

LIITE 12: SAKATIN VESISTÖKUORMITUKSEN VAIKUTUS
KITISEN AINEPITOISUUKSIIN JOKIMALLIN AVULLA ARVI-
OITUNA, AFRY FINLAND OY 2023

AA Sakatti Mining Oy

Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin jokimallin avulla arvioituna

Päivitys YVA-selostuksen täydennysasiakirjaan 6.2.2023, v8

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Mallinnuksen tavoite.....	4
1.2	Kohdealue	4
1.3	Laskennassa käytetyt purkupisteet	4
2	Virtauslaskenta	6
2.1	Laskentamalli	6
2.2	Mallihilat.....	6
2.3	Kitisen virtaamat 2010-2021	7
2.4	Laskentajaksot	8
2.5	Voimaloiden käyttö	8
2.6	Virtaamatietojen käyttö mallissa	9
2.7	Ilmastonmuutoksen vaikutus virtaamiin	10
3	Vedenlaatulaskenta	11
3.1	Laskentamalli	11
3.2	Taustapitoisuudet	11
3.3	Yläpuoliset pistekuormitukset	12
3.4	Laskennassa käytetty Sakatin kaivoksen kuormitus	12
3.5	Vedenlaatumuuttujien laskentamenetelmä	16
3.6	Laskentaskenaariot	17
4	Tulokset, kuormitus TT1	19
4.1	Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso).....	19
4.2	Sulfaatti, pitoisuudet ja pitoisuusnousut voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)	21
4.3	Sulfaatti, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B.....	24
4.4	Sulfaatti, SA13 (kuiva) ja SA17 (keskimääräinen) -skenaarioiden vertailu	28
4.5	Nikkeli, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso)	29
4.6	Nikkeli, pitoisuudet ja pitoisuusnousut voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)	32
4.7	Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B	34

4.8	Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)	37
4.9	Kokonaisfosfori, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)	39
4.10	Kupari (Cu), Kromi (Cr)	41
4.11	Kadmium (Cd)	43
4.12	Elohopea (Hg)	43
4.13	Antimoni (Sb)	44
4.14	Arseeni (As)	44
4.15	Lyijy (Pb)	45
5	Tulokset, kuormitus TT4	46
5.1	Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso)	46
5.2	Sulfaatti, pitoisuudet ja pitoisuusnousut voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)	48
5.3	Sulfaatti, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B	51
5.4	Sulfaatti, SA13 (kuiva) ja SA17 (keskimääräinen) -skenaarioiden vertailu	55
5.5	Nikkeli, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso)	57
5.6	Nikkeli, pitoisuudet ja pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)	58
5.7	Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B	61
5.8	Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)	65
5.9	Kokonaisfosfori, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)	66
5.10	Kupari (Cu), Kromi (Cr)	69
5.11	Kadmium (Cd)	70
5.12	Elohopea (Hg)	70
5.13	Antimoni (Sb)	71
5.14	Arseeni (As)	71
5.15	Lyijy (Pb)	72
6	Vaikutukset Kitisen ekologiseen ja kemialliseen tilaan	73
6.1	Nykyiset luokittelutulokset	73
6.1.1	Ekologinen tila	75
6.1.2	Ekologinen potentiaali	77
6.1.3	Kemiallinen tila	77
6.2	Hankkeen vaikutukset	77
6.2.1	Vedenlaatu	77

6.2.2	Biologiset tekijät.....	81
7	Yhteenveto	85
8	Lähdeluettelo	87

AFRY Finland Oy,
Ympäristötutkimus,
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

Copyright © AFRY Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman AFRY Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

1 Johdanto

AA Sakatti Mining Oy suunnittelee monimetallikaivoshanketta Sodankylään, Kemijoen vesistöalueeseen kuuluvan Kitisen rannalle. Kaivoksen päätuotteena tulevat olemaan tulevat olemaan kupari- ja nikkelikasteet tai mahdollisesti Ni-Cu yhteisrikaste. Esiintymän louhinta tullaan toteuttamaan maanalaisena louhintana. Mineraalien rikastus tapahtuu vaahdotusprosessilla kemikaalien avulla.

Tässä raportissa on arvioitu suunnitellun Sakatin kaivoksen päästöjen vaikutusta Kitisen joen ja joessa olevien patoaltaiden vedenlaatuun jokimallin avulla. Kuormituksen leviämistä arvioitiin kahdella eri kuormituskenaariolla (TT4 ja TT1) sekä kahdesta eri purkupaikasta. Lisäksi tarkasteltiin erillisissä skenaarioissa Sakatin yhteisvaikutuksia alueella jo toimivan Kevitsan kaivoksen kanssa. Arviointi tehtiin keskimääräisissä sekä vähävetisissä virtaamaolosuhteissa.

Kuormituksen leviämisestä Kitisen jokialueella tehtiin aiemmin mallinnus, joka raportoitiin vuonna 2020 jätetyn ympäristövaikutusten arviointiselostuksen yhteydessä (AFRY Finland Oy 2020). Yhteysviranomaisen edellytti kuitenkin täydennystä YVA-selostukseen liittyen pääasiassa pohjaveden virtausmallinnukseen, minkä seurauksena myös kaivoksen vesitase ja kuormitusarviot on päivitetty (AFRY Finland Oy 2023). Tässä raportissa esitetyssä laskennassa on käytetty näitä päivitettyjä kuormitusarvoja.

1.1 Mallinnuksen tavoite

Tarkastelun kohteena olivat sulfaatti- ja nikkelpitoisuudet. Mallinnettujen suolapitoisuuksien perusteella arvioitiin laskennallisesti myös kokonaistypen ja -fosforin sekä metalleista antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin ja lyijyn pitoisuuksia. Tulosten perusteella tarkasteltiin myös hankkeen vaikutuksia Kitisen ekologiseen ja kemialliseen tilaan.

1.2 Kohdealue

Mallialue rajattiin välille Vajukoski – Kemijoen tulovirtaama Kemijärveen. Alustavien laimenemislaskentojen perusteella arvioitiin, että Sakatin kuormituksen aiheuttamat pitoisuusnousut mallinnusalueen alareunalla ovat pieniä, jopa alle määräysrajojen, mistä johtuen pitoisuuksien laimenemista Kemijärvessä ei ole tarpeen erikseen mallintaa.

Karttakuva mallinnusalueesta Vajukoskelta Kemijärvelle ja tarkempi kuva Kelukosken altaasta on esitetty kuvassa 1. Kitinen on noin 235 km pitkä Kemijoen sivujoki, joka alkaa Porttipahdan tekojärvestä ja loppuu yhtyessään Kemijokeen Pelkosenniemen kuntakeskuksen yläpuolella. Pelkosenniemeltä Kitisen vedet jatkavat Kemijoen vesiin sekoittuneena noin 30 km matkan Kemijärveen.

1.3 Laskennassa käytetyt purkupisteet

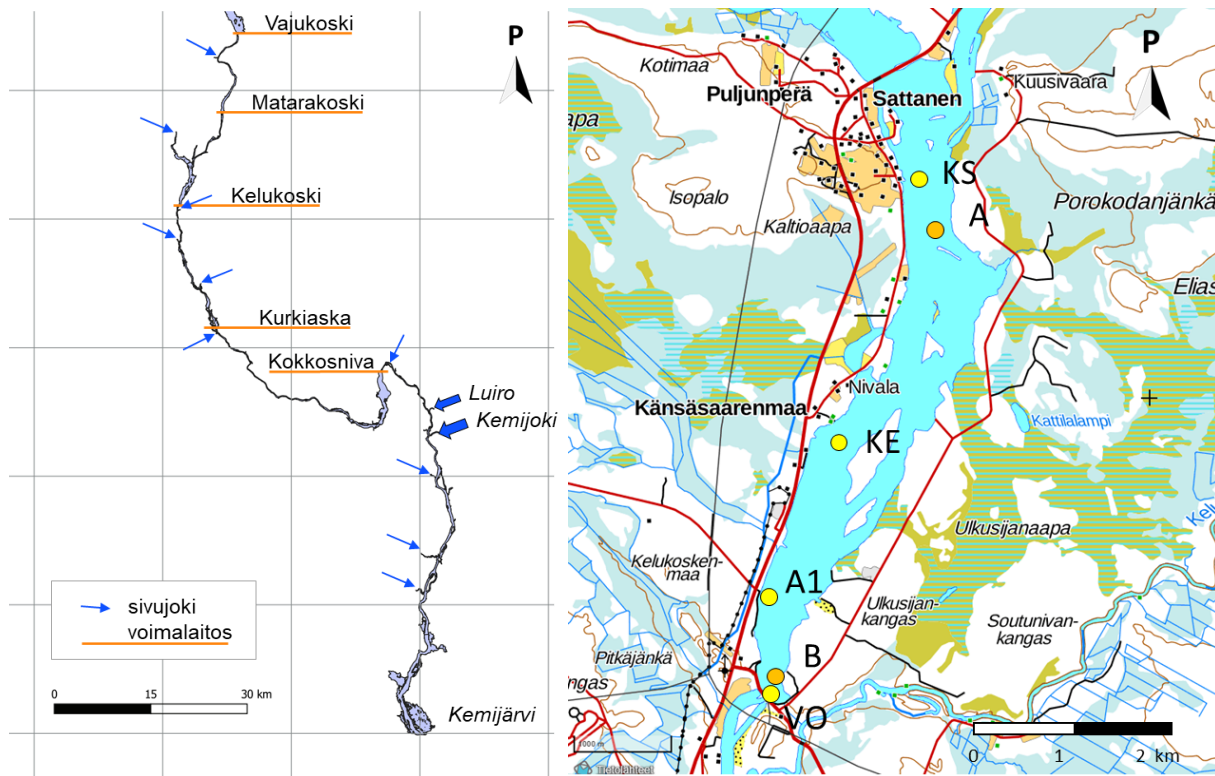
Sakatin kaivoksen ylijäämävedet on suunniteltu johdettavan kaivosalueelta vesienkäsittelyn jälkeen Kitiseen Kelukosken voimalaitoksen altaaseen. Voimalaitos on yläjuoksulta lukien viides, sen yläpuolella ovat Matarakosken, Vajukosken, Kurittukosken ja Porttipahdan voimalaitokset ja alapuolella ennen Kemijärveä kaksi voimalaitosta, Kurkiaska ja Kokkoniva. Joen varrella Kelukosken alapuolella sijaitsevat Sodankylän ja Pelkosenniemen kuntakeskukset sekä useita em. asutuskeskuksia pienempiä kyliä.

Puhdistetut ylijäämävedet johdetaan jokeen kaivosalueelta putkea pitkin. Tässä raportissa on arvioitu kahden Kelukosken altaaseen suunnitellun vaihtoehtoisen purkupaikan vaikutuksia. Arvioidut purkupaikat on esitetty kartalla kuvassa 1. Purkupaikka voidaan sijoittaa joko joen rannalle tai pohjaan. Tässä työssä purkuputki on sijoitettu joen pohjalle, tarkemmin toiseksi alimpaan mallikerrokseen. Kuormitusmäärät on esitetty luvussa 3.4.

Ylempi purkupiste A on sijoitettu paikkaan, jossa puhdistetun ylijäämäveden sekoittuminen koko Kitisen vesimäärään on todennäköistä. Alempana joki jakautuu kahteen uomaan, jolloin sekoittuminen jokiveteen ei ole yhtä tehokasta. Toisaalta purkupaikka A on jonkin verran alavirtaan Sattasen kylästä. Ei ole todennäköistä, että puhdistettua jätevettä kulkeutuisi suuressa määrin ylävirran suuntaan. 'Nivala' karttasanan kohdalla jokiuomat yhtyvät, jolloin

purkupaikka olisi tehokkaan sekoittumisen kannalta mahdollista sijoittaa patoaltaaseen myös tälle tasalle. Alempi mallinnettu purkupiste B sijoittuu välittömästi Kelukosken padon yläpuolelle. Myös tässä pisteessä jätevesi sekoittuu koko joen vesimäärään. Vajukosken altaaseen purettava Kevitsan kaivoksen vesien purkukohta sijoittuu myös välittömästi Vajukosken padon yläpuolelle, alempi purkupiste B noudattaa tässä vastaavantyyppistä ratkaisua.

Kitistä kuormittaa myös Sakatista katsottuna yläjuoksulla oleva Kevitsan kaivos, jonka kuormitus tulee Kitiseen Vajukosken altaaseen päätyvän purkuputken kautta ja osittain myös Mataraojan kautta. Kevitsan kuormituksen yhteisvaikutus on tässä otettu huomioon vuosien 2012-2018 toteutuneen kuormitustason mukaisena.



Kuva 1. Kitisen (ja alajuoksulla Kemijoen) uoma välillä Vajukoski – Kemijärvi (vasemmalla), sekä Sakatin kaivoksen puhdistettujen ylijäämävesien purkupaikat Kelukosken altaassa, vaihtoehto A (Porokota) ja B (Kelukoski), sekä tulostuksessa käytetyt aikasarjapisteet (KS, KE, A1, VO). Kelukosken altaan karttapohja Maanmittauslaitoksen Karttapaikalta (Maanmittauslaitos 2017).

2 Virtauslaskenta

2.1 Laskentamalli

Laskentaan käytettiin Delft3D-virtausmallin versiota 4.04.01. Laskentamalli on kaupallinen ja yleisesti käytetty, lisätietoja mallista löytyy mallin toimittajan [www-sivustolta \(www.deltares.nl\)](http://www.deltares.nl).

Jokaisen kahden voimalaitoksen väliselle alueelle tehtiin erillinen laskentamalli. Virtaaman reunaehtona käytettiin mitattuja voimalaitosten juoksutuksia. Virtauslaskennan osalta laskentamallit kytkeytyvät yhteen voimalaitosten virtaamien kautta, sillä yläpuolisen mallin alareunan virtaama on tällöin sama kuin alapuolisen mallin yläreunan virtaama. Vedenlaadun osalta malli kytkettiin yhteen käyttämällä yläjuoksun mallin laskemia pitoisuuksia alajuoksun mallin yläreunaehtona.

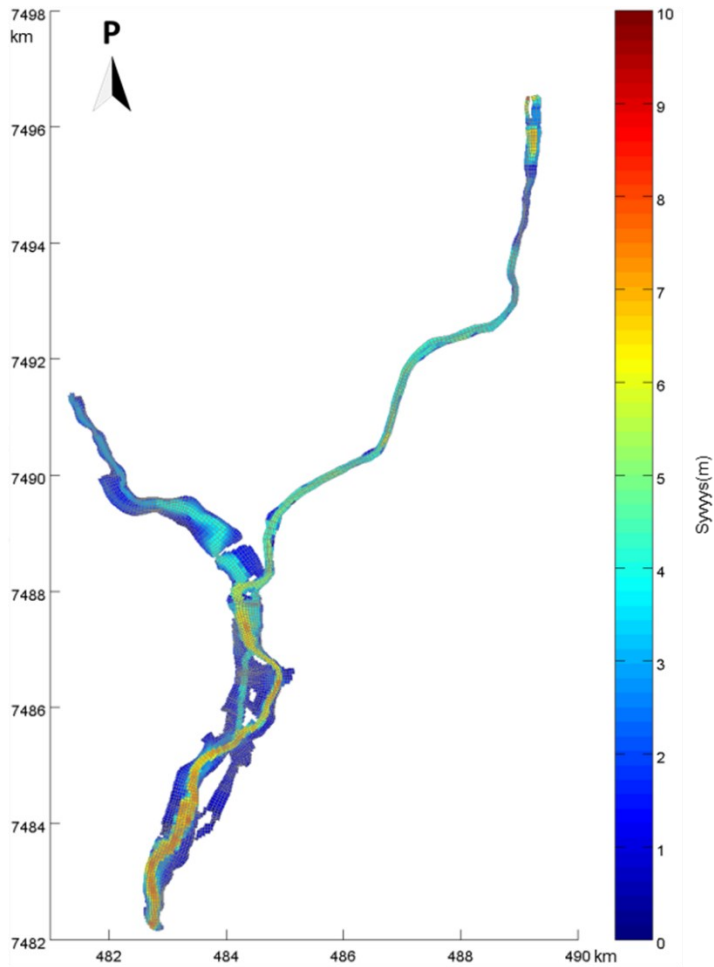
2.2 Mallihilat

Jokialueen mallihilat konstruointiin rantaviivoja seuraaviksi. Menetelmä sopii hyvin jokialueiden mallintamiseen. Kitisen syvyystietoina käytettiin Kemijoki Oy:ltä saatuja poikkileikkaustietoja, sekä lisäksi Kelukosken altaalle maastotietokannan korkeuskäyriä. Kemijoki Oy:n syvyystiedot olivat mitattuja poikkileikkausprofiileja, joita oli jokivarresta vaihtelevin välein. Poikkileikkaustiedot oli alun perin kerätty Kitisen patojen tulvalaskentaa varten, ja ne olivat saatavilla joko paperidokumentteina tai tulvalaskentaohjelma lähtötietoaineistosta tekstitiedostona. Tässä käytettiin jälkimmäistä aineistoa. Poikkileikkaustiedot siirrettiin ensin gis-muotoon, minkä jälkeen ne jouduttiin sijoittamaan käsin paikalleen, sillä lähtötiedoista puuttui poikkileikkausten tarkka sijaintitieto. Poikkileikkauksia oli paikoitellen varsin harvassa, joten kahden poikkileikkauksen väliltä puuttuvat tiedot on interpoloitu ylä- ja alapuolisesta poikkileikkaustiedosta. Saadut syvyystiedot eivät ole tarkkoja, mutta tietojen katsottiin tässä riittävän hyvin vedenlaatumallinnukseen, sillä jokialueilla vedenlaatua laskettaessa tarkkaa syvyysarvoa selvästi olennaisempi tieto on joen virtaama.

Jokialueet laskettiin kaksi- tai kolmiulotteisena siten, että Kelukosken allas ja Kelukosken – Kurkiaskan väliset osuudet laskettiin 3-ulotteisina. Kelukosken allas jaettiin vielä osiin siten, että VT4 länsipuolinen osuus ja Kitisen osuus Myllymaasta ylöspäin laskettiin 2d-kytkettynä mallina Kelukosken altaan 3d-mallin kanssa. Sekä Kelukosken allas, että sen alapuolinen jokijakso olivat syvyyksiltään pääosin alle 10 m. Vertikaalisuuntaisena mallihilana käytettiin ns. σ -hila, jossa mallin jokaisessa pisteessä mallihilan kerroksia oli Kelukosken altaassa kahdeksan ja Kelukosken alapuolella viisi. Hilan kerrospaksuudet vaihtelivat syvyyden mukaan 0,1 – 2 m välillä kuitenkin siten, että kaikki kerrokset olivat yhdessä pisteessä aina saman syvyisiä. Laskennassa käytettyjen mallihilojen keskeiset tiedot on esitetty taulukossa 1. Kelukosken altaan mallihila on esitetty kuvassa 2.

Taulukko 1: Mallihilan tiedot hilatasoittain

Hilan alue	x-dim	y-dim	Hila-koppeja	2/3D	x-koko (km)	y-koko (km)	Kerros-määrä
Vajukoski-Matarakoski	10	148	1460	2	4	14	1
Matarakoski-Kelukoski	126	381	5497	2&3	8	13	8
Kelukoski- Kurkiaska	21	275	2670	3	5	19	5
Kurkiaska-Kokkosniva	5	342	1674	2	19	15	1
Kokkosniva-Kemijärvi	10	612	3450	2	9	40	1

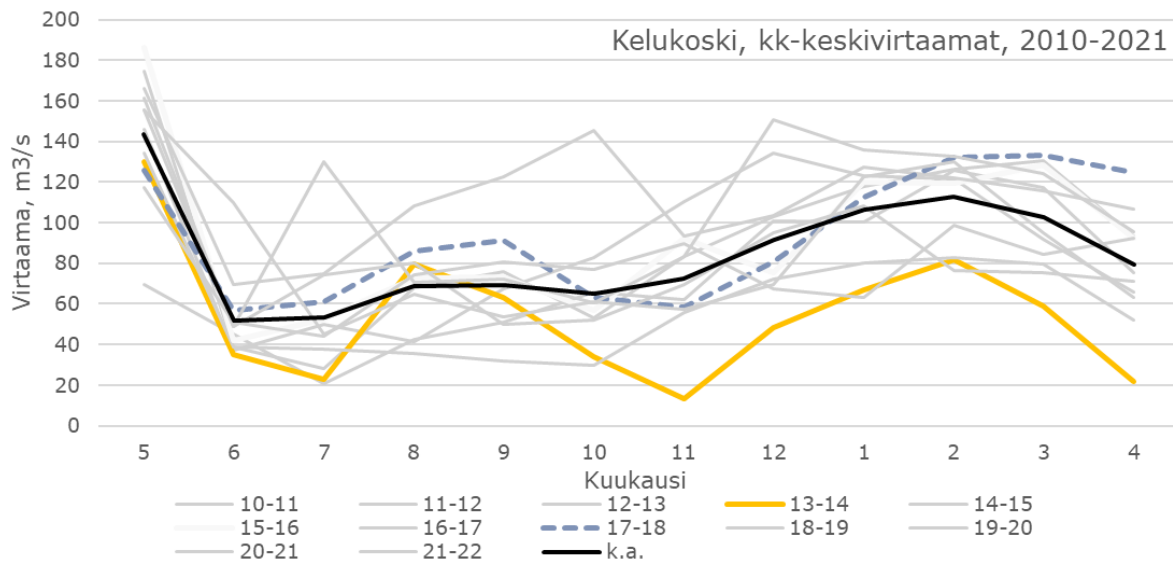


Kuva 2. Matarakoski-Kelukoski välisen jokiosuuden mallihila.

2.3 Kitisen virtaamat 2010-2021

Kitisen virtaamia jaksolla 2010-2021 Kelukosken voimalaitoksen kohdalla on tässä vertailtu keskiarvoon. Tavoitteena oli valita laskentaan keskimääräistä ja kuivaa vuotta edustava laskentajakso.

Kuvassa 3 on esitetty kuukausikeskiarvot laskentajaksojen virtaamista, ja keskivirtaamista (2010-2021). Jakso 05/2013-04/2014 on kuivin ja jakso 05/2017-01/2018 edustaa hyvin touko-tammikuun keskimääräisiä virtaamia.



Kuva 3. Kelukosken kuukausikeskiarvovirtaamat valituilla laskentajaksoilla (vuodelle 05/2013-04/2014 (kuiva virtaamajakso) ja 05/2017-04/2018 (keskimääräinen virtaamajakso)) sekä toukokuu-huhtikuu jaksot vuosina 2010-2021.

2.4 Laskentajaksot

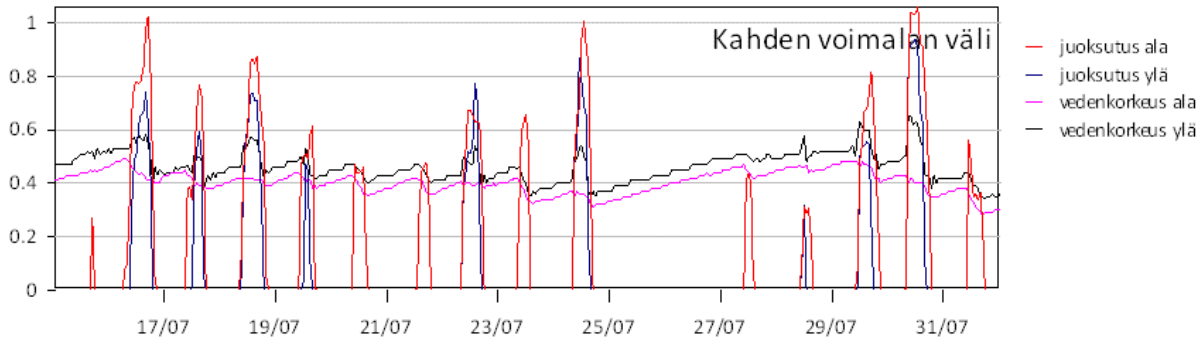
Joen viive keskimääräisellä virtaamalla on pieni, mistä johtuen joen vedenlaatu määräytyy pitkälti virtaaman perusteella. Tästä johtuen laskentajaksojen valinta perustuu mitattuihin virtaamatietoihin. Tässä laskentajakso valittiin vuosien 2010-2021 Kelukosken virtaaman perusteella. Laskentajaksoja valittiin kaksi, toinen edustamaan keskimääräistä ja toinen kuivaa virtaamatilannetta. Kuivaa vuotta/jaksoa edustavaksi aikaväliksi valittiin jakso 1.6.2013 - 31.5.2014 (12 kk keskiarvo 55 m³/s). Keskimääräistä virtaamajaksoa edustavaksi aikaväliksi valittiin jakso 1.6.2017-15.1.2018 (7,5 kk virtaaman keskiarvo 73 m³/s). Valintaperusteet on esitetty edellä luvussa 2.3.

Tuloksia on osin esitetty myös kuukauden mittaisilta jaksoilta. Kuivaksi kesäkuukaudeksi valittiin aikaväli 1.7.2013 - 1.8.2013. Myös jaksoa edeltävä kesäkuu oli vähävirtaamainen. Keskimääräistä kesätilannetta edustamaan valittiin jakso 15.7.2017 - 15.8.2017. Talvikuukausien (lokakuu-huhtikuu) virtaama oli keskimäärin 90 m³/s. Keskimääräistä talvikuukautta edustamaan valittiin jakso 15.12.2017 - 15.1.2018. Jakso 1.11 - 30.11.2013 oli puolestaan koko tarkastelujakson pienivirtaamaisin kuukausi, joten se valittiin edustamaan vähävetistä talvikuukautta.

2.5 Voimaloiden käyttö

Kahden perättäisen voimalaitoksen käyttöä on esitetty kuvassa 4 Matarakosken (ylempi) ja Kelukosken (alempi) voimaloiden tiedoilla. Kuvassa on näkyvissä ylemmän voimalan juoksutus, ylemmän voimala alapuolinen vedenkorkeus, alapuolisen voimalan juoksutus ja alapuolisen voimalan yläpuolen vedenkorkeus.

Datasta näkyy, että juoksutukset molemmissa voimaloissa on tehty samalla jaksotuksella. Alemmasta voimalasta juoksutetaan jonkin verran enemmän vettä, sillä voimaloiden väliseen altaaseen laskee sivujokia. Juoksutusten välillä vedenkorkeus nousee myös ylemmän voimalan alapuolella. Tämä johtuu siitä, että sivujokien / lähivaluma-alueiden virtaamat täyttävät allasta silloin kun voimalaitokset ovat kiinni ja juoksutus on nolla.



Kuva 4. Kahden voimalaitoksen (Matarakoski (ylempi) ja Kelukoski (alempi)) välinen allas, juoksutus ja vedenkorkeus.

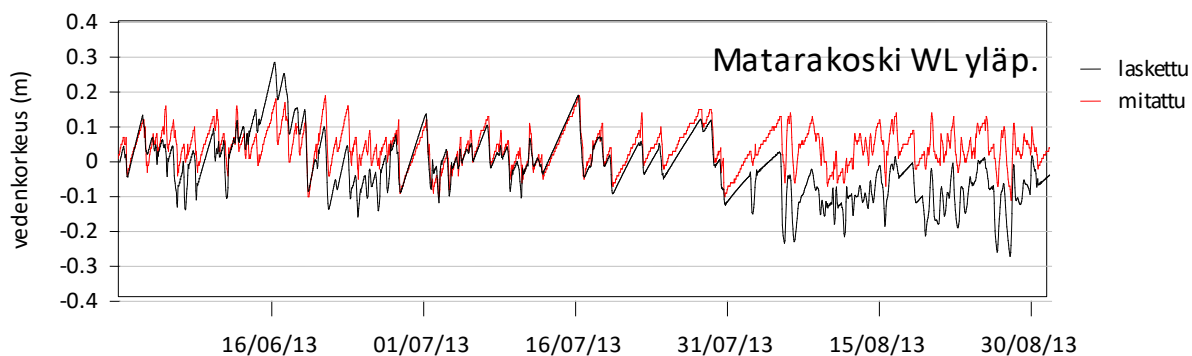
2.6 Virtaamatietojen käyttö mallissa

Virtaaman reunaehtona käytettiin Vajukosken, Matarakosken, Kelukosken ja Kurkiaskan voimalaitoksilta tunnin tarkkuudella mitattuja voimalaitosten juoksutuksia, jotka saatiin Kemijoki Oy:ltä. Kokkosnivalle käytettiin päivän tarkkuuden virtaamia, jotka haettiin Hertta-tietokannasta (Suomen ympäristökeskus 2019). Virtauslaskennan osalta mallit kytkeytyvät yhteen voimalaitosten virtaamien kautta, sillä yläpuolisen mallin alareunan virtaama on tällöin sama kuin alapuolisen mallin yläreunan virtaama.

Kahden voimalaitoksen välille sivujoista tulevat kokonaisvesimäärä laskettiin vähentämällä alapuolisen padon virtaamasta yläpuolisen padon virtaama. Eri sivujokiin kokonaisvirtaama jaettiin sivujokien valuma-alueiden pinta-alojen suhteessa. Kokkosnivan alapuolisten Kitiseen ja Kemijokeen laskevien pienten jokien virtaamat haettiin Suomen Ympäristökeskuksen WSFS-järjestelmästä. Ylä-Kemijoen virtaamana käytettiin Kemihaaran mittauspisteessä (piste 1360) mitattua virtaamaa, joka haettiin SYKEN Hertta-järjestelmästä.

Sivujokien virtaamat laskettiin siis voimalaitoksilla mitattujen virtaamien erotuksesta. Sivujokien virtaamiin tuli tällä menetelmällä kuitenkin säännöstelystä johtuvaa päivävaihtelua, mikä ei todennäköisesti kuitenkaan ole peräisin sivujokien virtaamista. Vaihtelun poistamiseksi sivujokien virtaamia keskiarvotettiin, jolloin päivävaihtelu saatiin poistettua. Keskiarvotus aiheutti kuitenkin jonkin verran poikkeamaa vedenkorkeuksiin, toisin sanoen vedenkorkeus pidemmällä jaksolla on kohtalaisen hyvällä tarkkuudella oikein, mutta lyhyemmällä aikavälillä laskettu vedenkorkeus voi erota jonkin verran mitatusta arvosta.

Sivujokien virtaaman laskennan toiminta varmistettiin vertaamalla mitattua vedenkorkeutta laskettuun vedenkorkeuteen. Kuvassa 5 on esitetty laskettu ja mitattu vedenkorkeus Vajukoski – Matarakoski altaalle. Kuvasta nähdään, että vedenkorkeuden vaihtelu toistuu mallissa hyvin, mutta taso heittelee jonkin verran johtuen em. mainitusta sivuvirtaamien keskiarvottamisesta.



Kuva 5. Mitattu ja laskettu vedenkorkeus, Matarakosken yläpuolinen piste.

2.7 Ilmastonmuutoksen vaikutus virtaamiin

SYKE:n vuonna 2018 julkaistussa tutkimuksessa (Veijalainen et al. 2018) on arvioitu Kemijoen alueen virtaamien muuttumista eri päästöskenaarioilla ja eri aikajaksoilla. Tässä em. raportin tuloksista tarkastellaan aikavälin 2020-2049 ja päästöskenaarion RCP4.5 ennusteita. RCP4.5-päästöskenaarioissa päästöt kasvavat aluksi hieman, mutta kääntyvät laskuun vuoden 2040 tienoilla. RCP4.5-ilmastonmuutosskenaarion soveltamiseen on päädytty YVA-yhteysviranomaisen kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta.

Raportin mukaan em. päästöskenaariolla ja aikajaksolla Kemijoen alueella kuukausittainen sadanta kasvaa 4-10 % ja lämpötila nousee noin 1,5 – 2,5 °C kuukaudesta riippuen. Suurimmat lämpötilan ja sademäärän nousut sijoittuvat talveen.

Sademäärän ja lämpötilan muutoksista johtuen syksyn, talven ja kevään aikaiset virtaamat Kemijärven yläpuolisella valuma-alueella nousevat. Talviajan virtaaman nousevat eniten, 18 – 27 %, ja kevään ja syksyn virtaamien nousu on noin 10 % tasolla.

Kesän virtaamien (Kemijärven tulovirtaama) arvioidaan ilmastonmuutoksen seurauksena laskevan noin 13- 16 % verran. Kesäajan virtaaman väheneminen johtuu paljolti kevättulvan aikaistumisesta. Nykyisin tulvapiikki sijoittuu touko-kesäkuulle, mutta jatkossa tulva aikaistuu, jolloin aikaisemmin kesälle osunut tulvavirtaama siirtyy kevään puolelle. Karkealla tasolla voi ajatella, että tuleva kesä- ja heinäkuun virtaamatilanne vastaa jatkossa suunnilleen aikaisempaa heinä- ja elokuun tilannetta virtaamien osalta.

Kitisen nykytilanteeseen verrattuna ilmastonmuutos lisää virtaamia vuositasolla, kevättulvan kokonaisvirtaama pienenee ja lisäksi tulva siirtyy aikaisempaan ajankohtaan keväällä. Kevättulvan jälkeinen tilanne pysynee nykytilannetta vastaavana, sillä vaikka sademäärä keskimäärin kasvaa, myös haihdunta suurenee.

Yleisellä tasolla ilmastonmuutos vaikuttaa Kitisellä pistekuormitusten aiheuttamiin pitoisuuksiin siten, että kuormitusten aiheuttamat pitoisuudet keskimäärin pienentyvät, kun virtaamien kasvaessa kuormitus laimentuu nykytilannetta suurempaan vesimäärään. Poikkeuksen muodostavan kuivat jaksot, joiden toistuvuus tai kesto voi ilmastonmuutoksen seurauksena muuttua huonompaan suuntaan. Laajan mittakaavan ilmastomallien mukaan kuivuusjaksojen lisääntymistä tai voimistusta ei Pohjois-Suomessa kuitenkaan ole odotettavissa (Forzieri et al. 2014, Veijalainen et al. 2018).

3 Vedenlaatulaskenta

3.1 Laskentamalli

Vedenlaatulaskenta tehtiin virtausmallia käyttämällä. Veden tiheys laskettiin mallissa veden lämpötilan ja kokonaissuolapitoisuuden perusteella, joten kuormitukselle oli arvioitava jokin kokonaissuolapitoisuus. Kuormituksen kokonaissuolapitoisuus arvioitiin tässä siten, että kokonaissuolapitoisuudeksi asetettiin 2 x ylijäämaveden sulfaattipitoisuus. Nikkelin laskentaa varten malliin lisättiin neutraalisti käyttäytyvä ns. tracer-muuttuja, jolla kuvattiin nikkeliä. Kokonaistypen, -fosforin ja muiden laskettujen metallien pitoisuusnousu laskettiin skaalaamalla suolapitoisuutta.

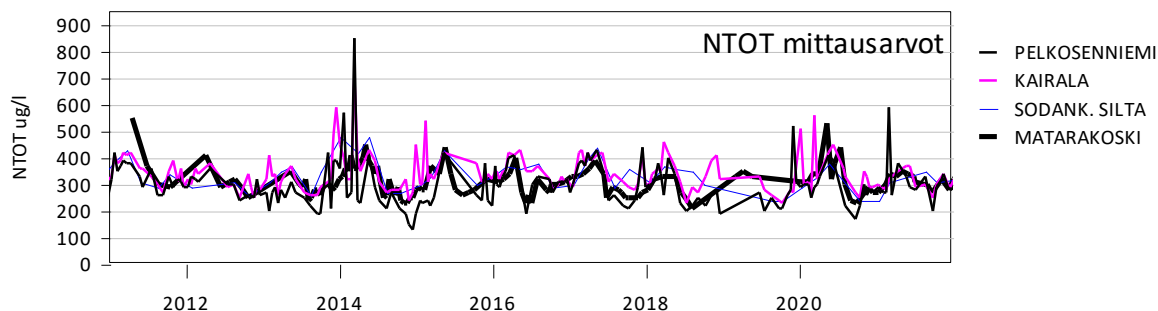
3.2 Taustapitoisuudet

Kitiseen tulee ravinnekuormitusta yläjuoksun tekojärvistä ja sivujoista, mutta sulfaatin ja nikkelin kuormitus jokeen on peräisin pääosin kaivoksilta.

Kitiseen Porttipahdasta tulevan veden sulfaattipitoisuus on Peurasuvannon pisteen 13610 perusteella noin 2 mg/l, Vajukosken altaassa olevassa pisteessä Kevs-6 sulfaattipitoisuus taso on suunnilleen samalla tasolla, mutta siinä on ajoittain piikkejä, jotka voivat aiheutua Kevitsan purkuputken tuomista pitoisuuksista. Selkein vuodenaikaisvaihtelu on keväällä tulva-aikana, jolloin pitoisuus putoaa lopputalven pitoisuuksiin verrattuna. Matarakosken alapuolella sivujokien sulfaattipitoisuuksista ei juuri löydy mittauksia (Hertta-tietokanta, 12/2019). Sivujokien sulfaattipitoisuutena käytettiin arvoa 2 mg/l, joka vastaa esim. Ylä-Kemijoesta (pisteet Savukoski 14700) ja Peurasuvannosta mitattujen pitoisuuksien keskiarvoa.

Nikkelin taustapitoisuuksia on mitattu Vajukosken altaan pisteessä Kevs-6 ja Ylä-Kemijoella (esim. piste Kemijoki P15). Nikkelipitoisuuden määrittämisraja on ollut Kitisellä taustapitoisuuksiin nähden korkea vuoden 2016 loppuun asti (3 µg/l tai 1 µg/l), mistä johtuen Kitisestä mitatut nikkelpitoisuudet ovat jaksolla vain harvoin ylittäneet määrittämisrajan. Em. pisteiden vuoden 2017 aikana ja sen jälkeen tehtyjen mittausten perustella taustapitoisuus vaihtelee noin 0,2 – 0,5 µg/l välillä. Sivujokien taustapitoisuutena käytettiin tässä vakioarvoa 0,3 µg/l.

Kokonaistyyppipitoisuutta (NTOT) on Kitisessä/Kemijoessa mitattu tiheästi Matarakoskelta, Sodankylän kohdalta (Sodankylän silta), Kokkosnivan alapuolelta ennen Luiroa (Kairala) ja Pelkosenniemen kohdalta (kuva 6). Matarakoskella mitatut NTOT pitoisuuden kuukausikeskiarvot vaihtelevat 270 – 380 µg/l välillä siten, että korkeimmat pitoisuudet saavutetaan huhtikuussa ja matalimmat pitoisuudet syksyllä syys-, loka- ja marraskuussa. Jaksolla 2011-2021 Kitisen mittauspisteissä keskimääräinen pitoisuus on alin Matarakoskella (310 µg/l), ja korkein Kairalassa (346 µg/l) Kokkosnivan alapuolella. Sodankylän pisteessä keskipitoisuus (340 µg/l) on suunnilleen Kairalan tasolla. Pelkosenniemellä NTOT keskipitoisuus on hieman Kitisen mittauspisteiden tasoa alempi (297 µg/l), johtuen siitä, että Ylä-Kemijoesta tulevan veden tyyppipitoisuus on jokin verran Kitisen veden pitoisuutta pienempi. Jaksolla 2011 - 2021 kokonaistypen vuosikeskiarvoissa ei ole selkää nousua tai laskua.



Kuva 6. Kokonaistyyppi (NTOT) mittaukset pisteissä Matarakoski, Sodankylän silta, Kairala ja Pelkosenniemi, 2011-2021.

Antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin ja lyijyn mitatut pitoisuudet Kitisessä (Sakatin vedenlaatus seuranta, jakso 07/2015-01/2017, Matarakoski, 6 mittausta) on esitetty taulukossa 2. Pitoisuudet ovat liukoisien osuuden pitoisuuksia, eli ne on mitattu

suodatetusta näytteestä. Antimonin, elohopean ja kadmiumin pitoisuudet ovat olleet Kitisessä alle määrittäysrajan. Lisäksi taulukosta löytyy useammasta lähteestä poimittuja koko Suomen alueen taustapitoisuuksia em. aineille. Arvot on poimittu GTKn purovesien alkuainepitoisuuksia selvittäneestä raportista (Tenhola & Tarvainen, 2008) (As, Cr, Cu, Pb), SYKEN raportista (Verta et al. 2010) (Cd, Hg) ja Suomen Geokemian Atlaksesta (Sb) (Lahermo et al. 1996).

Tässä taustapitoisuuksina käytetyn seurantajakson jälkeen Kitisen vedenlaatutarkkailua on jatkettu ja jaksolla 07/2015-10/2021 mittauksia on suoritettu yhteensä 28 kappaletta. Koko em. seurantajakson keskiarvotuloksia on verrattu taulukossa 2 esitettyihin arvoihin ja havaittiin, että pitoisuudet Kitisessä antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin ja lyijun osalta ovat vastaavat kuin tässä sovelletulla vertailujaksolla. Kuparin pitoisuus on hieman noussut ollen jakson 07/2015-10/2021 keskiarvona 0,36 µg/l.

Taulukko 2: Taustapitoisuudet eri metalleille

Aine	Lyhenne	Kitinen, k.a. µg/l	Purot/Järvet µg/l
Antimoni	Sb	<0,05	0,028
Arseeni	As	0,14	0,37
Elohopea	Hg	<0,002	0,005
Kadmium	Cd	<0,01	0,015
Kromi	Cr	0,49	0,40
Kupari	Cu	0,27	0,55
Lyijy	Pb	0,048	0,15

3.3 Yläpuoliset pistekuormitukset

Ylävirran puolella Sakatista on Kevitsan toimiva kaivos ja Pahtavaaran kaivos, jonka tuotanto on ollut keskeytetty vuodesta 2014 asti. Kevitsan kaivokselta sulfaatti/suolaisuus ja nikkeli-kuormituksia jokeen tulee sekä purkuputken kautta Vajukosken altaaseen, että jonkin verran myös Mataraojan kautta. Mittauspisteessä Ala-postojoki 110 näkyy ajoittain sähkönjohtavuuden ja nikkeli- pitoisuuden 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.

Kevitsan kaivoksen kuormitus tuotiin malliin Kitisen yläreunan virtaaman pitoisuusarvoissa sekä Mataraojan pitoisuusarvoissa. Sulfaattipitoisuus saatiin mittauksista. Nikkelipitoisuuden määrittäysraja ennen 07/2018 oli 1 µg/l. Pitoisuudet olivat tyypillisesti alle tämän arvon, mistä johtuen nikkeli- pitoisuudet ennen em. aikaa laskettiin kuormitusarvoista siten, että Kevitsan kaivoksen kuormitus jaettiin Vajukosken padon virtaamalla, ja lopputulokseen lisättiin mittauspisteen Kevs-6 taustapitoisuusarvo 0,2 µg/l.

