäristö Oy 2016f. Viiankiaavan luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitys 2016.

Ahma ympäristö Oy 2015g. Kersilö-Kuusivaara luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitys 2015.

Ahma ympäristö Oy 2016h. Viiankiaavan kevätmuuttoseuranta 2016. Liite 3: Päiväpetolintujen reviirihavainnot Viiankiaavalta vuosina 2015–2016. Salainen.

Ahma ympäristö Oy 2017a. Viiankiaavan–Kersilön alueen lähivesien kalastustiedustelu 2016.

Ahma ympäristö Oy 2017b. Viiankiaapaa ympäröivien alueiden pöllö- ja metsokartoitus 2017.

Ahma ympäristö Oy 2018. Sakatti 1–5 kasvillisuusvaikutusten seuranta 2017.

Albus Luontopalvelut Oy 2015. Sodankylän Sakatin alueen perhoslajisto (Lepidoptera) kesällä 2015. AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2016. Sodankylän Sakatin alueen uhanalainen kovakuoriaislajisto (Coleoptera). AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2017a. Sodankylän Sakatin alueen uhanalainen perhoslajisto (Lepidoptera) - Luontoselvitykset 2015 ja 2017. AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2017b. Sodankylän Sakatin alueen uhanalainen kovakuoriaislajisto (Coleoptera) - Luontoselvitykset 2015 ja 2017. AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2017c. Jättisukeltaja (Dytiscus latissimus) Sodankylä Sakatin alueella – Luontoselvitys 2017. AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2019a. Kirjojokikorennon (Ophiogomphus cecilia) esiintyminen ja elinvoimaisuus Sodankylän Viiankiaapaa reunustavissa joissa kesällä 2018. AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2019b. Arvio Sodankylän Viiankiaavan alueelle suunnitellun kaivostoiminnan vaikutuksista jokihelmisimpukkaan (Margaritifera margaritifera). AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2020a. Sodankylän Kuusivaaran ja Kelujoen välialueen perhoset (Lepidoptera) ja kovakuoriaiset (Coleoptera) – Esiselvitys 2019. AA Sakatti Mining Oy.

Albus Luontopalvelut Oy 2020b. Suovenhokkaan (Nola karelica) ja muiden huomionarvoisten suoperhoslajien esiintymisselvitys Sodankylän Kuusivaaran ympäristössä v. 2020.

Albus Luontopalvelut Oy 2021a. Harmoyökköslajien (Xestia spp.) esiintymisselvitys Sodankylän Kuusivaaran ympäristössä v. 2021. Raportti AA Sakatti Mining Oy:lle 24.09.2021 [päivitetty 19.10.2021].

Albus Luontopalvelut Oy 2021b. Lettokoin (Scrobipalpopsis petasitit) Porokodanpalon esiintymispaikan seuranta Sodankylässä v. 2021. Raportti AA Sakatti Mining Oy:lle 24.09.2021 [päivitetty 14.12.2021].

AMEC 2017. Research sponsoring: tailings & permafrost. Université Laval & UQAT. https://bc-mlard.ca/files/presentations/2012-11-STRAUB-ETAL-filtered-tailings-arctic2.pdf (viitattu 27.8.2021)

AMIRA 2002. ARD Test Handbook. Project P387A Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage. AMIRA international.

Anglo American 2020. Our Code of Conduct our values in action. https://www.angloamerican.com/~/media/Files/A/Anglo-American-Group-v5/PLC/sustainability/approach-and-policies/sustainability/our-code-of-conduct-english.pdf. (viitattu 12.3.2023).

Antila, E. 2007. Kasvillisuuden kuluminen ja muutokset kansallispuiston laskettelurinteillä ja hiihtoreiteillä. Julkaisussa: Sulkava, P. & Norokorpi, Y. (toim.) 2007. Luontomatkailun vaikutukset kasvillisuuteen ja maaston kulumiseen Pallas-Yllästunturin kansallispuistossa. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja A 166. 75 s.

AONA Environmental Consulting Ltd. 2020. Sakatin kaivoshankkeen pölymallinnus.

Aroviita, J., Mitikka, S., Vienonen, S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. 182 s.

Atlas Copco 2007. Mining Methods in Underground Mining. Second edition 2007.

Barnes, A., Bowell, R., Warrender, R., Sapsford, K., Sexsmith, K., Charles, J., Declercq, J., Santonastaso, M., Dey, B. 2015. Comparison between Long-Term Humidity Cell Testing and Static Net Acid Generation (NAG) Tests: Potential for NAG Use in Preliminary Mine Site Water Quality Predictions. Proceeding 10th ICARD & IMWA Annual Conference 2015.

Bigler P. 2018. Hydrogeology and Hydrogeochemistry of Western Margin of Viiankiaapa Mire in Sodankylä – Factors affecting the Distribution of Endangered Species. Helsingin yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen laitos, Pro gradu -työ.

Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T. G., Rasmussen, G., Saltveit, S. J. 1989. Electrofishing – theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173, 9–43.

Brown, M., Barley, B., Wood, H. 2002. Minewater Treatment - Technology, Application and Policy. 2002. ISBN 9781843390046.

Byron, H. 2000. Biodiversity impact. Biodiversity and Environmental Impact Assessment: A Good Practice Guide for Road Schemes. The RSPB, WWF-UK, English Nature and the Wildlife Trusts, Sandy.

Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life 1999. Arsenic. http://ceqgrcqe.ccme.ca/download/en/143 (viitattu 13.11.2020)

Copernicus 2023a. Essential climate variables for water sector applications derived from climate projections. https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/sis-ecv-cmip5-bias-corrected?tab=overview (viitattu 3.1.2023)

Copernicus 2023b. Climate Data Store. https://cds.climate.copernicus.eu/ (viitattu 3.1.2023)

Dansgaard, W. 1964. Stable isotopes in precipitation. Tellus 16, 436–468.

Davidila, J. 2019. Lapin POSKI, vaihe 2 (2016–2019), Hiekka- ja soraesiintymät. Geologian tutkimuskeskus.

Davis, S. N. 1964. The chemistry of saline waters. Groundwater 2, 51.

DHI 2017. MIKE SHE user manual. Volume 2: Reference guide. Hørsholm, Denmark.

ECHA 2020. Euroopan kemikaalivirasto, http://echa.europa.eu/ (viitattu 5.4.2020, 30.4.2020)

Ecomonitor Oy 2020. Kitisen alueen päällyslevät – Piilevämääritykset 2020.

Eisenbeis, G. 2006. Artificial night lighting and insects: Attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. In C. Rich, & T. Longcore (Eds.), Ecological consequences of artificial night lighting, 281–304.

Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja sarja A nro 126.

Eloranta, P. 2016. Kitisen tarkkailun piilevätutkimus 2015. 10 s.

Eloranta, P. 2017. Sakatti Mining Oy. Sakatin alueen perustilaselvitys. Piileväanalyysien tulokset 2016 ja 2017. 6 s.