Pahtavaaran kaivoksen kuormitusta tulee Kitiseen Ala-Postojoen ja Pitkäkoskenojan mitatuista pitoisuusarvoista. Ala-Postojoen pitoisuudet arvioitiin mittauksista interpoloimalla.

3.4 Laskennassa käytetty Sakatin kaivoksen kuormitus

Raportissa on arvioitu mallinnuksen avulla Sakatin kaivoksen kuormituksen aiheuttamaa sulfaatin, nikkelin ja kokonaistypen pitoisuuksien nousua Kitisessä. Muiden metallien kuin nikkelin pitoisuudet on arvioitu skaalamalla laskettua suolapitoisuutta. Tässä käytetty Sakatin kaivoksen kuormitus em. muuttujien osalta on esitetty taulukoissa 3 - 6. Kuormitustapauksia on kaksi, tarkastelutilanne 1 (TT1) ja tarkastelutilanne (TT4). Käsiteltyjen purkuvesien sisältämä kuormitus on arvioitu kaivoksen vesi- ja ainetasemallilla, joka on dokumentoitu erillisessä raportissa (AFRY Finland Oy 2023). TT1 kuormitus vastaa tilannetta, jossa matalarikkisen rikastushiekan läjittämiseen käytetään kuivaläjitysmenetelmää ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärät on mallinnettu 80 %-tiivisysskenaariolla. TT4 tapaus vastaa tilannetta, jossa rikastushiekka varastoidaan perinteiseen tapaan veden kanssa (märkäläjitys)

ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovesimäärät on mallinnettu 65 %-tiivistysskenaariolla. Myös tarvekilouhoksen kuivanapitovesimäärä on tarkastelutilanteessa 4 tarkastelutilannetta 1 suurempi.

Taulukko 3: Sakatin kaivoksen puhdistetun ylijäämäveden kuormitus Kitiseen, Tarkastelutilanne 1 (TT1), kuukaudet 1-6

Muuttuja Kuukausi	TT1 01	TT1 02	TT1 03	TT1 04	TT1 05	TT1 06	Muuta
Virtaama (m ³ /s)	0,035	0,037	0,034	0,049	0,054	0,044	
Virtaama (m ³ /d)	2995	3239	2922	4195	4623	3787	
Suolaisuus (mg/l)	1422	1422	1422	1422	1422	1422	2xSO ₄
Suolaisuus (kg/d)	4258	4606	4155	5966	6574	5385	2xSO ₄
Sulfaatti, pitoisuus (mg/l)	711	711	711	711	711	711	
Sulfaatti, kuormitus (kg/d)	2129	2303	2077	2983	3287	2693	
Nikkeli, pitoisuus (mg/l)	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146	
Nikkeli, kuormitus (kg/d)	0,095	0,106	0,095	0,099	0,095	0,099	
NTOT, pitoisuus (mg/l)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	
NTOT, kuormitus (kg/d)	41,9	45,3	40,9	58,7	64,7	53,0	
PTOT, pitoisuus (mg/l)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
PTOT, kuormitus (kg/d)	0,60	0,65	0,58	0,84	0,92	0,76	
Antimoni, pitoisuus (µg/l)	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	
Antimoni, kuormitus (g/d)	7,62	8,24	7,43	10,67	11,76	9,63	
Arseeni, pitoisuus (µg/l)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
Arseeni, kuormitus (g/d)	0,52	0,56	0,50	0,72	0,80	0,65	
Elohopea, pitoisuus (µg/l)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
Elohopea, kuormitus (g/d)	0,52	0,57	0,51	0,73	0,81	0,66	
Kadmium, pitoisuus (µg/l)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	
Kadmium, kuormitus (g/d)	0,66	0,72	0,65	0,93	1,03	0,84	
Kromi, pitoisuus (µg/l)	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	
Kromi, kuormitus (g/d)	9,78	10,58	9,54	13,70	15,10	12,37	
Kupari, pitoisuus (µg/l)	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	
Kupari, kuormitus (g/d)	13,04	14,11	12,73	18,27	20,14	16,49	
Lyijy, pitoisuus (µg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Lyijy, kuormitus (g/d)	0,29	0,32	0,28	0,41	0,45	0,37	

Taulukko 4: Sakatin kaivoksen puhdistetun ylijäämaveden kuormitus Kitiseen, Tarkastelutilanne 1 (TT1), kuukaudet 7-12

Muuttuja Kuukausi	TT1 07	TT1 08	TT1 09	TT1 10	TT1 11	TT1 12	Muuta
Virtaama (m ³ /s)	0,047	0,049	0,051	0,045	0,038	0,031	
Virtaama (m ³ /d)	4097	4277	4432	3858	3252	2682	
Suolaisuus (mg/l)	1422	1422	1422	1422	1422	1422	2xSO ₄
Suolaisuus (kg/d)	5826	6082	6303	5486	4624	3814	2xSO ₄
Sulfaatti, pitoisuus (mg/l)	711	711	711	711	711	711	
Sulfaatti, kuormitus (kg/d)	2913	3041	3151	2743	2312	1907	
Nikkeli, pitoisuus (mg/l)	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146	0,146	
Nikkeli, kuormitus (kg/d)	0,095	0,095	0,099	0,095	0,099	0,095	
NTOT, pitoisuus (mg/l)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	
NTOT, kuormitus (kg/d)	57,4	59,9	62,1	54,0	45,5	37,5	
PTOT, pitoisuus (mg/l)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
PTOT, kuormitus (kg/d)	0,82	0,85	0,88	0,77	0,65	0,54	
Antimoni, pitoisuus (µg/l)	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	
Antimoni, kuormitus (g/d)	10,42	10,88	11,27	9,81	8,27	6,82	
Arseeni, pitoisuus (µg/l)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
Arseeni, kuormitus (g/d)	0,71	0,74	0,76	0,66	0,56	0,46	
Elohopea, pitoisuus (µg/l)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
Elohopea, kuormitus (g/d)	0,72	0,75	0,77	0,67	0,57	0,47	
Kadmium, pitoisuus (µg/l)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	
Kadmium, kuormitus (g/d)	0,91	0,95	0,98	0,86	0,72	0,60	
Kromi, pitoisuus (µg/l)	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	3,27	
Kromi, kuormitus (g/d)	13,38	13,96	14,47	12,60	10,62	8,76	
Kupari, pitoisuus (µg/l)	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	4,36	
Kupari, kuormitus (g/d)	17,84	18,63	19,30	16,80	14,16	11,68	
Lyijy, pitoisuus (µg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
Lyijy, kuormitus (g/d)	0,40	0,42	0,43	0,38	0,32	0,26	

Taulukko 5: Sakatin kaivoksen puhdistetun ylijäämäveden kuormitus Kitiseen, Tarkastelutilanne 4 (TT4), kuukaudet 1-6

Muuttuja Kuukausi	TT4 01	TT4 02	TT4 03	TT4 04	TT4 05	TT4 06	Muuta
Virtaama (m ³ /s)	0,050	0,055	0,049	0,061	0,050	0,057	
Virtaama (m ³ /d)	4301	4779	4258	5245	4344	4891	
Suolaisuus (mg/l)	2263	2263	2263	2263	2263	2263	2xSO ₄
Suolaisuus (kg/d)	9731	10813	9634	11868	9828	11066	2xSO ₄
Sulfaatti, pitoisuus (mg/l)	1131	1131	1131	1131	1131	1131	
Sulfaatti, kuormitus (kg/d)	4865	5407	4817	5934	4914	5533	
Nikkeli, pitoisuus (mg/l)	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	
Nikkeli, kuormitus (kg/d)	0,593	0,659	0,587	0,723	0,599	0,674	
NTOT, pitoisuus (mg/l)	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	
NTOT, kuormitus (kg/d)	58,9	65,4	58,3	71,8	59,5	67,0	
PTOT, pitoisuus (mg/l)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
PTOT, kuormitus (kg/d)	1,24	1,38	1,23	1,52	1,26	1,41	
Antimoni, pitoisuus (µg/l)	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	
Antimoni, kuormitus (g/d)	16,3	18,1	16,1	19,8	16,4	18,5	
Arseeni, pitoisuus (µg/l)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
Arseeni, kuormitus (g/d)	1,74	1,93	1,72	2,12	1,76	1,98	
Elohopea, pitoisuus (µg/l)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	
Elohopea, kuormitus (g/d)	0,83	0,92	0,82	1,01	0,84	0,94	
Kadmium, pitoisuus (µg/l)	0,074	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
Kadmium, kuormitus (g/d)	0,32	0,35	0,31	0,39	0,32	0,36	
Kromi, pitoisuus (µg/l)	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	
Kromi, kuormitus (g/d)	12,7	14,1	12,6	15,5	12,8	14,5	
Kupari, pitoisuus (µg/l)	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	
Kupari, kuormitus (g/d)	13,9	15,5	13,8	17,0	14,1	15,9	
Lyijy, pitoisuus (µg/l)	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	
Lyijy, kuormitus (g/d)	0,39	0,44	0,39	0,48	0,40	0,45	

Taulukko 6: Sakatin kaivoksen puhdistetun ylijäämäveden kuormitus Kitiseen, Tarkastelutilanne 4 (TT4), kuukaudet 7-12

Muuttuja Kuukausi	TT4 07	TT4 08	TT4 09	TT4 10	TT4 11	TT4 12	Muuta
Virtaama (m ³ /s)	0,060	0,063	0,064	0,058	0,052	0,060	
Virtaama (m ³ /d)	5177	5410	5556	4969	4500	5177	
Suolaisuus (mg/l)	2263	2263	2263	2263	2263	2263	2xSO ₄
Suolaisuus (kg/d)	11713	12240	12571	11242	10181	11713	2xSO ₄
Sulfaatti, pitoisuus (mg/l)	1131	1131	1131	1131	1131	1131	
Sulfaatti, kuormitus (kg/d)	5856	6120	6285	5621	5090	5856	
Nikkeli, pitoisuus (mg/l)	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	0,138	
Nikkeli, kuormitus (kg/d)	0,713	0,746	0,766	0,685	0,620	0,713	
NTOT, pitoisuus (mg/l)	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	
NTOT, kuormitus (kg/d)	70,9	74,1	76,1	68,0	61,6	54,1	
PTOT, pitoisuus (mg/l)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	
PTOT, kuormitus (kg/d)	1,50	1,56	1,61	1,44	1,30	1,14	
Antimoni, pitoisuus (µg/l)	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	
Antimoni, kuormitus (g/d)	19,6	20,4	21,0	18,8	17,0	15,0	
Arseeni, pitoisuus (µg/l)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	
Arseeni, kuormitus (g/d)	2,09	2,19	2,25	2,01	1,82	1,60	
Elohopea, pitoisuus (µg/l)	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	
Elohopea, kuormitus (g/d)	1,00	1,04	1,07	0,96	0,87	0,76	
Kadmium, pitoisuus (µg/l)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
Kadmium, kuormitus (g/d)	0,38	0,40	0,41	0,37	0,33	0,29	
Kromi, pitoisuus (µg/l)	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	2,96	
Kromi, kuormitus (g/d)	15,3	16,0	16,4	14,7	13,3	11,7	
Kupari, pitoisuus (µg/l)	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	
Kupari, kuormitus (g/d)	16,8	17,5	18,0	16,1	14,6	12,8	
Lyijy, pitoisuus (µg/l)	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	
Lyijy, kuormitus (g/d)	0,47	0,49	0,51	0,45	0,41	0,36	

3.5 Vedenlaatumuuttujien laskentamenetelmä

Malli laskee veden virtaukseen vaikuttavan veden tiheyden kokonaissuolapitoisuuden perusteella. Tässä kokonaissuolapitoisuuden on arvioitu olevan kaksinkertainen sulfaattipitoisuuteen verrattuna. Suolapitoisuus on täysin liukoista, eikä se mallinnuksessa kulu tai reagoi mitenkään muiden aineiden kanssa.

Mallinnuksessa on laskettu lisäksi nikkeli, joka on laskettu myös täysin liukoiseena ja neutraalisti käyttäytyvänä. Muut ainepitoisuudet on laskettu suolapitoisuuden perusteella skaalaamalla suolapitoisuutta laskettavan aineen ja suolapitoisuuden kuormitusmäärien suhteella.

Sulfaatti

Kaivokselta tuleva ylijäämävesi sisältää erilaisia suoloja, joista sulfaattia on suhteellisesti eniten. Sulfaatti ja muut suolat vaikuttavat veden tiheyteen siten, että suuremman suolapitoisuuden omaava vesi on tiheämpää kuin pienemmän suolapitoisuuden omaava vesi, ja kerrostuu siten helpommin kuin vähemmän suolapitoinen vesi. Mallin suolapitoisuus ja siten myös sulfaatti laskettiin tiheysvaikutus pois lukien neutraalisti käyttäytyvänä, eli se ei kulu, hajoa tai reagoi muiden aineiden kanssa. Sulfaatti on täysin liukoinen, eli mallinnettu käyttäytyminen vastaa todellista käyttäytymistä pois lukien mahdolliset sulfaattia vedestä poistavat biologiset ja kemialliset reaktiot, joiden vaikutus sulfaattipitoisuuteen jokivesistöissä on pieni.

Sulfaattia esiintyy luontaisesti pintavesissä. Suomessa sulfaatin mediaanipitoisuus järvissä on 3,8 mg/l (Kauppi et al. 2013). Sulfaatin keskeinen haitallinen vaikutus pintavesissä on järveden kesä- ja talviaikaisen kerrostumisen korostuminen. Pysyvän kerrostumisen muodostumiseen vaaditaan korkeita sulfaatti- ja suolapitoisuuksia (arvo on järvikohtainen, tyypillisesti kuitenkin useampia satoja milligrammoja litrassa). Jokivesissä kerrostumista ei tyypillisesti tapahdu johtuen jokivirtauksen vettä sekoittavasta vaikutuksesta. Sulfaatin on arvioitu voivan lisätä fosforin pohjakuormitusta järvien syvänteissä tilanteissa, joissa veden happipitoisuus on pieni tai happi loppuu, ja tätä kautta vaikuttavan järven rehevöitymistä lisäävästi. Aiheesta on tehty tutkimus Aurajoessa sijaitsevan patoaltaan sedimenttiä käyttämällä (Kaseva et al. 2018). Tutkimuksen perustella 30 mg/l ja 100 mg/l sulfaattipitoisuuden lisäys ei kuitenkaan aiheuttanut merkittävää muutosta fosforin pohjakuormituksen määrään.

Nikkeli

Nikkeli on luonnonvesissä normaalisti pieninä pitoisuuksina esiintyvä raskasmetalli. Talousveden laatuvaatimus nikkelin enimmäispitoisuudelle on 20 µg/l. Tyypillinen nikkelipitoisuus pintavesissä (mediaani) on 0,44 µg/l (Kohijoki, 2013), kaivovesissä nikkeliä on jonkin verran enemmän (0,5 – 1,0 µg/l). Nikkelin haitallisuus eliöille riippuu nikkelin biosaatavasta osuudesta, joka on yleensä alle 50 % mitatusta kokonaisnikkelipitoisuudesta. Mallilaskennassa nikkeli on oletettu liukoiseksi, neutraalisti käyttäytyväksi ja reagoimattomaksi, tosin sanoen mallilaskennassa nikkeli ainoastaan sekoittuu ja kulkeutuu veden mukana. Laskennan tuloksena saadaan nikkelipitoisuudelle yläarvio.

Kokonaistyyppi

Kaivoksilta tuleva typpikuormitus on peräisin yleensä räjähdysainejäämistä, ja se esiintyy tyypillisesti liukoiseena nitraattina tai nitriittinä. Typpi oletettiin tässä hajoamattomaksi ja laskettiin skaalamalla mallin laskemia suolapitoisuuksia laskettavan aineen kuormituksen ja suolakuormituksen suhteella. Tällä menetelmällä saadaan typelle pitoisuuslisäyksen yläarvio.

Antimoni, arseeni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy

Otsikon mukaisten puolimetallien ja metallien pitoisuudet laskettiin skaalamalla mallin laskemia suolapitoisuuksia laskettavan aineen kuormituksen ja suolakuormituksen suhteella.

Kokonaisfosfori

Fosfori oletettiin tässä hajoamattomaksi ja laskettiin skaalaamalla suolapitoisuuksia laskettavan aineen kuormituksen ja suolakuormituksen suhteella. Tällä menetelmällä saadaan fosforille pitoisuuslisäyksen yläarvio.

3.6 Laskentaskenaariot

Tässä käytetyt laskentaskenaariot on nimetty taulukossa 7. 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 purkupisteen mukaisesti: laskentajaksoja on kaksi, 06/2013 – 05/2014 (kuiva jakso), sekä 06/2017 – 01/2018 (keskimääräinen jakso). Purkupisteitä on kaksi, A ja B. Jaksojen valinta on esitetty luvussa 2.4 ja purkupisteiden paikat luvussa 1.3. Laskennat on aloitettu kevättulvan jälkeisestä tilanteesta.

Taulukko 7: Laskentaskenaariot. Skenaarioissa KK on mukana Sakatin kuormituksen lisäksi taustakuormitus ja Kevitsan kaivoksen pistekuormitus

Skenaario	Purkupiste	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

4 Tulokset, kuormitus TT1

Mallinnustulokset on ryhmitelty muuttujan mukaan, ts. ensin kaikki sulfaattiin liittyvät tulokset, sen jälkeen nikkelin, kokonaistypen ja kokonaisfosforin tulokset, sekä lopuksi muiden aineiden pitoisuudet. Kokonaistypen ja -fosforin tuloksista on esitetty kuormitusnousun aikasarjat voimalaitosten kohdalla. Metallien osalta on esitetty keskipitoisuudet voimalaitoksilla. Koska em. ainepitoisuudet on laskettu skaalaamalla laskettuja suolapitoisuuksia, vastaa näiden aineiden laskettu pitoisuuksien jakautuminen ja vaihtelu suolapitoisuuden käyttäytymistä.

Tulostuksia on esitetty seuraavasti:

- 1) Muuttujille lasketut pitoisuudet Kelukosken altaassa valituista tulostuspisteistä (KS, KE, A1, VO) pinta- ja pohjakerroksesta vuoden 2013 skenaarioille (kuiva jakso). Pisteiden paikat on esitetty kuvassa 1.
- 2) Muuttujille lasketut pitoisuudet aikasarjana vuoden 2013 skenaariolle (kuiva jakso) seuraavista pisteistä: Kelukoski voimalaitoksen alapuoli, Kurkiaska, Kokkosniva ja Kemijoen luusua Kemijärveen (ks. kuva 1). Näissä pisteissä vesi on sekoittunut hyvin, joten pinta- ja pohjakerroksen pitoisuuksia ei ole esitetty erikseen.
- 3) Pitoisuuskartat keskipitoisuuksista kuivalta jaksolta Kelukosken altaasta 2013 heinäkuulta, 2013 marraskuulta ja 2014 huhtikuulta. Kartat on esitetty pintakerroksesta ja pohjakerroksesta erikseen.
- 4) Keskimääräisen ja kuivan vuoden sulfaattipitoisuuksien vertailu kohdan 2 pisteissä (Kelukosken voimalaitoksen alapuoli, Kurkiaska, Kokkosniva ja Kemijoen luusua Kemijärveen).

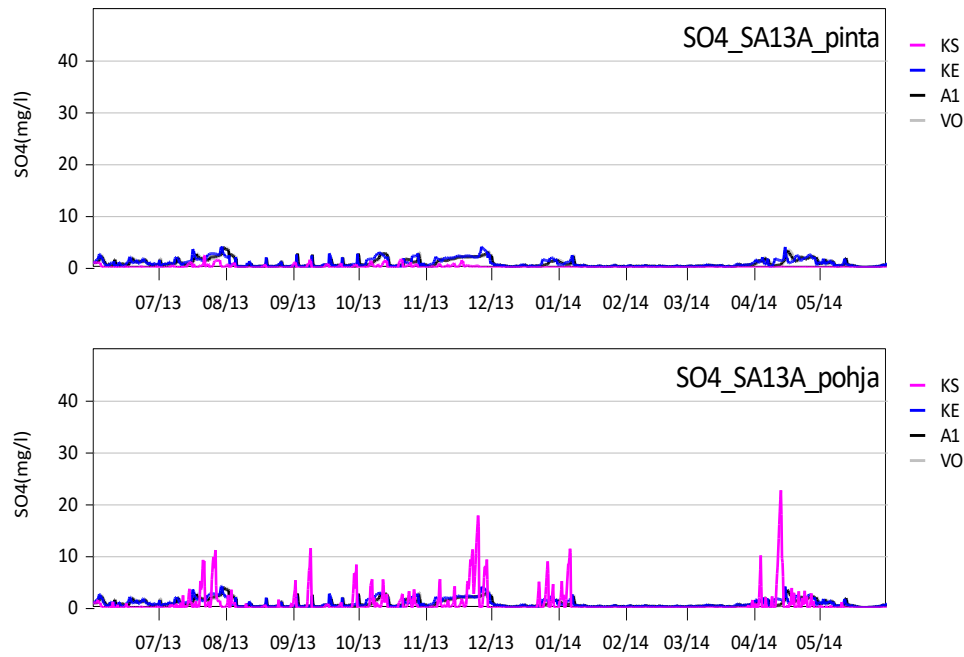
4.1 Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso)

Sulfaatin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) on alla esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE, A1 ja VO kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 7-10). Pitoisuudet on piirretty 6 h keskiarvoina.

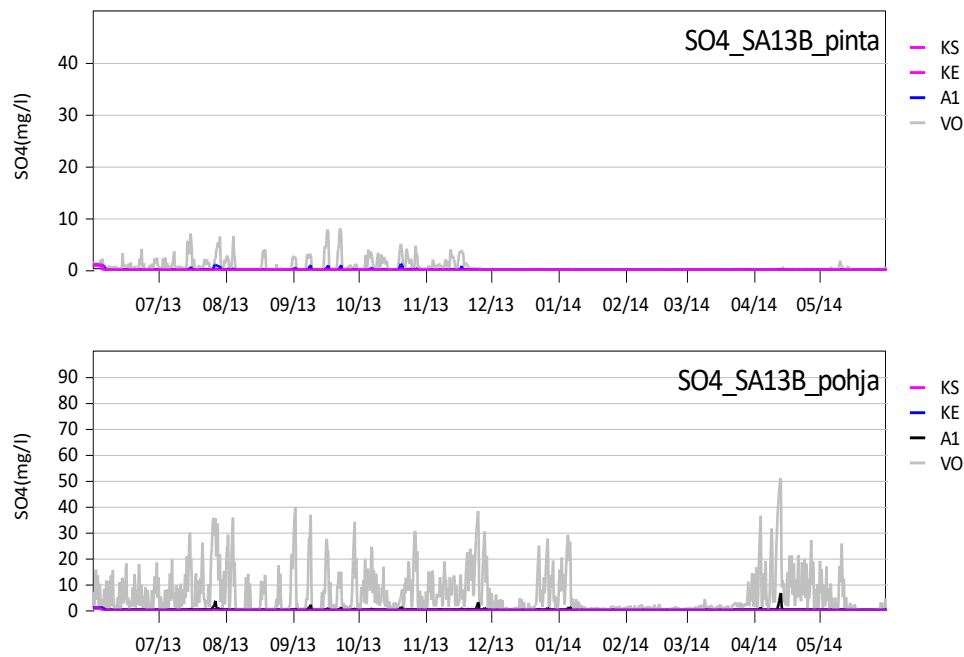
Purkupaikalta A kaivoksen ylijäämävesi kulkeutuu pääosin virtauksen mukana etelään sekoittuen samalla syvyysuunnassa. Pohjakerroksessa ylijäämävesi kulkeutuu ajoittain myös pohjoiseen, jolloin sulfaattipitoisuus pisteen KS pohjakerroksessa nousee lyhytaikaisesti. Kelukosken padon tasolla ylijäämävesi on sekoittunut tasaisesti koko vesikerrokseen.

Kun kaivoksen ylijäämävesien johtaminen tapahtuu purkupaikkaan B, ylijäämävesiä ei kulkeudu pisteen KS tasolle missään lasketuissa olosuhteissa. Pisteen A1 tasolla sulfaattipitoisuuksissa on ajoittaista nousua, mutta useimmiten sulfaatin pitoisuusnousu jää nollassa. Voimalaitoksen edustalla pisteessä VO pitoisuusnousu on suurin ja suurimmillaan juoksutuksen ollessa nollassa.

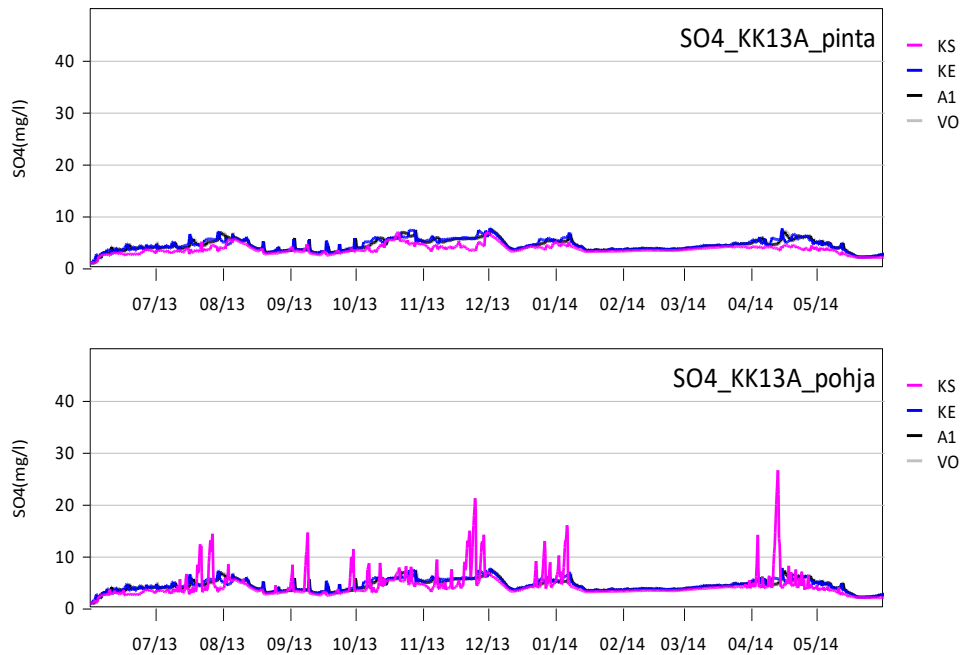
Vuosi 2013 oli kuiva ja tästä johtuen sulfaattipitoisuusnousut ovat keskimääräistä suurempia. Koko vuoden 06/2013-05/2014 laskentajaksolla sulfaattipitoisuuden nousu eri pisteissä on keskimäärin alle 1 mg/l tason poislukien lähinnä purkupaikkaa olevat pisteet. Kuormituksen ollessa purkupaikalla A pitoisuusnousun kuukausikesiarvo on purkupaikan A alapuolella noin 1-2 mg/l välillä. Purkupaikan B tapauksessa kuivien kuukausien keskimääräinen sulfaattipitoisuusnousu pisteessä VO on noin 10 mg/l tasolla, muissa pisteissä alle 0,5 mg/l.



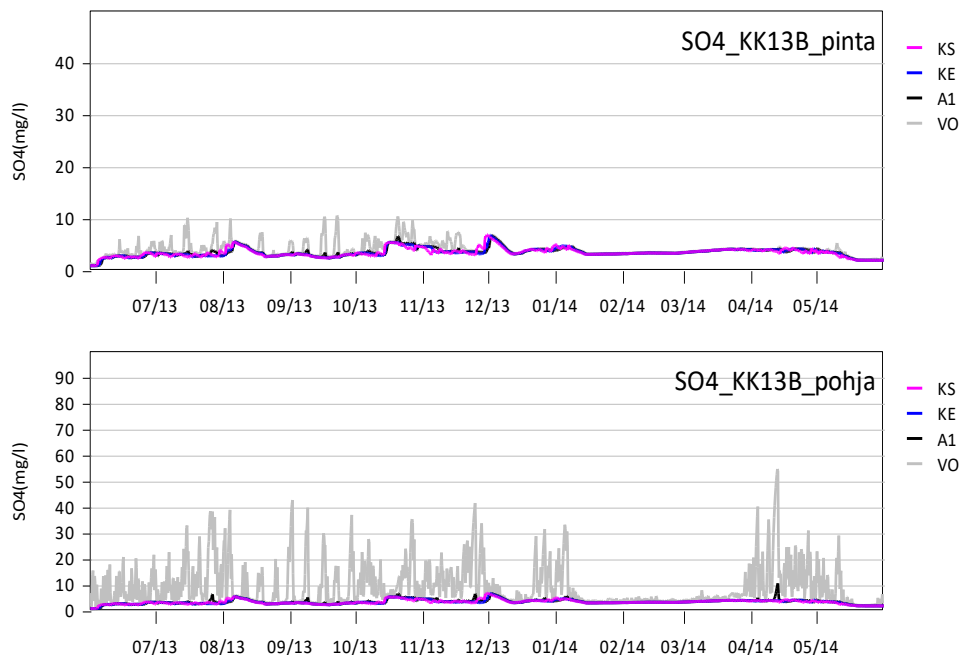
Kuva 7. Sulfaattipitoisuuden nousu (SO_4) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



Kuva 8. Sulfaattipitoisuuden nousu (SO_4) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



Kuva 9. Sulfaattipitoisuus (SO_4) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13A (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



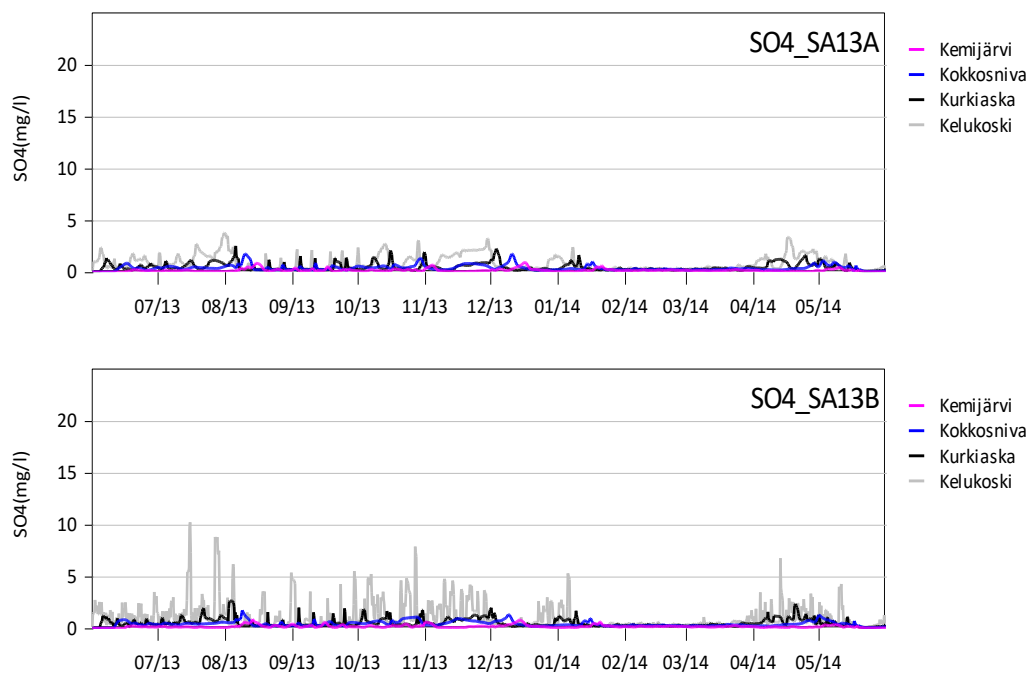
Kuva 10. Sulfaattipitoisuus (SO_4) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).

4.2 Sulfaatti, pitoisuudet ja pitoisuusnousut voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)

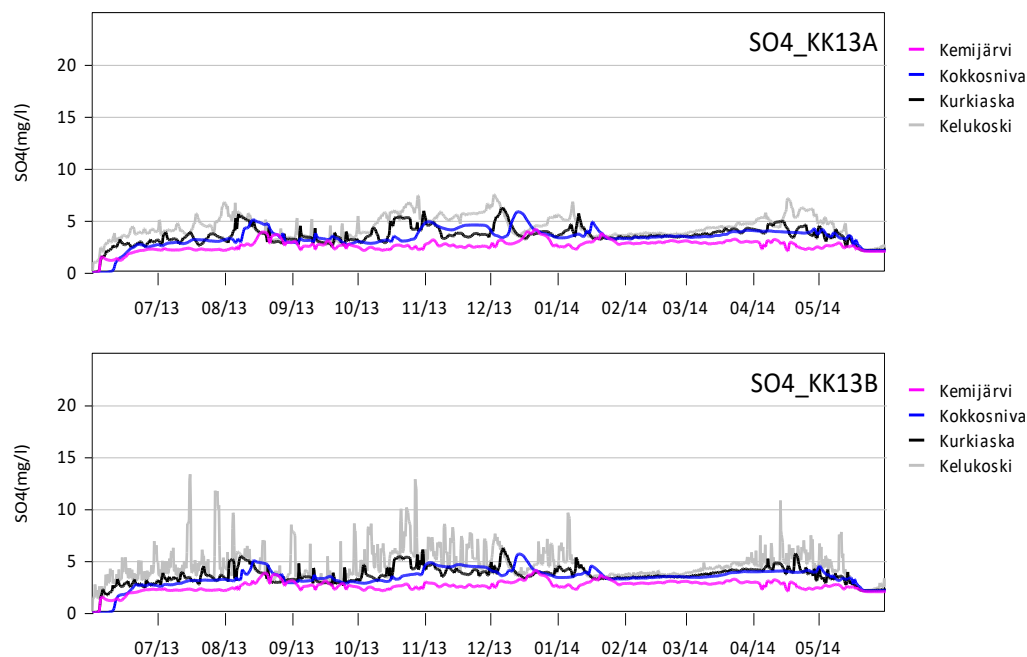
Sulfaatin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) Kelukosken padon alapuolella ja siitä alajuoksulle olevilla padoilla (padon yläpuolella) on esitetty kuvissa 11 ja 12. Kelukoskella padon alapuolinen pitoisuus kuvaa parhaiten vettä, joka lähtee padolta alajuoksulle. Tämä johtuu siitä, että padon yläpuolella sulfaattipitoisuus nousee ajoittain paikallisesti alajuoksulle lähtevää vettä suuremmaksi, kun purkupaikka on paikassa B ja pato kiinni. Alempana olevilla voimalaitospadoilla padon ylä- ja alapuoliset pitoisuudet ovat

käytännössä samoja, sillä Sakatin kaivoksen kuormitus on ehtinyt sekoittua tasaisemmin suurempaan vesimäärään. Pitoisuusnousut on piirretty aikasarjakuviin 6 h keskiarvoina. Taulukossa 8 ja kuvissa 13 ja 14 on lisäksi esitetty keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta (kuivat kuukaudet 07/2013, 11/2013, keskimääräiset kuukaudet 07/2017 ja 12/2017).

Kelukosken padon alapuolella sulfaattipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvot kuivina kuukausina ovat 1-2 mg/l tasolla. Kun ylijäämävesien purku tapahtuu pisteessä A, suurimmat pitoisuudet, noin 5-6 mg/l tasolla, osuvat kuivan vuoden heinä-, marras- ja huhtikuulle, jolloin virtaamat ovat pieniä. Purkupisteen B tapauksessa suurimmat lyhytaikaiset sulfaattipitoisuudet ovat noin 10 mg/l tasolla ja ne osuvat kesälle. Kurkiaskan padolla pitoisuusnousu on hieman yli puolet (kuivina kuukausina keskimäärin 1 mg/l) ja Kemijärven tasolla alle neljäsosa (0,1 – 0,2 mg/l) Kelukosken pitoisuustasosta. Taustakuormitus huomioiden sulfaattipitoisuus on Kelukoskella hetkellisesti suurimmillaan noin 12 mg/l tasolla. Mikäli ylijäämävesien purkupaikka sijoitetaan pisteeseen A, jäävät Kelukosken hetkelliset enimmäispitoisuudet pienemmiksi kuin tilanteessa, jossa purkupaikka on pisteessä B.



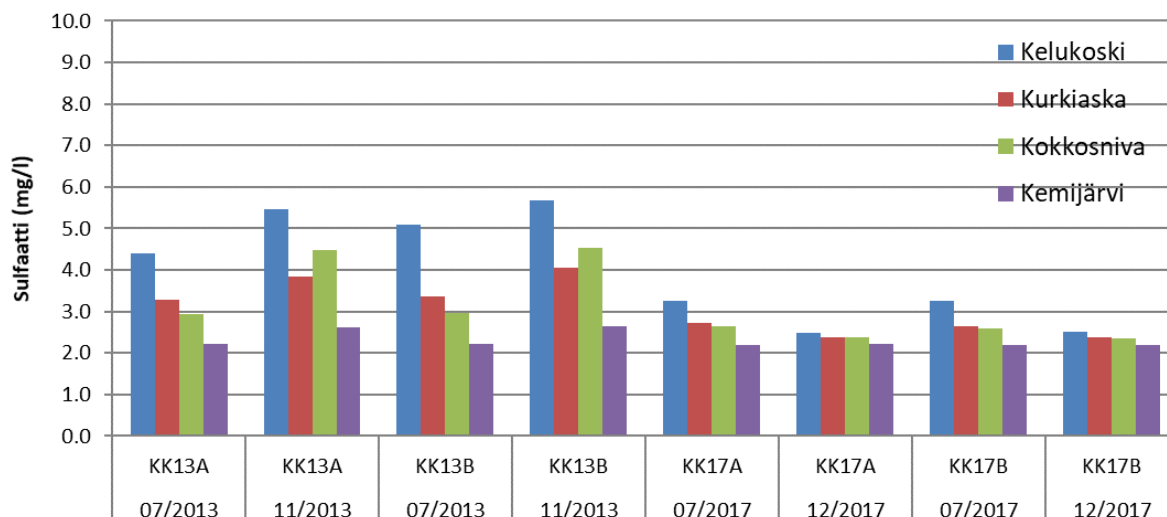
Kuva 11. Sulfaattipitoisuuden nousu Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaariot SA13A ja SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



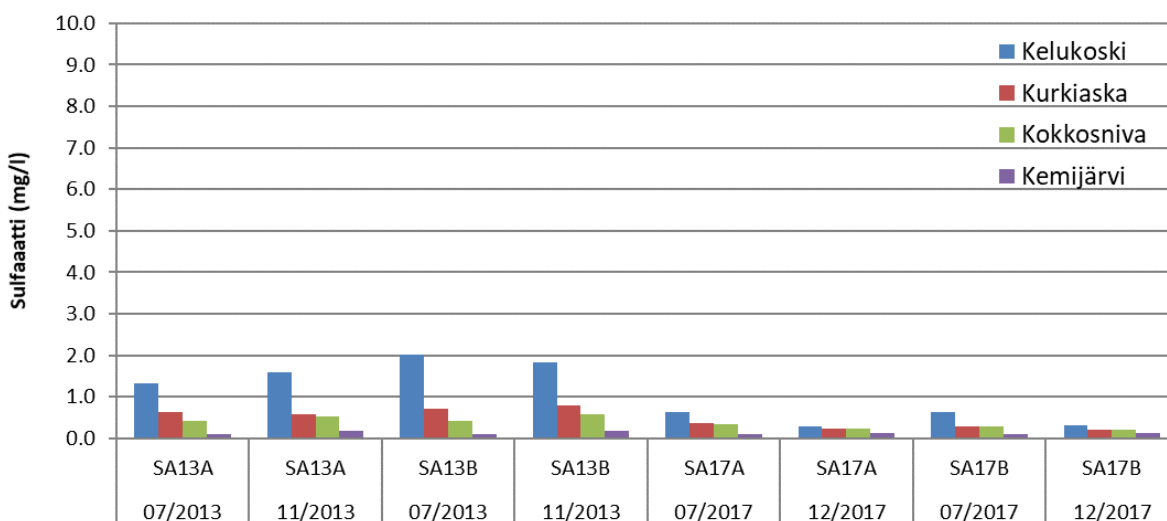
Kuva 12. Sulfaattipitoisuus Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaario KK13A ja KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).

Taulukko 8: Sulfaattipitoisuuksien (KK-skenaariot) ja pitoisuuskasvujen (SA-skenaariot) keskiarvot eri skenaariolle kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Sulfaatti		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	KK13A	4,40	3,28	2,95	2,22
11/2013	KK13A	5,47	3,85	4,48	2,63
07/2013	KK13B	5,08	3,37	2,96	2,22
11/2013	KK13B	5,69	4,05	4,54	2,63
07/2017	KK17A	3,26	2,71	2,65	2,20
12/2017	KK17A	2,49	2,38	2,37	2,21
07/2017	KK17B	3,26	2,64	2,60	2,19
12/2017	KK17B	2,51	2,37	2,36	2,19
07/2013	SA13A	1,32	0,63	0,42	0,11
11/2013	SA13A	1,59	0,59	0,52	0,17
07/2013	SA13B	2,01	0,72	0,43	0,11
11/2013	SA13B	1,82	0,79	0,58	0,18
07/2017	SA17A	0,63	0,35	0,35	0,11
12/2017	SA17A	0,29	0,22	0,22	0,13
07/2017	SA17B	0,63	0,28	0,30	0,10
12/2017	SA17B	0,30	0,21	0,20	0,12



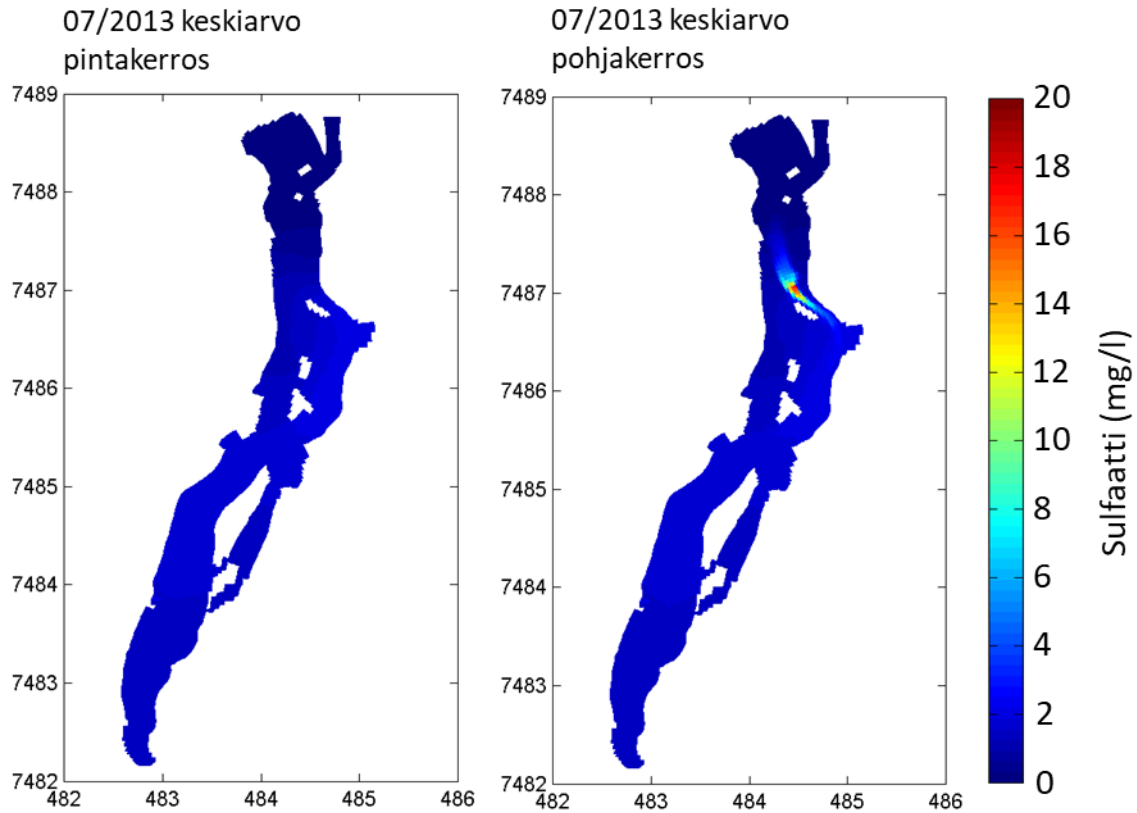
Kuva 13. Sulfaattipitoisuuksien keskiarvot KK-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.



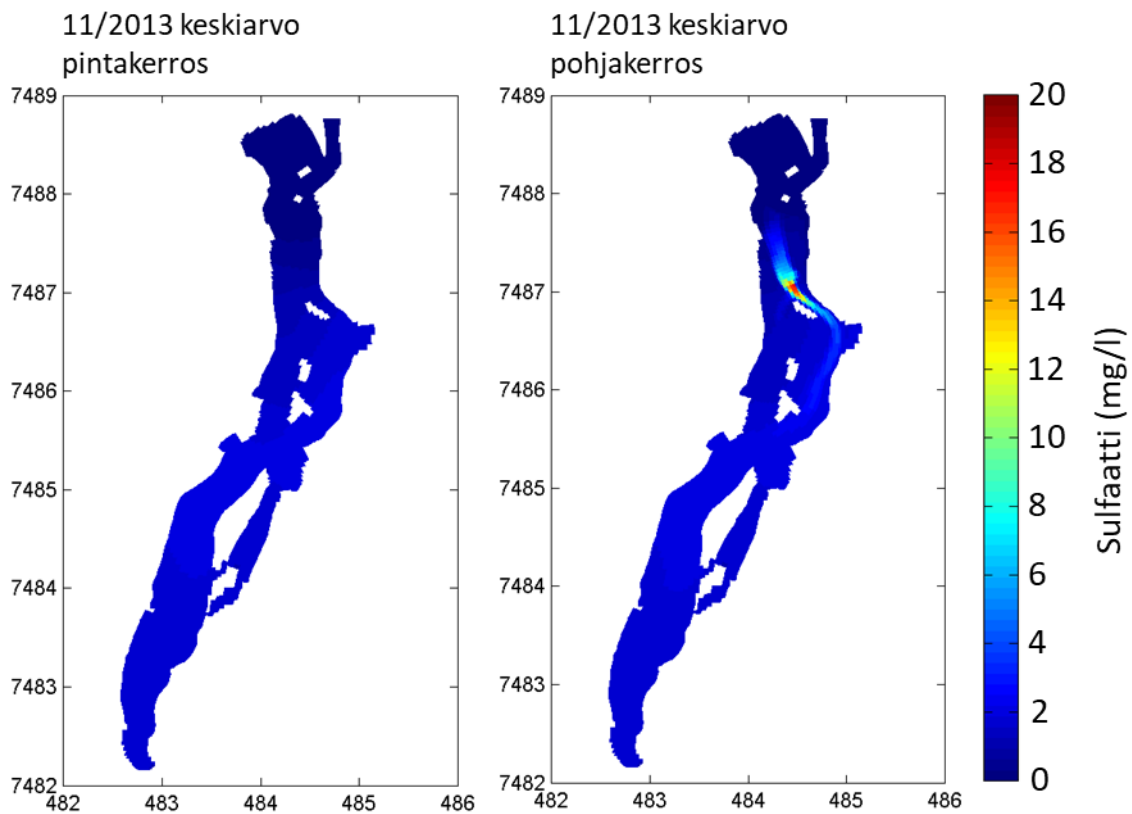
Kuva 14. Sulfaattipitoisuuksien nousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

4.3 Sulfaatti, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B

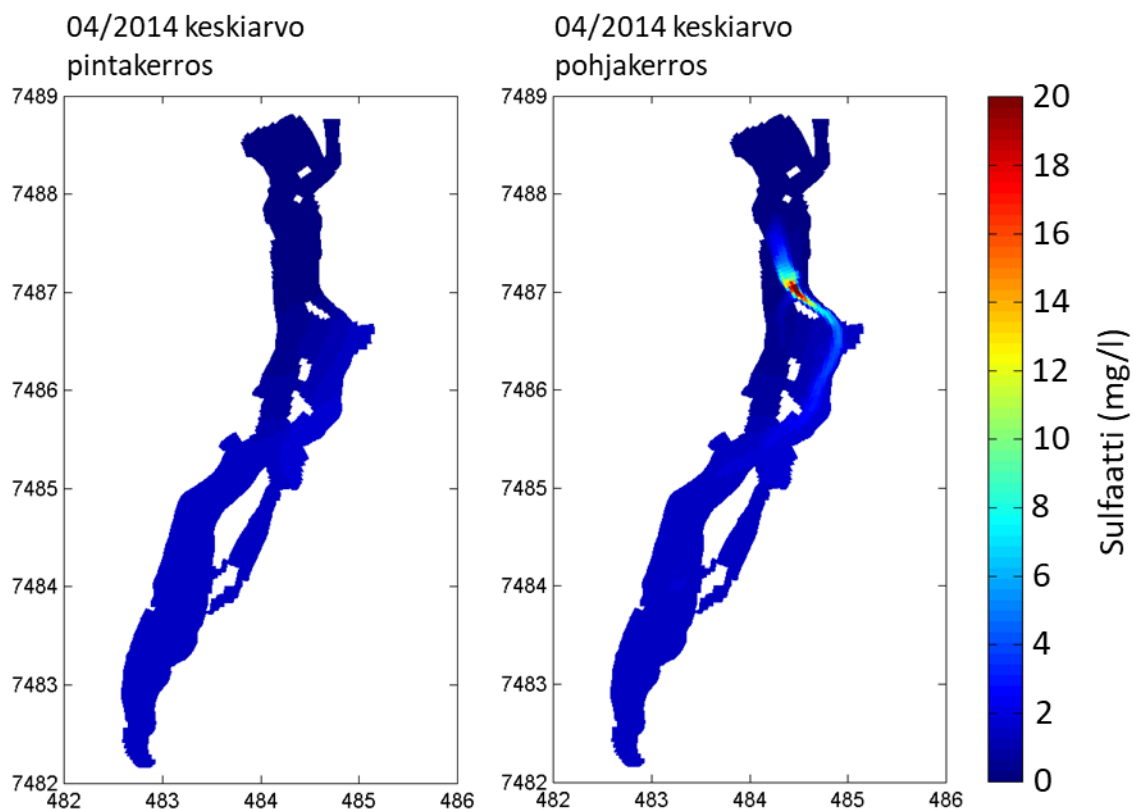
Kuvissa 15 - 20 on esitetty sulfaattipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvoja pinta- ja pohjakerroksessa skenaarioista SA13A (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella.



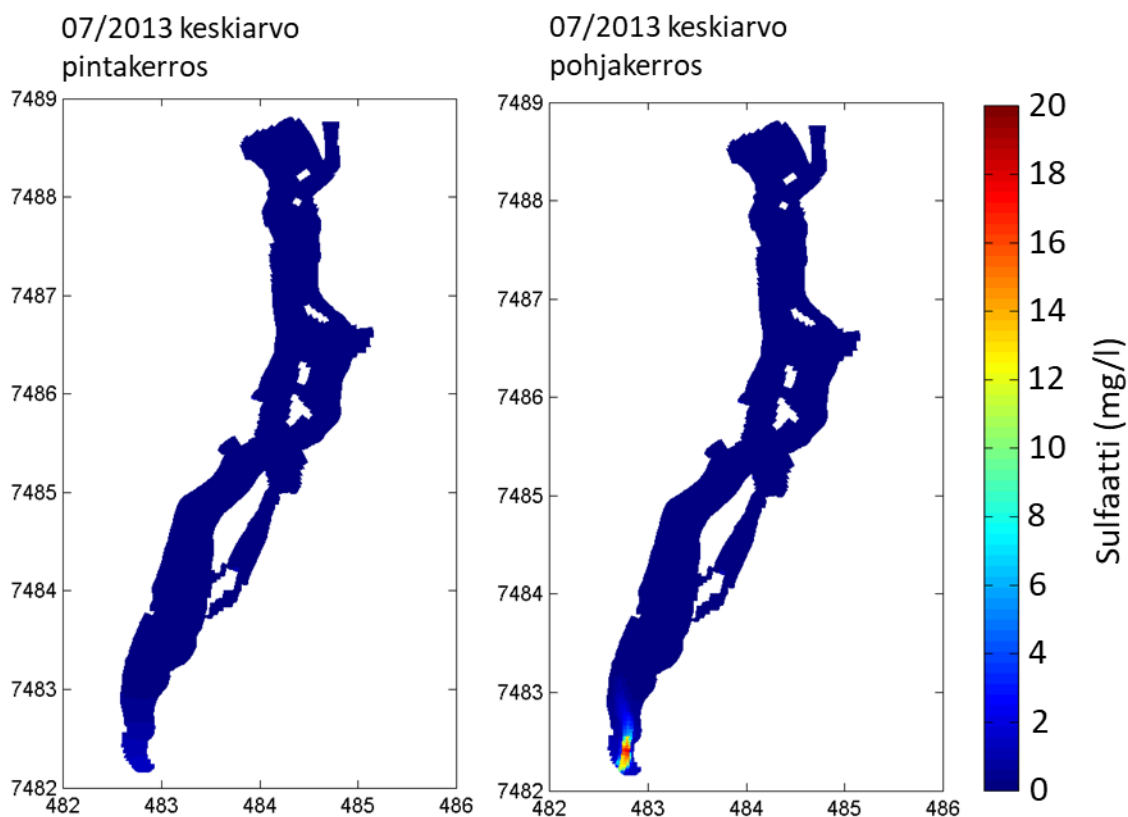
Kuva 15. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



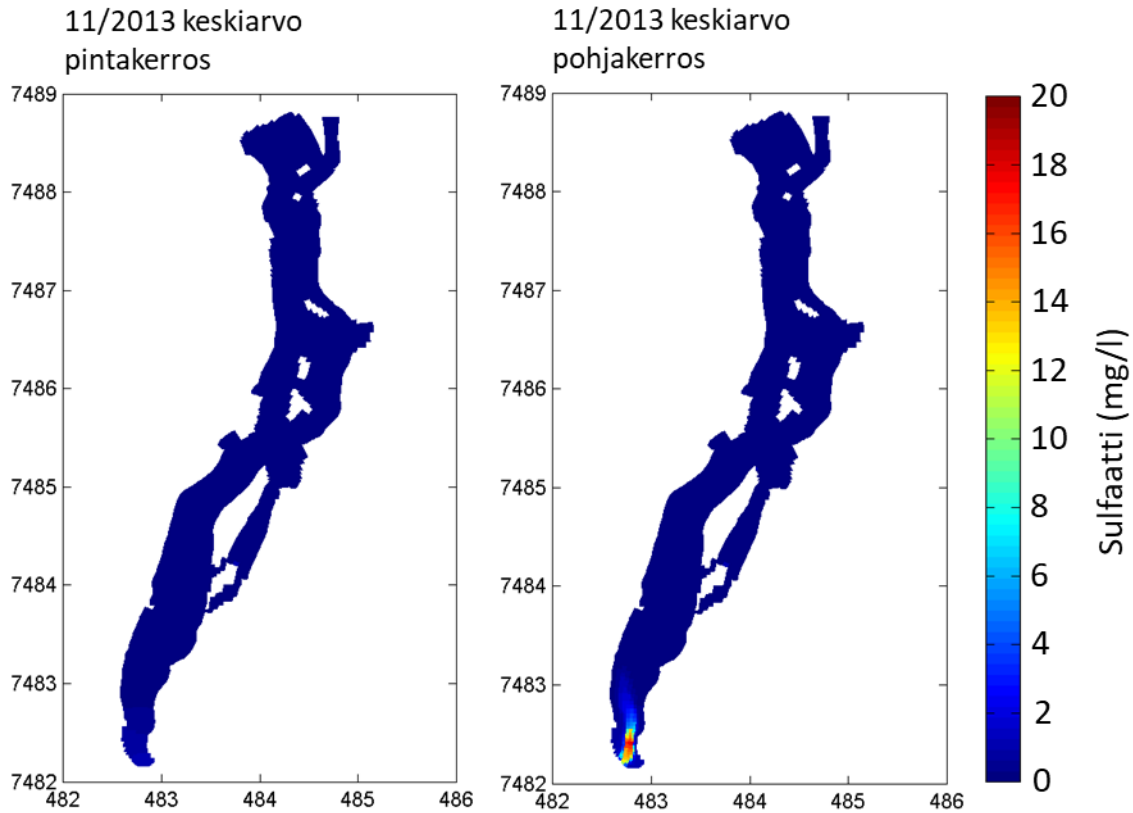
Kuva 16. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



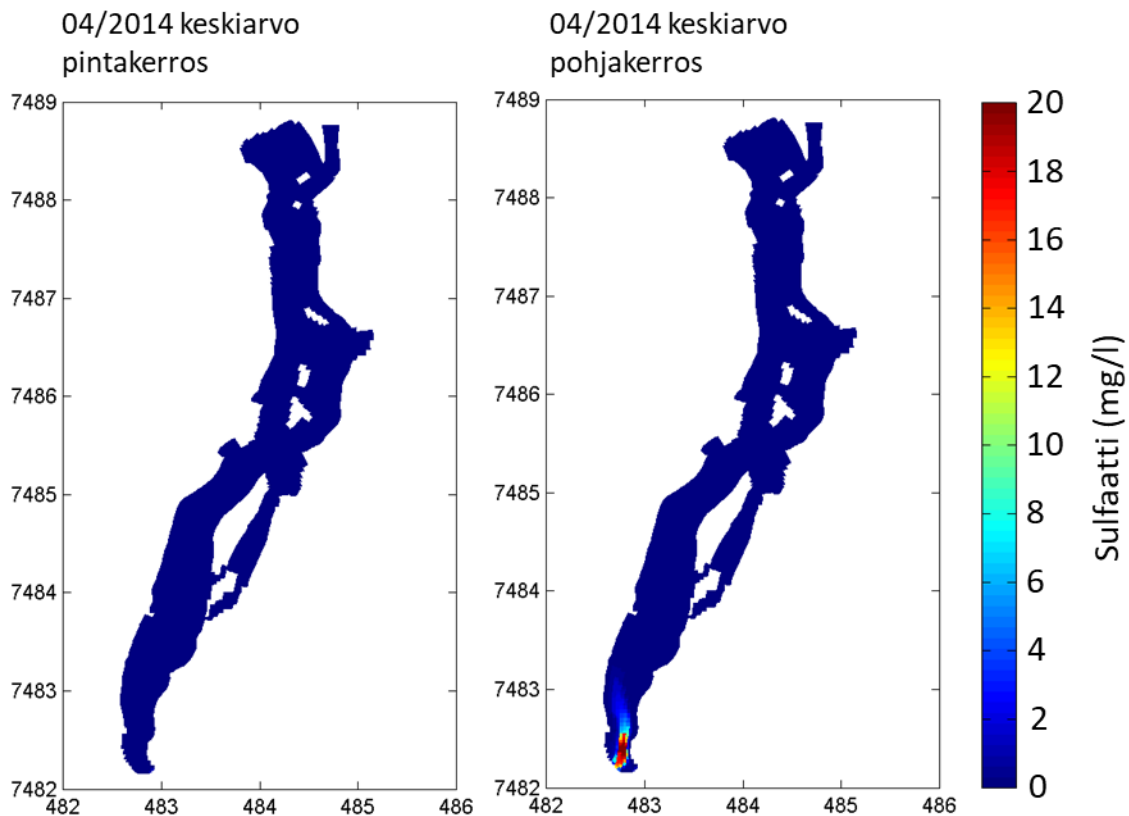
Kuva 17. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.



Kuva 18. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



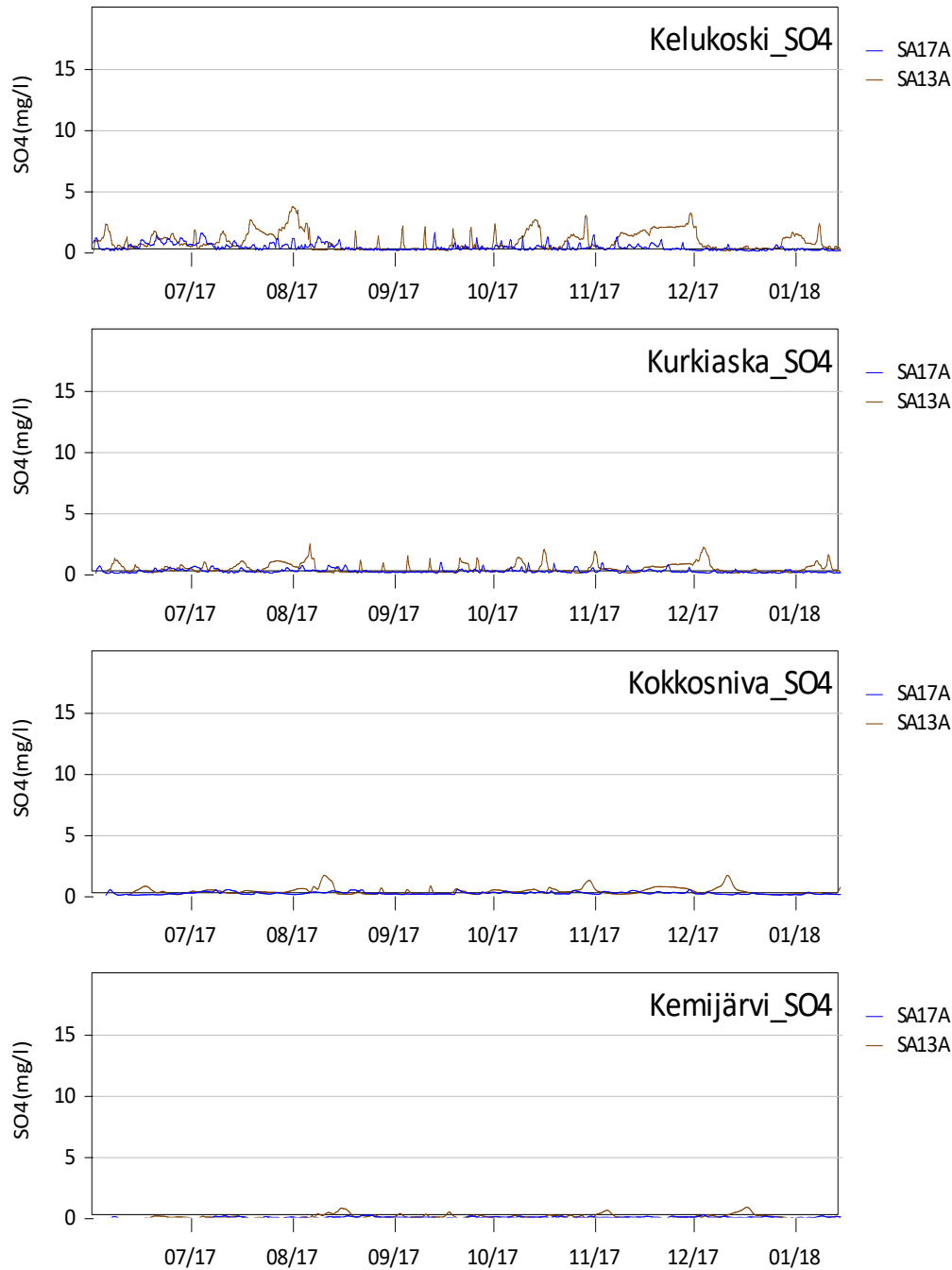
Kuva 19. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



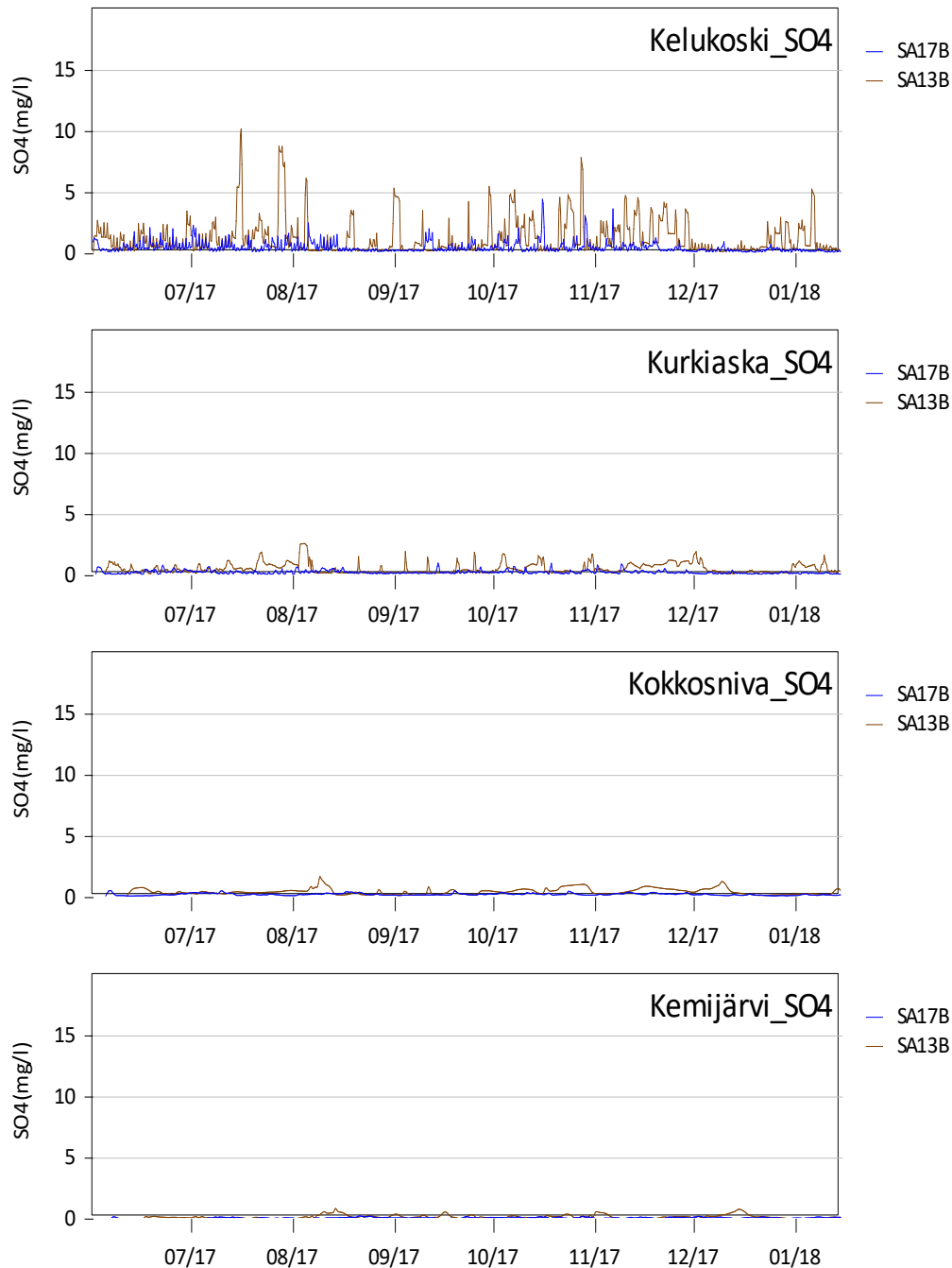
Kuva 20. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.

4.4 Sulfaatti, SA13 (kuiva) ja SA17 (keskimääräinen) -skenaarioiden vertailu

Vuosille 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso) laskettuja sulfaattipitoisuuden nousuja Kelukosken ja sen alapuolisten voimalaitosten kohdalla on vertailtu kuvissa 21 ja 22. Lisäksi taulukossa 8 on esitetty laskentajaksolta valittujen edustavien kuukausien keskiarvotiedot. Vuoden 2017 olosuhteissa pitoisuudet jäivät selvästi kuivaa vuotta 2013 pienemmiksi.



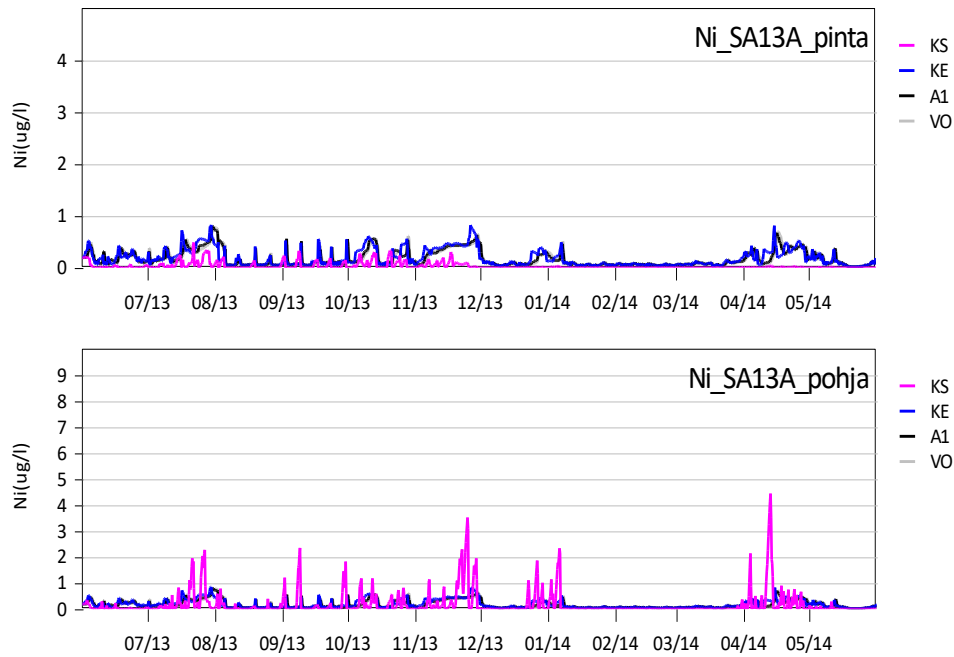
Kuva 21. Sulfaattipitoisuuksien (SO₄) nousu voimalaitoksilla, jaksojen 06/2013-01/2014 ja 06/2017-01/2018 vertailu, skenaariot SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A) ja SA17A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikka A).



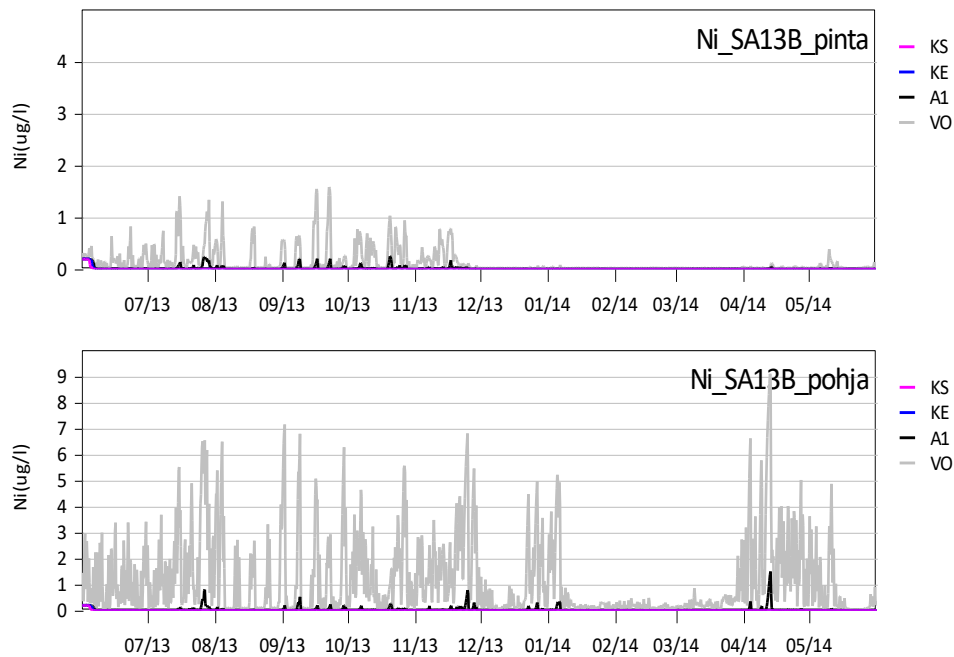
Kuva 22. Sulfaattipitoisuuksien (SO_4) nousu voimalaitoksilla, jaksojen 06/2014-01/2015 ja 06/2017 - 01/2018 vuosien 2013 ja 2017 vertailu, skenaariot SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B) ja SA17B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikka B).

4.5 Nikkeli, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso)

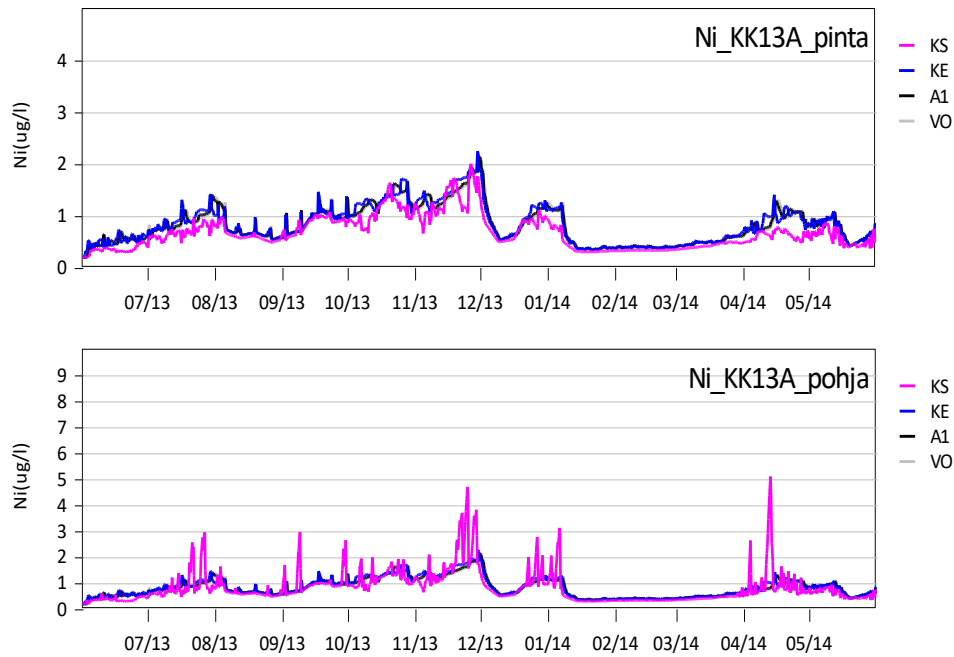
Nikkelin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) on alla esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE, A1 ja VO kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 23-26). Purkupaikan ollessa pisteessä A kuivien kuukausien keskimääräiset nikkelin pitoisuusnousut ovat alle 0,5 $\mu\text{g/l}$. Suurin hetkellinen pitoisuusnousu pisteessä KS on 5 $\mu\text{g/l}$ tasolla. Purkupaikan ollessa pisteessä B kuivan kuukauden keskimääräinen nikkelin pitoisuusnousu pisteessä VO on enimmillään 2 $\mu\text{g/l}$ tasolla ja muualla alle 0,1 $\mu\text{g/l}$. Suurin hetkellinen nikkelin pitoisuusnousu pisteessä VO on noin 10 $\mu\text{g/l}$ tasoa.



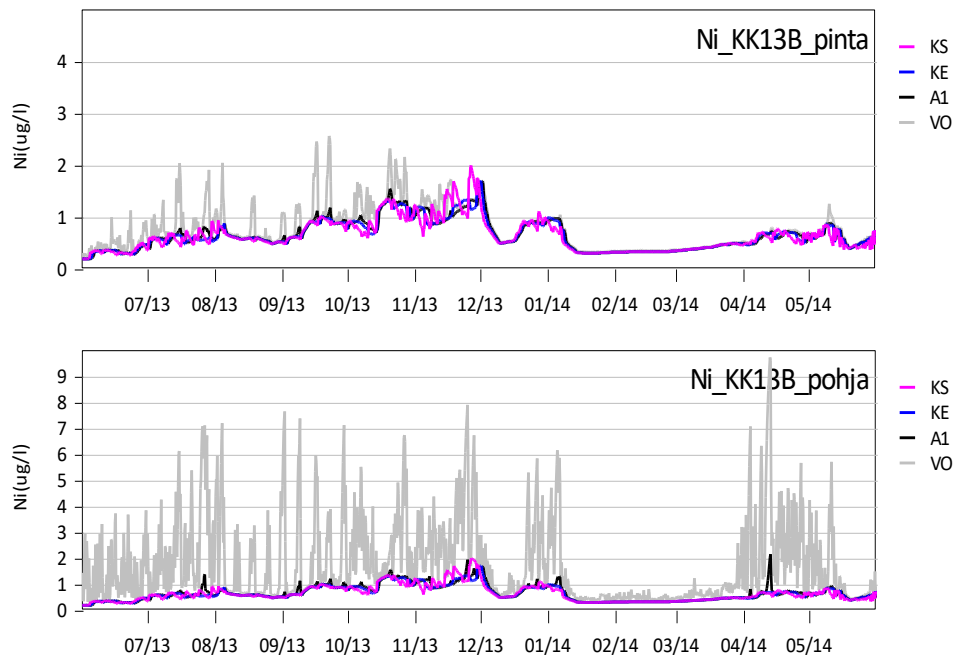
Kuva 23. Nikkeli (Ni), pitoisuusnousu pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



Kuva 24. Nikkeli (Ni), pitoisuusnousu pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



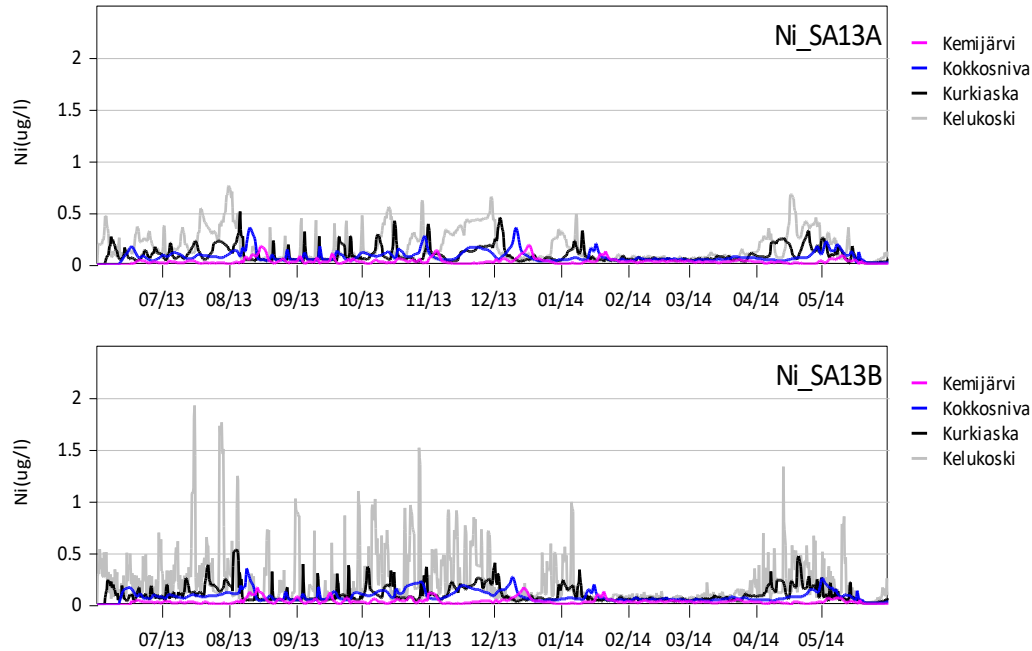
Kuva 25. Nikkelipitoisuus (Ni) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13A (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pintakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



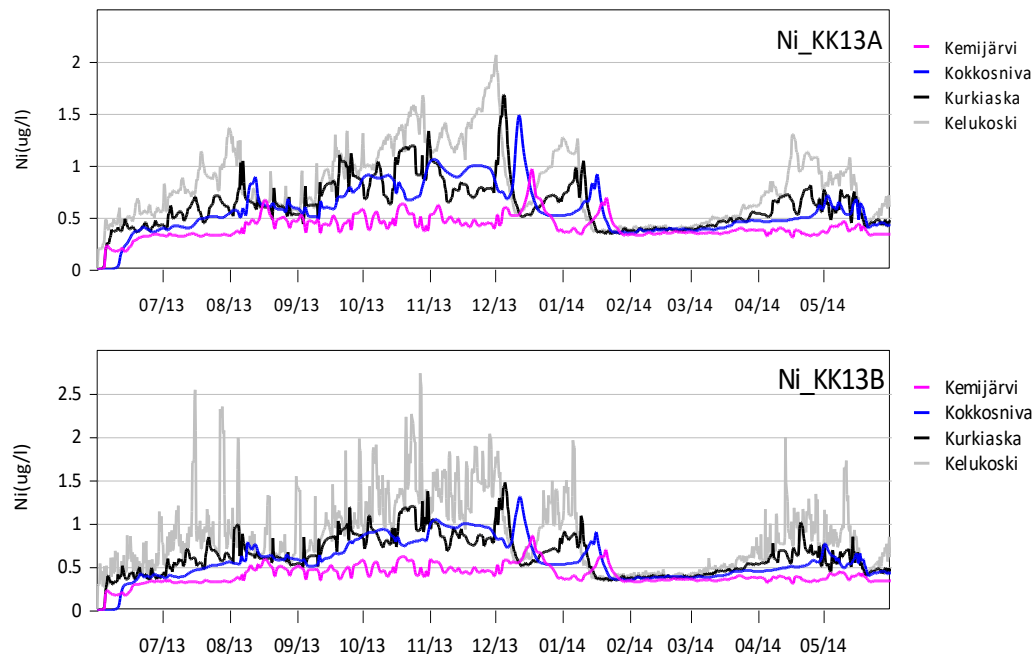
Kuva 26. Nikkelipitoisuus (Ni) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).

4.6 Nikkeli, pitoisuudet ja pitoisuusnousut voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)

Nikkelin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) Kelukoskella ja sen alapuolisilla voimalaitoksilla on esitetty kuvissa 27 ja 28, ja vastaavat keskiarvotiedot valituilta kuukausilta taulukossa 9 ja kuvissa 29 ja 30. Pitoisuusnousun kuivan kuukauden keskiarvot jäävät Kelukoskella alle 0,5 µg/l tason ja kokonaispitoisuuksien osalta alle 1,5 µg/l tason.



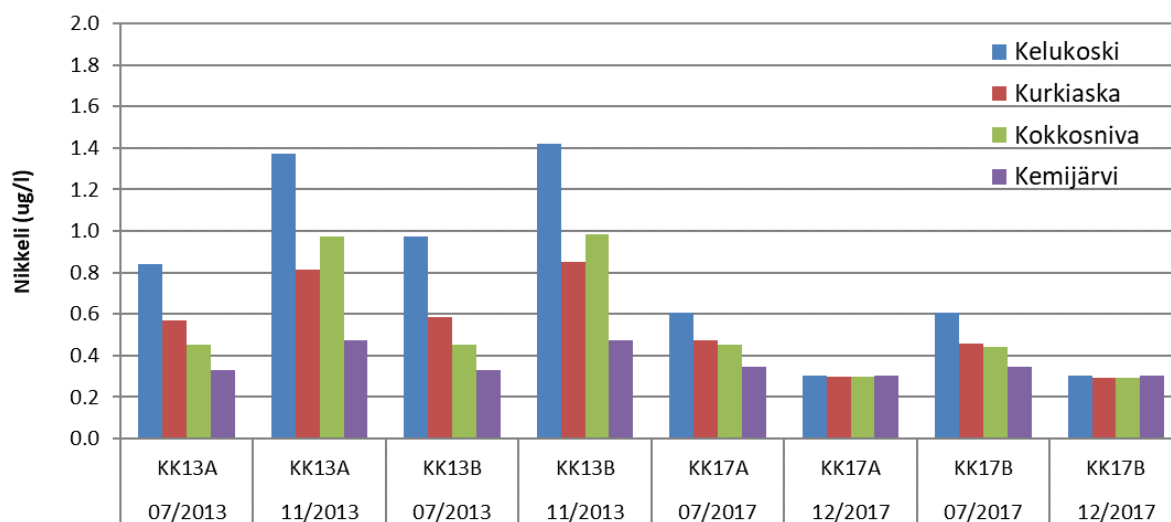
Kuva 27. Nikkeli (Ni), pitoisuusnousu, Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaariot SA13A ja SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B).