Esseen, P. A. 1994. Tree mortality patterns after experimental fragmentation of an old-growth conifer forest. Biological Conservation 68, 19–28.

Esseen, P. A., Renhorn, K. E. 1998. Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. Conservation Biology 12, 1307–1317.

EU Directive 2006. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC.

EURO-CORDEX 2021. EURO-CORDEX - Coordinated Downscaling Experiment - European Domain. https://ms.hereon.de/euro-cordex/index.php.en (viitattu 3.1.2023)

Eurofins Ahma Oy 2018a. Pintavesien biologinen tarkkailu, metallimääritykset vuonna 2018.

Eurofins Ahma Oy 2018b. Sodankylän pohjaeläintarkkailu vuosina 2016 ja 2017. AA Sakatti Mining Oy.

Eurofins Ahma Oy 2018c. Vesialueiden bioindikaattoritutkimus 2016–2017. AA Sakatti Mining Oy.

Eurofins Ahma Oy 2018d. Sattasjoen ja Kelu-Ylijoen sähkökalastus 2017.

Eurofins Ahma Oy 2018e. Tailings-alueiden luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitys 2017.

Eurofins Ahma Oy 2018f. Viiankiaavan linnuston perustilaselvitykset 2009–2018.

Eurofins Ahma Oy 2018g. Kelukoski-Kuusivaara viitasammakkoselvitys 2018. AA Sakatti Mining Oy.

Eurofins Ahma Oy 2018h. Kelukoski-Kersilö-Viiankiaapa lepakkoselvitys vuosina 2012, 2015 ja 2018.

Eurofins Ahma Oy 2018j. Metso- ja pöllökartoitus 2018.

Eurofins Ahma Oy 2019a. Kaava-alueen linnustoselvitykset 2019.

Eurofins Ahma Oy 2019b. Lähialueen pienvesien kalastustiedustelu 2018.

Eurofins Ahma Oy 2019c. Viitasammakkoselvitys 2019. AA Sakatti Mining Oy.

Eurofins Ahma Oy 2019d. Viiankiaavan Natura-alueen malminetsinnän Natura-arviointi 2019.

Eurofins Ahma Oy 2019f. Kaava-alueen eteläosan luontotyyppi- ja kasvillisuuskartoitus 2018–2019 sekä 2012.

Eurofins Ahma Oy 2019g. Malminetsinnän kasvillisuusvaikutusten seuranta 2018.

Eurofins Ahma Oy 2019i. Rauhoitetun lajin erillistarkkailu ja hiiripöllön pönttöseuranta 2019. Salainen.

Eurofins Ahma Oy 2019j. Satojärven linnustoseuranta 2019. Boliden Kevitsa Mining Oy.

Eurofins Ahma Oy 2019k. Viiankiaavan luontotyyppiaineisto (paikkatietoaineisto).

Eurofins Ahma Oy 2020c. Selvitys kalastuksesta Kitisellä vuonna 2018.

Eurofins Ahma Oy 2020d. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2020.

Eurofins Ahma Oy 2020e. Kitisen saukkoselvitys 2019–2020. AA Sakatti Mining Oy.

Eurofins Ahma Oy 2020f. Viiankiaavan Natura-alueen malminetsinnän Natura-arviointi 2020

Eurofins Ahma Oy 2021a. Viiankiaavan linnustoselvitykset 2021. Päivitetty 03/2022. Salainen, vain viranomais-käyttöön.

Eurofins Ahma Oy 2021b. Rauhoitetun lajin erillistarkkailu 2021. Salainen.

Eurofins Ahma Oy 2021c. Kelu- ja Sattasjoen vesisammalten bioindikaatioraportti 2020.

Eurofins Ahma Oy 2021d. Kelu- ja Ylijoen sekä Kärväslammen purku-uoman sähkökalastus v. 2021.

Eurofins Ahma Oy 2021e. Virtavesien pohjaeläintarkkailu 2020.

Eurofins Ahma Oy 2021f. Kelujoen, Ylijoen ja Eliasojan vesisammalkartoitus 2021.

Eurofins Ahma Oy 2022a. Puroselvitykset 2021. Projekti 11852, 26.9.2022. AA Sakatti Mining Oy.

Eurofins Ahma Oy 2022b. Kelujoen, Ylijoen ja Eliasojan vesisammalkartoitus 2021.

Eurofins Ahma Oy 2022c. Selvitys tulppaushankkeen vaikutuksista Viiankiaavan Natura 2000 -alueeseen 2022. Projekti 11861. 23.1.2023, päivitetty 2.3.2023.

Eurofins Ahma Oy 2022d. AA Sakatti Mining Oy Sakatin kaivoshanke, Laboratorioraportti, Tutkimustodistus: AR-22-YB-030087-01.

Eurofins Ahma Oy 2022e. Viiankiaavan luontoarvoihin liittyvät selvitykset ja tutkimukset.

Eurofins Ahma Oy 2022f. Kasvillisuuskartoitukset Viiankiaavalla ja Kuusivaaralla. Paikkatietoaineisto.

Eurofins Ahma Oy 2022g. Uhanalaisten kasvilajien kartoitus 2022. Alustavat havainnot.

Eurofins Ahma Oy 2022h. Sakatti-Eliasaapa kasvillisuuskartoitus 2022 sekä malminetsintätoimintaan liittyvät kartoitukset (epävirallinen paikkatietoaineisto, raportointi kesken).

Eurofins Ahma Oy 2023. Sakatti-malminetsintäalueen jatkolupahankkeen Natura-arviointi 2023. AA Sakatti Mining, 158 s.

Eurofins Labtium Oy 2021. AA Sakatti Mining Oy Sakatin kaivoshanke, Laboratorioraportti, Raporttinumero: 098907.

Eurola, S., Huttula, A., Kaakinen, E., Kukko-oja, K., Saari. V., Salonen, V. 2015. Sata suotyyppiä – opas Suomen suokasvillisuuden tuntemiseen. Thule-instituutti, Oulangan tutkimusasema, Oulun yliopisto, Juvenes Print – Oulu. 112 s.

Euroopan Komissio 2018. Komission tiedonanto 21.11.2018 C(2018) 7621 final: Natura 2000 -alueiden suojelu ja käyttö, Luontodirektiivin 92/43/ETY 6 artiklan säännökset.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23 lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 79/409/ETY, annettu 2 päivänä huhtikuuta 1979, luonnonvaraisten lintujen suojelusta.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020a. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshanke, Ympäristövaikutusten arviointiselostus. AA Sakatti Mining Oy. 30.11.2020.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020b. Sakatin kaivoshankkeen meluselvitys.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 2020c. Tärinäselvitys. WP4, erillisraportti. AA Sakatti Mining Oy.