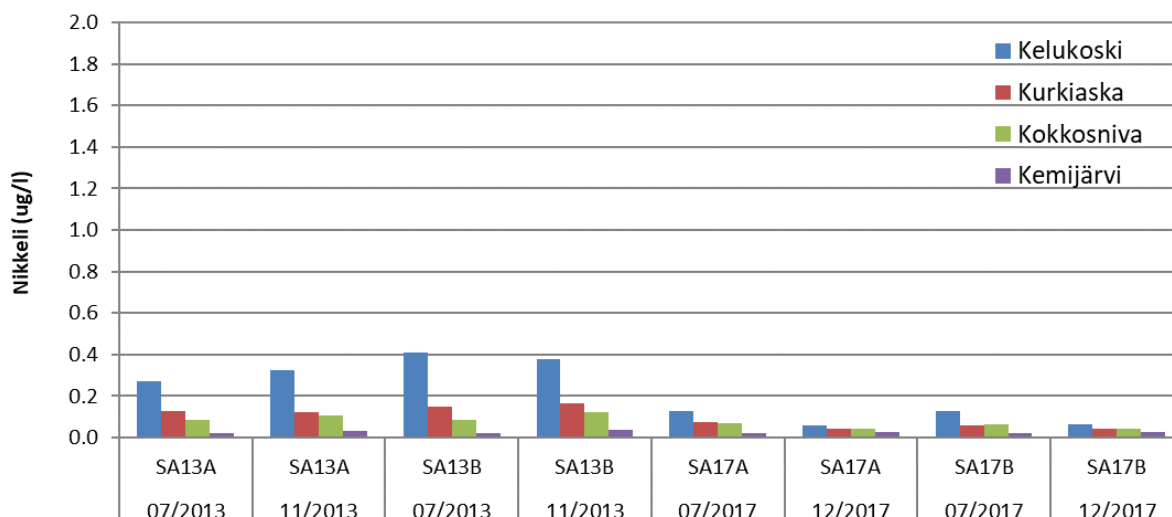
Kuva 28. Nikkelipitoisuus (Ni), Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaario KK13A ja KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B).

Taulukko 9: Nikkelipitoisuuksien (KK-skenaariot) ja pitoisuusnousujen (SA-skenaariot) keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Nikkeli Kuukausi	Skenaario	µg/l Kelukoski	µg/l Kurkiaska	µg/l Kokkosniva	µg/l Kemijärvi
07/2013	KK13A	0,840	0,568	0,453	0,331
11/2013	KK13A	1,372	0,812	0,973	0,473
07/2013	KK13B	0,976	0,587	0,455	0,331
11/2013	KK13B	1,421	0,853	0,984	0,475
07/2017	KK17A	0,607	0,471	0,450	0,345
12/2017	KK17A	0,301	0,297	0,297	0,305
07/2017	KK17B	0,608	0,457	0,441	0,343
12/2017	KK17B	0,304	0,295	0,295	0,303
07/2013	SA13A	0,272	0,128	0,086	0,023
11/2013	SA13A	0,327	0,121	0,108	0,034
07/2013	SA13B	0,408	0,148	0,088	0,022
11/2013	SA13B	0,378	0,163	0,120	0,036
07/2017	SA17A	0,129	0,072	0,071	0,023
12/2017	SA17A	0,059	0,045	0,045	0,028
07/2017	SA17B	0,130	0,059	0,062	0,020
12/2017	SA17B	0,062	0,043	0,042	0,025



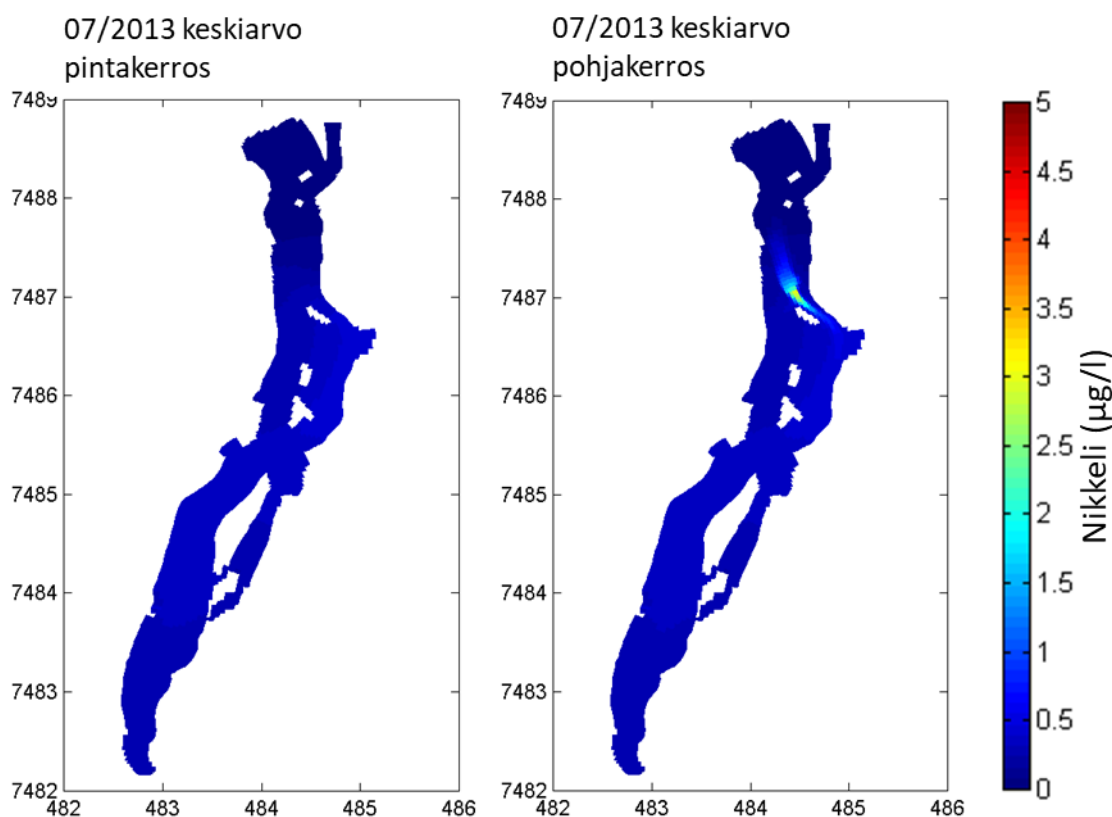
Kuva 29. Nikkelipitoisuuksien keskiarvot KK-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017)virtaamakuukausina.



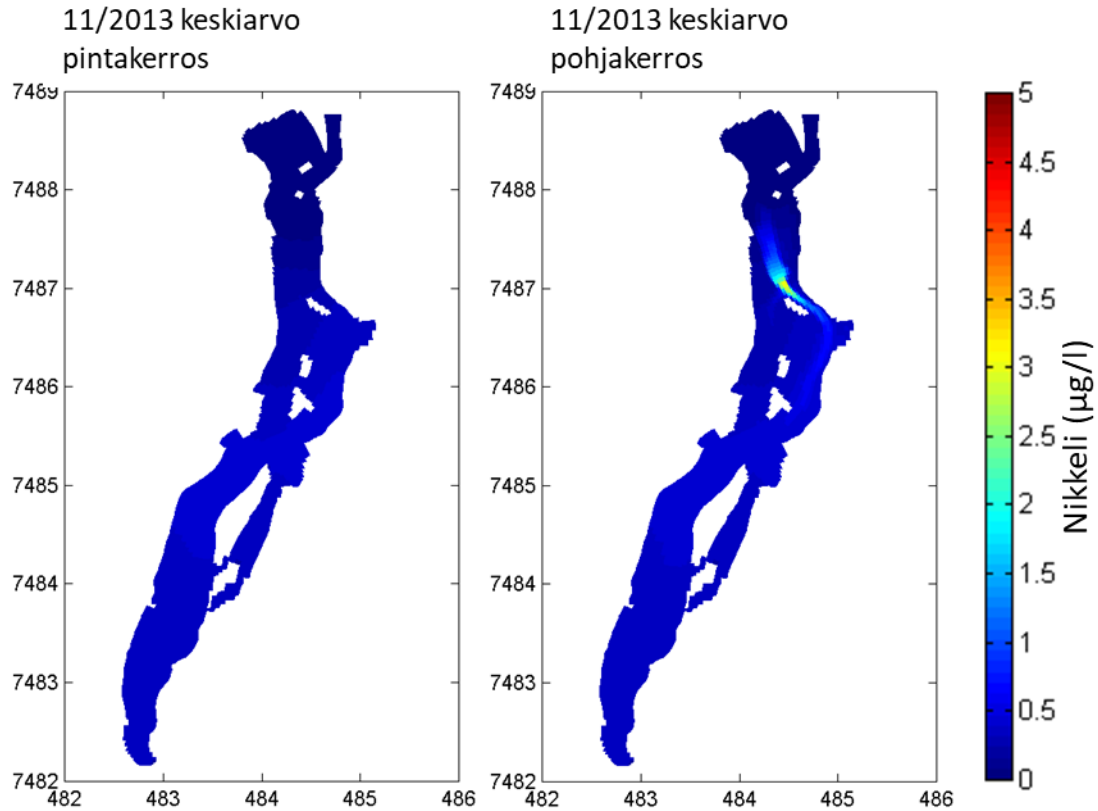
Kuva 30. Nikkelipitoisuuksien nousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

4.7 Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B

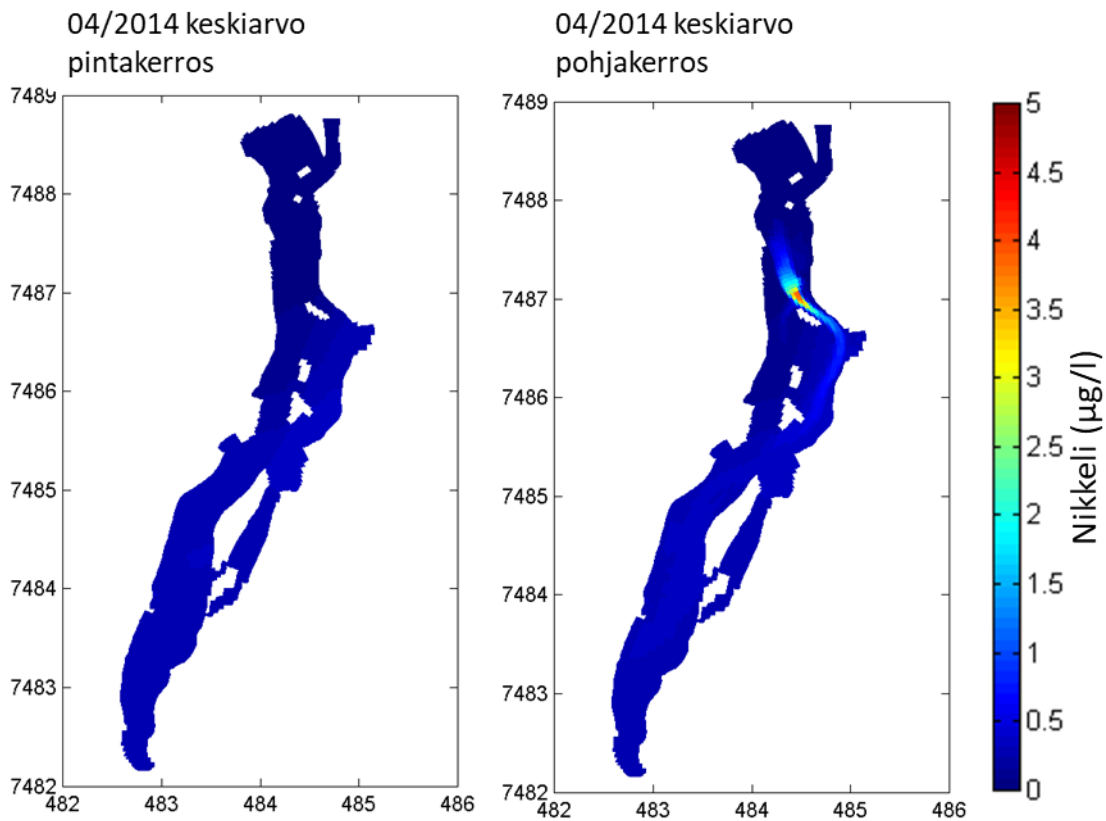
Kuvissa 31-36 on esitetty nikkelipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvoja pinta- ja pohjakerroksesta skenaarioista SA13A (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella.



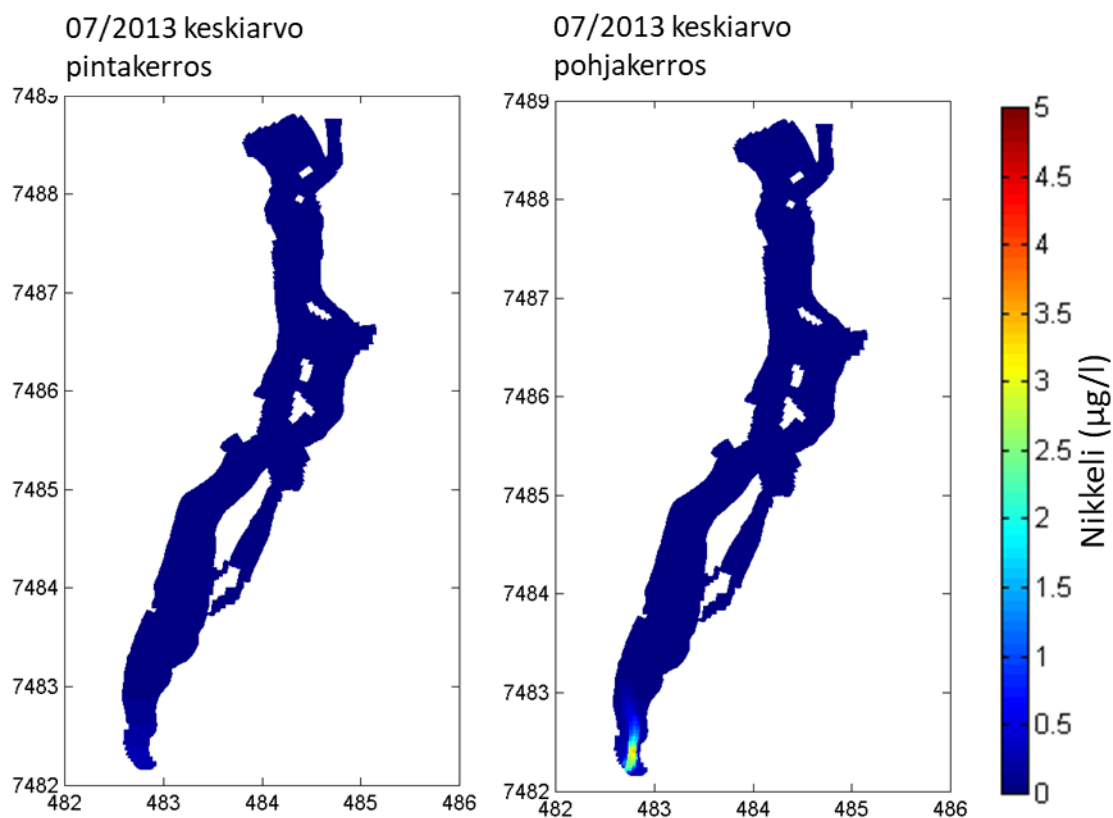
Kuva 31. Kelukosken allas, nikkelipitoisuuden nousu, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso.



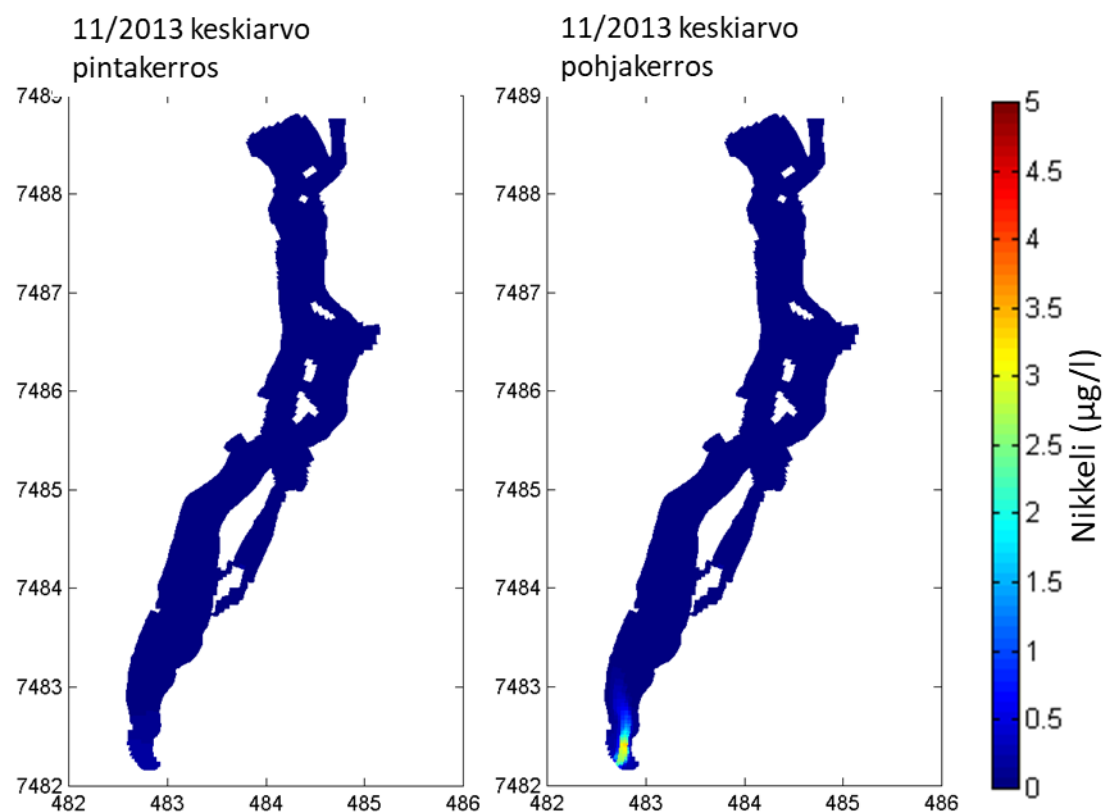
Kuva 32. Kelukosken allas, nikkelpitoisuuden nousu, marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



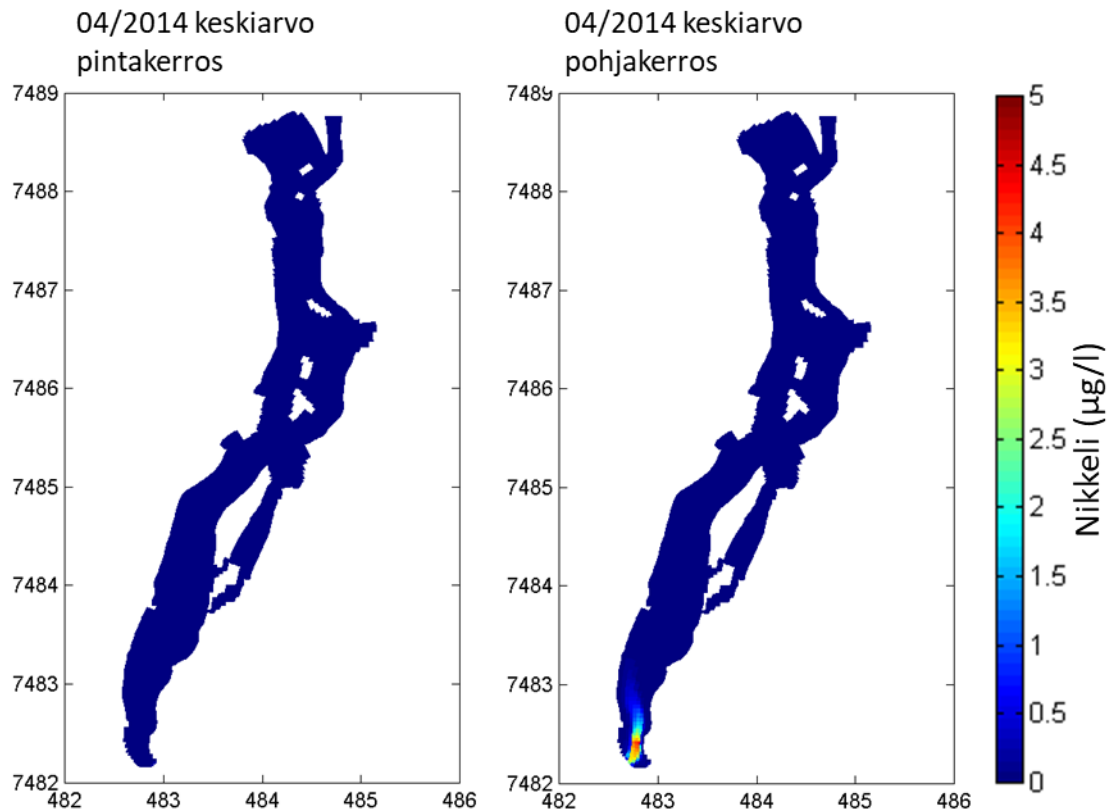
Kuva 33. Kelukosken allas, nikkelpitoisuuden nousu, huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.



Kuva 34. Kelukosken allas, nikkelipitoisuusnousu, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso



Kuva 35. Kelukosken allas, nikkelipitoisuusnousu, marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvijakso.

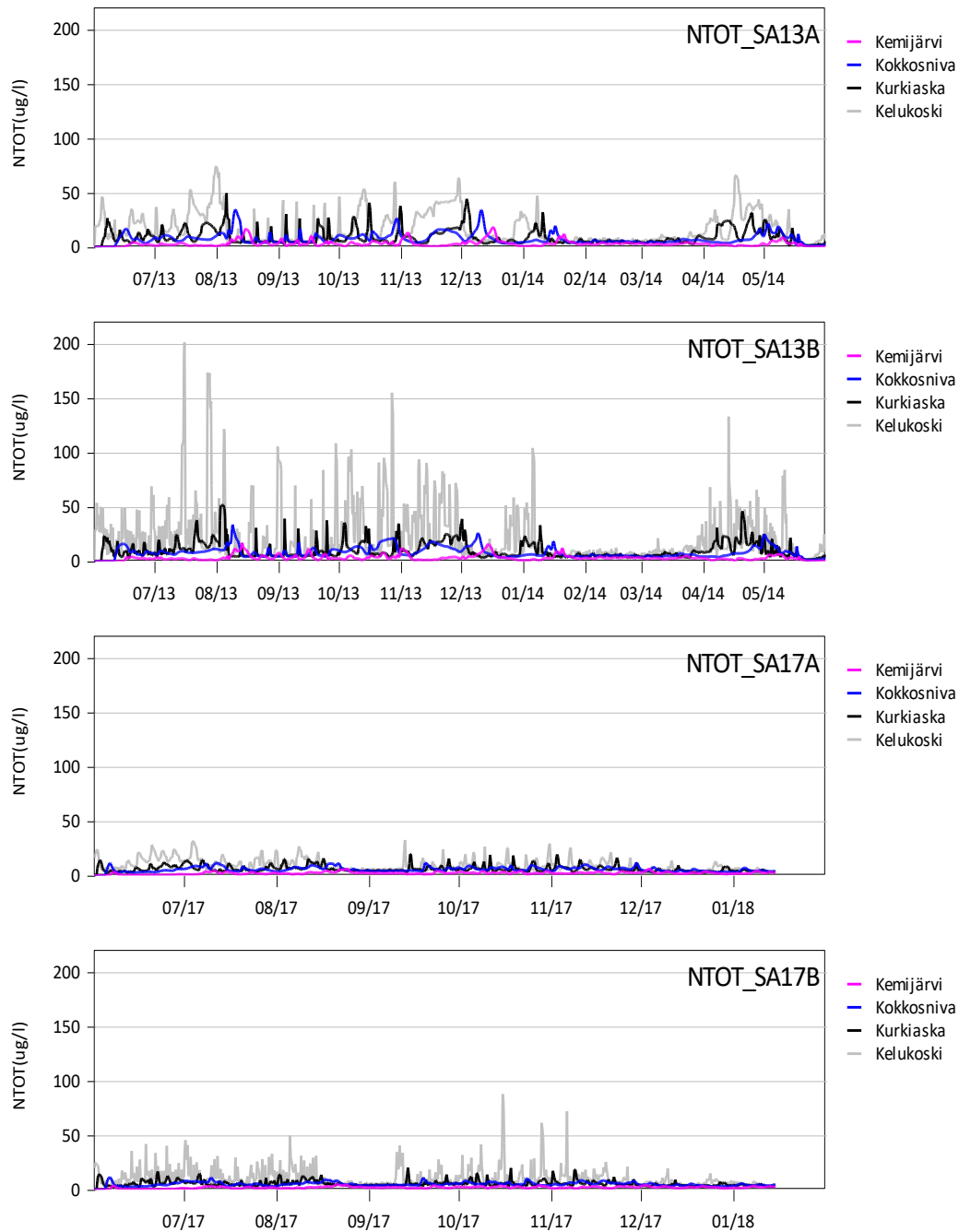


Kuva 36. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu, huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.

4.8 Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)

Kokonaistyyppikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 (kuiva jakso) ja vuoden 2017 (keskimääräinen jakso) laskentajaksoille SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty kuvassa 37. Taulukossa 10 sekä kuvassa 38 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta.

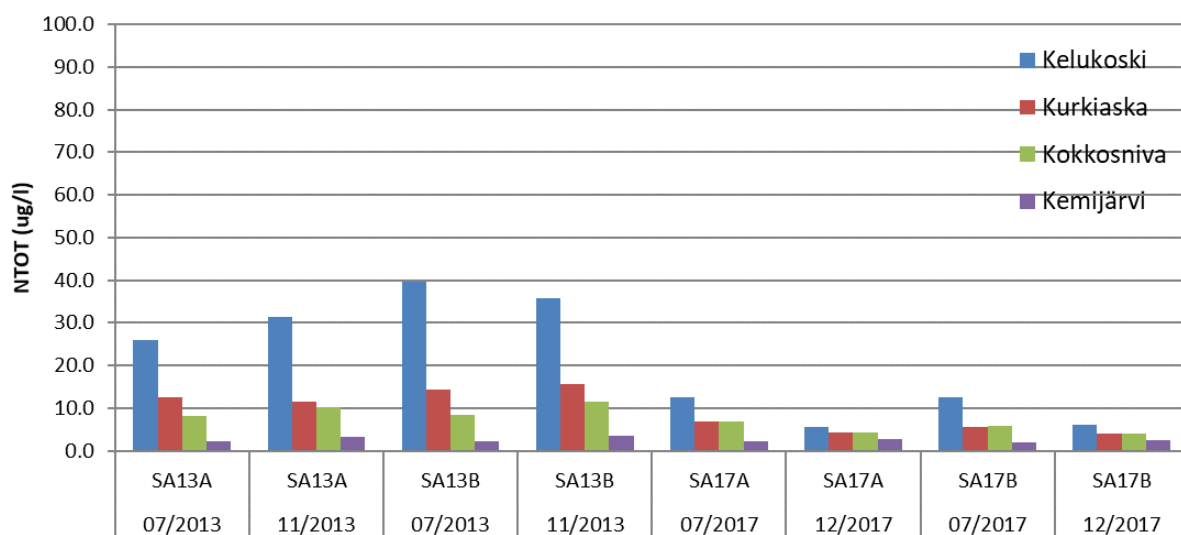
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Kun ylijäämävesien purku tapahtuu pisteessä A, on tyyppipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvo Kelukoskella 25 – 32 µg/l välillä. Purkupaikan ollessa pisteessä B on kuivan kuukauden typen pitoisuusnousu Kelukoskella 35 – 40 µg/l tasolla. Suurin hetkellinen pitoisuusnousu Kelukoskella on noin 200 µg/l tasolla purkupaikan ollessa pisteessä B. Kemijärven tulovirtaamassa kuivan kuukauden keskimääräinen typen pitoisuusnousu jäi alle 4 µg/l tason.



Kuva 37. Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), sekä SA17A ja SA17B (vain Sakatin kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikat A ja B).

Taulukko 10: Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017)virtaamakuukausina

NTOT Kuukausi	Skenaario	µg/l Kelukoski	µg/l Kurkiaska	µg/l Kokkosniva	µg/l Kemijärvi
07/2013	SA13A	26,1	12,4	8,2	2,2
11/2013	SA13A	31,4	11,6	10,3	3,3
07/2013	SA13B	39,6	14,2	8,5	2,1
11/2013	SA13B	35,8	15,6	11,5	3,5
07/2017	SA17A	12,4	6,9	6,8	2,2
12/2017	SA17A	5,7	4,3	4,3	2,6
07/2017	SA17B	12,4	5,6	5,9	1,9
12/2017	SA17B	6,0	4,1	4,0	2,4

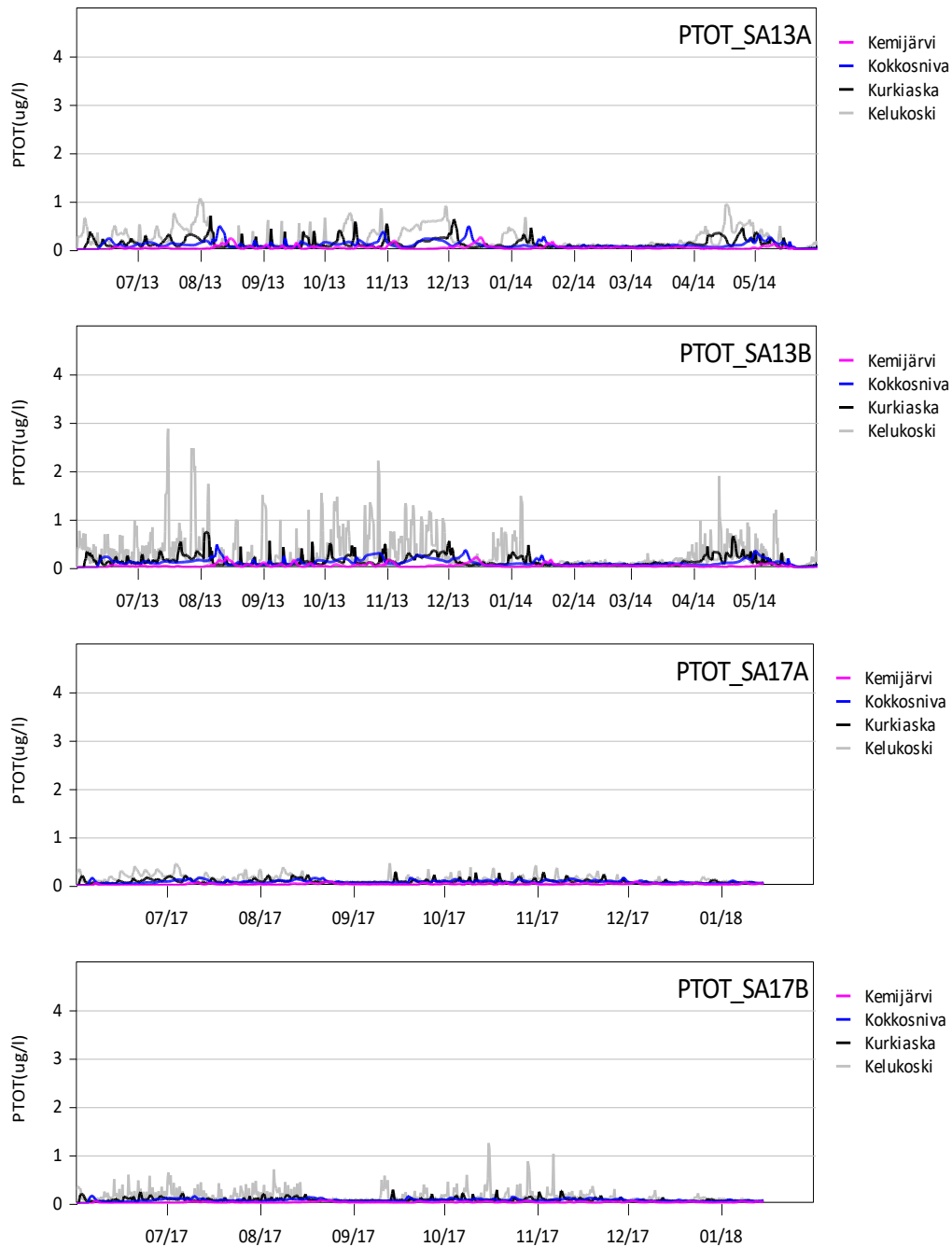


Kuva 38. Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

4.9 Kokonaisfosfori, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)

Kokonaisfosforikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty kuvassa 39. Taulukossa 11 sekä kuvassa 40 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta.

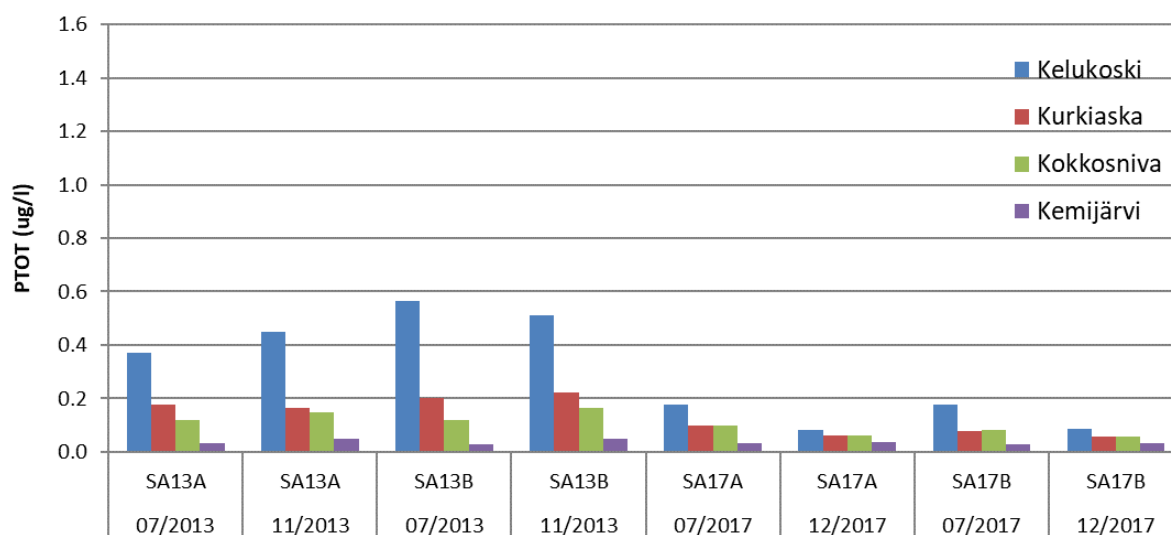
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Kelukoskella pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo oli enimmillään noin 0,6 µg/l. Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousun kuukausikeskiarvot jäivät alle 0,1 µg/l.



Kuva 39. Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuuskäyttäytyminen voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), sekä SA17A ja SA17B (vain Sakatin kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikat A ja B).

Taulukko 11: Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

PTOT Kuukausi	Skenaario	µg/l Kelukoski	µg/l Kurkiaska	µg/l Kokkosniva	µg/l Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,372	0,177	0,117	0,031
11/2013	SA13A	0,448	0,165	0,148	0,047
07/2013	SA13B	0,566	0,203	0,121	0,030
11/2013	SA13B	0,512	0,223	0,164	0,050
07/2017	SA17A	0,177	0,099	0,097	0,031
12/2017	SA17A	0,081	0,062	0,062	0,038
07/2017	SA17B	0,178	0,079	0,084	0,028
12/2017	SA17B	0,085	0,058	0,057	0,034



Kuva 40. Kokonaisfosfori (PTOT), pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

4.10 Kupari (Cu), Kromi (Cr)

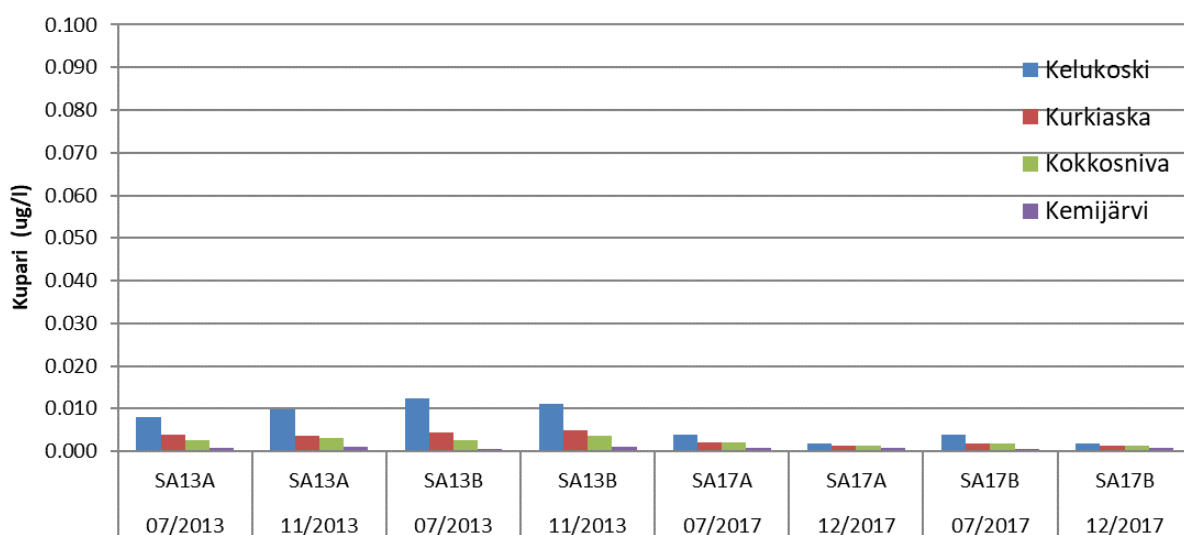
Kuparin ja kromin pitoisuus purettavissa Sakatin kaivoksen ylijäämävesissä on arvioitu likimain saman suuruiseksi (3,2 µg/l ja 3,0 µg/l), joten laskennallinen pitoisuusnousu joessa on samaa tasoa kummallekin metallille. Alla esitettävät pitoisuudet on laskettu kuparin tiedoilla (suurempi kuorma), mutta samat tiedot pätevät myös kromille.

Taulukossa 12 sekä kuvassa 41 on esitetty kuparin pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta. Luvut edustavat SA-skenaarioita (vain Sakatin kuormitus) ja ovat samat kuparille ja kromille.

Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli alle 15 ng/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi tasolle 1 ng.

Taulukko 12: Kuparin tai kromin (Cu & Cr) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Cu & Cr Kuukausi	Skenaario	µg/l Kelukoski	µg/l Kurkiaska	µg/l Kokkosniva	µg/l Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,008	0,004	0,003	0,001
11/2013	SA13A	0,010	0,004	0,003	0,001
07/2013	SA13B	0,012	0,004	0,003	0,001
11/2013	SA13B	0,011	0,005	0,004	0,001
07/2017	SA17A	0,004	0,002	0,002	0,001
12/2017	SA17A	0,002	0,001	0,001	0,001
07/2017	SA17B	0,004	0,002	0,002	0,001
12/2017	SA17B	0,002	0,001	0,001	0,001



Kuva 41. Kupari ja kromi, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina. Pitoisuusnousut ovat vastaavat molemmille metalleille.

4.11 Kadmium (Cd)

Kadmiumin pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla SA-laskentaskenaarioille (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty taulukossa 13. Kelukoskella kaikkien kuukausien keskimääräiset pitoisuusnousut olivat alle 1 ng/l tasolla.

Taulukko 13: Kadmiumin (Cd) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2013 ja 11/2013) virtaamakuukausina

Cd		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,0004	0,0002	0,0001	<0,00005
11/2013	SA13A	0,0005	0,0002	0,0002	0,0001
07/2013	SA13B	0,0006	0,0002	0,0001	<0,00005
11/2013	SA13B	0,0006	0,0002	0,0002	0,0001
07/2017	SA17A	0,0002	0,0001	0,0001	<0,00005
12/2017	SA17A	0,0001	0,0001	0,0001	<0,00005
07/2017	SA17B	0,0002	0,0001	0,0001	<0,00005
12/2017	SA17B	0,0001	0,0001	0,0001	<0,00005

4.12 Elohopea (Hg)

Elohopean pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty taulukossa 14. Kelukoskella kaikkien kuukausien keskimääräiset pitoisuusnousut olivat alle 0,1 ng/l tasolla.

Taulukko 14: Elohopean (Hg) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja (07/2013 ja 11/2013) keskimääräisinä virtaamakuukausina

Hg		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
11/2013	SA13A	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
07/2013	SA13B	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
11/2013	SA13B	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
07/2017	SA17A	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
12/2017	SA17A	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
07/2017	SA17B	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
12/2017	SA17B	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005

4.13 Antimoni (Sb)

Antimonin pitoisuusnousut voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty taulukossa 15. Suurin kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu Kelukoskella oli alle 10 ng/l tasolla.

Taulukko 15: Antimonin (Sb) pitoisuusnousun keskiarvot keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja (07/2017 ja 12/2017) keskimääräisinä virtaamakuukausina

Sb		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,005	0,002	0,001	<0,0005
11/2013	SA13A	0,006	0,002	0,002	0,001
07/2013	SA13B	0,007	0,003	0,002	<0,0005
11/2013	SA13B	0,007	0,003	0,002	0,001
07/2017	SA17A	0,002	0,001	0,001	<0,0005
12/2017	SA17A	0,001	0,001	0,001	<0,0005
07/2017	SA17B	0,002	0,001	0,001	<0,0005
12/2017	SA17B	0,001	0,001	0,001	<0,0005

4.14 Arseeni (As)

Arseenin pitoisuusnousut voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty taulukossa 16. Kelukoskella kaikkien kuukausien keskimääräiset pitoisuusnousut olivat alle 1 ng/l tasolla.

Taulukko 16: Arseenin pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

As		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,0003	0,0002	0,0001	<0,00005
11/2013	SA13A	0,0004	0,0001	0,0001	<0,00005
07/2013	SA13B	0,0005	0,0002	0,0001	<0,00005
11/2013	SA13B	0,0004	0,0002	0,0001	<0,00005
07/2017	SA17A	0,0002	0,0001	0,0001	<0,00005
12/2017	SA17A	0,0001	0,0001	0,0001	<0,00005
07/2017	SA17B	0,0002	0,0001	0,0001	<0,00005
12/2017	SA17B	0,0001	<0,00005	<0,00005	<0,00005

4.15 Lyijy (Pb)

Lyijyn pitoisuusnousut voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty taulukossa 17. Suurimmat kuukauden keskimääräiset pitoisuusnousut ovat Kelukoskella alle 1 ng/l tasolla.

Taulukko 17: Lyijyn pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Pb		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,00019	0,00009	0,00006	0,00002
11/2013	SA13A	0,00022	0,00008	0,00007	0,00002
07/2013	SA13B	0,00028	0,00010	0,00006	0,00002
11/2013	SA13B	0,00026	0,00011	0,00008	0,00002
07/2017	SA17A	0,00009	0,00005	0,00005	0,00002
12/2017	SA17A	0,00004	0,00003	0,00003	0,00002
07/2017	SA17B	0,00009	0,00004	0,00004	0,00001
12/2017	SA17B	0,00004	0,00003	0,00003	0,00002

5 Tulokset, kuormitus TT4

Tulokset on esitetty vastaavasti kuin kuormitukselle tarkastelutilanteessa 1 (TT1).

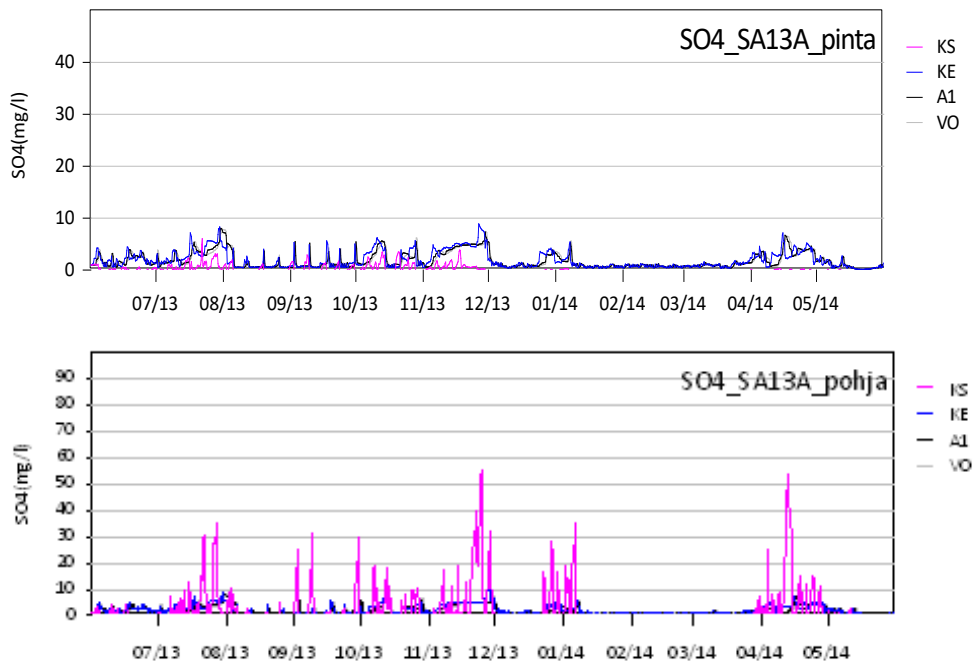
5.1 Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso)

Sulfaatin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) on alla esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE, A1 ja VO kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 42-45). Pitoisuudet on piirretty 6 h keskiarvoina.

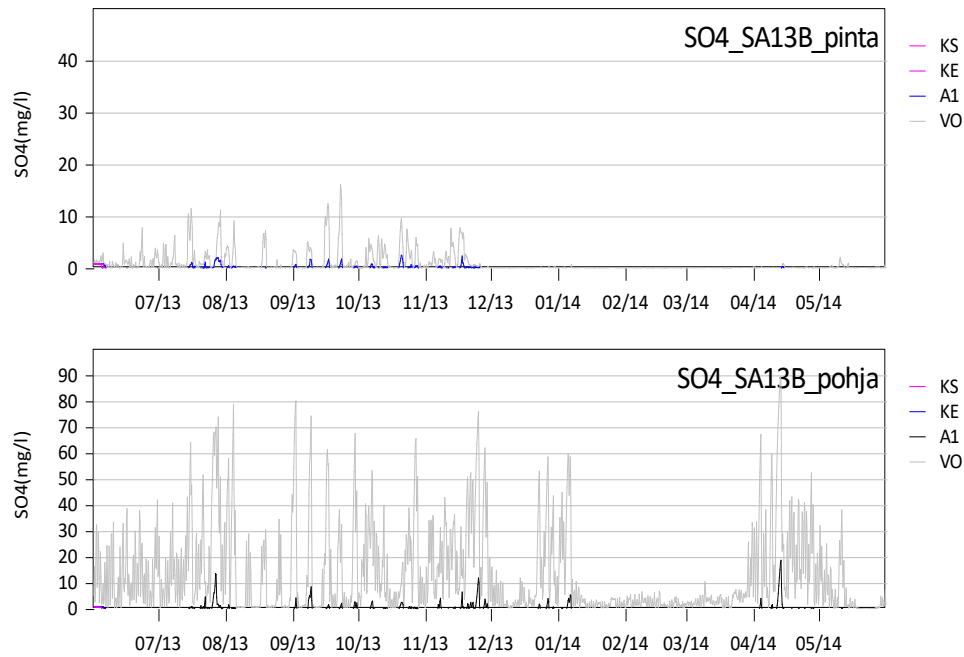
Purkupaikasta A kaivoksen ylijäämävesi kulkeutuu pääosin virtauksen mukana etelään sekoittuen samalla syvyysuunnassa. Pohjakerroksessa ylijäämävesi kulkeutuu ajoittain myös pohjoiseen, jolloin pitoisuus pisteen KS pohjakerroksessa nousee lyhytaikaisesti. Kelukosken padon tasolla ylijäämävesi on sekoittunut tasaisesti koko vesikerrokseen.

Kun kaivoksen ylijäämävesien johtaminen tapahtuu purkupaikkaan B, ylijäämävesiä ei kulkeudu pisteen KS tasolle missään lasketuissa olosuhteissa. Pisteen A1 tasolla sulfaattipitoisuudessa on ajoittaista nousua, mutta useimmiten pitoisuusnousu jää nolnaan. Voimalaitoksen edustalla pisteessä VO sulfaattipitoisuusnousu on suurin ja suurimmillaan juoksutuksen ollessa nollassa.

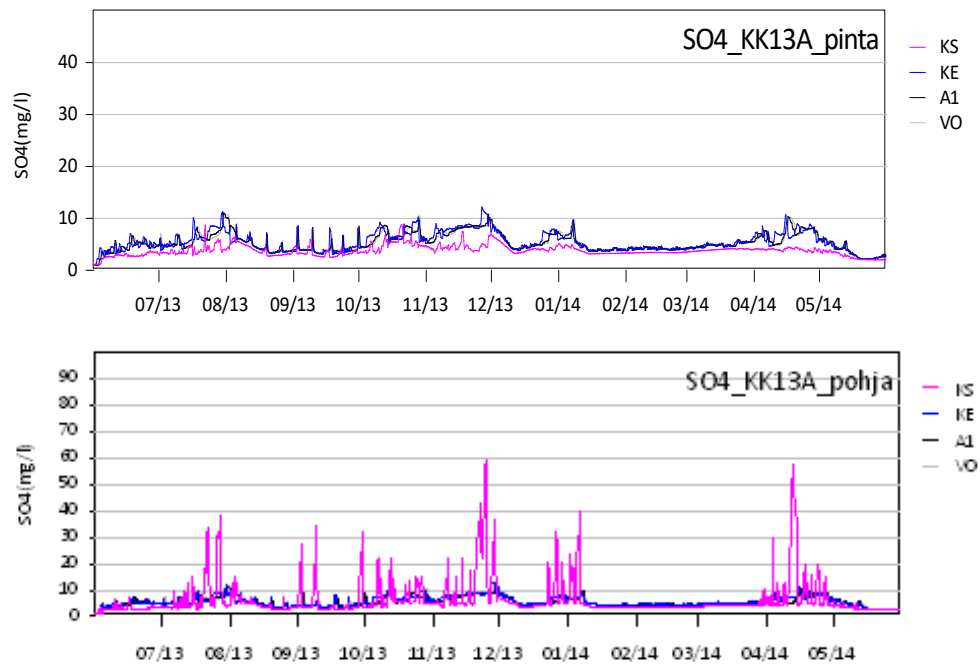
Vuosi 2013 oli kuiva ja tästä johtuen sulfaatin pitoisuusnousut ovat keskimääräistä suurempia. Koko vuoden 06/2013-05/2014 laskentajaksolla sulfaattipitoisuuden nousu eri pisteissä on keskimäärin alle 3 mg/l tason poislukien lähinnä purkupaikkaa olevat pisteet. Kuormituksen ollessa purkupaikassa A kuivimpien kuukausien pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo on purkupaikan A alapuolella 2-5 mg/l välillä. Purkupaikan B tapauksessa kuivien kuukausien keskimääräinen pitoisuusnousu pisteessä VO on noin 20-25 mg/l tasolla, muissa pisteissä alle 1 mg/l.



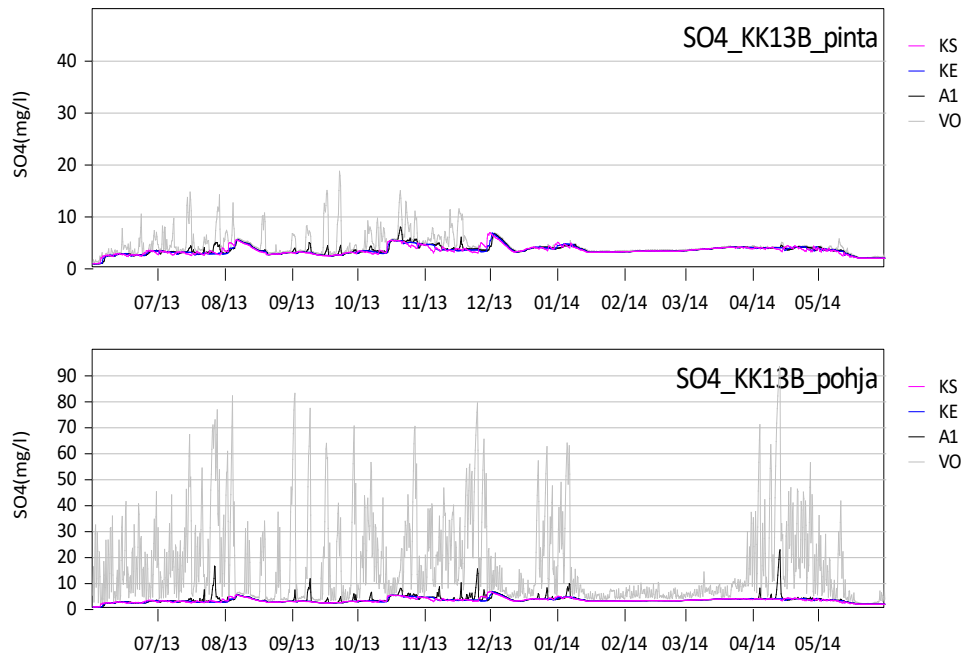
Kuva 42. Sulfaattipitoisuuden nousu (SO₄) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



Kuva 43. Sulfaattipitoisuuden nousu (SO_4) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



Kuva 44. Sulfaattipitoisuus (SO_4) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13A (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).

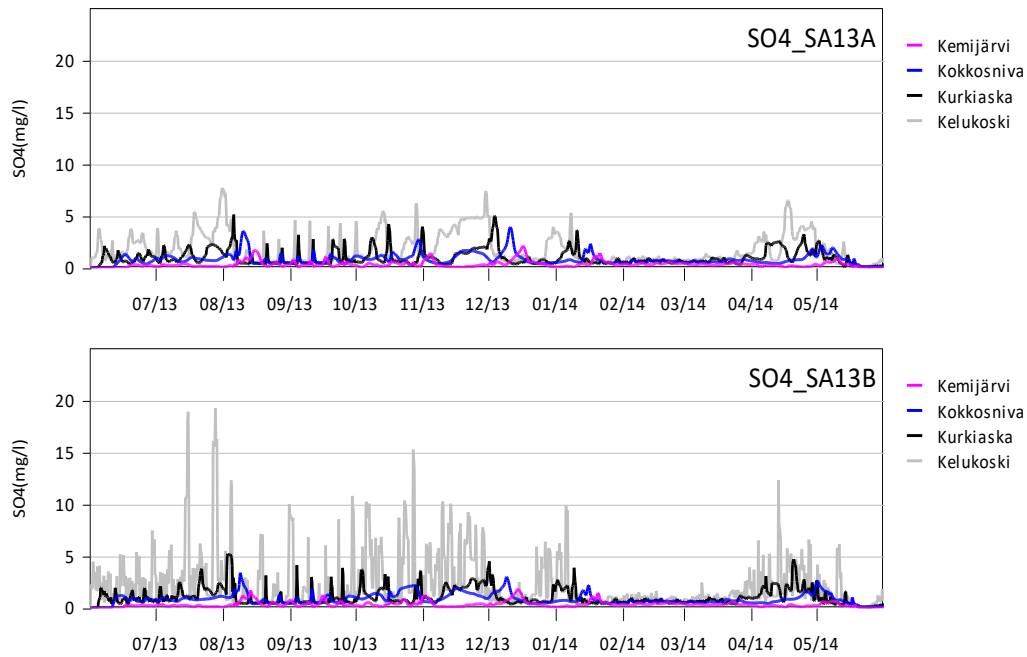


Kuva 45. Sulfaattipitoisuus (SO_4) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).

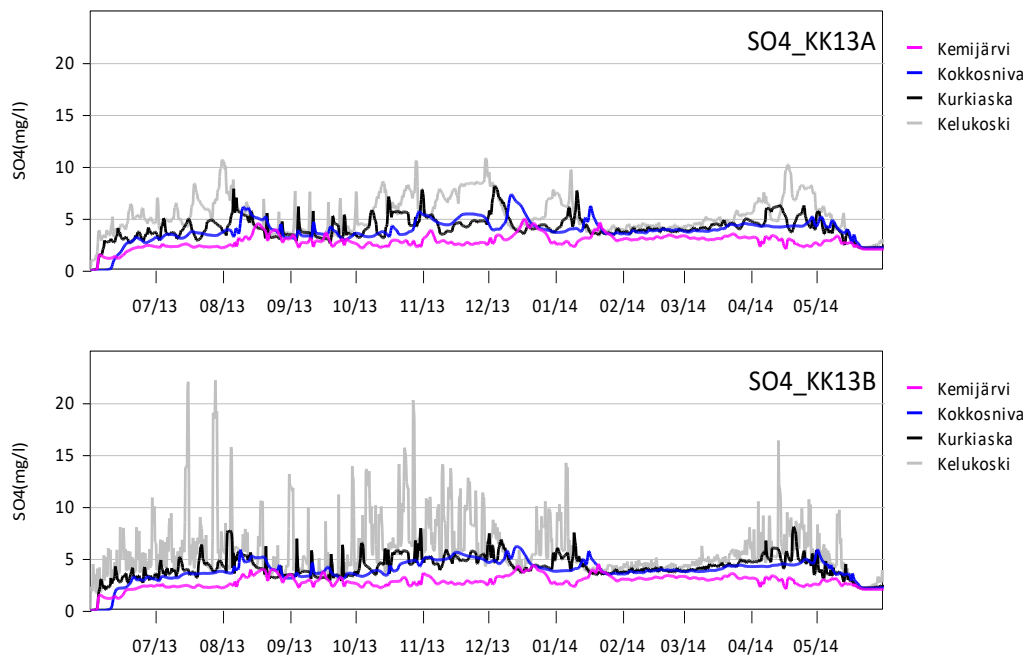
5.2 Sulfaatti, pitoisuudet ja pitoisuusnousut voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)

Sulfaatin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) Kelukosken padon alapuolella ja siitä alajuoksulle olevilla padoilla (padon yläpuolella) on esitetty kuvissa 46 ja 47. Kelukoskella padon alapuolinen pitoisuus kuvaa parhaiten vettä, joka lähtee padolta alajuoksulle. Tämä johtuu siitä, että padon yläpuolella pitoisuus nousee ajoittain paikallisesti alajuoksulle lähtevää vettä suuremmaksi, kun purkupiste on paikassa B ja pato kiinni. Alempana olevilla voimalaitospadoilla padon ylä- ja alapuoliset pitoisuudet ovat käytännössä samoja, sillä Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttama kuormitus on ehtinyt sekoittua tasaisemmin suurempaan vesimäärään. Pitoisuusnousut on piirretty aikasarjakuviin 6 h keskiarvoina. Taulukossa 18 sekä kuvissa 48 ja 49 on lisäksi esitetty keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta (kuivat kuukaudet 07/2013, 11/2013, keksimääräiset kuukaudet 07/2017 ja 12/2017).

Kun kuormitus on purkupaikassa A, Kelukosken padolla suurimmat pitoisuudet, noin 5 – 6 mg/l, osuvat kuivan vuoden heinä-, marras- ja huhtikuulle, jolloin virtaamat ovat pieniä. Kuormituksen ollessa purkupaikassa B suurimmat lyhytaikaiset sulfaattipitoisuudet ovat Kelukosken padolla noin 20 mg/l tasolla, ja ne osuvat kesälle. Kurkiaskan padolla pitoisuusnousu on hieman yli puolet (enimmillään 5 mg/l) ja Kemijärven tasolla noin neljäsosa (enimmillään noin 3 mg/l) Kelukosken pitoisuustasosta. Mikäli kuormitus sijoitetaan purkupaikkaan A jäävät Kelukosken hetkelliset enimmäispitoisuudet pienemmiksi kuin tilanteessa, jossa kuormitus tapahtuu purkupaikassa B.



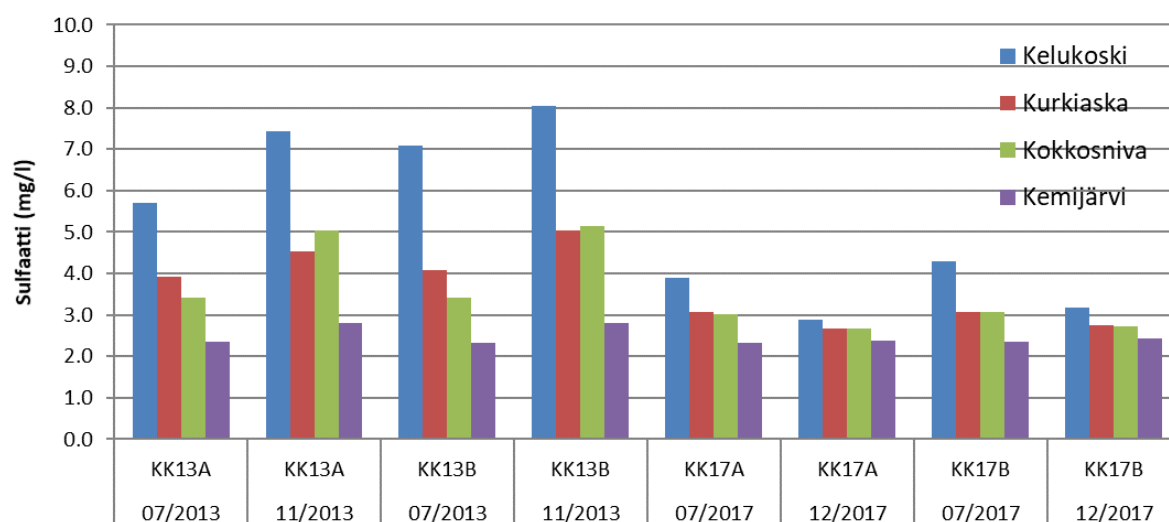
Kuva 46. Sulfaattipitoisuuden (SO_4) nousu Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaariot SA13A ja SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



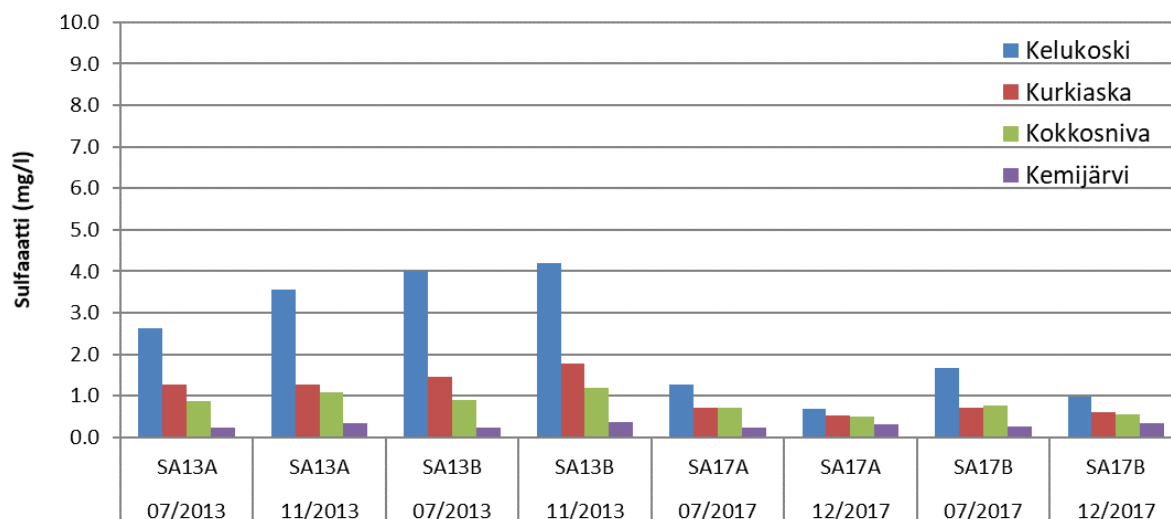
Kuva 47. Sulfaattipitoisuus (SO_4) Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaario KK13A ja KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).

Taulukko 18: Sulfaattipitoisuuksien (KK-skenaariot) ja pitoisuusnousujen (SA-skenaariot) keskiarvot eri skenaarioille kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Sulfaatti Kuukausi	Skenaario	mg/l Kelukoski	mg/l Kurkiaska	mg/l Kokkosniva	mg/l Kemijärvi
07/2013	KK13A	5,71	3,92	3,41	2,34
11/2013	KK13A	7,43	4,54	5,03	2,80
07/2013	KK13B	7,09	4,09	3,42	2,33
11/2013	KK13B	8,05	5,02	5,14	2,81
07/2017	KK17A	3,90	3,08	3,01	2,32
12/2017	KK17A	2,88	2,68	2,67	2,38
07/2017	KK17B	4,30	3,08	3,07	2,35
12/2017	KK17B	3,17	2,76	2,71	2,42
07/2013	SA13A	2,64	1,27	0,87	0,23
11/2013	SA13A	3,55	1,28	1,08	0,35
07/2013	SA13B	4,02	1,44	0,89	0,22
11/2013	SA13B	4,19	1,76	1,19	0,36
07/2017	SA17A	1,28	0,72	0,71	0,23
12/2017	SA17A	0,67	0,52	0,51	0,31
07/2017	SA17B	1,68	0,72	0,76	0,26
12/2017	SA17B	0,96	0,59	0,56	0,35



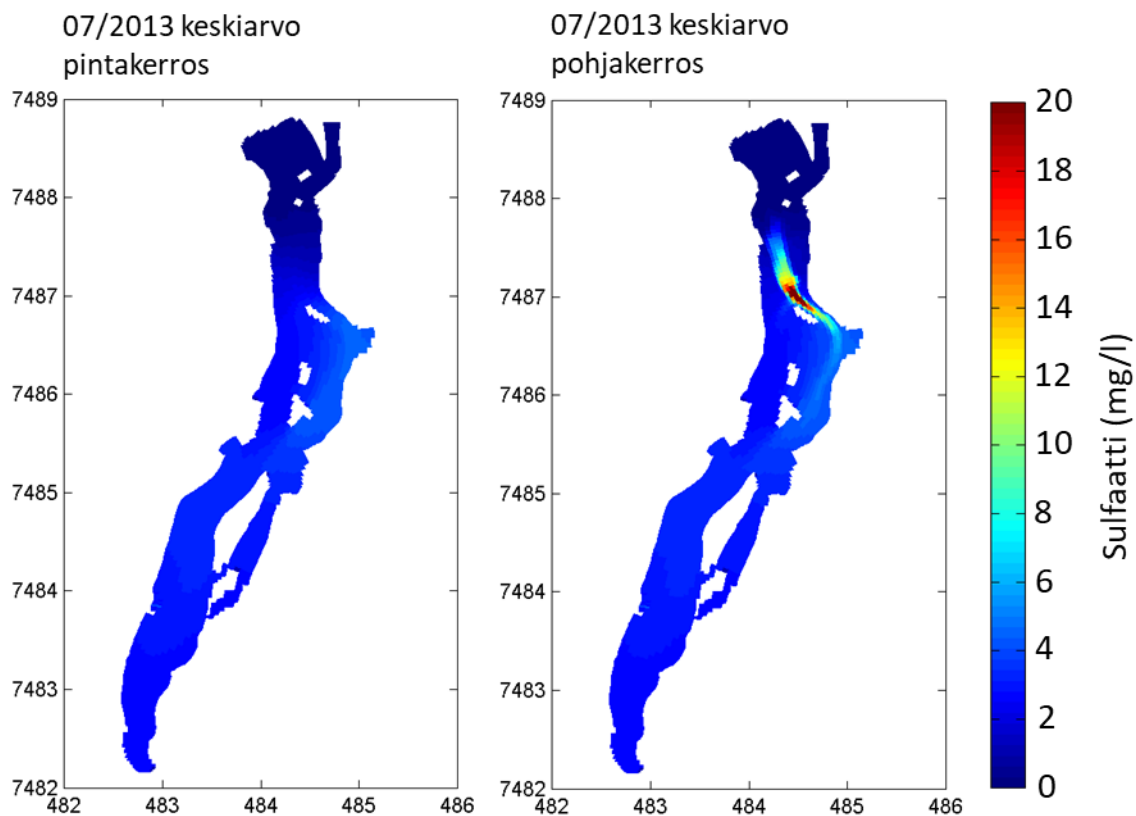
Kuva 48: Sulfaattipitoisuuksien keskiarvot KK-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.



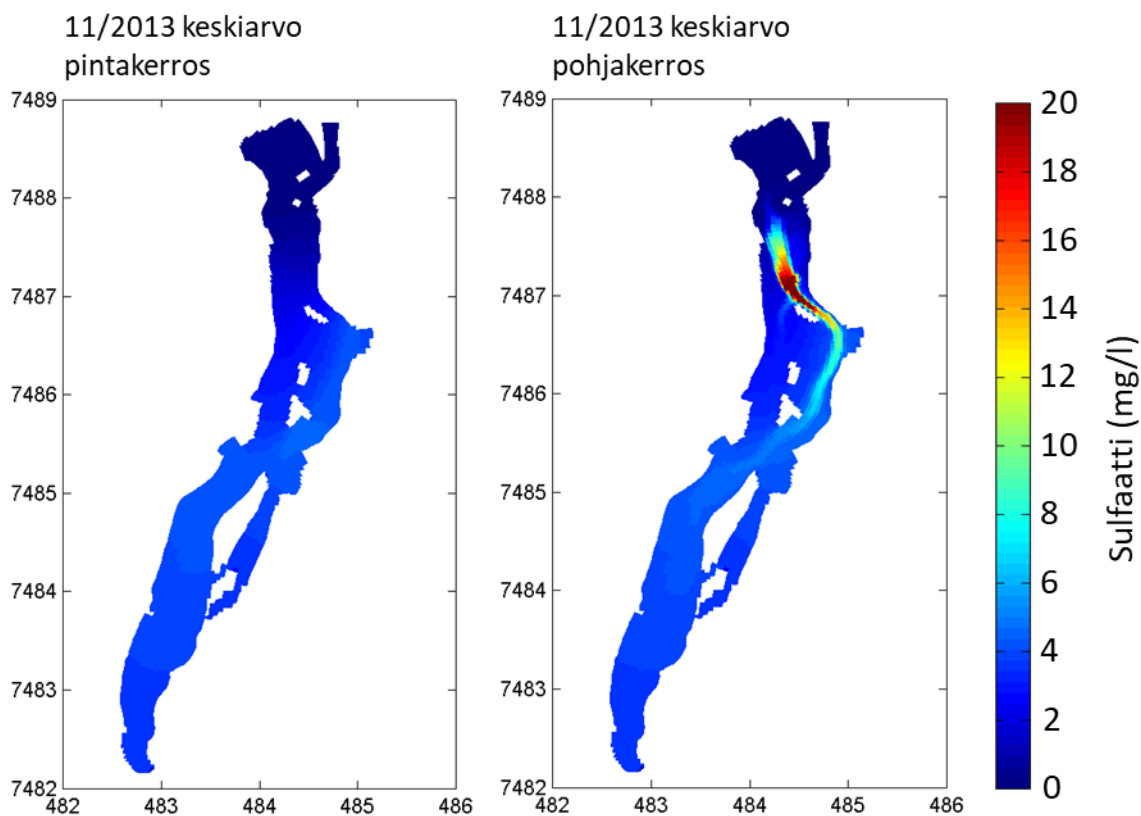
Kuva 49: Sulfaattipitoisuuksien nousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

5.3 Sulfaatti, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B

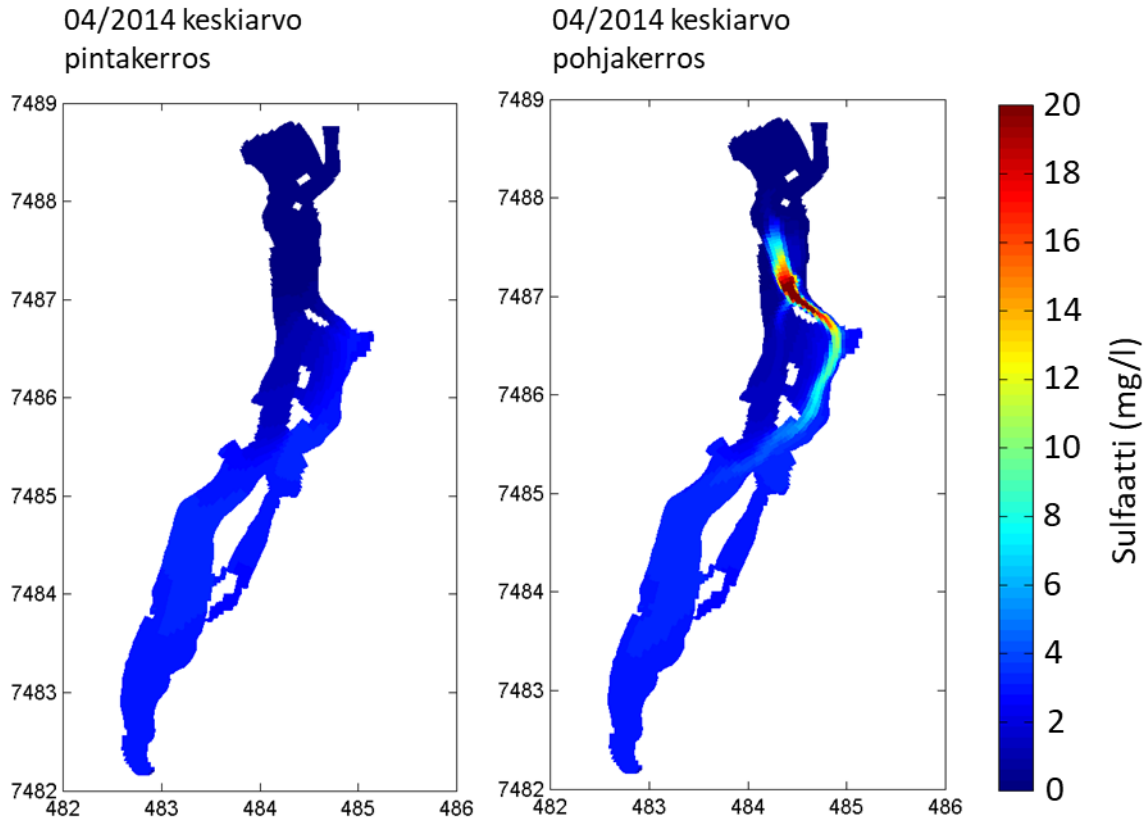
Kuvissa 50-55 on esitetty sulfaattipitoisuuden nousun kuukausikeskiarvoja Kelukosken altaan pinta- ja pohjakerroksessa skenaarioista SA13A (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella.



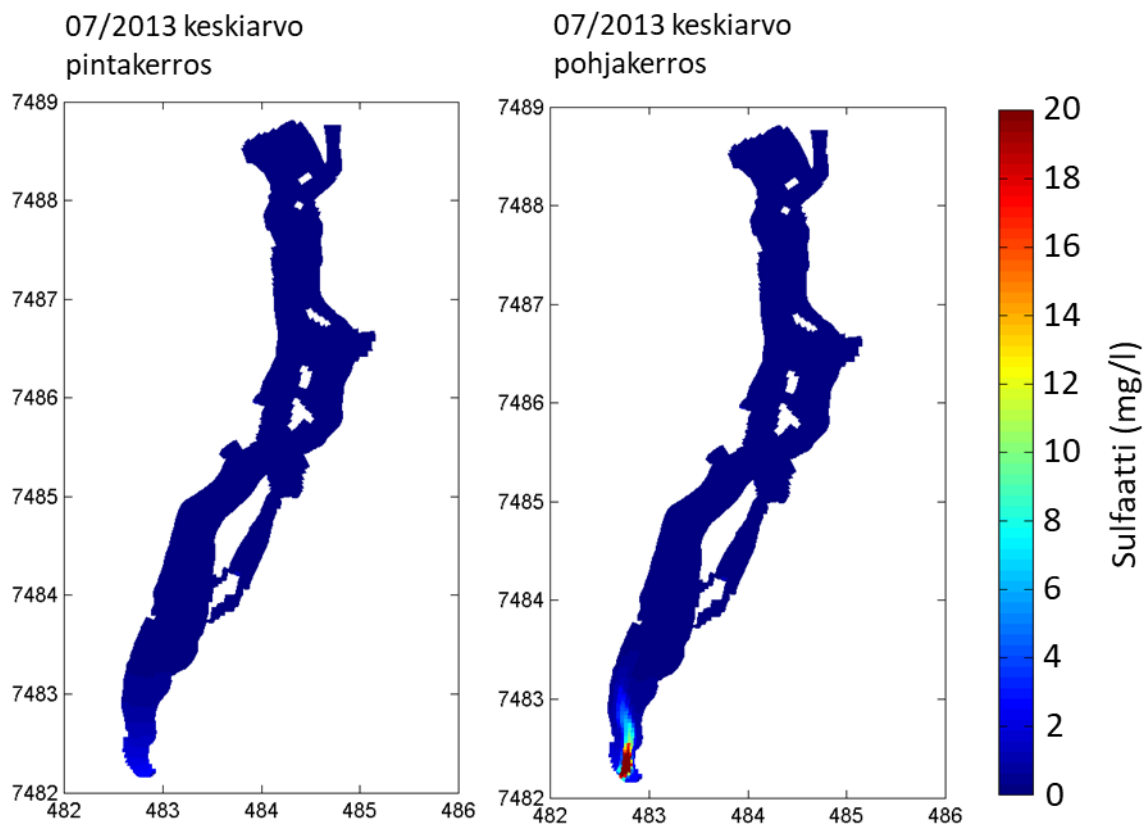
Kuva 50. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



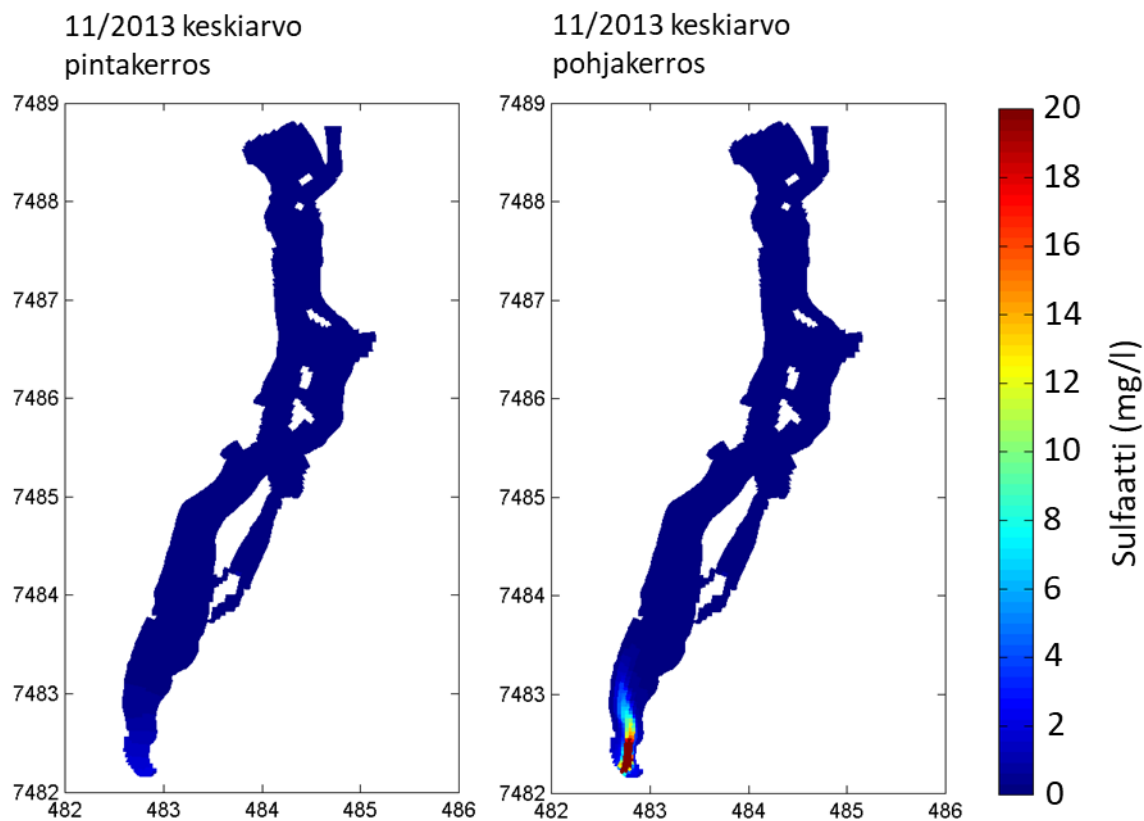
Kuva 51. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



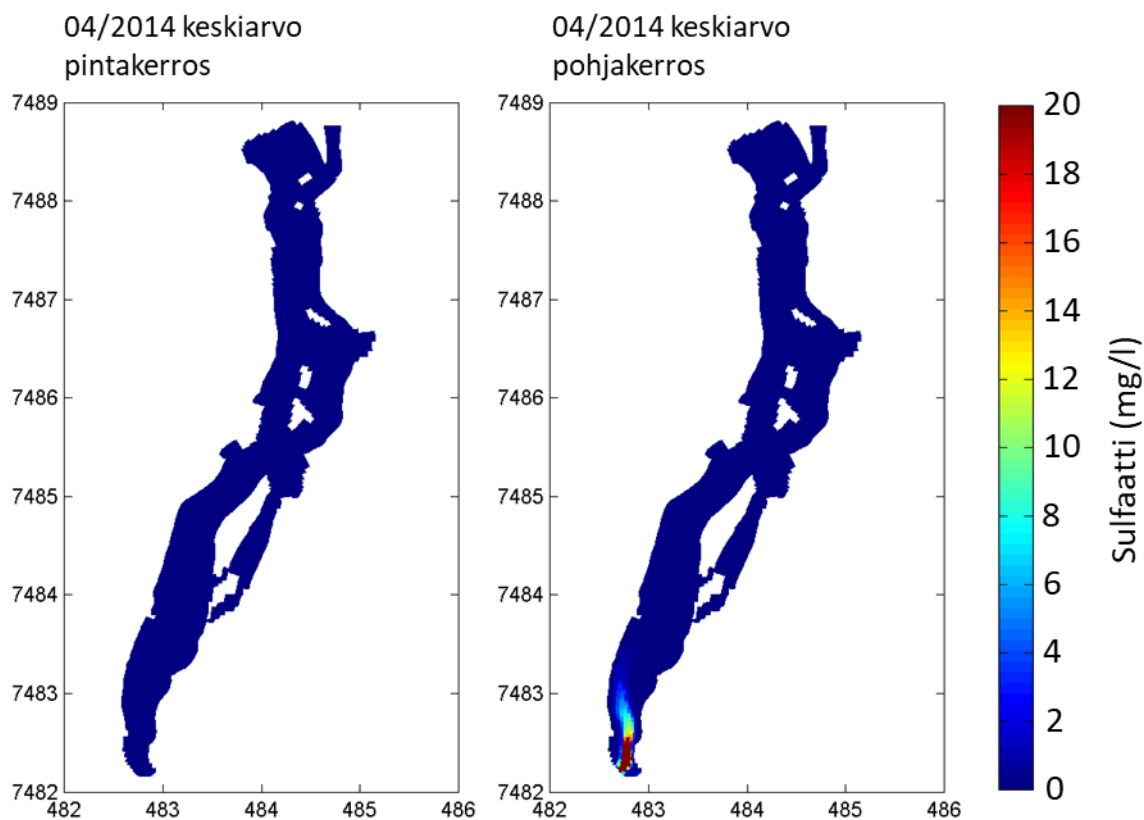
Kuva 52. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.