Finnish Minerals Group 2023. Sokli on ainutlaatuinen mineraaliesiintymä. https://www.mineralsgroup.fi/fi/liiketoiminta/sokli.html (viitattu 6.2.2023)

Garbarino, E., Orveillon, G., Saveyn, H.G.M, Barthe, P. & Eder, P. 2018. JRC Science for Policy Report EUR 28963 EN

Geochemic Ltd. 2021a. Geochemical modelling MWF.

Geochemic Ltd. 2021b. Humidity Cell Testing: ASTM D 5744–18, Wales (UK).

Geochemic Ltd. 2022. Numerical Prediction of Contact Water Quality from the proposed Sakatti Ni-Cu-PGE Deposit Mine Waste Facility, Finland.

Geochemical Engineering Solutions Ltd. 2021. Muistiinpanot keskustelusta Raglanin kaivoksen ympäristöpäällikön kanssa 09/2021.

Geologian tutkimuskeskus 2020a. Aineistopoiminta GTK:n Tapir-palvelusta, kesäkuu 2020.

Geologian tutkimuskeskus 2020b. Sakatin Kuusivaaran tarvekiven ympäristökarakterisointi. Raportti GTK/712/03.02/2019. 14.4.2020.

Geologian tutkimuskeskus 2023. Mineral Deposits and Exploration. https://gtkdata.gtk.fi/mdae/index.html (viitattu 4.1.2023)

Geological Survey of Finland 2018. Geological Unit Reports 1.3.2018; Sattasvaara formation, Orajärvi formation, Ruukinvaara formation, Tepsanniemi member and Vanttioselkä member.

Golder Associates Oy 2012. Viiankiaapa – Preliminary hydrological and hydrogeological characterization.

Golder Associates Oy 2013. Kallionäytekairausten kairareikien vaikutus Viiankiaapaan.

Golder Associates Oy 2015. Viiankiaapa pinta- ja pohjavesiolosuhteet ja kairareikien ympäristövaikutukset.

Golder Associates Oy 2021. Sakatti Mine Waste Facility – Perimeter Structure. Typical section. 21454922-0001-C-0001.

Guidelines for Canadian Drinking Water Quality 2020. https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality/guidelines-canadian-drinking-water-quality-summary-table.html (viitattu 13.1.2020)

Gustavsson N., Noras P., Tanskanen H. 1979. Seloste geokemiallisen kartoituksen tutkimusmenetelmistä. Geologinen tutkimuslaitos.

HDR Engineering Inc. 2018. http://dnr.alaska.gov/mlw/mining/largemine/greenscreek/pdf/gcaudit2019.pdf (viitattu 27.8.2021)

Hjelt, A., Pääkkö, E. 2006. Viiankiaavan hoito- ja käyttösuunnitelma. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja C 11, 51 s.

Holthuijzen, A.M.A., Eastland, W., Ansell, A., Kochert, M., Williams, R., Young, L. 1990. Effects of Blasting on Behavior and Productivity of Nesting Prairie Falcons. Wildlife Society Bulletin 19, 270–281.

Huhtala, J. 2008. Jokiuitosta kalataloudellisiin kunnostuksiin. Eräiden uiton jälkeisten velvoitekunnostusten kalataloudellisesta vaikuttavuudesta. Suomen ympäristö 29/2008.

HVMFS 2019. Havs- och vattenmyndigheten författningssamling. https://www.havochvatten.se/download/18.4705beb516f0bcf57ce1c145/1576576601249/HVMFS%202019-25-ev.pdf (viitattu 21.2.2023)

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A., Liukko, U.-M. (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.

Ilmatieteen laitos 2011a. Ilmasto-opas. Kasvihuonekaasujen päästö- ja pitoisuusskenaariot. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kasvihuonekaasujen-paasto--ja-pitoisuusskenaariot (viitattu 17.1.2023)

Ilmatieteen laitos 2011b. Ilmasto-opas. Mallinnuksella tietoa ilmastosta. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/mallinnuksella-tietoa-ilmastosta (viitattu 17.1.2023)

Ilmatieteen laitos 2011c. Ilmasto-opas. Ilmastomallien kehittäminen. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ilmastomallien-kehittaminen (viitattu 17.1.2023)

Ilmatieteen laitos 2011d. Ilmasto-opas. Alueelliset ilmastomallit tarkentavat ennusteita. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/alueelliset-ilmastomallit (viitattu 3.1.2023)

Ilmatieteen laitos 2017. Ilmasto-opas. Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa. 12.4.2017 päivitetty artikkeli. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa (viitattu 3.1.2023)

Ilmatieteen laitos 2022a. Ilmasto-opas. Keski-Lappi – mannerilmastoa aapasoilla ja tuntureilla. 24.11.2022 päivitetty artikkeli. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/keski-lappi-mannerilmastoa-aapasoilla-ja-tuntureilla (viitattu 3.1.2023)

Ilmatieteen laitos 2022b. Maailmanlaajuisiin CMIP6-ilmastomalleihin perustuvia ilmastonmuutosskenaarioita. 28.3.2022 julkaistu verkkoraportti. https://assets.ctfassets.net/hli0qi7fbbos/1sJBYdUbndwx6uB1Ldnfcs/ad144a51396826ff229debbfc951a09b/ilmastonmuutosskenaariot_cmip6_verkko.pdf (viitattu 3.1.2023)

INAP 2019. Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide). The International Network for Acid Prevention, 2019. http://www.gardguide.com/ (viitattu 30. 03 2019)

IPCC 2013. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. IPCC Fifth Assessment Report. https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/ (viitattu 3.1.2023)

IPCC 2021. Climate Change 2021. The Physical Science Basis. IPCC Sixth Assessment Report. https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/ (viitattu 3.1.2023)

Itasca Denver Inc. 2023. Ennuste pohjaveden pinnankorkeuden alenemisesta ja vuotovesimääristä Sakatin kaivoshankkeen elinkaaren aikana.

Johansen, O.M., Jensen, J.B., Pedersen, M.L. 2013. From groundwater abstraction to vegetative response in fen ecosystems. Hydrological Processes Volume 28, issue 4, pp 2396–2410

Jokimäki, J., Kaisanlahti-Jokimäki, M. 2004. Joutsenaavan, Kokonaavan, Silmävuoman, Viiankiaavan ja Teuravuoman suolintuselvitys 2004. Arktinen keskus. Lapin yliopisto.

Jylhä, K., Ruosteenoja, J., Räisänen, A., Venäläinen, H., Tuomenvirta, L., Ruokolainen, S., Seitola T. 2009. Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten ACCLIM - hankkeen raportti 2009. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2009: 4. Ilmatieteen laitos.

Jäkäläniemi, A., Määttä, J. 1999. Turjanhorsma – haasteellinen uhanalainen. Metsähalituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 180. Metsähallitus, Vantaa

Järvinen, M., Aroviita, J., Hellsten, S., Karjalainen, S.M., Kuoppala, M., Meissner, K., Mykrä, K., Vuori, K-M. 2019. Jokien ja järvien biologinen seuranta – Näytteenotosta tiedon tallentamiseen.

Kaivoslaki 621/2011. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Kalpio, S., Bergman, T. 1999. Lapin perinnemaisemat. Alueelliset ympäristöjulkaisut 116, Lapin Ympäristökeskus ja Metsähallitus.

Karhu, J., Salonen, V.-P., Korkka-Niemi, K. 2020. Stable Isotope Composition of Sakatti Waters. Raportti, AA Sakatti Mining Oy.

Kauppila, P., Räisänen, M L., Myllyoja, S. 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. 2011. Osa/vuosik. Suomen ympäristö 29/2011. ISBN 978-952-11-3942-0 (PDF), ISSN 1796-1637.

Kauppila, T. (toim.) 2015. Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Tutkimusraportti 222. Geologian tutkimuskeskus.

Kivipelto, J. & Nieminen, S. (toim.) 2020. Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen. Ympäristöministeriön julkaisuja 2020:12

Koljonen, T. (toim.) 1992. Suomen Geokemian Atlas, osa 2: Moreeni. The Geochemical Atlas of Finland, part 2: Till. Geologian tutkimuskeskus. 218 s.

Kontula, T., Raunio, A. (toim.) 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja, Osa 2 -luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 5/2018.

Korkein hallinto-oikeus 2022a. Valituslupahakemukset ja valitukset ympäristönsuojelulain ja vesilain yhteiskäsittelyn piiriin kuuluvassa lupa-asiassa. Korkeimman hallinto-oikeuden päätös, 24.03.2022.

Korkein hallinto-oikeus 2022b. Kemijärven biotuotetehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa-asia. Muu päätös 31/2022, 30.2.2022.

Korkka-Niemi K., Rautio A., Bigler P., Åberg A., Åberg S. 2017. Hydro- and Environment Geological Studies during the Years 2016–2017 around Sakatti Exploration Target. Final report: Characterization of Geo-Hydro-Ecological Factors Possibly Controlling the Distribution of Endangered Species of Viiankiaapa Mire. Raportti, AA Sakatti Mining Oy.

Korkka-Niemi, K., Koskimaa, K., Karhu, J. 2020. Hydrology of the Sakatti Exploration Target Area: Dating of Groundwater. Report prepared for Anglo American Sakatti Mining Oy.

Kortelainen, N. 2007. Isotopic fingerprints in surficial waters: Stable isotope methods applied in hydrogeological studies. Geologian tutkimuskeskus, Erikoisjulkaisut.

Kortelainen, N.M., Karhu, J.A. 2004. Regional and seasonal trends in the oxygen and hydrogen isotope ratios of Finnish groundwaters: A key for mean annual precipitation. Journal of Hydrology 285, 143–157.

Koskiensuojelulaki (35/1987). Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Koskimies, P., Väisänen, R.A. 1988. Linnustonseurannan havainnointiohjeet (1. painos). Helsingin yliopiston eläinmuseo.

Kratsov, T. 2017. Benefication test work for Anglo American Sakatti Mining Oy: Asbestos mineral in four composite ore samples. Outotec Research Center.

Kumpula, S., Vatka, E., Orell, M., Rytkönen, S. 2023. Effects of forest management on the spatial distribution of the willow tit (Poecile montanus). Forest Ecology and Management. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120694 (viitattu 29.12.2022)

Kupila, J., Lindholm, A., Davidila, J., Sanaksenaho, R., Rossi, P. 2019. Lapin POSKI, vaihe 2 (2016–2019), Pohjavesitutkimukset. Geologian tutkimuskeskus 31.12.2019.

Kurki, K. 2011. Suokasvillisuuden vaste muuttuvaan ilmastoon: kokeellinen tutkimus kuivumisen vaikutuksesta. Metsäekologian pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto.

Könönen, K. 2018. Sodankylän Viiankiaavan Sakatin ja Matiaksenrämeen nilviäiskartoitus vuonna 2018. Hydrologia-LIFE (LIFE16NAT/FI/000583).

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T., Salminen, R. 1996. Suomen Geokemian Atlas, osa 3: Ympäristökemia, purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus. 49 s.

Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U., Suomela, P. 2002. Tuhat kaivoa –Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 155.

Lahtinen T. 2017. Hydrogeochemical Characterisation of the Sakatti Mine Prospecting Area, Sodankylä, Finnish Lapland. Helsingin yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen laitos, Pro gradu -työ.

Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Saarinen, M., Penttilä, T. 2018. Suotyypit ja turvekankaat – kasvupaikkaopas. Metsäkustannus Oy.

Laitinen, J., Oksanen, J., Muurinen, L, Kondelin, H., Ruuhijärvi, R. 2021. Peräpohjolan rimpikoivulettojen, lähityyppien ja keskustavaikutteisten rimpilettojen tunnuslajit ja lajimäärä: analyysi klassisesta aineistosta. Suoseura - Finnish Peat Society Helsinki; Suo 72(1): 29–50

Lajitietokeskus 2022. Uhanalaisten, silmälläpidettävien, direktiivilajien, erityisesti suojeltavien, kiireellisesti suojeltavien rauhoitettujen lajien esiintymistiedot. Lajiryhmät putkilokasvit, sammalet, sienet, jäkälät. Aineistolataus 30.11.2022, HBF.68920, HBF.68921, HBF.68922, HBF.68923.

Lajitietokeskus 2023. Havaintojen määrä 1.1.2013-17.2.2023, isonuijasammal, kalkkihuurresammal, kalkkilähdesammal, karhunlovisammal, turjanhorsma. Aineistolataus 17.2.2023, HBF.71916.

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain muuttamisesta 1263/2014. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Lapin ELY-keskus 2015a. Vesien tila hyväksi yhdessä. Kemijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosiksi 2016–2021. Lapin ELY-keskuksen raportteja 89/2015.

Lapin ELY-keskus 2019a. Pohjavesialueiden luokitteluun liittyvä selvitys, Sodankylä. LAPELY/423/2017.

Lapin ELY-keskus 2019b. Vesienhoidon toimenpiteiden suunnittelu vuosille 2022–2027. Ohje pohjaveden määrällisen ja kemiallisen tilan arviointiin. 6.3.2019.

Lapin ELY-keskus 2020a. Ehdotus Kemijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmaksi vuosille 2022–2027, osa 1. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Lapin ELY-keskus 2020b. Vesienhoitosuunnitelmaehdotuksen osa 2: Suunnittelussa käytetyt menetelmät ja periaatteet. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Lapin ELY-keskus 2021. Puutteellisen arviointiselostuksen täydentäminen, Sakatin monimetallikaivos, Sodankylä. Yhteysviranomaisen ilmoitus täydennystarpeesta, LAPELY/3385/2017, 12.4.2021.