Kuva 53. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



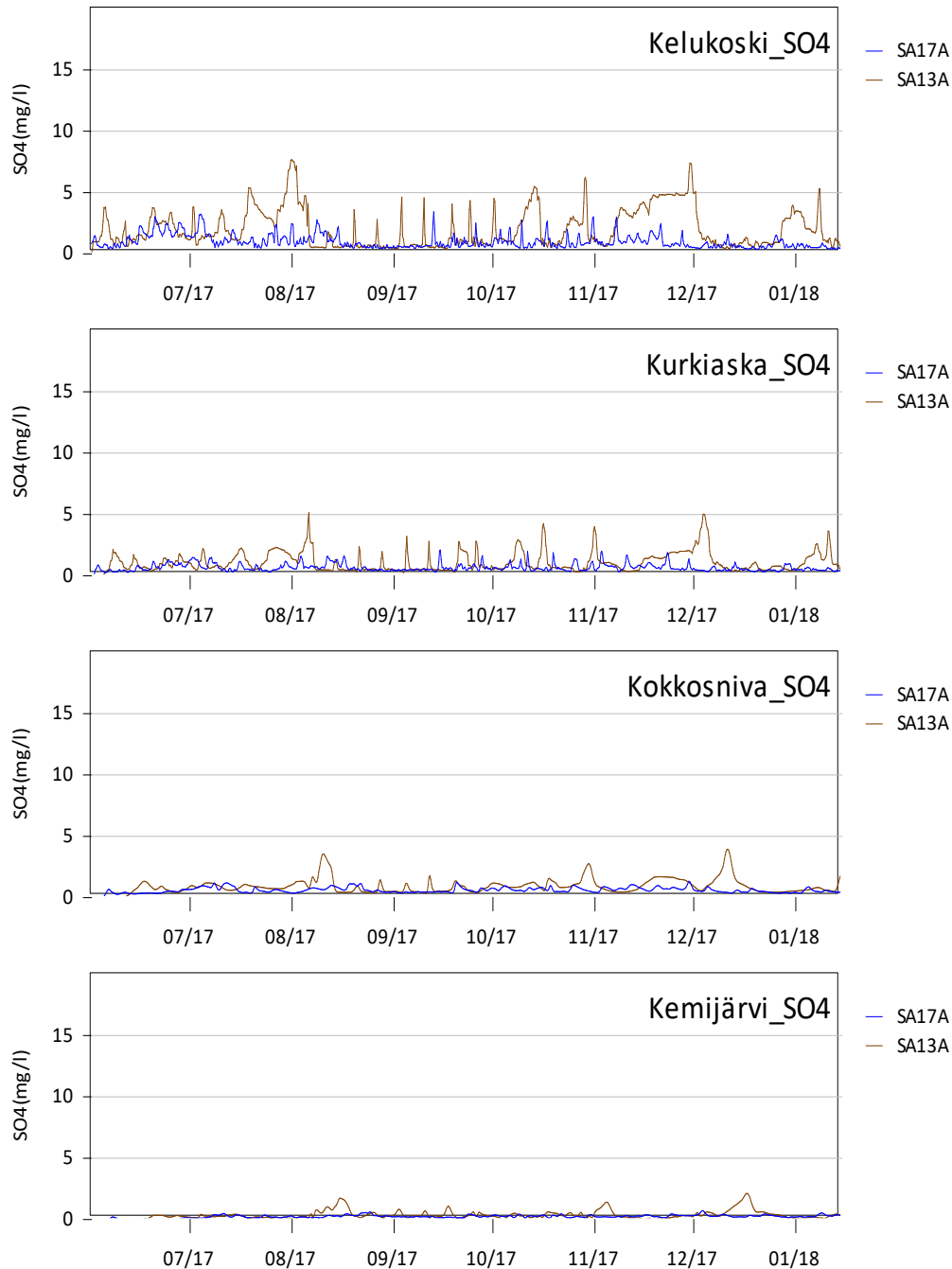
Kuva 54. Kelukosken allas, sulfaattoipitoisuus, marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



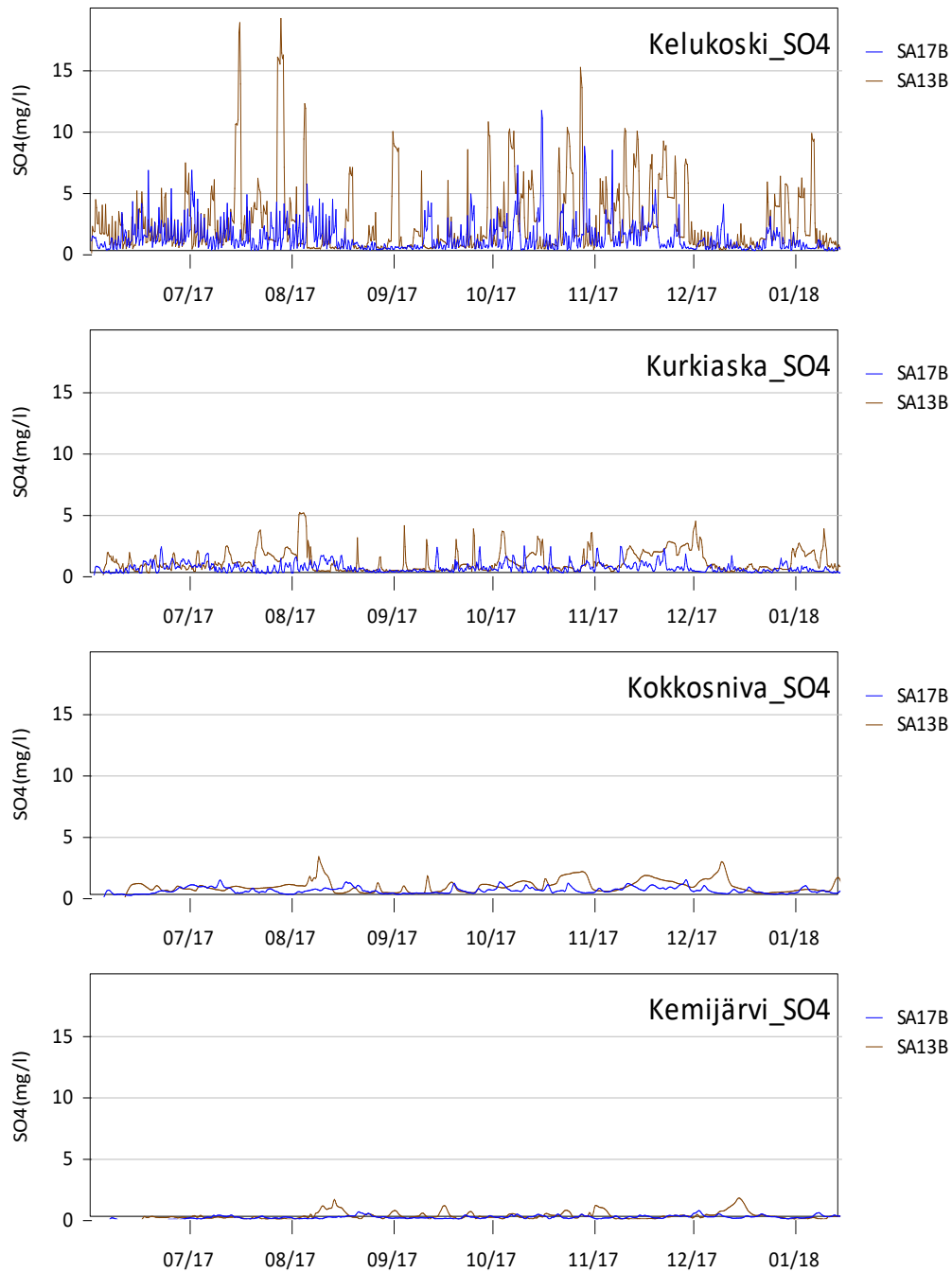
Kuva 55. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus, huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.

5.4 Sulfaatti, SA13 (kuiva) ja SA17 (keskimääräinen) -skenaarioiden vertailu

Vuosille 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso) laskettuja sulfaattipitoisuuden nousuja Kelukosken ja sen alapuolisten voimalaitosten kohdalla on vertailtu kuvissa 56 ja 57. Lisäksi taulukossa 18 (luvussa 5.2) on esitetty laskentajaksolta valittujen edustavien kuukausien keskiarvotiedot. Vuoden 2017 keskimääräisissä olosuhteissa pitoisuudet jäivät selvästi kuivaa vuotta 2013 pienemmiksi.



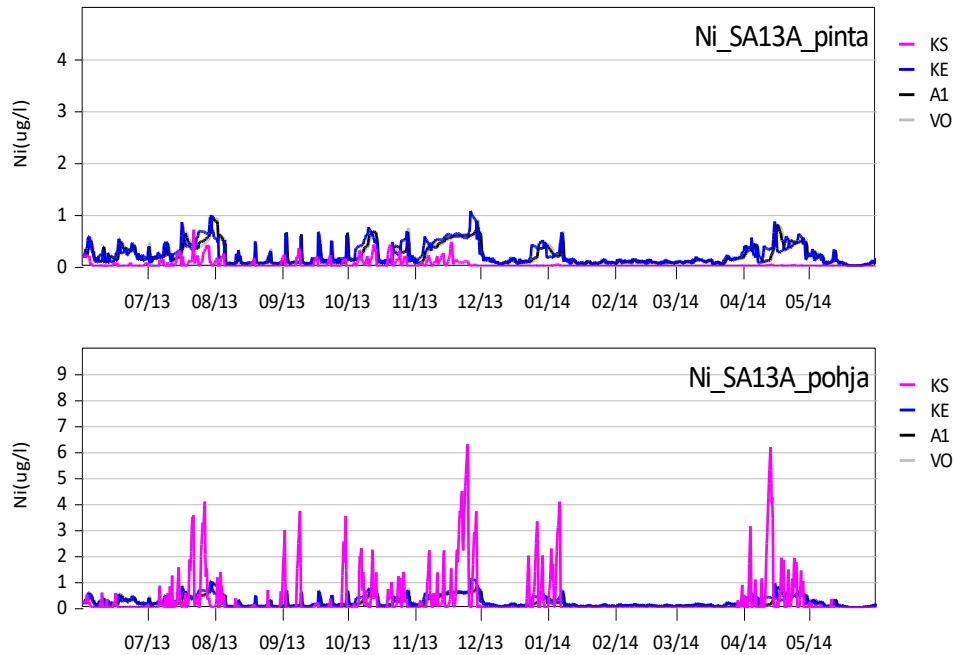
Kuva 56. Sulfaattipitoisuuksien (SO₄) nousu voimalaitoksilla, jaksojen 06/2013-01/2014 ja 06/2017-01/2018 vertailu, skenaariot SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A) ja SA17A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikka A).



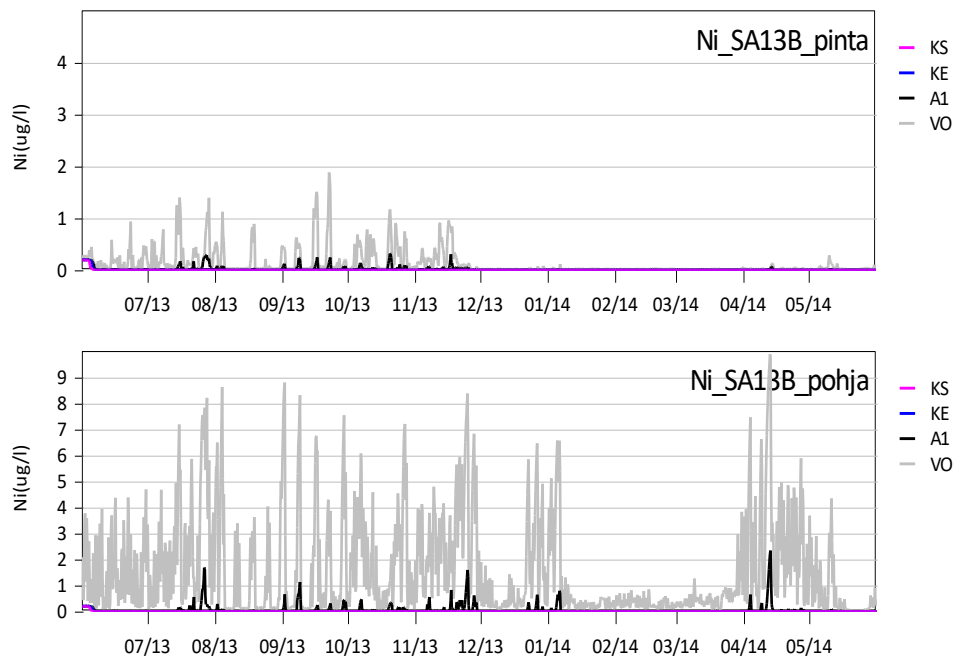
Kuva 57. Sulfaattipitoisuuksien (SO_4) nousu voimalaitoksilla, jaksojen 06/2013-01/2014 ja 06/2017-01/2018 vertailu, skenaariot SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B) ja SA17B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikka B).

5.5 Nikkeli, Kelukosken allas, 2013 (kuiva jakso)

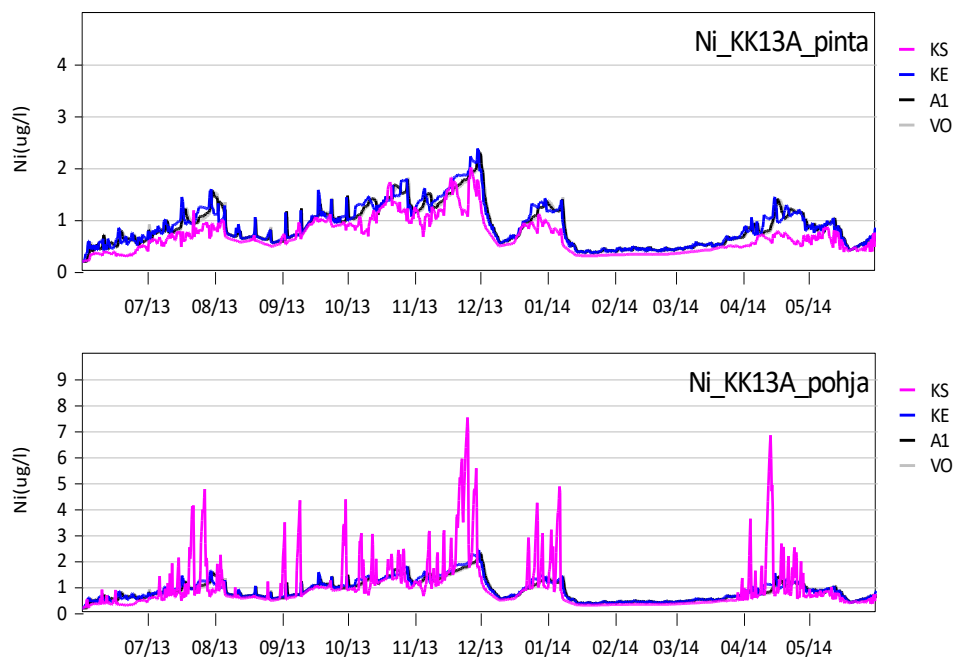
Nikkelin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) on esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE, A1 ja VO kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 58-61). Purkupaikan ollessa pisteessä A suurin hetkellinen nikkelin pitoisuusnousu on pisteessä KS 6 µg/l tasolla, muuten pitoisuusnousut ovat muutamia piikkejä lukuun ottamatta alle 1 µg/l tason. Purkupaikan ollessa pisteessä B nikkelin pitoisuusnousut pisteen VO pohjakerroksessa ovat enimmillään 10 µg/l tasolla. Muualla pitoisuusnousut ovat pääosin alle 2 µg/l tasolla.



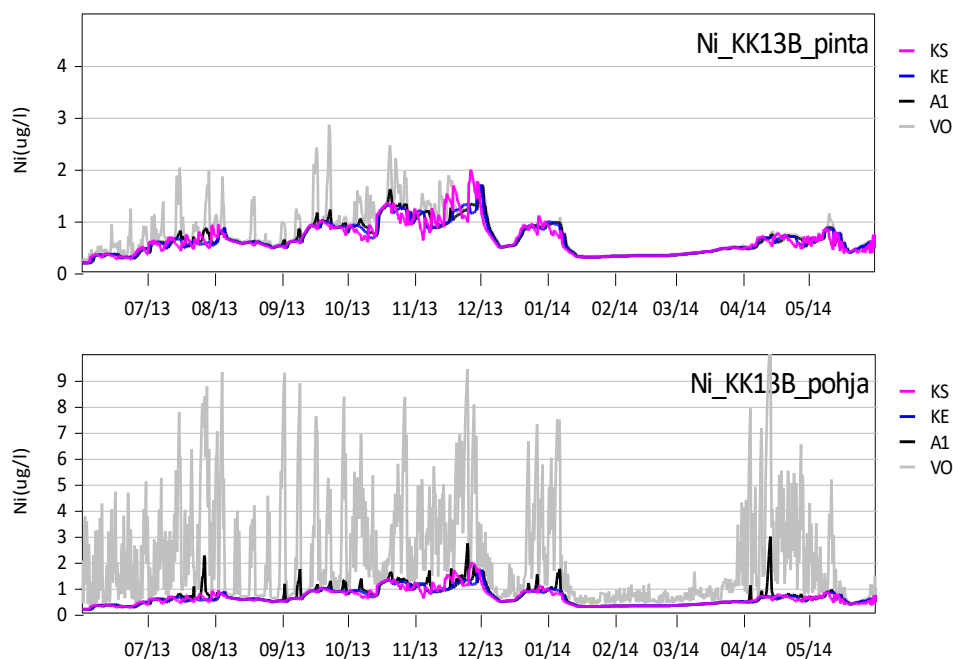
Kuva 58. Nikkeli (Ni), pitoisuusnousu pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



Kuva 59. Nikkeli (Ni), pitoisuusnousu pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



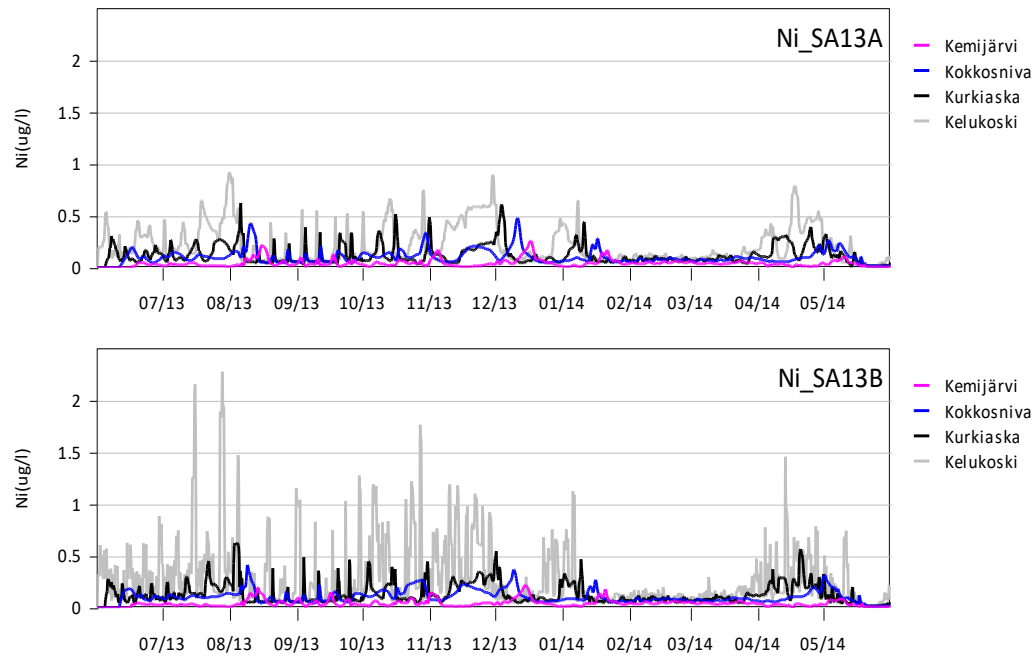
Kuva 60. Nikkelipitoisuus (Ni) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13A (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pintakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).



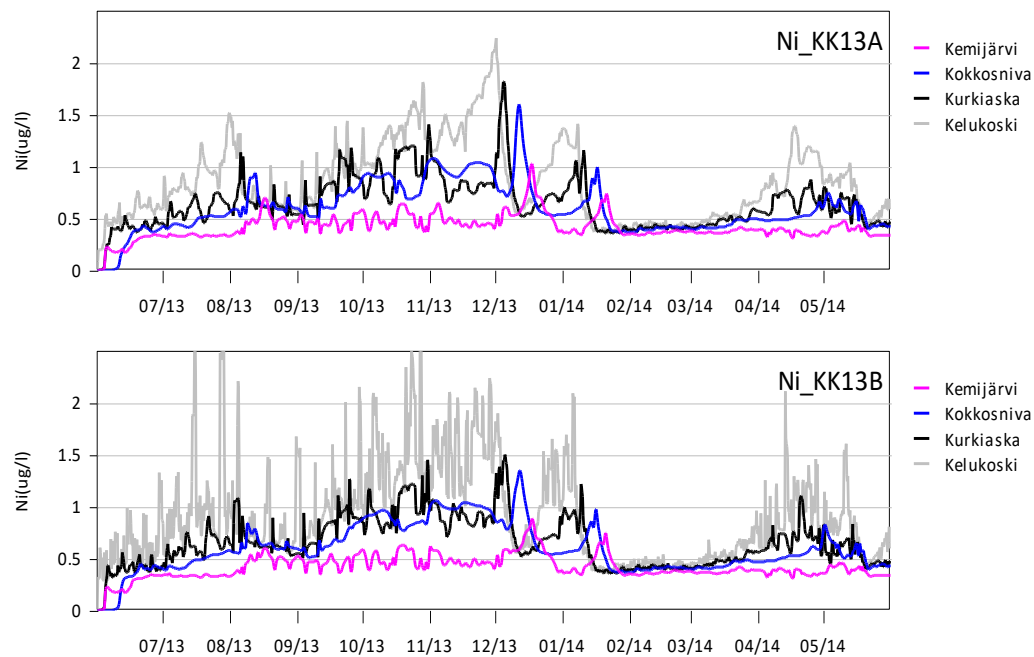
Kuva 61. Nikkelipitoisuus (Ni) pisteissä KS, KE, A1 ja VO, skenaario KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros, 06/2013-05/2014 (kuiva jakso).

5.6 Nikkeli, pitoisuudet ja pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso)

Nikkelin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) Kelukoskella ja sen alapuolisilla voimalaitoksilla on esitetty kuvissa 62 ja 63, ja vastaavat keskiarvotiedot valituilta kuukausilta taulukossa 19 ja kuvissa 64 ja 65. Nikkelin pitoisuusnousut ovat enimmäkseen alle 1 µg/l tasolla ja kokonaispitoisuudet alle 2 µg/l tasolla.



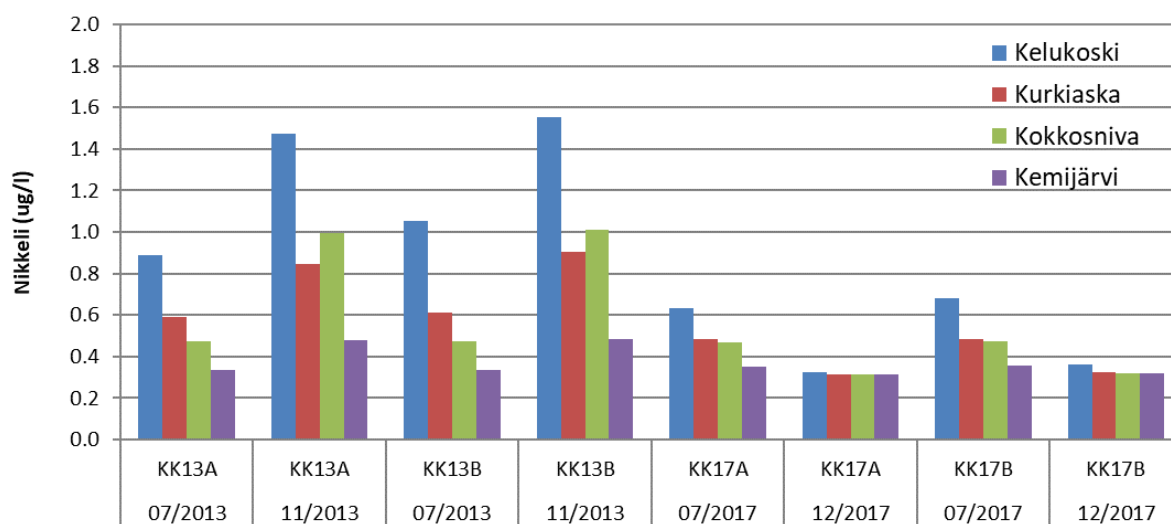
Kuva 62. Nikkeli (Ni), pitoisuusnousu, Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaarit SA13A ja SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B).



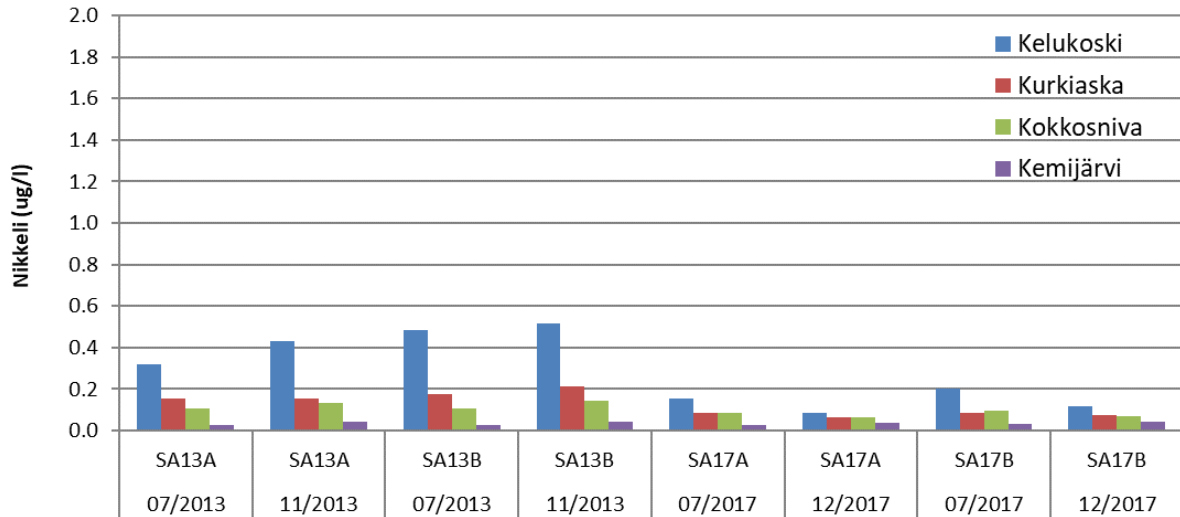
Kuva 63. Nikkelipitoisuus (Ni), Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenario KK13A ja KK13B (Sakatin kaivoksen kuormitus + taustapitoisuudet + Kevitsan kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B).

Taulukko 19: Nikkelipitoisuuksien (KK-skenaariot) ja pitoisuusnousujen (SA-skenaariot) keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Nikkeli		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	KK13A	0,888	0,593	0,474	0,337
11/2013	KK13A	1,474	0,847	0,996	0,480
07/2013	KK13B	1,052	0,614	0,475	0,336
11/2013	KK13B	1,554	0,905	1,009	0,482
07/2017	KK17A	0,634	0,487	0,466	0,351
12/2017	KK17A	0,324	0,314	0,314	0,316
07/2017	KK17B	0,682	0,486	0,473	0,355
12/2017	KK17B	0,359	0,324	0,321	0,321
07/2013	SA13A	0,321	0,154	0,107	0,028
11/2013	SA13A	0,432	0,156	0,132	0,042
07/2013	SA13B	0,485	0,176	0,108	0,028
11/2013	SA13B	0,514	0,215	0,146	0,045
07/2017	SA17A	0,155	0,088	0,087	0,027
12/2017	SA17A	0,082	0,063	0,063	0,038
07/2017	SA17B	0,204	0,088	0,094	0,031
12/2017	SA17B	0,118	0,073	0,068	0,043



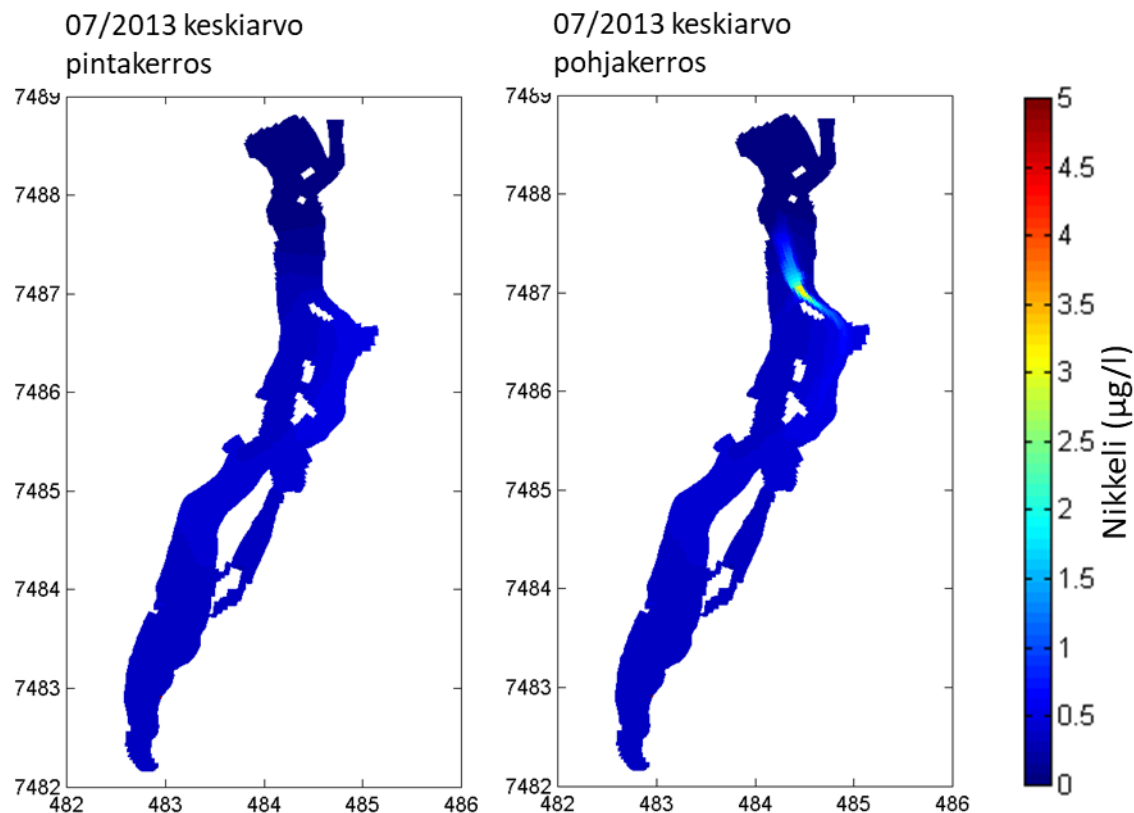
Kuva 64: Nikkelipitoisuuksien keskiarvot KK-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.



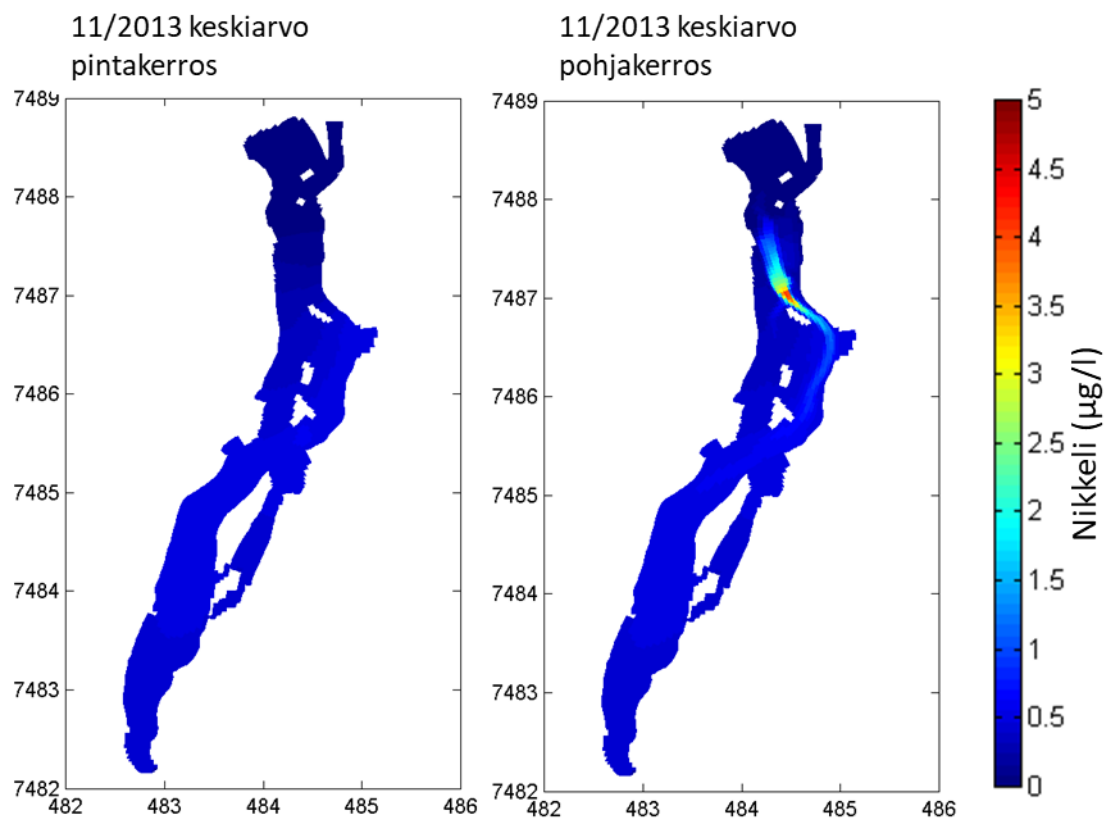
Kuva 65: Nikkelipitoisuuksien nousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

5.7 Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B

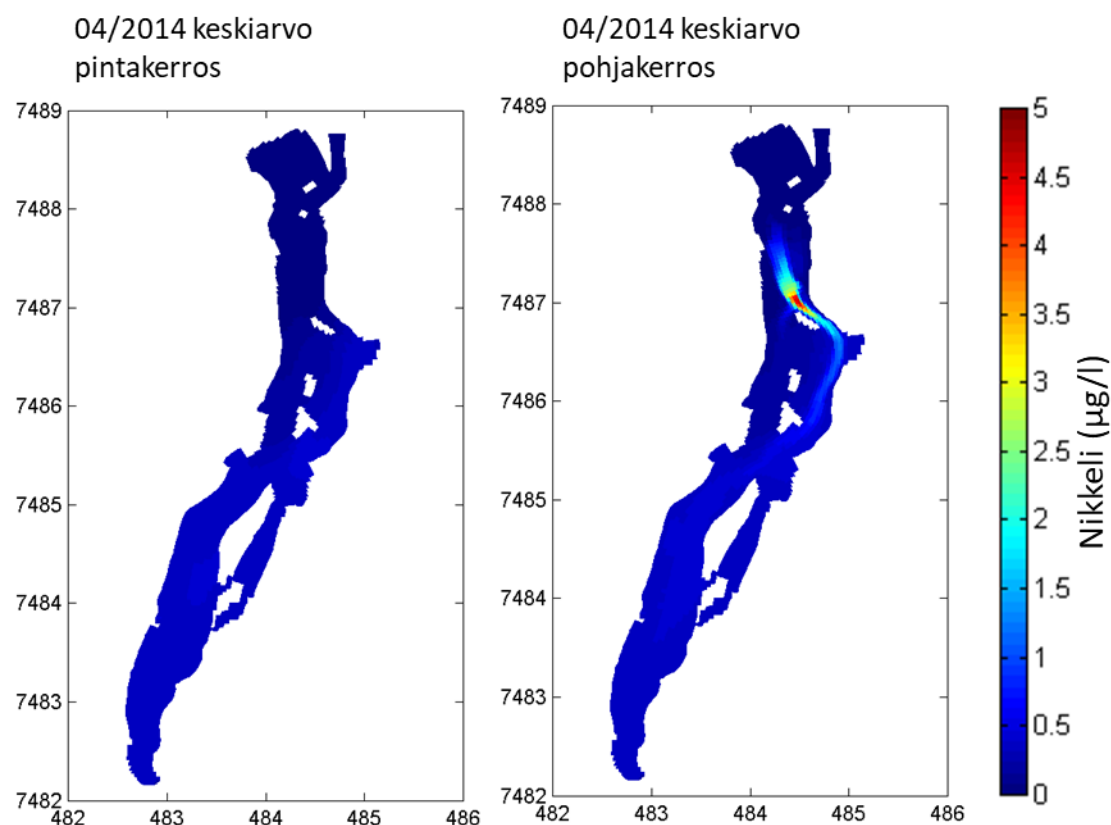
Kuvissa 62-71 on esitetty nikkelpitoisuuden nousun kuukausikeskiarvoja pinta- ja pohjakerroksesta skenaarioista SA13A (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, purku pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella.



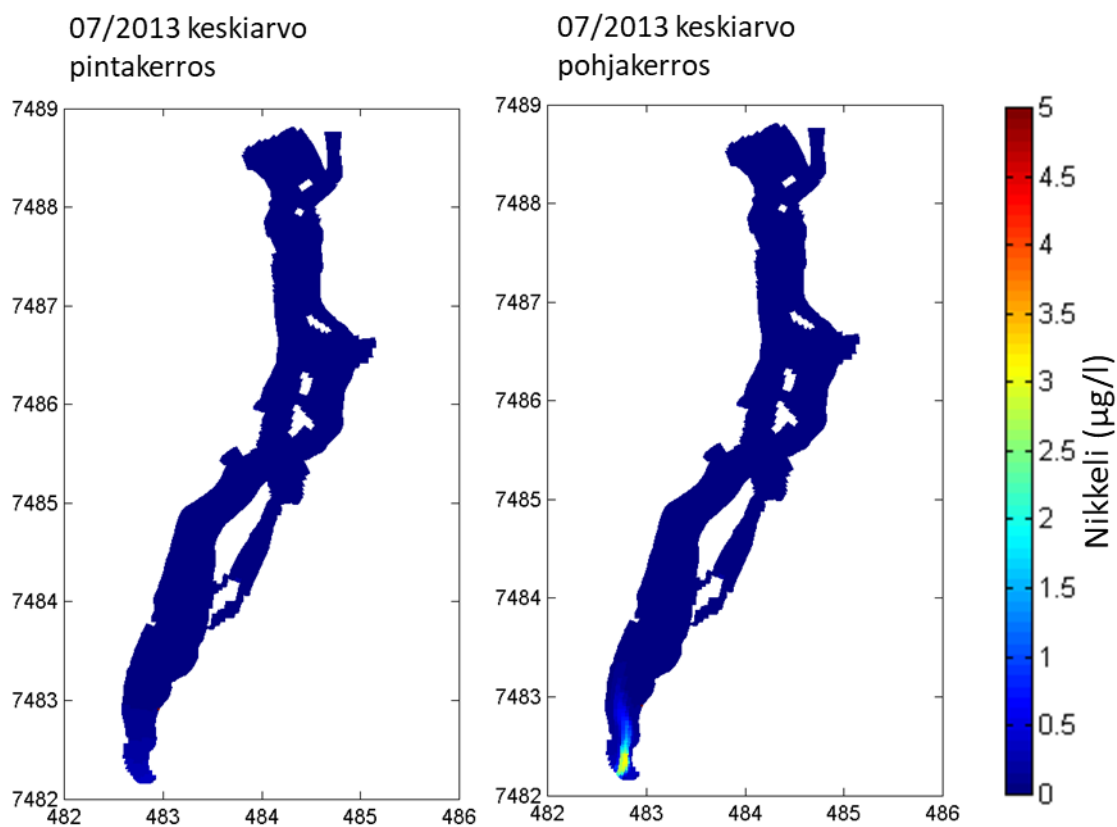
Kuva 66. Kelukosken allas, nikkelpitoisuuden nousu, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso.



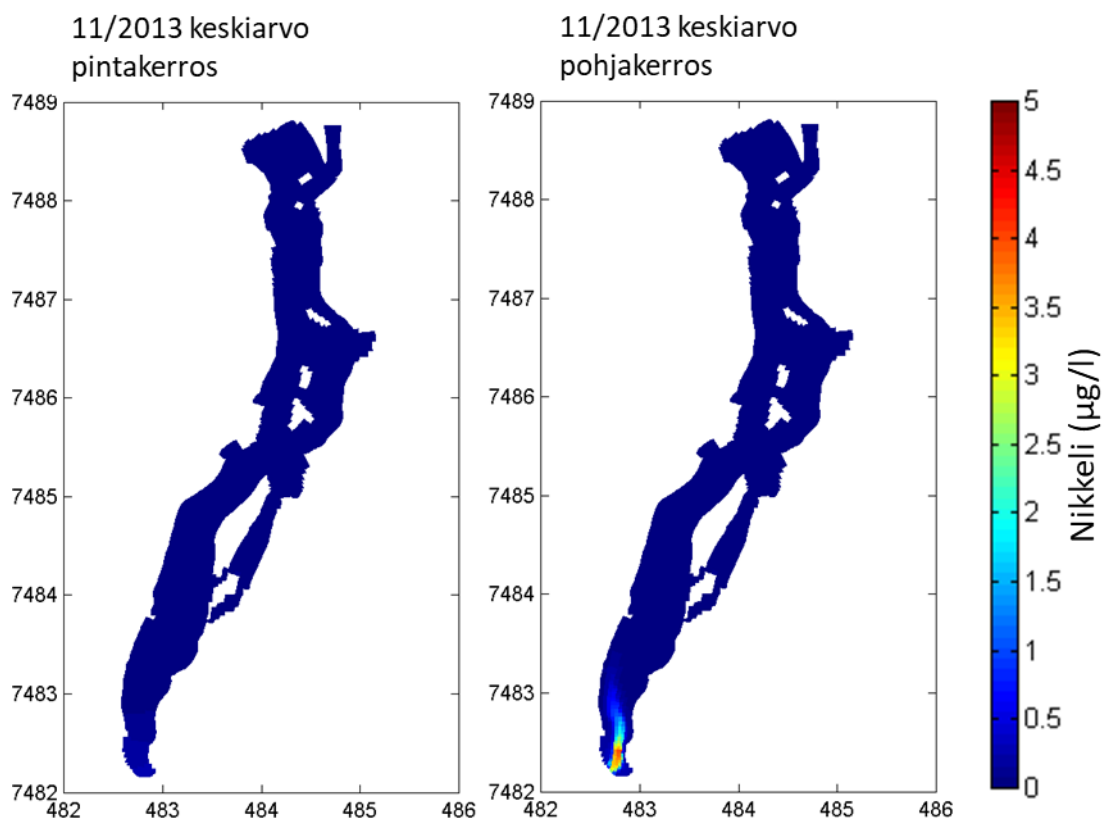
Kuva 67. Kelukosken allas, nikkelpitoisuuden nousu, marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



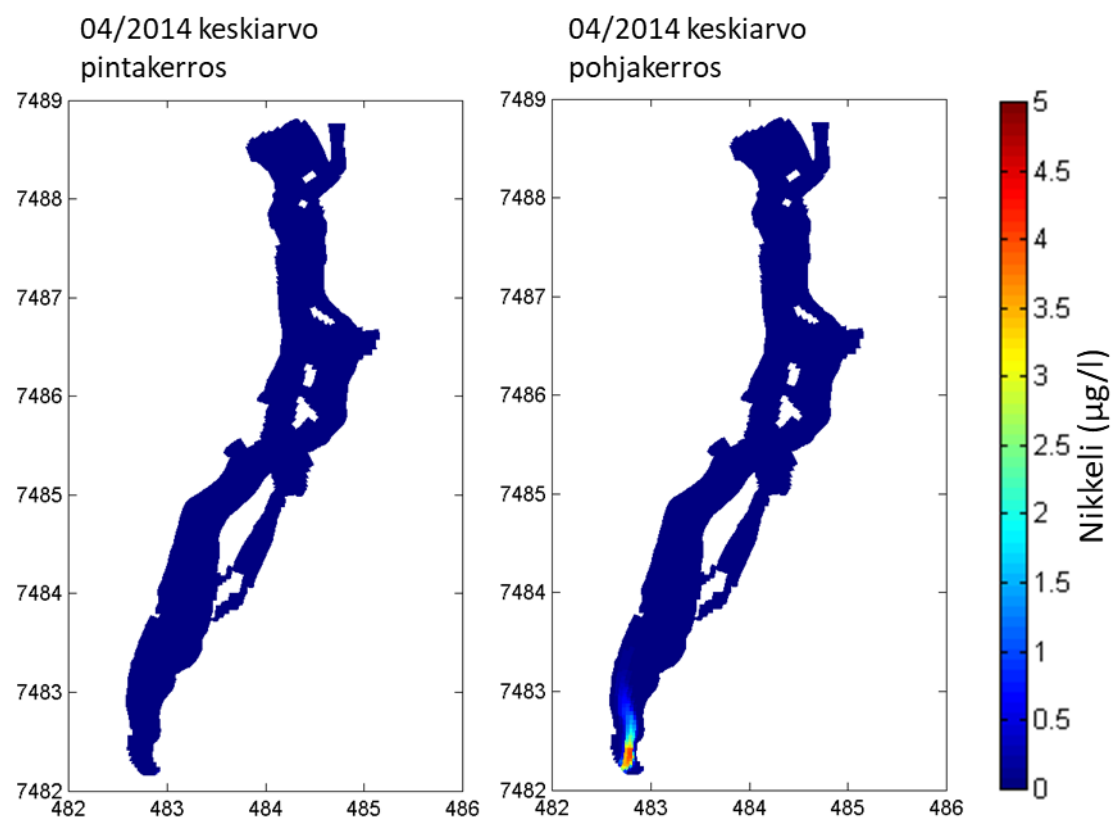
Kuva 68. Kelukosken allas, nikkelpitoisuuden nousu, huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13A (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka A), pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.



Kuva 69. Kelukosken allas, nikkelipitoisuusnousu, heinäkuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso.



Kuva 70. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu, marraskuun 2013 keskiarvo, skenaario SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvijakso.

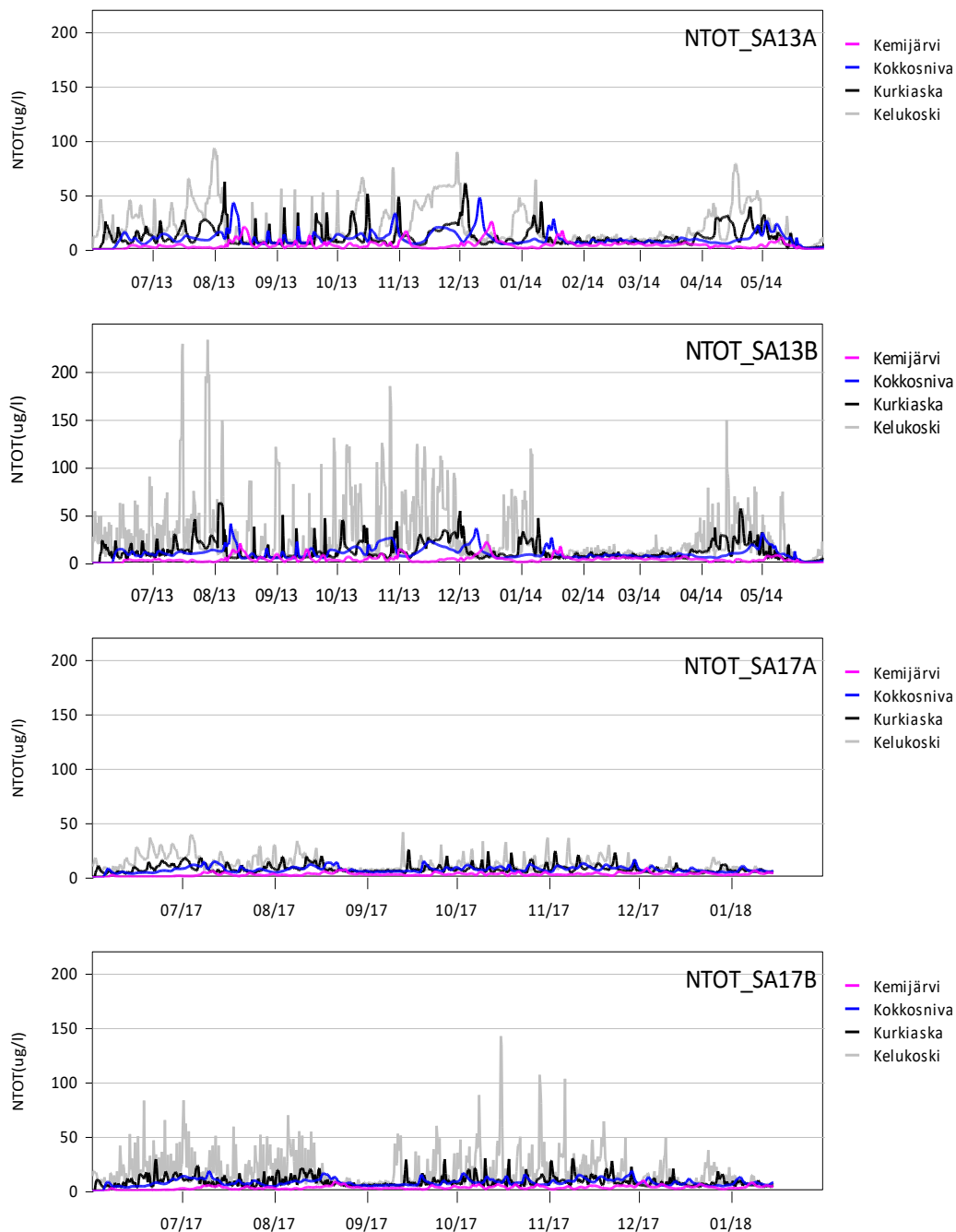


Kuva 71. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu, huhtikuun 2014 keskiarvo, skenaario SA13B (vain Sakatin kaivoksen kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B), pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013-05/2014 osalta suurin pitoisuusnousu kuukausikeskiarvoissa.

5.8 Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)

Kokonaistyyppikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 (kuiva jakso) ja vuoden 2017 (keskimääräinen jakso) laskentajaksoille SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kaivoksen kuormitus) on esitetty kuvassa 72. Taulukossa 20 sekä kuvassa 73 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta.

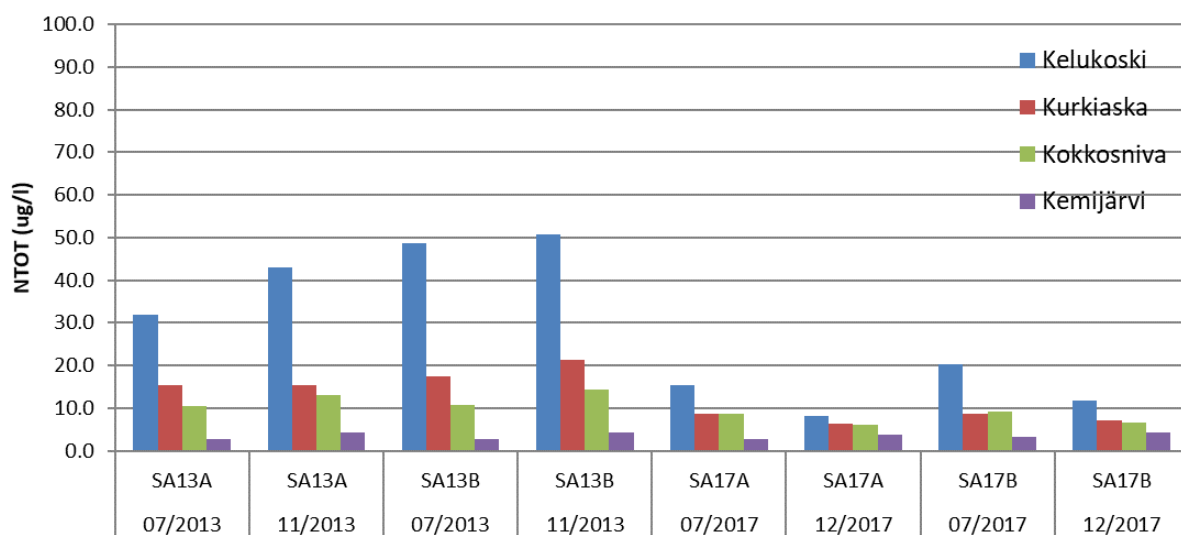
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Kelukoskella pitoisuusnousu oli enimmillään hetkellisesti noin 230 µg/l tasolla (skenaario SA13B eli vain Sakatin kuormitus, kuiva jakso, purkupaikka B). Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousu jäi noin 5 µg/l tasolle tai sen alle.



Kuva 72. Kokonaistyyppien (NTOT) pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), sekä SA17A ja SA17B (vain Sakatin kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikat A ja B).

Taulukko 20: Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

NTOT Kuukausi	Skenaario	µg/l Kelukoski	µg/l Kurkiaska	µg/l Kokkosniva	µg/l Kemijärvi
07/2013	SA13A	31,9	15,4	10,6	2,8
11/2013	SA13A	43,0	15,5	13,0	4,2
07/2013	SA13B	48,7	17,5	10,8	2,7
11/2013	SA13B	50,7	21,4	14,4	4,3
07/2017	SA17A	15,5	8,7	8,6	2,8
12/2017	SA17A	8,2	6,2	6,2	3,8
07/2017	SA17B	20,3	8,7	9,3	3,1
12/2017	SA17B	11,7	7,2	6,7	4,2

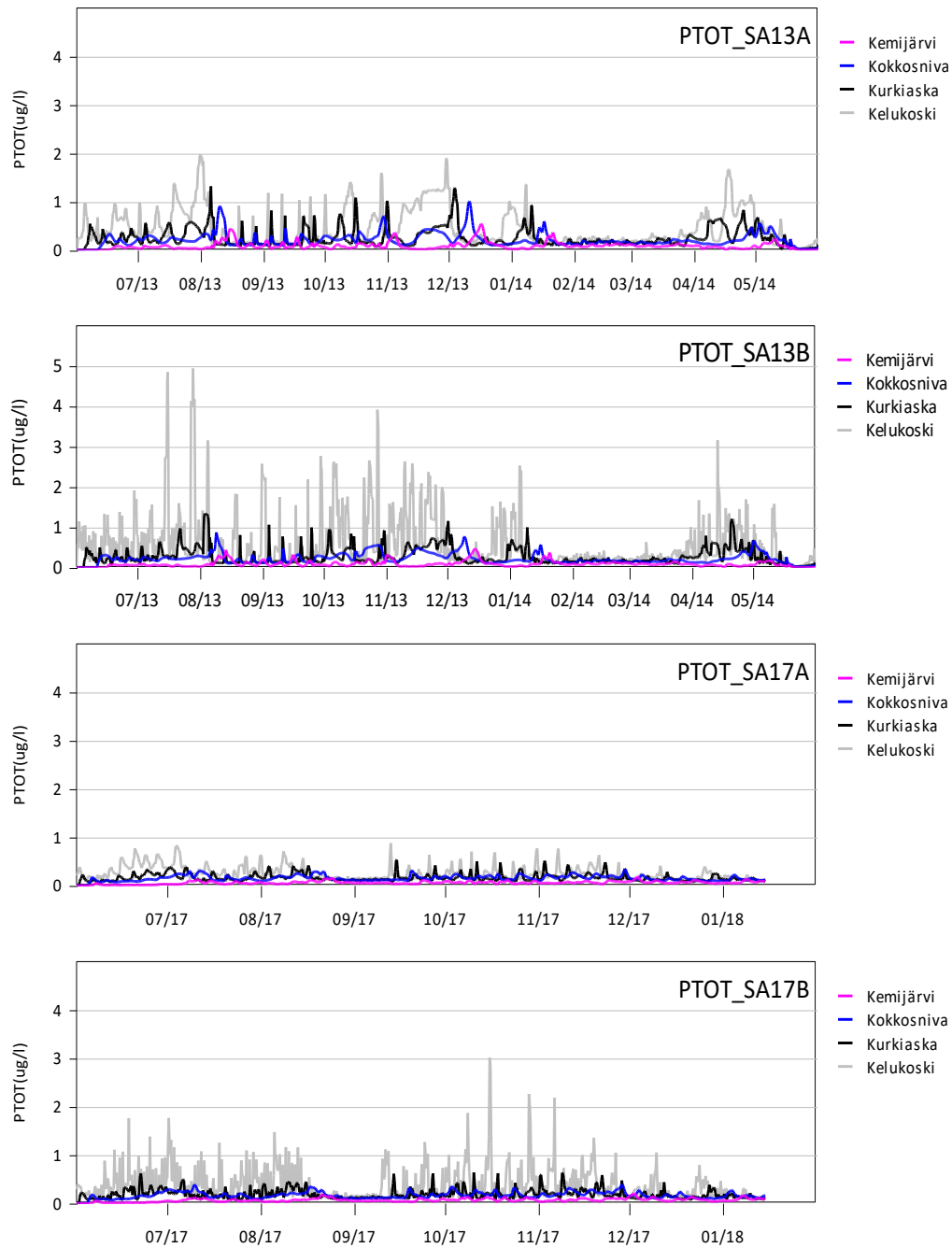


Kuva 73: Kokonaistyyppi (NTOT) pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

5.9 Kokonaisfosfori, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 (kuiva jakso) ja 2017 (keskimääräinen jakso)

Kokonaisfosforikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kuormitus) on esitetty kuvassa 74. Taulukossa 21 sekä kuvassa 75 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta.

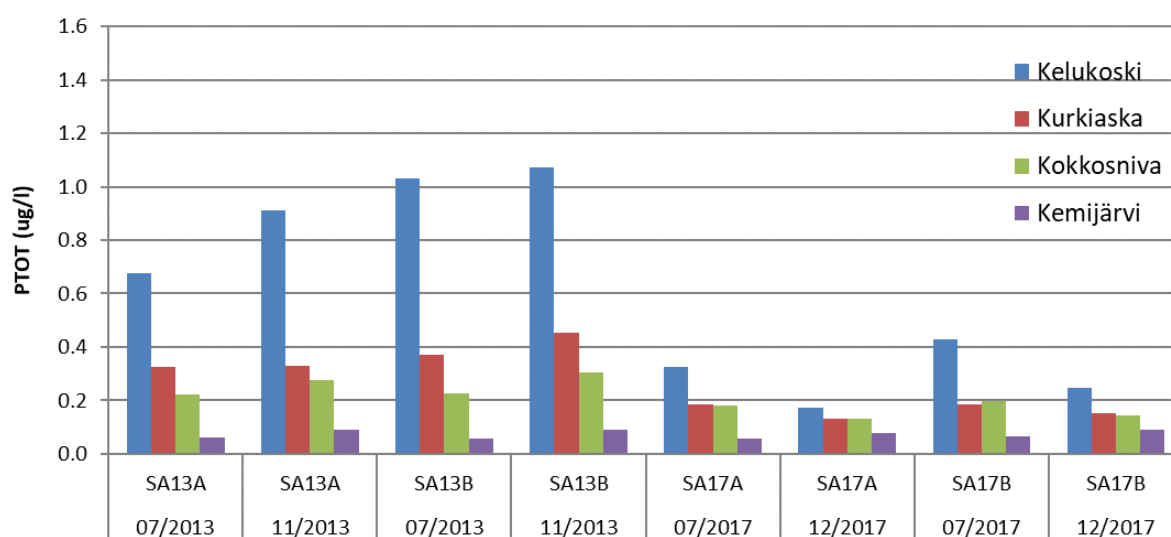
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Kelukoskella pitoisuusnousun kuukausikeskiarvo oli enimmillään noin 1 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousun kuukausikeskiarvot olivat alle 0,1 µg/l.



Kuva 74. Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuuskasvu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, kuiva jakso, purkupaikat A ja B), sekä SA17A ja SA17B (vain Sakatin kuormitus, keskimääräinen jakso, purkupaikat A ja B).

Taulukko 21: Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

PTOT Kuukausi	Skenaario	µg/l Kelukoski	µg/l Kurkiaska	µg/l Kokkosniva	µg/l Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,676	0,326	0,224	0,060
11/2013	SA13A	0,911	0,328	0,276	0,089
07/2013	SA13B	1,031	0,370	0,228	0,058
11/2013	SA13B	1,074	0,452	0,305	0,092
07/2017	SA17A	0,327	0,184	0,182	0,059
12/2017	SA17A	0,173	0,132	0,131	0,079
07/2017	SA17B	0,430	0,184	0,196	0,066
12/2017	SA17B	0,247	0,153	0,142	0,089



Kuva 75. Kokonaisfosfori (PTOT), pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

5.10 Kupari (Cu), Kromi (Cr)

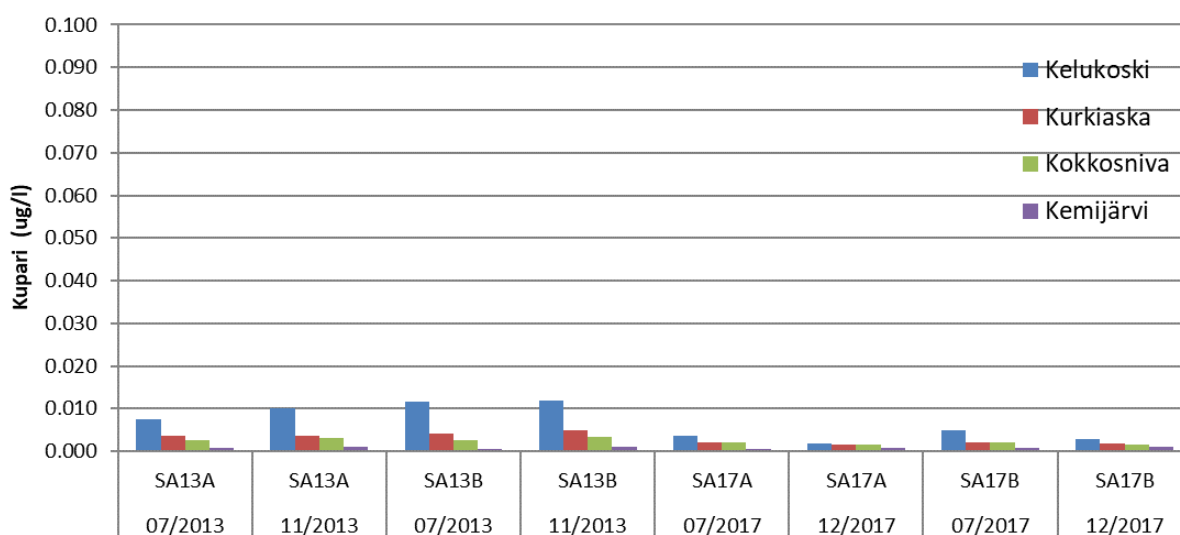
Kuparin ja kromin pitoisuus purettavissa vesissä on arvioitu likimain samansuuruiseksi (3,2 µg/l ja 3,0 µg/l), joten laskennallinen pitoisuusnousu joessa on samaa tasoa kummallekin metalleille. Alla esitetyt pitoisuudet on laskettu kuparin tiedoilla (suurempi kuorma) mutta samat tiedot pätevät myös kromille.

Taulukossa 22, sekä kuvassa 76 on lisäksi esitetty kuparin pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta. Luvut edustavat SA-skenaarioita (vain Sakatin kuormitus) ja ovat samat kuparille ja kromille.

Suurimmat pitoisuusnousun kuukausikeskiarvot ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,012 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,001 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 22: Kuparin tai kromin (Cu & Cr) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina.

Cu & Cr		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,008	0,004	0,003	0,001
11/2013	SA13A	0,010	0,004	0,003	0,001
07/2013	SA13B	0,012	0,004	0,003	0,001
11/2013	SA13B	0,012	0,005	0,003	0,001
07/2017	SA17A	0,004	0,002	0,002	0,001
12/2017	SA17A	0,002	0,001	0,001	0,001
07/2017	SA17B	0,005	0,002	0,002	0,001
12/2017	SA17B	0,003	0,002	0,002	0,001



Kuva 76. Kupari ja kromi, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina. Pitoisuusnousut ovat vastaavat molemmille metalleille.

5.11 Kadmium (Cd)

Kadmiumin pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta voimalaitosten kohdalla SA-laskentaskenaarioille (vain Sakatin kuormitus) on esitetty taulukossa 23. Kelukoskella kaikkien kuukausien keskimääräiset pitoisuusnousut olivat alle 1 ng/l tasolla.

Taulukko 23: Kadmiumin (Cd) pitoisuusnousun keskiarvot keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Cd		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,0002	0,0001	0,0001	<0,00005
11/2013	SA13A	0,0002	0,0001	0,0001	<0,00005
07/2013	SA13B	0,0003	0,0001	0,0001	<0,00005
11/2013	SA13B	0,0003	0,0001	0,0001	<0,00005
07/2017	SA17A	0,0001	<0,00005	<0,00005	<0,00005
12/2017	SA17A	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
07/2017	SA17B	0,0001	<0,00005	<0,00005	<0,00005
12/2017	SA17B	0,0001	<0,00005	<0,00005	<0,00005

5.12 Elohopea (Hg)

Elohopean pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja keskimääräisiltä kuukausilta voimalaitosten kohdalla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kuormitus) on esitetty taulukossa 24. Kelukoskella kaikkien kuukausien keskimääräiset pitoisuusnousut olivat alle 1 ng/l tasolla.

Taulukko 24: Elohopean (Hg) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Hg		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,0004	0,0002	0,0001	<0,00005
11/2013	SA13A	0,0006	0,0002	0,0002	0,0001
07/2013	SA13B	0,0007	0,0002	0,0002	<0,00005
11/2013	SA13B	0,0007	0,0003	0,0002	0,0001
07/2017	SA17A	0,0002	0,0001	0,0001	<0,00005
12/2017	SA17A	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
07/2017	SA17B	0,0003	0,0001	0,0001	<0,00005
12/2017	SA17B	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001

5.13 Antimoni (Sb)

Antimonin pitoisuusnousun keskiarvot voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kuormitus) kuivina ja keskimääräisinä kuukausina on esitetty taulukossa 25. Kelukoskella kaikkien kuukausien keskimääräiset pitoisuusnousut olivat alle 15 ng/l tasolla.

Taulukko 25: Antimonin pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

Sb		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,009	0,004	0,003	0,001
11/2013	SA13A	0,012	0,004	0,004	0,001
07/2013	SA13B	0,013	0,005	0,003	0,001
11/2013	SA13B	0,014	0,006	0,004	0,001
07/2017	SA17A	0,004	0,002	0,002	0,001
12/2017	SA17A	0,002	0,002	0,002	0,001
07/2017	SA17B	0,006	0,002	0,003	0,001
12/2017	SA17B	0,003	0,002	0,002	0,001

5.14 Arseeni (As)

Arseenin pitoisuusnousun keskiarvot voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kuormitus) kuivina ja keskimääräisinä kuukausina on esitetty taulukossa 26. Suurimmat kuukauden keskimääräiset pitoisuusnousut olivat Kelukoskella alle 2 ng/l tasolla.

Taulukko 26: Arseenin (As) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

As		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,0009	0,0005	0,0003	0,0001
11/2013	SA13A	0,0013	0,0005	0,0004	0,0001
07/2013	SA13B	0,0014	0,0005	0,0003	0,0001
11/2013	SA13B	0,0015	0,0006	0,0004	0,0001
07/2017	SA17A	0,0005	0,0003	0,0003	0,0001
12/2017	SA17A	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001
07/2017	SA17B	0,0006	0,0003	0,0003	0,0001
12/2017	SA17B	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001

5.15 Lyijy (Pb)

Lyijyn pitoisuusnousun keskiarvot voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla (vain Sakatin kuormitus) kuivina ja keskimääräisinä kuukausina on esitetty taulukossa 27. Suurimmat kuukauden keskimääräiset pitoisuusnousut olivat Kelukoskella alle 1 ng/l tasolla.

Taulukko 27: Lyijyn (Pb) pitoisuusnousun keskiarvot kuivina (07/2013 ja 11/2013) ja keskimääräisinä (07/2017 ja 12/2017) virtaamakuukausina

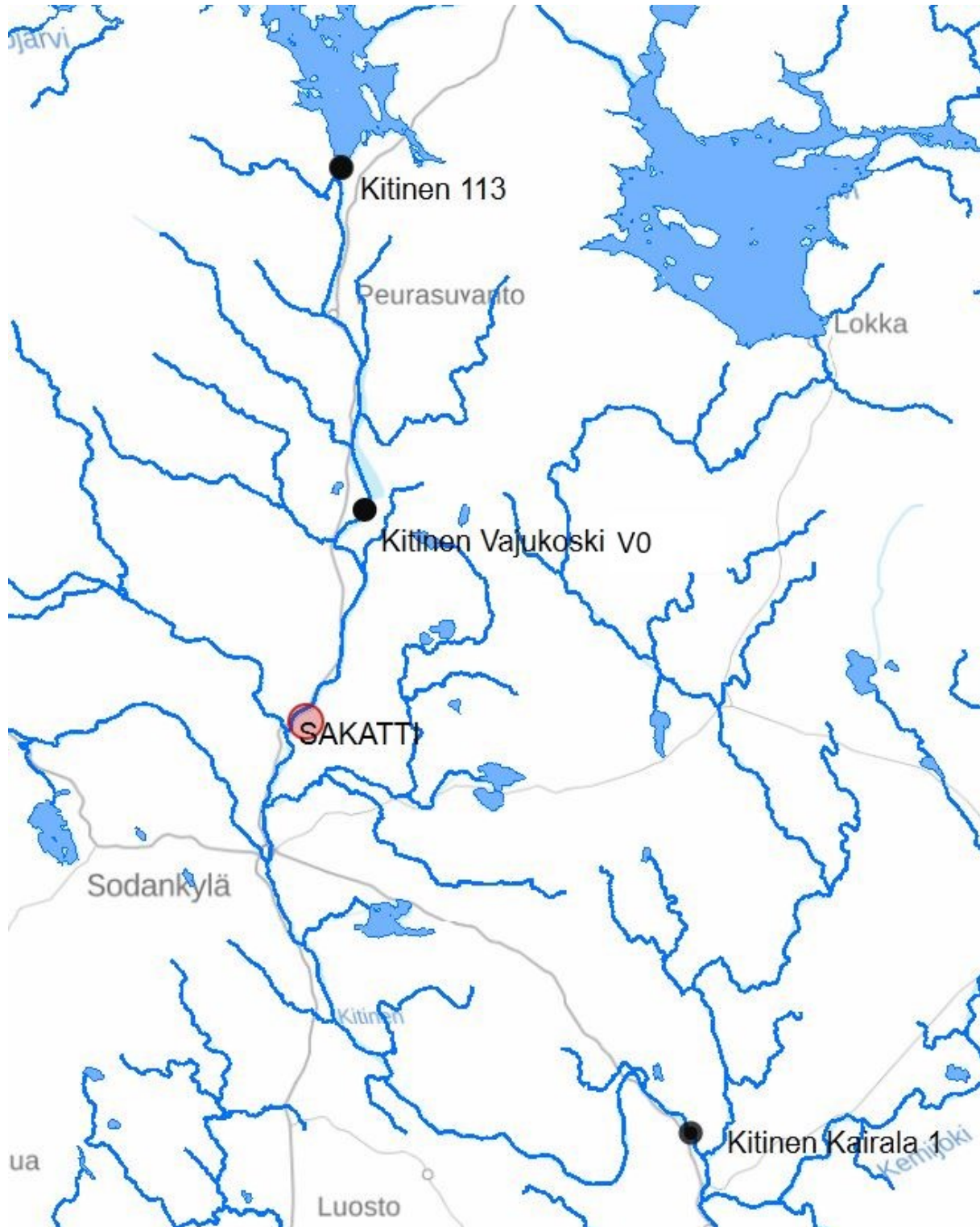
Pb		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0,00021	0,00010	0,00007	0,00002
11/2013	SA13A	0,00029	0,00010	0,00009	0,00003
07/2013	SA13B	0,00032	0,00012	0,00007	0,00002
11/2013	SA13B	0,00034	0,00014	0,00010	0,00003
07/2017	SA17A	0,00010	0,00006	0,00006	0,00002
12/2017	SA17A	0,00005	0,00004	0,00004	0,00002
07/2017	SA17B	0,00014	0,00006	0,00006	0,00002
12/2017	SA17B	0,00008	0,00005	0,00004	0,00003

6 Vaikutukset Kitisen ekologiseen ja kemialliseen tilaan

6.1 Nykyiset luokittelutulokset

Vesienhoidon suunnittelussa pintavedet on jaettu erillisiin vesimuodostumiin. Kitinen muodostaa oman vesimuodostumansa alkaen Porttipahdan tekojärvestä Kemijoen yhtymäkohtaan asti. Kitisen jokivesimuodostuman pituus on noin 148 km ja valuma-alueen koko yhteensä 12087 km². Kuvissa 77 ja 78 on esitetty kartalla Kitisen vesimuodostuma sekä 3. vesienhoitokauden luokittelussa käytetyt vedenlaadun ja biologisten tekijöiden havaintopaikat.

Vedenlaadun luokitustiedot perustuvat kolmen havaintopaikan (KITINEN 113, KITINEN KAIRALA 1, KITINEN VAJUKOSKI V0) vuosien 2012-2017 seurantatuloksiin. Piileväaineistoa on yhdeksältä paikalta (KITINEN_KELUKOSKEN VL ALAKANAVA, KITINEN_KI 147 PORTTIPAHTA KITINEN 113, KITINEN_KI 7 KAIRALA PELKOSENNIEMI, Kitinen_Mataraojan yp., Kitinen_Petkula, KITINEN_SODANKYLÄ JVP ALAP.1 SO₂, KITINEN_SODANKYLÄ JVP ALAP.2 SO₃, KITINEN_SODANKYLÄ JVP YP, KITINEN_VAJUKOSKEN VL ALAKANAVA) ja kaikkiaan neljältä vuodelta (2013, 2014, 2015 ja 2016). Pohjaeläinaineistoa on vain kahdelta paikalta (Kitinen_Mataraojan yp. ja Kitinen_Petkula) ja kahdelta vuodelta (2012 ja 2015).



Kuva 77. Kitinen ja vesimuodostuman luokittelussa käytetyt veden fysikaalis-kemiallisen laadun havaintopaikat (yhteensä kolme havaintopaikkaa) ja Sakatin hankkeen sijainti.



Kuva 78. Kitinen ja vesimuodostuman luokittelussa käytetyt biologisen seurannan havaintopaikat (yhteensä yhdeksän havaintopaikkaa).

6.1.1 Ekologinen tila

Vesistöjen ekologisen tilan arviointi perustuu ensisijaisesti biologisiin tekijöihin, joita ovat jokivesistöissä päälyllevät, pohjaeläimet ja kalat. Luokittelun apuna käytetään myös veden fysikaalis-kemiallista laatua (kokonaisravinteet ja pH sekä mahdolliset luokkarajattomat lisämuuttujat: kiintoaine, COD_{Mn}, happi, väri). Vesistöjen ekologista luokitusta varten on määritetty pintavesityyppikohtaiset vertailuarvot sekä eri tilaluokkien raja-arvot. Kitinen on erittäin suuri turvemaiden joki, joille määritellyt eri luokittelumuuttujien raja-arvot on esitetty taulukossa 28. Luokitteluun käytetyn aineiston laajuus vaihtelee, minkä vuoksi myös luokituksen tasolle on laadittu kriteerit. Kitisen luokitus perustuu laajaan aineistoon (luokituksen taso 3), mikä tarkoittaa, että luokittelussa on ollut käytettävissä useiden laatutekijöiden ajallisesti ja paikallisesti edustavaa aineistoa.

Viranomaisen on luokitellut vesimuodostumien tilan kolmannen vesienhoitokauden osalta vuosina 2012–2017 kertyneen aineiston perusteella. Uusimman luokittelun periaatteet on koottu ympäristöhallinnon oppaaseen (Aroviita ym. 2019).

Taulukko 28: Ekologisen luokittelun laatutekijöiden ja muuttujien luokkarajat. ELS = ekologinen laatusuhde, joka saadaan jakamalla vertailutilassa olevista vesistöistä laskettu vertailuarvo luokiteltavasta vesistöstä havaitun tai sen lajiyhteisöistä lasketun muuttujan arvolla. Jos muuttujan arvo laskee tilan huonontuessa, jaetaan luokiteltavan vesistön arvo vertailuarvolla.

	erinomainen	hyvä	tydyttävä	välttävä	huono
Pohjois-Suomen erittäin suuret turvemaiden joet (Est)					
Biologinen (skaalattu ELS)	>0,8	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	<0,2
Päällysläevät					
Tyyppiominaiset taksonit (TT)	>17,5	13,1-17,5	8,8-13,1	4,4-8,8	<4,4
Prosenttinen mallinkaltaisuus (PMA)	>0,508	0,381-0,508	0,254-0,381	0,127-0,254	<0,127
Pohjaeläimet					
Tyyppiominaiset taksonit (TT)	>27,5	20,6-27,5	13,8-20,6	6,9-13,8	<6,9
Tyyppiominaiset EPT-heimot (EPT _h)	>16,0	12,0-16,0	8,0-12,0	4,0-8,0	<4,0
Prosenttinen mallinkaltaisuus (PMA)	>0,521	0,391-0,521	0,260-0,391	0,130-0,260	<0,130
Fysikaalis-Kemiallinen					
Kokonaisfosfori (µg/l)	<20	20-40	40-60	60-90	>90
Kokonaistyppe (µg/l)	<450	450-900	900-1500	1500-2500	>2500
pH-minimi	>5,7	5,5-5,7	5,0-5,5	4,8-5,0	<4,8
Kalat					
Jokikalaindeksi	>0,65	0,49-0,65	0,33-0,49	0,16-0,33	<0,16

Kitisen ekologinen tila on määritelty hyväksi suhteessa parhaaseen saavutettavissa olevaan tilaan 3. vesienhoitokauden luokituksessa. Taulukossa 29 on esitetty Kitisen 3. vesienhoitokauden luokitustulokset ympäristöhallinnon vesienhoito-tietojärjestelmän (Suomen ympäristökeskus ja ELY-keskukset 2022) mukaisena. Veden laadun ja päällysläevien ja luokitus on erinomainen. Kitisen pohjaeläimistö on suuresti muuttunut luonnontilaisesta. Pohjaeläimet laskevat biologisen luokan ja siten myös ekologisen tilan tyydyttäväksi.

Taulukko 29: Kitisen ekologisen luokittelun laadulliset tekijät ja muuttujat 3. vesienhoitokaudella (Lapin ELY-keskus 2021). ELS = ekologinen laatusuhde, joka saadaan jakamalla vertailutilassa olevista vesistöistä laskettu vertailuarvo luokiteltavasta vesistöstä havaitun tai sen lajiyhteisöistä lasketun muuttujan arvolla. Jos muuttujan arvo laskee tilan huonontuessa, jaetaan luokiteltavan vesistön arvo vertailuarvolla.

	3. luokittelu v. 2012-2017 tiedoilla		
	Lukuarvo	Laskenn.	Arvio
Kitinen			
Biologinen (skaalattujen ELS-arvojen ka)	0,54	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Päällysläevät (skaalattu ELS mediaani)	0,84	Erinomainen	Erinomainen
tyyppiominaiset taksonit	0,84	Erinomainen	
prosenttinen mallinkaltaisuus	0,83	Erinomainen	
Pohjaeläimet (skaalattu ELS mediaani)	0,24	Välttävä	Välttävä
tyyppiominaiset taksonit	0,18	Huono	
tyyppiominaiset EPT-heimot	0,41	Tyydyttävä	
prosenttinen mallinkaltaisuus	0,13	Huono	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet			
Kokonaisfosfori, keskiarvo (µg/l)	12,76	Erinomainen	Erinomainen
Kokonaistyppe, keskiarvo (µg/l)	331,3	Erinomainen	Erinomainen
pH-minimi	6,21	Erinomainen	Erinomainen
Kokonaistilaluokitus: Tyydyttävä			

6.1.2 Ekologinen potentiaali

Kitinen on nimetty voimakkaasti muutetuksi vesistöksi. Voimakkaasti muutetuksi nimeämisen kriteerit täyttyvät suoraan ja kolmen eri tekijän osalta muutos vähintään suuri (patojen ja muiden rakenteiden aiheuttamat nousuesteet, allastuminen (rakennettu putouskorkeus) ja rakennettu osuus uoman kokonaispituudesta). Kitisen alkuperäiset koskihabitaatit ovat suurelta osin tuhoutuneet voimalaitospatoamisen takia.

Voimakkaasti muutetuilla vesistöillä on poikkeava luokittelujärjestelmä, jossa ekologinen tila suhteutetaan parhaaseen saavutettavissa olevaan tilaan toimenpidetarkastelun avulla. Siinä arvioidaan mahdollisten, hydrologis-morfologisia olosuhteita parantavien toimenpiteiden vaikutusta luokittelun osatekijöihin ja edelleen ekologiseen tilaan. Kitisessä ekologisen tilan parantamismahdollisuudet jäävät vähäisiksi aiheuttamatta merkittävää haittaa tärkellä käyttömuodolle vesienhoidon toimenpideohjelman mukaan. Kolmannelle vesienhoidon suunnittelukaudelle on kaavailtu joen elinympäristökunnostuksia Kitisen sivujokiin (mm. Ala-Postojoki, Sattanen).

Kitinen on vesienhoidon 3. vesienhoitokauden luokittelun mukaan hyvässä saavutettavissa olevassa tilassa ja tilatavoite on siten saavutettu.

6.1.3 Kemiallinen tila

Kemiallisen tilan arviointi perustuu vertailuun ympäristölaatunormeihin (Vna 1022/2006, muutokset 868/2010, 1308/2015). Laatunormit kuvaavat sellaista vesiympäristölle vaarallisen tai haitallisen aineen pitoisuutta pintavedessä, jota ei saa ihmisen terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ylittää. Pintaveden metalleille ympäristölaatunormeja on annettu vain kadmiumille, elohopealle, lyijylle ja nikkelille. Asetuksessa määritellään ympäristölaatunormit vuosikeskiarvolle (AA-EQS) sekä enimmäispitoisuudelle (MAC-EQS). Vesimuodostuman kemiallinen tila määritellään joko hyväksi tai hyvää huonommaksi. Kitisen kemiallinen tila on luokiteltu hyvää huonommaksi PBDE-yhdisteiden laatunormiylityksen takia. Bromattujen difenyylietterien laatunormi ylittyy asiantuntija-arvion mukaan kaikissa Suomen ja Euroopan vesimuodostumissa. PBDE-yhdisteitä on aiemmin käytetty palonestoaineina, ja ne ovat kaukokulkeutuvia ja erittäin hitaasti hajoavia (Suomen ympäristökeskus 2020).

6.2 Hankkeen vaikutukset

6.2.1 Vedenlaatu

Kitisen fysikaalis-kemiallinen tila on arvioitu kolmannessa luokittelussa kokonaisravinnepitoisuuksien ja pH-minimin perusteella erinomaiseksi (Taulukko 29).

Voimakkaasti muutetuissa vesimuodostumissa kuten Kitinen ensisijaisena luokitteluperusteena on kuitenkin käytetty tilaa parantavien toteuttamiskelpoisten toimenpiteiden vaikuttavuutta. Säännöstelyn ja vesirakentamisen vuoksi voimakkaasti muutetuiksi nimettyjen jokien vedenlaatu on tyypillisesti hyvä ja ongelmat ilmenevät vedenlaatutekijöiden sijaan elinympäristöjen rakenteessa ja laajuudessa sekä eliöyhteisöjen koostumuksessa.

6.2.1.1 Ravinteet

Ravinnepitoisuuksia käytetään luokituksessa yhtenä muuttujana vesistöjen fysikaalis-kemiallisen laatutekijän arvioinnissa. Ravinnepitoisuuksien osalta luokittelussa käytetään jokivesien osalta vuoden ja järvivesien osalta kesä-syyskuun keskimääräisiä fosfori- ja typpipitoisuuksia (Aroviita ym. 2020).

Vesienhoidon 3. luokittelukaudella Kitisen vedenlaadun arviointiin on käytetty tuloksia kolmelta eri havaintopaikalta, jotka sijaitsevat joen eri osissa. Paikkojen sijainti on esitetty kartalla kuvassa 77.

Kitinen luokitellaan erittäin suuriin turvemaiden jokiin, joissa erinomaisen ja hyvän tilaluokan raja-arvo kokonaistypelle on 450 µg/l ja hyvän ja tyydyttävän raja-arvo 900 µg/l (Taulukko 28). Fosforin osalta vastaavat raja-arvot ovat 20 µg/l ja 40 µg/l. Havaintopaikkakohtaisesti Kitisen typpi- ja fosforipitoisuudet ovat kaikki selkeästi erinomaisella tasolla.

Sakatin kaivoksen ylijäämävesien kuormituksen aiheuttamat lasketut typen pitoisuusnousut ovat Kitisessä kaivoksen lähialueella Kelukoskella kesäaikana heinäkuussa keskimäärin luokkaa 10–40 µg/l tarkastelutilanteessa 1 (TT1) ja luokkaa 10–50 µg/l tarkastelutilanteessa 4 (TT4) (Taulukko 30). Fosforin osalta Sakatin kaivoksen kuormituksen aiheuttamat keskimääräiset pitoisuuslisäykset ovat Kelukosken kohdalla 0,2–0,6 µg/l tarkastelutilanteessa 1 (TT1) ja 0,2–1,1 µg/l tarkastelutilanteessa 4 (TT4). Sakatin kaivoksen kuormituksen vaikutusta Kitiseen on tarkasteltu kahdelle eri ylijäämävesien purkupisteen sijaintivaihtoehdolle purkupaikka A ja B. Purkupaikka vaikuttaa Kelukosken altaan alueelle arvioituihin pitoisuuslisäyksiin, mutta Kelukosken alapuolella purkupaikkavaihtoehdolla ei ole enää juuri vaikutusta. Lyhytaikaisesti pitoisuusvaikutukset voivat olla Kelukosken altaassa suurempia johtuen lähinnä voimalaitoksen lyhytaikaisista juoksutusseisokeista. Kun kaivoksen ylijäämävesien purkupaikka sijoittuu pisteeseen B, lyhytaikainen typpilisäys on enimmillään Kelukoskessa noin 50–200 µg/l kuormitusvaihtoehdossa TT1 ja noin 100–230 µg/l vaihtoehdossa TT4. Purkupisteen A osalta ylijäämävesi sekoittuu tasaisemmin ja maksimipitoisuusnousut jäävät Kelukoskessa pienemmiksi.

Kokonaisuutena vaikutukset Kitisen alaosan ravinnepitoisuuksiin ovat vähäisiä. Kemijärven tulovirtaamassa vaikutus typpipitoisuuteen on keskimäärin vain 1–2 µg/l. Kokonaisfosforin pitoisuusnousu on Kemijärveen laskevassa vedessä keskimäärin alle 0,05 µg/l. Pitoisuusvaikutukset jäävät siten Kemijärvestä mitättömiksi.