Lapin liitto 2022a. Lappi-sopimus – Maakuntaohjelma 2022–2025. https://www.lapinliitto.fi/wp-content/uploads/2022/02/Lappi-sopimus-2022-1.pdf (viitattu 8.2.2023)

Lapin liitto 2022b. Lappi-sopimus – Maakuntaohjelma 2022–2025. Maakuntaohjelman toimeenpanosuunnitelma vuosille 2022–2023. https://www.lapinliitto.fi/wp-content/uploads/2022/04/Lappi-sopimus-2022-toimeenpanosuunnitelma.pdf (viitattu 8.2.2023)

Lapin liitto 2022c. Ratayhteysselvitys Sodankylä–Kittilä–Ylläs, Tunturirata. https://www.lapinliitto.fi/aluesuunnittelu/ratayhteysselvitys-sodankyla-kittila-yllas-tunturirata/ (viitattu 8.2.2023)

Lapin Lintutieteellinen Yhdistys ry 2016. Lapin maakunnallisesti tärkeät lintualueet. MAALI-hankkeen loppuraportti.

Lapin vesitutkimus Oy 2009. Viiankiaavan kaivoslain mukaisten valtausalueiden Natura-arviointi.

Lapin Vesitutkimus Oy 2010. Viiankiaavan luontotyyppi- ja kasvillisuusselvitykset 2009–2010.

Lapin Vesitutkimus Oy 2011a. Viiankiaavan lähialueen vesistöjen kalasto ja kalastus.

Lapin Vesitutkimus Oy 2011b. Viiankiaavan pohjaeläinselvitys.

Lapin vesitutkimus Oy 2011c. Ilmakkiaavan ja Koitelaisen kaivoslain mukaisten valtausalueiden Natura-arviointi.

Lapin vesitutkimus Oy 2011f. Sodankylän Viiankiaavan kaivoshankkeen linnustoselvitykset 2009–2010.

Lapin Vesitutkimus Oy 2011g. Viiankiaavan saukkokartoitus vuosina 2010 ja 2011. Anglo American Exploration. B.V. Suomen sivuliike Oy.

Lapin Vesitutkimus Oy 2012a. Kersilön alueen lähivesien kalastus ja kalasto 2012.

Lapin Vesitutkimus Oy 2012b. Korvaavien alueiden yleiskartoitus 2011.

Lappalainen E. 1970. Über die spaetquartaere Entwicklung der Flussufermoore Mittel-Lapplands. Bulletin de la Commission Geologique de Finlande 244:79.

Luonnonsuojeluasetus 1997/160. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Luonnonsuojelulaki 1096/1996. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Luonnonsuojelulaki 9/2023. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Luonnontieteellinen keskusmuseo 2018. Linnustonseuranta. Pesimälintujen linja- ja pistelaskenta. https://www.luomus.fi/fi/pesimalintujen-linja-pistelaskenta (viitattu 5.9.2018)

Luonnonvarakeskus 2023. Suomen uhanalaiset kalat. https://kalahavainnot.luke.fi/kalalajitieto/suomen-uhanalaiset-kalat (viitattu 10.2.2023)

Luontoselvitys Kangas Oy 2021a. Sakatin alueen uhanalaisten vesisammalten inventointi 2021. 1.12.2021. AA Sakatti Mining Oy.

Luontoselvitys Kangas Oy 2021b. Sakatin hankealueen ja sen ympäristön jokihelmisimpukkakartoitus vuonna 2021.

Luukas, J. 2017. Updates of the Sakatti deposit fault and lithological 3Dmodels in May 2017. Geologian tutkimuskeskus, Alueellinen Geotieto. Julkaisematon raportti AA Sakatti Mining Oy.

Maa-aineslaki 555/1981. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Melbye, T., Hognestad, H-O., Dimmock, R. 2003. Pre-Injection technology for mines. 8th International Congress on Mine Water & the Environment, Johannesburg, South Africa.

Metcalf & Eddy Inc. (Tchobanoglous, G., Burton, F. H., Stensel, D.) 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. New York: McGraw-Hill Education, 2003. 4th Edition. ISBN 0071122508, 9780071122504.

Metsähallitus 2006. Viiankiaavan hoito- ja käyttösuunnitelma. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja C 11.

Metsälaki 1093/1996. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Mikkonen, N., Leikola, N., Lahtinen, A., Lehtomäki, J., Halme, P. 2018. Monimuotoisuudelle tärkeät metsäalueet Suomessa - Puustoisten elinympäristöjen monimuotoisuusarvojen Zonation-analyysien loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2018.

Moilanen, L., Vepsäläinen, J. 2020. Lab Report - Water Samples from Anglo American Sakatti Mining Oy. 19.2.2020. Ei julkinen.

Morin, K.A., Hutt, N.M., Ferguson K.D. 1996. The International Kinetic Database: Rates of acid generation, neutralization, and metal leaching from mines around the world. IN: Proceedings of the 3rd International and 21st Annual Minerals Council of Australia Environmental Workshop, October 14-18, Newcastle, New South Wales, Australia, Volume 1, 132-148.

Morin, K.A., Hutt, N.M. 2004. The Minewall Approach for Estimating the Geochemical Effects of Mine Walls on Pit Lakes. Pit Lakes 2004; United States Environmental Protection Agency; Reno, Nevada; November 16-18, 2004.

Muurinen, T. 2015. Soiden kartoitus. s. 27–35 Teoksessa: Sarala, P. (toim) Lapin geologiset luonnonvarat 2010. ACTA LAPPONICA FENNIAE 25 1–141.

Mälson, K., Backèus, H., Rydin, H. 2008. Long-term effects of drainage and initial effects of hydrological restoration on rich fen vegetation. Applied Vegetation Science 11, Issue 1.

Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för miljökvalitet – Sjöar och vattendrag. Naturvårdsverkets rapport 4913.

Neuvoston direktiivi 92/43/ETY luontotyyppien sekä luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston suojelusta.

Nieminen, M., Ahola, A. (toim) 2017. Euroopan unionin luontodirektiivin liitteen IV lajien (pl. lepakot) esittelyt. Suomen ympäristö 1/2017: 1–278. Ympäristöministeriö.

Northern Star (Pogo) LLC 2020. Construction and Maintenance Plan. https://dnr.alaska.gov/mlw/mining/large-mines/pogo/pdf/pogo-poo5-june2020-4-dstf-cm.pdf (viitattu 27.8.2021)

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta – opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf (viitattu 26.5.2020)

Owens, A., Lewis, S. 2018. The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis, Ecology and Evolution 22, 11337-11358.

Oy Kati Ab 2014. Kirjallinen tiedonanto 19.10.2021 liittyen tulppauksessa ja kairauksissa käytettävään kalustoon. (Toissijainen viittaus, Eurofins Ahma Oy 2022c)

Paalumäki, T., Lappalainen, P., Hakapää, A. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Kaivosteollisuus ja Opetushallitus. ISBN 978-952-13-5778-7.

Pakkala, T., Tiainen, J., Väisänen, R. A. 2001. Kesäatlas käynnistyi vuonna 2000. - Linnut 36: 11–14.

Paterson & Cooke 2018. Tailings and Backfill Prefeasibility Report. 85 s. SALASSA PIDETTÄVÄ.

Perkin, E., K., Hölker, F., Tockner, K. 2013 The effects of artificial lighting on adult aquatic and terrestrial insects. Freshwater Biology. Vol 59.

Piper A. M. 1994. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Eos, Transactions American Geophysical Union 25, 914-928.

Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto 2022. Paarnitsa-aavan turvetuotantoalueen ympäristöluvan rauettaminen ja jälkihoitotoimenpiteiden vahvistaminen, Sodankylä. Päätös nro 59/2022, Dnro PSAVI/6100/2021, 28.4.2022.

Puumalainen, T. 2021. A 3D geological model and geochemical and hydrogeological properties of sediments in Kuusivaara, Sodankylä, Finland. University of Oulu, Degree Programme in Geosciences. M.Sc. thesis. May 2021.

Pääkkö, E. (toim.) 2004. Keski-Lapin aapasoiden luonto. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 145.

Pöyry Environment Oy 2009. Yara Suomi Oy. Soklin kaivoshankkeen YVA-selostus.

Pöyry Finland Oy 2018. AA Sakatti Mining Oy. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshanke. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma.

Raatikainen, M. 1989. Suomen lähteet. Terra 101, 329–332.

Ramboll Finland Oy 2013. Satojärven linnustoseuranta 2013. Kevitsa Mining Oy.

Ramboll Finland Oy 2014. Satojärven linnustoseuranta 2014. Kevitsa Mining Oy.

Ramboll Finland Oy 2016. Satojärven linnustoseuranta 2015. Kevitsa Mining Oy.

Ramboll Finland Oy 2019a. Sakatin alueen lähteiden biologinen kartoitus. Neumann, A., Lehvola, H. Loppuraportti. AA Sakatti Mining Oy.

Ramboll Finland Oy 2019b. Sakatin kaivoksen synnyttämä cleantech. Cleantech - vaikutukset. Raportti AA Sakatti Mining Oy:lle 15.3.2019.

Ramboll Finland Oy 2019c. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen 110 kV liityntävoimajohdon luontoselvitys.

Ramboll Finland Oy 2020a. Viiankiaavan itäosan potentiaalisten lähteiden biologinen kartoitus. Neumann, A., Mäkinen, J. Loppuraportti. AA Sakatti Mining Oy.

Ramboll Finland Oy 2020b. Sakatin aluetalousvaikutukset paikallisesti, alueellisesti ja kansallisesti. Aluetalousvaikutusten arviointi. Raportti AA Sakatti Mining Oy:lle 23.10.2020.

Ramboll Finland Oy 2020c. Ulkusijanaavan viitasammakkoselvitys. AA Sakatti Oy.

Ramboll Finland Oy 2020d. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen 110 kV liityntävoimajohdon ympäristöselvitys. 64 s. + liitteet.

Ramboll Finland Oy 2021. Viiankiaavan alueen potentiaalisten lähteiden biologinen kartoitus. Neumann, A., Nenonen, N. Loppuraportti. AA Sakatti Mining Oy.

Ramboll Finland Oy 2022a. Viiankiaavan alueen lähdekasvillisuusseuranta 2021.

Ramboll Finland Oy 2022b. Kenttäaavan ja Sakattilampien alueen lähteiden biologinen kartoitus. Neumann, A., Paikkatietoaineisto ja raporttiluonnos. AA Sakatti Mining Oy.

Ramboll Finland Oy 2023a. Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen vaikutukset Viiankiaavan Natura 2000 -alueeseen. AA Sakatti Mining Oy. Natura-arviointi – päivitetty 10.3.2023.

Ramboll Finland Oy 2023b. Kaivoshankkeeseen liittyvä viitasammakkoseuranta vuonna 2022. AA Sakatti Oy. Seurannan alustavat tulokset.

Ramboll Finland Oy 2023c. Kenttäaavan, Porokodanjänkän ja Viiankiaavan alueen potentiaalisten lähteiden kartoitus vuonna 2022, julkaisematon aineisto.

Rautio A. 2015. Groundwater–surface water interactions in snow-type catchments: integrated resources. Helsingin yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen laitos, Väitöskirjatyö.

Reijnen, R., Foppen, R. 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. Biodiversity and Conservation 6, 567–581.

Reijnen, R., Foppen, R. 2006. Impact of road traffic on breeding bird populations. Julkaisussa: The Ecology of Transportation: Managing Mobility for the Environment Environmental Pollution. 10: 255-274.

Repo, J., Auvinen, A.-P. 2011. Suolinnustoselvitys. Pohjois-Pohjanmaan ja Länsi-Kainuun suo-ohjelma. Pesimälinnustoinventoinnit 2011. Pohjois-Pohjanmaan lintutieteellinen yhdistys ry.

Roman, S., Peuraniemi, V., Lahermo, P. 2001. Pohjaveden hydrogeokemialliset ominaispiirteet Pohjois-Pohjanmaan liuskejaksolla. Kirjoituksia pohjavedestä. Turun yliopisto, Geologian laitos.

Ruddock, M., Whitfield, D.P. 2007. A Review of Disturbance Distances in Selected Bird Species. A report from Natural Research (Projects) Ltd to Scottish Natural Heritage.

Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Kämäräinen, M. 2016. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. Geophysica 51, 17–50.

Ruosteenoja, K., Jylhä, K. 2021. Projected climate change in Finland during the 21st century calculated from CMIP6 model simulations. Geophysica 56, 39–69.

Ruotsalainen, P. Ahokas, H., Heikkinen, E., Lindh, J., Nummela. J. 2000. Groundwater salinity at the Olkiluoto site. Raportti 2000-26, Posiva Oy.

Rupert Resources Ltd. 2021. Kehitettävänä korkealaatuisen, usean miljoonan unssin kultalöytö - Ikkarin alustava mineraalivarantoarvio. Syyskuu 2021. https://rupertresources.com/wp-content/uploads/2021/09/Infotkylille-syyskuu-2021.pdf (viitattu 6.2.2023)

Räisänen J. 2014. Sodankylän alueen maaperäkartoitus 2013–2014. Väliraportti, Geologian tutkimuskeskus.

Saamelaiskäräjät 2022. Saamelaiskäräjien hallituksen kokous 10/2022. Pöytäkirja 10/2022. 19.10.2022.

Sallantaus, T. 2006. Mire ecohydrology in Finland. - Teoksessa Lindholm, T., Heikkilä R (toim.), Finland - land of mires. The Finnish Environment 23, 105–118.