Kitisen nykyinen erinomaista tilaluokkaa vastaava ravinteiden pitoisuustaso on selvästi alle erinomaisen ja hyvän raja-arvojen (typpi 450 µg/l, fosfori 20 µg/l). Siten Sakatin kaivoksen ravinnekuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen fysikaalis-kemiallisen tilan erinomaiseen luokitustulokseen.

Taulukko 30: Kitisen kokonaisravinnepitoisuudet vesienhoidon kolmannella luokittelukierroksella sekä Sakatin aiheuttavat pitoisuuslisäykset kuormituksen tarkastelutilanteissa 1 ja 4. Mallinnustuloksissa on huomioitu eri purkupaikkavaihtoehdot ja vesistön eri vesitilanteet (kuiva jakso 2013 ja keskimääräinen jakso 2017)

Kokonaistyyppi		Tarkastelutilanne 1		Tarkastelutilanne 4	
Havaintopaikka	nykytila/luokitus	SA13A-B	SA17A-B	SA13A-B	SA17A-B
Kitinen 113	345	0	0	0	0
Kitinen Vajukoski	311	0	0	0	0
Kitinen Kelukoski	-	26-40	6-12	32-51	8-20
Kurkiaska	-	12-16	4-7	15-21	6-9
Kitinen Kokkosniva (Kairala)	338	8-12	4-7	11-14	6-9
Kokonaisfosfori		Tarkastelutilanne 1		Tarkastelutilanne 4	
Havaintopaikka	nykytila luokitus 2012-17	SA13A-B	SA17A-B	SA13A-B	SA17A-B
Kitinen 113	14	0	0	0	0
Kitinen Vajukoski	12	0	0	0	0
Kitinen Kelukoski	-	0,4-0,6	0,1-0,2	0,7-1,1	0,2-0,4
Kurkiaska	-	0,2	<0,1	0,4-0,5	0,1-0,2
Kitinen Kokkosniva (Kairala)	13	0,1	<0,1	0,2-0,3	0,1-0,2

6.2.1.2 Sulfaatti ja muut suolat

Sulfaatin tai muiden suolojen pitoisuuksille ei ole Suomessa asetettu pintavesille ympäristölaatuunormia. Yleensä sulfaattikuormituksen haitallisuus vesistöissä johtuu epäsuorista vaikutuksista, kuten kerrostuneisuuden voimistumisesta alapuolisissa järvissä. Kuitenkin myös suorat eliöstömuutokset ovat mahdollisia.

Mallinnetut sulfaattipitoisuudet jäävät Kitisessä kaikissa skenaarioissa pääosin pieniksi. Kelukosken voimalaitoksen alapuolella sulfaatin pitoisuudet nousevat Kevitsan kaivokselta tuleva nykykuormitus huomioiden keskimääräisessä vesitilanteessa kuormitusskenaariosta riippuen keskimäärin tasolle 3–4 mg/l ja kuivana ajanjaksona tasolle 6–8 mg/l. Sakatin ja Kevitsan kaivosten yhteisvaikutuksesta sulfaattipitoisuus nousee enimmillään Kelukosken

voimalaitoksen alapuolella tasolle 20 mg/l (TT4). Kurkiaskan padolla pitoisuusnousu on keskimäärin hieman yli puolet ja Kemijärven tasolla noin neljäsosa Kelukosken pitoisuustasosta

Kuten ravinteiden kohdalla, sulfaatinkin pitoisuusvaikutus voi olla Kelukosken altaassa lyhytaikaisesti selvästi suurempi. Purkupistevaihtoehdon A lähialueella pohjan läheisessä vesikerroksessa sulfaattipitoisuus voi nousta lyhytaikaisesti enimmillään tasolle noin 30 mg/l kuormitusvaihtoehdossa TT1 ja noin tasolle 60 mg/l vaihtoehdossa TT4. Purkupistevaihtoehdossa B suurimmat pitoisuusnousut muodostuvat Kelukosken voimalan edustalle juoksutusseisokin aikana, jolloin sulfaattipitoisuus voi nousta ajoittain lähelle 100 mg/l tasoa, kun juoksutus on nollassa.

Huomioitavaa on, että kokonaissuolapitoisuus on arvioitu kaksi kertaa sulfaattipitoisuutta suuremmaksi. Sulfaatin lisäksi suurin osa suolakuormituksesta muodostuu maanalaisen kaivoksen kuivanapitoveden sisältämästä kloridista. Vaikutus kokonaissuolapitoisuuteen voidaan arvioida olevan karkeasti noin kaksinkertainen laskettuihin sulfaatin pitoisuuslisäyksiin nähden.

Kyseisen tasoilla keskimääräisillä sulfaatti- tai suolapitoisuustasoilla on vain vähäinen vaikutus Kitisen nykyiseen vedenlaatuun. Lyhytaikaisesti voi kuitenkin paikallisesti esiintyä suurempia pitoisuusnousuja pohjan lähellä ylijäämäveden purkupaikasta riippuen joko ylempänä Kelukosken altaassa tai voimalaitoksen edustalla juoksutuskatkoilla. Tarkemmin vaikutuksia biologisiin tekijöihin on käsitelty kappaleessa 6.2.2.

6.2.1.3 Metallit

Vaarallisten aineiden asetuksen (Vna 1022/2006 + muutokset) mukaisten prioriteettiaineiden pitoisuudet vesimuodostumassa määrittävät veden kemiallisen tilan luokan. Vesimuodostuman kemiallinen tila on hyvää huonompi, jos yhdenkin aineen pitoisuus ylittää ympäristölaatunormin. Ympäristölaatunormit on asetettu tasolle, jossa ne suojelevat ihmisten terveyttä ja ympäristöä mahdollisimman laaja-alaisesti. Sakatin kaivoshankkeesta aiheutuvia, liitteessä lueteltujen aineiden päästöjä ovat metallit kadmium, nikkeli, lyijy- ja elohopea.

Nikkelin laatunormi biosaatavalle pitoisuudelle on 5 µg/l, jossa 4 µg/l on havaintojen vuosikeskiarvo (AA-EQS) ja 1 µg/l ohjeellinen taustapitoisuus. Taustapitoisuus riippuu kohteen luonnonolosuhteista. Laatunormi yksittäiselle nikkelipitoisuudelle on annettu liukoisena pitoisuutena 34 µg/l (MAC-EQS).

Kevitsan kaivoksen nykykuormitus huomioiden nikkelin pitoisuudet ovat Kelukosken altaan alueella keskimäärin alle 2 µg/l ja Kelukosken alapuolella noin 1 µg/l. Purkupaikkavaihtoehdon A lähialueella pohjan läheisessä vesikerroksessa nikkelipitoisuus voi nousta lyhytaikaisesti enimmillään tasolle 5 µg/l kuormituksen tarkastelutilanteessa 1 ja tasolle 7 µg/l tilanteessa 4. Purkuvaihtoehdossa B suurimmat pitoisuusnousut voivat olla hetkellisesti lähellä 10 µg/l tasoa voimalan edustalla juoksutuskatkojen aikana.

Nikkelipitoisuudet jäävät selvästi alle ympäristölaatunormien tason. Koska biosaatava pitoisuus voi olla korkeintaan yhtä suuri kuin liukoinen tai kokonaispitoisuus, voidaan arvioida myös biosaatavan pitoisuustason jäävän selvästi alle ympäristölaatunormin. Siten Sakatin nikkelikuormitus ei heikennä Kitisen kemiallista tilaa.

Lasketut muiden puolimetallien ja metallien kuormituksen aiheuttamat pitoisuudet suhteessa taustapitoisuuksiin ja laatunormeihin on esitetty taulukossa 31. Pitoisuuslisäyksiä on käytetty vuoden 2013 kuivan tarkastelujakson keskipitoisuuksia, jotka olivat keskimääräiseen virtaamajaksoon nähden korkeampia johtuen vähäisemmästä laimentumisesta. Purkupaikka oli pisteessä B. Pitoisuusnousut yhteenlaskettuna taustapitoisuuksien kanssa jäävät myös selvästi alle aineille annettujen ympäristölaatunormien tai muiden raja-arvojen.

6.2.1.4 Yhteisvaikutukset

Haitta-aineiden yhteisvaikutusten arviointi on haasteellista, eikä ole olemassa yhtä kokonaisvaltaista menetelmää, jolla voitaisiin suoraan arvioida yhtäaikaaisesti monista aineista koostuvan kuormituksen vaikutusta tiettyyn vesiekosysteemiin ja sen ainutlaatuisiin ominaisuuksiin. Tutkimustiedon perusteella tiedetään, että haitta-aineiden yhteisvaikutus voi olla yhteenlaskettava (additiivinen), vahvistava (synergistinen) tai vaimentava

(antagonistinen). Haitta-aineiden yhteisvaikutus riippuu mm. haitta-aineista, niiden pitoisuustasoista, vaikutuksen kohteena olevasta eliölajista ja altistumisajasta. Tutkimusten mukaan suurin osa metallien yhteisvaikutuksesta on antagonistisia, eli metallien yhteisvaikutus on pienempi kuin niiden yhteen laskettu vaikutus, mutta myös synergistisiä ja additiivisia vaikutuksia on raportoitu. (esim. Norwood ym. 2003, Vijver ym. 2011)

GTK:n julkaiseman kaivoshakkeiden ympäristövaikutusten arviointioppaan (Kauppila 2015) mainitsema menetelmä haitta-aineiden yhteisvaikutusten arviointiin on ns. "toksinen yksikkö"-menetelmä (toxic unit, TU). Menetelmässä kunkin aineen ennustettu ympäristöpitoisuus jaetaan sen ympäristölaatunormilla. Nämä TU-yksiköt voidaan laskea yhteen, ja jos summa ylittää luvun yksi, haittavaikutuksia voidaan olettaa ilmenevän. Tämä laskentatapa on kuitenkin hyvin pelkistetty, ja se olettaa kaikkien aineiden vaikutukset additiivisiksi. Johtopäätösten tekeminen laskennan tuloksista on epävarmaa, sillä vesistössä toteutuvat vaikutukset riippuvat haitta-ainepitoisuuksien lisäksi monista vesistön fysikaalis-kemiallisista ja biologisista ominaisuuksista.

Taulukossa 31 on esitetty tämän raportin mukaisilla mallinnustuloksilla tehty TU-laskenta. Laskenta on tehty Kelukosken pitoisuuksilla, suurimman kuormituksen tarkastelutilanteella 4 (TT4) ja suurimmalla kuukausikeskiarvolla, joka koski purkupaikkavaihtoehtoa B ja keskimääräistä kuivempaa jaksoa (SA13B). Laskennassa on käytetty korkeinta kuukausikeskiarvoa eikä se siten huomioi hetkellisiä pitoisuushuippuja. Maksimikuukausikeskiarvo edustaa toisaalta kerran kymmenessä vuodessa tai harvemmin tapahtuvaa kuivan kuukauden ääritilannetta.

Laskennassa huomioitiin ensisijaisesti ne alkuaineet ja yhdisteet, joille on olemassa suomalainen tai ruotsalainen ympäristölaatunormi tai ohjearvo, jotka on sovitettu pohjoismaisiin olosuhteisiin. Antimonille ei ole pintavesien osalta asetettu ohjearvoa ja siten se olisi perusteltua myös jättää laskennasta kokonaan pois. Sulfaatin osalta on käytetty Suomessa sulfaatille esitetyn haitattoman tason arviota 105 mg/l (Opasnet 2018). Ruotsissa on esitetty sulfaatille laatunormia 34 mg/l, mutta sitä ei ole kuitenkaan hyväksytty kansalliseksi laatunormiksi asetukseen. Suomessa on myös uudet esitykset kuparin, sinkin ja sulfaatin laatunormeiksi, mutta niitä ei ole vielä hyväksytty. Tässä käytetyt Ruotsin normit ovat pääosin tiukempia kuin Suomeen esitetyt arvot.

Sulfaatin ja nikkelin pitoisuusarviot perustuvat vesistömallinnuksen tuloksiin, muiden metallien pitoisuusnousut on laskettu skaalamalla laskettua suolapitoisuutta. 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 (pH = 7,0, DOC = 9 mg/l ja Ca = 4 mg/l).

Suurimman kuormitustilanteen TT4 mukainen Kelukosken TU-arvo oli 0,33, mikä viittaa siihen, että tarkasteltujen aineiden haitallisten yhteisvaikutusten esiintymisen riski on pieni (Taulukko 31).

Taulukko 31: Eri aineiden laatunormit sekä Kitisen Kelukosken taustapitoisuudet ja pitoisuuslisäykset suurimman kuormituksen tarkastelutilanteessa TT4

			Laatu-	Tausta-	TT4		TU
			normi	pitoisuus	SA13B	tausta+lisä	
					lisäys		
As*	liuk.	µg/l	0,5	0,14	0,001	0,14	0,00
Cd	liuk.	µg/l	0,1	0,01	0,0003	0,01	0,05
Cr	liuk.	µg/l	3,4	0,34	0,05	0,39	0,12
Cu	biosaattava	µg/l	0,5	0,01	0,001	0,01	0,01
Ni	biosaattava	µg/l	5	0,08	0,08	0,24	0,05
Pb	biosaattava	µg/l	1,7	0,003	0,00002	0,00	0,00
Hg	kok. maksimi	µg/l	0,07	0,001	0,0007	0,00	0,01
Sb**	kok.	µg/l	2,5	0,03	0,01	0,04	0,00
SO4	kok.	mg/l	105	2,8	4,2	8,1	0,08
Yhteensä							0,33
* taustapitoisuus vähennetään havaitusta pitoisuudesta ennen vertailua raja-arvoon							
** pohjaveden laatunormi							

6.2.2 Biologiset tekijät

6.2.2.1 Päällyslevät

Kitisen vesimuodostuman tila on piileväaineiston perusteella säilynyt samana vesienhoidon toisella ja kolmannella luokittelukierroksella (Taulukko 29). Vesienhoidon kolmannella luokittelukierroksella piilevätarkkailun tietoja oli saatavilla yhteensä yhdeksältä havaintopaikalta (Kuva 78). Useimmilta näytepisteiltä oli saatavilla vain yhden näytteenoton tiedot, ja kaksi näytettä oli otettu vain Kevitsan kaivoksen velvoitetarkkailuun kuuluvilta Mataraojan yläpuolen ja Petkulan havaintopaikoilta. Piilevänäytteistä lasketut PMA- ja TT-indeksitulokset on muutettu skaalatuiksi ELS-arvoiksi, joiden perusteella on laskettu näyte- ja havaintopaikkakohtaiset keskiarvot (Taulukko 32). Piileväaineistosta laskettu vesimuodostumakohtainen ELS-arvo on kaikkien havaintopaikkojen tulosten keskiarvo. Vesimuodostuman laskennallinen skaalattu ELS-arvo viittaa erinomaiseen ekologiseen tilaan ja näytepistekohtaiset skaalELS-arvot viittaavat hyvään tai erinomaiseen tilaan Petkulan näytepistettä lukuun ottamatta. Kevitsan vaikutusalueella olevan Vajukosken altaan näytepisteen vuoden 2015 indeksitulosten perusteella näytepisteen piileväyhteisössä oli havaittavissa enintään hyvin vähän ihmistoiminnasta johtuvia muutoksia vertailuarvoihin nähden. Vesistön hydrologis-morfologinen muuttuneisuus ei aiheuta piileväindeksituloksissa samankaltaista laskua kuin pohjaeläinten kohdalla vaan piilevien osalta tilaa määrittävänä tekijänä toimii veden fysikaalis-kemiallinen laatu.

Taulukko 32: Kitisen kolmannen luokittelukierroksen näytteiden indeksitulokset, niiden perusteella lasketut näyte- ja havaintopaikkakohtaiset keskiarvot ja vesimuodostumakohtaiset keskiarvot skaalEELS-arvoina. Sininen = erinomainen, vihreä = hyvä, keltainen = tyydyttävä, oranssi = välttävä. PMA = suhteellinen tai prosenttinen mallinkaltaisuus, TT = Tyyppiominaisten piilevätaksien lukumäärä, ELS = ekologinen laatusuhde

	vuosi	PMA	TT	ka skaalEELS	ka paikat
Kitinen, KI 147 Porttipahta, Kitinen 113	2013	0,85	0,94	0,90	0,90
Kitinen Vajukosken vl alakanava	2015	0,94	0,98	0,96	0,96
Kitinen Mataraojan yp.	2012	0,63	0,64	0,63	0,73
	2015	1,00	0,64	0,82	
Kitinen Petkula	2014	0,78	0,32	0,55	0,57
	2015	0,73	0,46	0,59	
Kitinen Kelukosken vl, alakanava	2015	1,00	0,98	0,99	0,99
Kitinen KI 7, Kairala Pelkosenniemi	2013	0,58	1,00	0,79	0,79
Kitinen Sodankylä jvp alap. 1 SO2	2016	0,82	0,86	0,84	0,84
Kitinen Sodankylä jvp alap. 2 SO3	2016	0,75	0,82	0,79	0,79
Kitinen Sodankylä jvp yp	2016	0,99	0,94	0,96	0,96
Vesimuodostuma skaalEELS					0,84

Kitisen vesimuodostuman fysikaalis-kemiallinen tila on nykyisin erinomainen, ja Sakatin kaivoksen aiheuttama ravinteiden lisäkuormitus jää pieneksi (Taulukko 30). Kesäajan keskimääräinen typen pitoisuusnousu on enimmillään tasoa 15–50 µg/l ja fosforin nousu tasoa 1 µg/l. Kuormituksen lisäyksen ei arvioida aiheuttavan merkittäviä muutoksia Sakatin kaivoksen purkuvesistön piilevyhteisön lajistossa.

Kelukosken alapuolella sulfaattipitoisuus nousee Sakatin kaivoksen kuormituksen seurauksena enintään 8 mg/l ja vaikutus kokonaissuolapitoisuuteen on karkeasti ottaen kaksinkertainen. Suurimmillaan Kelukosken alapuolelta mitattavat sulfaattipitoisuudet ovat Sakatin ja Kevitsan kaivosten yhteisvaikutuksen seurauksena tasoa 20 mg/l. Kelukosken altaassa voi kuitenkin esiintyä lyhytaikaisesti selvästi suurempia pitoisuuksia pohjan lähellä, enimmillään noin 50–100 mg/l riippuen tarkastellusta kuormitustilanteesta (TT1 ja TT4) ja purkupaikkavaihtoehdosta.

Piilevy yhteisö reagoi herkästi sulfaattipitoisuuksien nousuun ja sen on arvioitu olevan herkin biologinen indikaattori kuvaamaan suola- ja metallipitoisten purkuvesien vaikutuksia (vrt. Mykrä ym. 2021). Piilevy yhteisön koostumus voi vaikuttaa biologisten laatu tekijöiden luokittelutuloksiin, vaikka itse luokitteluindeksit viittaisivatkin hyvään-erinomaiseen tilaluokkaan. Sotkamossa sijaitsevan Terrafamen kaivoksen alapuolisen Kivijoen ekologinen tila on vesienhoidon toisella ja kolmannella kaudella määritetty tyydyttäväksi. Toisen kauden luokittelun perusteiden mukaan joen päällislevästä todettiin lokakuussa 2012 lajistoltaan poikkeavaksi, sillä se sisälsi lähes puolet murtovesissä esiintyviä ja suuria elektrolyyttipitoisuuksia vaativia lajeja. Näytteiden indeksitiedot viittasivat samaan aikaan kuitenkin hyvään tai erinomaiseen tilaan (TT skaalEELS 0,64 ja PMA skaalEELS 0,89) (Suomen ympäristökeskus ja ELY-keskukset 2022). Vuonna 2012 Kivijoen sulfaattipitoisuudet olivat 55–250 mg/l (ka. 141 mg/l) ja vedessä esiintyi myös runsaasti natriumia, kalsiumia, magnesiumia ja raskasmetalleja. Em. tietojen perusteella voidaan arvioida, että Sakatin kaivoksen suolakkuormitus tai Sakatin ja Kevitsan kaivosten yhteiskuormitus ei aiheuta sellaista suolapitoisuuksien nousua, joka johtaisi suolapitoisia vesiä suosivien piilevälajien esiintymisen runsastumiseen Kitisen piilevy yhteisöissä laajemmin. Suurimmat hetkelliset sulfaattipitoisuuden nousut havaitaan alusvedessä, ja piileviä esiintyy karkeasti arvioiden vain alle kahden metrin syvyydellä sijaitsevilla pohja-alueilla eli valaistussa vyöhykkeessä. Joen päällisvedessä havaittavat sulfaatti- ja suolapitoisuuden nousut jäävät pieniksi.

Sakatin kaivostoiminnan aiheuttamat metallien pitoisuusnousut Kitisessä jäävät pääosin pieniksi kaikkien tarkasteltujen aineiden osalta (Taulukko 31). Metallikuormituksen ei arvioida aiheuttavan merkittäviä muutoksia Sakatin kaivoksen purkuvesistön piilevy yhteisöjen tilassa. Aineiden yhteisvaikutusta arvioivan TU-laskennan tulosten perusteella (Taulukko 31) aineiden yhteisvaikutuksesta johtuva piilevy yhteisön tilan huonontumista ei Sakatin kaivoksen purkuvesistössä arvioida havaittavan.

Kokonaisuutena arvioiden Sakatin kaivostoiminnan kuormitus ei aiheuta Kitisen vesimuodostumassa sellaista piilevyhteisöihin kohdistuvaa tilan huonontumista, joka johtaisi piilevä-laaturatekijän ja sitä kautta biologisen tai ekologisen tilaluokan laskuun. Nykyisin piilevä-laaturatekijän perusteella määritetty Kitisen vesimuodostuman tila on erinomainen.

6.2.2.2 Pohjaeläimet

Kitisen vesimuodostumassa on otettu pohjaeläinnäytteitä havaintopaikoilta: Kitinen Kelukoski, Kitinen Mataraojan ap., Kitinen Mataraojan yp. ja Kitinen Petkula (POHJE-rekisteri 2020). Toisella vesienhoidon luokittelukaudella pohjaeläinaineistoa ei ole käytetty mukana ekologisen tilan luokittelussa. Pohjaeläinaineistoa on kuitenkin käytetty uusimmassa kolmannen luokittelukauden ekologisen tilan luokittelussa, jossa mukana on seuranta-aineistoa havaintopaikoilta Kitinen Mataraoja yp. ja Kitinen Petkula. Molemmat näistä havaintopaikoista sijaitsevat ylävirran puolella Sakatin kaivoshankkeesta. Molemmilta havaintopaikoilta on käytetty seuranta-aineistoa vuosilta 2012 ja 2015 (Taulukko 33). Pohjaeläinluokittelun perusteella pohjaeläinten ekologinen tila on välttävä kolmannella luokittelukaudella. Lisäksi Kitisestä, Sakatin kaivoshankkeen alapuolisesta osasta, on otettu pohjaeläinnäytteet Kelukoskelta vuonna 2010.

Kitisen vesimuodostuma on voimakkaasti muutettu vesimuodostuma voimalaitospatojen takia. Luonnolliset koskipaikat puuttuvat Kitisestä ja pohjaeläinnäytteitä ei täten ole otettu koskimaisista virtavesihabitaateista. Näin ollen pohjaeläinten ekologinen tila on muuttunut selvästi luonnontilaisesta ja kuvastaa hydrologis-morfologisia paineita. Tämän seurauksena pohjaeläinlajisto eroaa selvästi ”Erittäin suuret turvemaiden joet”- tyyppin vertailuaineistosta. Kitisen pohjaeläinlajistosta puuttuu mm. päivänsäntotaksonit *Ephemerella mucronata* ja Baetis-ryhmän taksonit, jotka esiintyvät suhteellisen runsaana vertailuaineistossa. Sen sijaan Kitisen lajistossa esiintyy taksonia, joita esiintyy vähän tai ei ollenkaan vertailuaineistossa, kuten *Pisidium sp.*, *Radix balthica/labiata* ja *Nemoura sp.*

Taulukko 33: Kitisen vesimuodostuman kolmannen luokittelukierroksen pohjaeläinnäytteiden indeksitulokset (skaalattu ELS), niiden perusteella lasketut näyte- ja havaintopaikkakohtaiset keskiarvot ja vesimuodostumakohtaiset keskiarvot. Sininen = erinomainen, vihreä = hyvä, keltainen = tyydyttävä, oranssi = välttävä, punainen=huono. EPT_h = tyyppiominaisten EPT-heimojen (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) lukumäärä, PMA = suhteellinen tai prosenttinen mallinkaltaisuus, TT = tyyppiominaisten pohjaeläintaksonien lukumäärä

	EPT _h	PMA	TT	ka paikat
Kitinen Mataraojan yp				
2012	0,45	0,11	0,12	0,23
2015	0,4	0,1	0,09	0,20
Kitinen Petkula				
2012	0,35	0,11	0,23	0,23
2015	0,45	0,19	0,29	0,31
Vesimuodostuma skaalattu ELS				0,24

Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttama ravinteiden nousu Kitisessä on vähäistä ja sillä ei arvioida olevan vaikutusta Kitisen pohjaeläinlajistoon. Ylijäämävesien vaikutus voi kuitenkin näkyä pohjaeläinlajistossa purkualueen välittömässä läheisyydessä. Sulfaattipitoisuus nousee suurimmillaan purkupaikkavaihtoehtossa B tasolle 100 mg/l juoksutuksen ollessa nollassa. Purkupaikkavaihtoehtoon A lähialueella suurimmat pitoisuudet ovat tasoa noin 30 mg/l kuormituksen tarkastelutilanteessa 1 (TT1) ja 60 mg/l tarkastelutilanteessa 4 (TT4).

Osassa Suomessa toiminnassa olevilta kaivoksilta tulee sulfaattipitoisia jätevesiä ja näiden vaikutuksia pohjaeläinlajistoon on tarkkailtu velvoitetarkkailujen avulla. Tarkkailuaineistojen perusteella sulfaatin vaikutukset pohjaeläinlajistoon ovat olleet vaihtelevia. Suomessa toimivien kaivosten tarkkailutulosten perusteella kaivosten alapuolisissa jokivesissä pohjaeläinyhteisöt ovat muuttuneet yllättävän vähän suolaisten jätevesien seurauksesta,

vaikkakin suolapitoisuudet alapuolisissa vesistöissä ovat olleet huomattavasti korkeampia kuin Sakatin kaivoshankkeen mallinnetut pitoisuudet. Tarkkailuraporttien perusteella piilevyhteisöt ovat reagoineet herkemmin suolaiseen veteen kuin pohjaeläinyhteisöt. Suurin vaikutus kaivosten jätevesillä on ollut pohjaeläinten runsaussuhteiden muuttumiseen, jota mm. PMA-indeksi kuvastaa. Vesistövaikutusarvion perusteella Kitisen suolaisuuden pitoisuudet nousevat sille tasolle jolla ei arvioida olevan vaikutusta pohjaeläinlajistoon (mm. Timpano ym. 2018) ja jääden alle Suomessa sulfaatille esitetyn haitattoman tason arvion, 105 mg/l (Opasnet 2018). Pitoisuudet jäävät suurimmillaankin esimerkiksi *Centroptilum triangulifer* -päivänkorennonle määritetyn LC50-arvon (200–534 mg/l) (Struewing ym. 2014).

Metallien pitoisuuskasvat ovat mallinnustulosten perusteella pieniä ja niillä ei arvioida olevan vaikutusta Kitisen pohjaeläinyhteisöihin.

Kokonaisuutena arvioiden Sakatin kaivostoiminnan kuormitus ei heikennä merkittävästi 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.

7 Yhteenveto

Sakatin kaivokselta purettavan ylijäämäveden kuormituksen vaikutuksia Kitisen sulfaatti-, nikkeli- ja kokonaistyyppipitoisuuksiin arvoitiin Kitisen virtaus- ja vedenlaatumallinnuksen avulla. Laskennat tehtiin kahdella eri kuormitusskenaariolla (TT1 ja TT4). Lisäksi tarkasteltiin kahta eri purkupaikkavaihtoehtoa sekä yhteisvaikutuksia alueella jo toimivan Kevitsan kaivoksen kanssa. Kaikki laskennat tehtiin keskimääräisen sekä kuivan jakson virtaamaolosuhteissa.

Ilmastomuutoksen seurauksena Kitisellä valuma-alueella arvioitaan tapahtuvan lämpötilan ja sademäärien kasvua, mistä seuraa talviaikaisten virtaamien kasvua, kevättulvan aikaistumista ja pidemmällä jaksolla kevättulvan vesimäärän pienentymistä. Saatavilla olevien lähteiden mukaan kuivien jaksojen ei odoteta pidentyvän tai lisääntyvän, joten nykytason mukainen kuivan vuoden laskenta edustaa hyvin myös ilmastomuutostilannetta.

Mallinnustulosten perusteella Sakatin kaivoksen ylijäämäveden aiheuttamat pitoisuusnousut Kitisessä ovat pääosin pieniä. Lyhytaikaisesti esiintyy suurempia pitoisuusnousuja, jotka rajoittuvat pohjan lähelle purkupaikkavaihtoehdossa A purkupisteen lähialueelle ja purkupaikkavaihtoehdossa B Kelukosken voimalaitoksen edustalle juoksutuskatkojen aikana. Alempana Kitisessä purkupaikkavaihtoehdolla (A tai B) ei ole enää vaikutusta.

Kitiseen purettavien Sakatin kaivoksen ylijäämävesien erilainen käyttäytyminen Kelukosken altaassa verrattuna aiempaan mallinnukseen (AFRY Finland Oy 2020) johtuu pääosin siitä, että aikaisemmassa laskennassa sekoittumiskerroin oli liian suuri, mistä syystä mallissa Kitiseen purettavat ylijäämävedet sekoittuivat altaassa vertikaalisesti liian tehokkaasti.

Kuormituksen tarkastelutilanne TT1

Mallinnuksen mukaan sulfaatin kokonaispitoisuus Kevitsan kaivoksen vaikutus huomioiden nousee Kelukosken padolla keskimääräisellä virtaamalla noin 2–4 mg/l ja vähävetisenä aikana noin 4–6 mg/l tasolle. Enimmillään sulfaatin pitoisuus voi padon alapuolella olla lyhytaikaisesti noin 15 mg/l luokkaa.

Kelukosken altaassa Sakatin kaivoksen ylijäämävesien vaikutuksesta sulfaattipitoisuudet nousevat ollen enimmäkseen alle tason 10 mg/l. Pohjan läheisessä vesikerroksessa purkupaikkavaihtoehdon A lähialueella sulfaattipitoisuus voi nousta lyhytaikaisesti hieman yli tason 30 mg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B voimalaitoksen edustalla lähelle tasoa 60 mg/l.

Nikkelin osalta suurimmat Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttamat pitoisuusnousut Kelukoskessa jäävät alle 0,5 µg/l tasolle ja nikkelin kokonaispitoisuus Kevitsan kaivoksen vaikutus huomioiden on alle 1,5 µg/l tasolle. Kelukosken altaassakin (padon yläpuolella) nikkelin pitoisuusnousut jäävät pääosin tasolle 1 µg/l ja kokonaispitoisuus tasolle 2 µg/l, mutta pohjan tuntumassa purkupaikkavaihtoehdon A lähialueella pitoisuus voi nousta lyhytaikaisesti enimmillään tasolle 5 µg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B tasolle 10 µg/l tasoa voimalan edustalla juoksutuskatkojen aikana.

Ravinteiden osalta Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttama pitoisuusnousu on kesäaikana keskimäärin 20 µg/l typpeä ja 0,5 µg/l fosforia. Enimmillään typen pitoisuusnousu voi olla Kelukoskella lyhytaikaisesti noin 200 µg/l purkupaikan ollessa pisteessä B.

Kemijärven tulovirtaamassa Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttama pitoisuusnousu on enimmillään sulfaatille noin 3 mg/l ja nikkelille 0,5 µg/l. Vaikutus typpipitoisuuteen on Kemijärveen laskevassa vedessä vain 1–2 µg/l ja fosforipitoisuuteen alle 0,1 µg/l. Näin pienillä pitoisuusnousuilla ei ole käytännössä mitattavaa tai havaittavissa olevaa vaikutusta Kemijärven vedenlaatuun.

Mallinnetuilla Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttamilla pitoisuusvaikutuksilla ei ole yhteisvaikutukset huomioiden merkittävää vaikutusta Kitisen vesimuodostuman ekologisen tai kemialliseen tilaan. Sulfaattipitoisuuden ja kokonaissuolapitoisuuden vähäisellä nousulla ei arvioida olevan haitallisia vaikutuksia Kitisen vesiekologiaan.

Kitisen typpi- ja fosforipitoisuudet jäävät Sakatin kaivoksen kuormituksesta huolimatta edelleen ekologisen luokituksen mukaiseen erinomaiseen tilaluokkaan. Kitisen kaltaisissa voimakkaasti muutetuissa vesissä luokitteluun vaikuttaa myös tilaa parantavien toteuttamiskelpoisten

toimenpiteiden vaikuttavuus. Mallinnettu liukoisen nikkelin pitoisuus jää vaikutusalueella keskimäärin alle biosaatavalle pitoisuudelle määrätyn pitoisuuden vuosikeskiarvon ympäristölaatunormin tason. Lyhytaikaiset maksimipitoisuusnousutkin jäävät alle liukoiselle pitoisuudelle määritellyn enimmäispitoisuuden normin. Nikkeliin perustuvan laskennan perusteella myös kadmiumin, lyijyn ja elohopean pitoisuuslisäykset jäävät selvästi alle ympäristölaatunormien. Myös muiden metallien ja puolimetallien osalta vaikutukset jäävät vähäisiksi. Sakatin kaivoshankkeella ei ole siten vaikutusta Kitisen kemialliseen tilaan.

Kuormituksen tarkastelutilanne 4

Mallinnuksen mukaan sulfaatin kokonaispitoisuus Kevitsan kaivoksen vaikutus huomioiden nousee Kelukosken padolla vähävetisenä aikana noin tasolle 3–4 mg/l ja keskimääräisellä virtaamalla noin tasolle 6–8 mg/l. Enimmillään sulfaatin kokonaispitoisuus voi padon alapuolella nousta lyhytaikaisesti noin 20 mg/l luokkaa.

Kelukosken altaassa Sakatin kaivoksen ylijäämävesien vaikutuksesta sulfaatin pitoisuusnousut ovat enimmäkseen alle 10 mg/l, mutta pohjan läheisessä vesikerroksessa purkupaikkavaihtoehdon A lähialueella sulfaattipitoisuus voi nousta lyhytaikaisesti noin tasolle 50 mg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B voimallaitoksen edustalla lähelle tasoa 100 mg/l.

Nikkelin osalta suurimmat Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttamat pitoisuusnousut Kelukoskessa jäävät enintään tasolle 0,5 µg/l ja nikkelipitoisuus Kevitsan kaivoksen vaikutus huomioiden on enimmillään tasolla 1,6 µg/l. Kelukosken altaassakin (padon yläpuolella) nikkelin pitoisuusnousut jäävät pääosin tasolle 1 µg/l ja kokonaispitoisuus tasolle 2 µg/l, mutta purkupaikkavaihtoehdon A lähialueella pohjan tuntumassa pitoisuus voi nousta lyhytaikaisesti enimmillään tasolle 7 µg/l ja purkupaikkavaihtoehdossa B suurimmat pitoisuusnousut voivat olla hetkellisesti lähellä 10 µg/l tasoa voimallaitoksen edustalla juoksutuskatkojen aikana.

Ravinteiden osalta Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttama pitoisuusnousu on kesäaikana keskimäärin 50 µg/l typpeä ja 1 µg/l fosforia. Enimmillään typen pitoisuusnousu voi olla Kelukoskella lyhytaikaisesti noin 230 µg/l purkupaikan ollessa pisteessä B.

Kemijärven tulovirtaamassa Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttama pitoisuusnousu on enimmillään sulfaatille noin 3 mg/l ja nikkelille 0,5 µg/l. Vaikutus typpipitoisuuteen on Kemijärveen laskevassa vedessä vain 2–3 µg/l ja fosforipitoisuuteen alle 0,1 µg/l. Näin pienillä pitoisuuksien nousulla ei ole käytännössä mitattavaa tai havaittavissa olevaa vaikutusta Kemijärven vedenlaatuun.

Myöskään kuormitusvaihtoehdossa TT4 mallinnetuilla Sakatin kaivoksen ylijäämävesien aiheuttamilla pitoisuusvaikutuksilla ei ole yhteisvaikutukset huomioiden merkittävää vaikutusta Kitisen vesimuodostuman ekologisen tai kemialliseen tilaan. Sulfaattipitoisuuden ja kokonaissuolapitoisuuden vähäisellä nousulla ei arvioida olevan haitallisia vaikutuksia Kitisen vesiekologiaan.

Kitisen typpi- ja fosforipitoisuudet jäävät Sakatin kaivoksen kuormituksesta huolimatta edelleen ekologisen luokituksen mukaiseen erinomaiseen tilaluokkaan. Kitisen kaltaisissa voimakkaasti muutetuissa vesissä luokitteluun vaikuttaa myös tilaa parantavien toteuttamiskelpoisten toimenpiteiden vaikuttavuus. Mallinnettu liukoisen nikkelin pitoisuus jää vaikutusalueella keskimäärin alle biosaatavalle pitoisuudelle määrätyn ympäristölaatunormin tason. Nikkeliin perustuvan laskennan perusteella myös kadmiumin lyijyn ja elohopean pitoisuuslisäykset jäävät selvästi alle ympäristölaatunormien. Myös muiden metallien ja puolimetallien osalta vaikutukset jäävät vähäisiksi. Sakatin kaivoshankkeella ei ole siten vaikutusta Kitisen kemialliseen tilaan.

Suurimman kuormituksen tarkastelutilanteen TT4 mukainen Kelukosken aineiden yhteisvaikutusta arvioivan TU-laskennan arvo oli 0,33, mikä viittaa siihen, että tarkasteltujen aineiden haitallisten yhteisvaikutusten esiintymisen riski on pieni.

8 Lähdeluettelo

AFRY Finland Oy 2020. Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin jokimallin avulla arvioituna, kuormitusvaihtoehdot 1 ja 2. Ympäristövaikutusten arviointi, liite 15. 28.5.2020, v12.

AFRY Finland Oy 2023. Sakatin kaivoshanke; Ympäristövaikutusten arviointi; Kaivoksen vesitase. Raportti laadittu AA Sakatti Mining Oy:lle. Projektiviite: 101017183-001. Pvm 13.1.2023. Revisio H.

Aroviita J., Mitikka S. & Vienonen S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019.

Forzieri G., Feyen L., Rojas R., Flörke M., Wimmer F. & Bianchi A. 2014. 'Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe', Hydrology and Earth System Sciences 18(1), 85–108 (DOI: 10.5194/hess-18-85-2014).

Kauppi S., Mannio J., Hellsten S., Nystén T., Jouttijärvi T., Huttunen M., Ekholm P., Tuominen S., Porvari P., Karjalainen A., Sara-Aho T., Saukkoriipi J., Maunula M. 2013. Arvio Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaan vuodon haitoista ja riskeistä vesiympäristölle. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 11|2013.

Kaseva A., Suvanto E., Hänninen H. 2018. Sulfaattikuormituksen vaikutukset fosforin vapautumiseen sedimenteistä makean veden vesistöissä - hankkeen loppuraportti, Maa- ja vesitekniiikan tuki ry & Turun AMK.

Kauppila T. (toim.) 2015. Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Tutkimusraportti 222. Geologian tutkimuskeskus.

Lahermo ym. 1996. Suomen geokemian atlas, osa 3. Geologian tutkimuskeskus.

Maanmittauslaitos 2017. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, tiedot haettu 01/2018, lisenssi ja tietojen haku sivulta <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Mykrä H., Kuoppala M., Nykänen V., Tolonen K., Turunen J., Vilmi A. & Karjalainen S. M. 2021. Assessing mining impacts: The influence of background geochemical conditions on diatom and macroinvertebrate communities in subarctic streams. Journal of Environmental Management 278, 111532

Norwood W. P., Borgmann U. Dixon D. G. & Wallace A. 2003. Effects of metal mixtures on aquatic biota: A review of observations and methods. Human and Ecological Risk Assessment 9(4)

Opasnet 2018. Pintavesiin liittyvä terveystarvitarvio. <http://fi.opasnet.org/fi/Sulfaatti> Viitattu 22.12. 2022

Suomen ympäristökeskus 2019. Suomen Ympäristökeskuksen Hertta-tietokanta, tiedot haettu 12/2019.

Suomen ympäristökeskus 2020. Vesistöjen kemiallinen tila on edelleen huono. Tiedote 28.8.2020. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vesistojen_kemiallinen_tila_on_edelleen_\(58390\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vesistojen_kemiallinen_tila_on_edelleen_(58390))

Suomen ympäristökeskus ja ELY-keskukset 2022. Vesienhoito, pintavedet. 2. ja 3. suunnittelukausi. www.syke.fi/avointieto. Tiedot tarkistettu 12/2022.

Struewing A.K., Lazorchak J.M., Weaver P., Johnson B.R., Funk D., Buchwalter D. 2014. Part 2. Sensitivity comparisons of the mayfly *Centroptilum triangulifert* to *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia magna* using standard referencetoxicants; NaCl, KCl and CuSO₄. Chemosphere 139: 597-603.

Tenhola M. & Tarvainen T. 2008. Purovesien ja orgaanisten purosedimenttien alkuainepitoisuudet Suomessa vuosina 1990, 1995, 2000 ja 2006. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 172 | 2008. ISBN 978-952-217-050-7 (PDF).

Timpano A. J., Schoenholtz S. H., Soucek D. J., & Zipper C. E. 2018. Benthic macroinvertebrate community response to salinization in headwater streams in Appalachia USA over multiple years. *Ecological indicators*, 91, 645-656.

Veijalainen N., Ruosteenoja K., Uusikivi J., Mäkelä A. & Vehviläinen B. 2018. Ilmastonmuutos ja virtaamien muuttuminen Kemi-, Kymi- ja Lieksanjoen alueilla. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 27|2018. ISBN 978-952-11-4972-6 (PDF). ISSN 1796-1726 (verkkojulk.).

Verta M., Kauppila T., Londesborough S., Mannio J., Porvari P., Rask M., Vuori K.-M. & Vuosinen P. J. 2010. Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä – ehdotus laatunormidirektiivin toimeenpanosta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12 | 2010.

Vijver, M. G., Elliott, E. G., Peijnenburg, W. J. & de Snoo, G. R. 2011. Response predictions for organisms water-exposed to metal mixtures: a meta-analysis. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30(6):1482–1487