Salmela, J., Siivonen, S., Dominiak, P., Haarto, A.I, Heller, K., Kanervo, J., Martikainen, P., Mäkilä, M., Paasivirta, L., Rinne, A., Salokannel, J., Söderman, G., Vilkamaa, P. 2015. Malaise-hyönteispyynti Lapin suojelualueilla 2012–2014. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 221.

Salonen, V-P. 2019. Viiankiaavan ympäristön maaperän kehitys ja sen erityispiirteet. Summary: Quaternary history and sediments around the Sakatti deposit, Sodankylä. Raportti, AA Sakatti Mining Oy.

Salonen, V.-P. 2020. Viikinaavan hydrologiaan vaikuttavista tekijöistä. 15.5.2020. Salonen Environment.

Salonen, V-P. (toim.), Korkka-Niemi, K., Rautio, A., Åberg, A., Åberg, S. 2014. Recent Geological History of Sakatti Area, Sodankylä and its Hydro-Environmental Implications – A Baseline Study on Existing Surveys. Raportti, AA Sakatti Mining Oy.

Salonen, V-P. (toim.), Korkka-Niemi, K., Rautio, A., Koivisto, E., Åberg, A., Åberg, S., Suonperä, E., Laakso J., Lahtinen, T. 2015. Sakatti geoenvironments – Investigations on Quaternary sediments, hydrogeological conditions and groundwater–surface water interactions in Kersilö area, Sodankylä. Raportti, AA Sakatti Mining Oy.

Salonen, V.-P, Korkka-Niemi, K., Rautio, A., Koivisto, E., Åberg, A., Åberg, S. Laakso, J., Lahtinen, T., Suonperä, E. 2016. Sakatti geoenvironments. A baseline study on Quaternary sediments, hydrogeological conditions and groundwater – surface water interactions in Kersilö area, Sodankylä. AA Sakatti Mines OY Report. Helsinki, 101 s.

Saurola, P. (toim.) 1995. Suomen pöllöt. Kirjayhtymä Oy.

Sivakugan, N., Veenstra, R., Naguleswaran, N. 2015. Underground Mine Backfilling in Australia Using Paste fills and Hydraulic Fills. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering 1:18.

SMHI 2023. SMHI Hyperweb. Europe Climate Change. https://hypeweb.smhi.se/explore-water/climate-change-data/europe-climate-change/ (viitattu 3.1.2023)

Smit, C.J., Visser, G.J.M. 1993. Effects of disturbance on shorebirds: a summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta area. Wader Study Group Bulletin 68, 6-19.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2023. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

SRK Consulting Ltd. 2017. Waste rock geochemical characterisation report for the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au deposit, Finland. Anglo American Sakatti Oy. Salainen.

SRK Consulting Ltd. 2018a. Tailings geochemical characterisation report for the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au deposit, Finland.

SRK Consulting Ltd. 2018b. Sakatti Waste Rock ARD Week 40 Humidity Cell Update and Recommendations Memo.

SRK Consulting Ltd. 2019a. Sakatti Cu-Ni-PGE project. Pre-feasibility A study. Water management.

SRK Consulting Ltd. 2019b. Sakatti PFS-A Tailings Storage Facility Design Report. Anglo American Sakatti Oy, sisäinen raportti.

SRK Consulting Ltd. 2019c. A Hydrological Impact Assessment for the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au Deposit, Northern Finland. Prepared for Anglo American Sakatti Mining Oy, June 2019.

Stantec Consulting Ltd. 2020. Groundwater modeling Assessment of the Proposed Underground Mine at the Sakatti Cu-Ni-PGE-Au Deposit, Northern Finland.

Stantec Consulting Ltd. 2023. Proposed Sakatti Cu-Ni-PGE Underground Mine Water Quality Report -In Support of an Environmental Impact Assessment and Environmental Permitting. January 4, 2023.

Suomen lajitietokeskus 2023. https://laji.fi/taxon (luettu 6.3.2023).

Suomen ympäristökeskus 2010. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Ympäristöasioiden hallintakiviainestuotannossa. Suomen Ympäristö 25/2010.

Suomen ympäristökeskus 2017. Toiminnallisten alueiden karttapalvelu. www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=cbe696b4dc5b47c79513833bf04cf140&extent=1.7071,56.7279,62.3899,70.5947 (viitattu 1.4.2020).

Suomen ympäristökeskus 2019. Ymparisto.fi. Pohjavesi ja ilmastonmuutos. 10.7.2019 päivitetty artikkeli. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/Pohjavesien_tila/Pohjavesi_ja_ilmastonmuutos (viitattu 17.1.2023)

Suomen ympäristökeskus 2020a. Karttapalvelu. Tiivistelmä Natura 2000 –alueen suojeluperusteista. Valtioneuvoston päätös 2018 tietojen tarkistamisesta ja verkoston täydentämisestä. (http://syke.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=831ac3d0ac444b78baf0eb1b68076e1a).

Suomen ympäristökeskus 2020b. Huurresammallähteet. Esite 7220. www.ymparisto.fi/Luontotyyppiesittelyt (viitattu 14.2.2023)

Suomen ympäristökeskus 2022. Vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksen (VNa 1022/2006) 12 §:n mukainen suunnitelma – luonnos 15.11.2022. https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=afc22975-43fd-4fbe-8e6a-c5836b155f66 (viitattu 27.1.2023)

Suomen ympäristökeskus 2023. Vesitilanne. https://www.vesi.fi/karttapalvelu/?shortlink=3897&theme=valunta (viitattu 20.2.2023)

Söderman, T. 2003. Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi – kaavoituksessa, YVA-menettelyssä ja Natura-arvioinnissa. Ympäristöopas 109. Finnish Environment Institute. 196 s.

Sweco Industry Oy 2017. Kemijärven biojalostamon ympäristövaikutusten arviointiselostus. www.ymparisto.fi/kemijarvenbiojalostamoYVA (viitattu 13.8.2020).

Tahvanainen, T. 1999. Suosammalten ekologiset vasteet trofia- ja kosteusgradienteille. Pro Gradu tutkielma. Joensuu yliopisto. Biologian laitos.

Tenhola, M., Tarvainen, T. 2008. Purovesien ja orgaanisten purosedimenttien alkuainepitoisuudet Suomessa vuosina 1990, 1995, 2000 ja 2006. Tutkimusraportti 172, Geologian tutkimuskeskus.

Tiainen, J., Mikkola-Roos, M., Below, A., Jukarainen, A., Lehikoinen, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Sirkiä, P., Valkama, J. 2016. Suomen lintujen uhanalaisuus 2015. – The 2015 Red List of Finnish Bird Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.

Tolonen, E-T., Hu, T., Rämö, J., Lassi, U. 2016. The removal of sulphate from mine water by precipitation as ettringite and the utilisation of the precipitate as a sorbent for arsenate. Journal of Environmental Management 181. ss. 856–862. ISSN 0301-4797.

Tolonen, J., Leka, J., Yli-Heikkilä, K., Hämäläinen, L., Halonen, L. 2019. Pienvesiopas – pienvesien tunnistaminen ja lainsäädäntö. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 36. 97 s.

Tolvanen, P. 1997. Luonnontilainen metsän ja suon reuna - Tutkimus reunavyöhykkeen leveydestä ja kasvillisuudesta. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 84.

Tukes 2023. Kaivosrekisterin karttapalvelu. https://gtkdata.gtk.fi/kaivosrekisteri/ (luettu 24.2.2023)

Työterveyslaitos 2018. Työhygieeninen esiselvitys, lausunto vaiheesta 3: koemurskaus. Lausunto TYHYG 2018 375090.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 978/2021. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 190/2013. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 717/2009. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus luonnonsuojeluasetuksen muuttamisesta 471/2013. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (PIMA-asetus) 214/2007. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien teollisen käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 856/20212. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta 341/2009. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen liitteen 1 muuttamisesta 1090/2016. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 1308/2015. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 277/2017. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Valtioneuvoston päätös Euroopan unionin Natura 2000 -verkoston Suomen ehdotuksen ja ilmoituksen täydentämisestä ja Natura 2000 -alueiden tietojen tarkistuksista. YM/2018/82.

Valtioneuvoston päätös Euroopan unionin Natura 2000 -verkoston Suomen ehdotuksen ja ilmoituksen täydentämisestä ja Natura 2000 -alueiden tietojen tarkistuksista. YM/2018/82.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Vataset 2023. Kemijärven biojalostamo. https://www.vataset.com/ (viitattu 6.2.2023)

Veijalainen, N., Jakkila, J., Nurmi, T., Vehviläinen, B., Marttunen, M., Aaltonen, J. 2012. Suomen vesivarat ja ilmastonmuutos – vaikutukset ja muutoksiin sopeutuminen. WaterAdapt-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 16. Suomen ympäristökeskus.

Veolia Water Technologies 2022. ACTIFLO® Pack ACP2 (series) The Ultimate Microsand enhanced clarifier. https://www.veoliawatertech.com/en/solutions/technologies/actiflo-pack (viitattu 6.2.2023)

Vesi-Eko Oy 2023. Virtaamamittaukset. Julkaisematon.

Vesilaki 587/2011. Suomen sähköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Vuori, K-M. 2002. Vesisammal- ja vesiperhosmenetelmät Jokivesistöjen haitallisten aineiden riskinarvioinnissa ja seurannassa. Länsi-Suomen ympäristökeskus, Vaasa. Suomen ympäristö 571.

Väistö, E. 2018. Kasvillisuuden rakenne erityyppisissä metsien reunoissa. Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, metsätieteiden osasto. Metsätieteen pro gradu, erikoistumisala metsien hoito ja metsäekosysteemit.

Väisänen, R. A., Lammi, E., Koskimies, P. 1998. Muuttuva pesimälinnusto. Otavan kirjapaino, Keuruu.

Väylävirasto 2019. Kalliotunnelin kalliotekninen suunnitteluohje. Väyläviraston ohjeita 28/2019. VÄYLÄ/6845/06.04.01/2019. 103 s.

Wickland and Longo 2017. Mine waste case examples of stacked tailings and co-disposal. Colder Associates. 8 November 2017. Tailings and Mine Waste 2017. https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=dWFsYmVyd-GEuY2F8dG13LTE3fGd4OjQ5NjgxZTBkNjM0YzY2MTg (viitattu 27.8.2021)

Wilson, S., Calverd, J. 2011. Benefits of paste aggragate fill. Minefill 2011. International Conference on Mining with Backfill, The South African Institute of Mining and Metallurgy. 8 s.

YLE 2022. Kemijärven sellutehdashankkeen perustanut Boreal Bioref hakeutui konkurssiin – velkoja hakemuksen mukaan yhteensä 5 miljoonaa euroa. 11.4.2022. https://yle.fi/a/3-12399153 (viitattu 6.2.2023)

ymparisto.fi 2020a. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Vesienhoidon suunnittelu ja yhteistyö. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyo (viitattu 5.11.2020)

ymparisto.fi 2020b. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Vesienhoidon suunnitelmat, ohjelmat sekä koosteet ja arvioinnit. Vesienhoidon suunnittelu ja yhteistyö. https://www.ymparisto.fi/fi/FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyo/Suunnittelumateriaalia_ja_julkaisuja (viitattu 5.11.2020)

ymparisto.fi 2020c. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Pintavesien luokittelun periaatteet. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pintavesien_tila/Pintavesien_luokittelu (viitattu 5.11.2020)

Ympäristöministeriö 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014.

Ympäristöministeriö 2018. Viiankiaavan Natura-alueen tietolomake.

Ympäristöministeriö 2019. Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:2.

Ympäristöministeriön asetus Natura 2000 –verkostoon kuuluvien alueiden luettelosta 354/2015. Suomen säköinen säädöskokoelma (www.finlex.fi).

Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertta. https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat

Åberg, A. 2021. The use of geological 3D models to unravel Weichselian glacial history in Central Finnish Lapland and their application in groundwater flow modelling. University of Helsinki, Faculty of Science, Department of Geosciences and Geography A – URN:ISSN:1798-7911

Åberg, A., Salonen, V-P., Korkka-Niemi, K., Rautio, A., Koivisto, E., Åberg, S. 2017a. GIS-based 3D sedimentary model in visualizing complex glacial deposition in Kersilö, Finnish Lapland. Boreal Env. Res. 22, 277–298.

Åberg, S.C., Åberg, A.K., Korkka-Niemi, K., Salonen, V-P. 2017b. Hydrostratigraphy and 3D Modelling of a Bank Storage Affected Aquifer in a mineral exploration area in Sodankylä, Northern Finland. IMWA 2017 Mine Water and Circular Economy. Wolkersdorfer, C., Sartz, L., Sillanpää, M., Häkkinen, A. (toim.).

Åberg, S.C., Korkka-Niemi, K., Rautio, A., Salonen, V-P., Åberg, A. 2019. Groundwater recharge/discharge patterns and groundwater-surface water interactions in a sedimentary aquifer along the River Kitinen in Sodankylä, northern Finland. Boreal Environment Research 24, 155–187. ISSN 1797-2469.

Åberg, A.K., Åberg, S.C., Korkka-Niemi, K. 2021. Three-dimensional hydrostratigraphy and groundwater flow models in complex Quaternary deposits and weathered/fractured bedrock: evaluating increasing model complexity. Hydrogeology Journal 29, 1043–1074.

Åberg, S.C., Korkka-Niemi, K., Rautio, A., Åberg, A.K. 2022. The effect of river regulation on groundwater flow patterns and the hydrological conditions of an aapa mire in northern Finland. Journal Of Hydrology: Regional Studies 40, 101044.