

A large, dark teal geometric shape, resembling a stylized arrow or a corner, is positioned on the right side of the page, pointing towards the bottom right.

**LIITE 15: SAKATIN VESISTÖKUOR-
MITUKSEN VAIKUTUS KITISEN
AINEPITOISUUKSIIN JOKIMALLIN
AVULLA ARVIOITUNA**

AA Sakatti Mining Oy

Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin
jokimallin avulla arvioituna, kuormitusvaihtoehdot 1 ja 2

28.5.2020, v12

Sisältö

1	Johdanto	3
1.1	Mallinnuksen tavoite	3
1.2	Kohdealue	3
1.3	Laskennassa käytetyt purkupisteet	4
2	Virtauslaskenta	6
2.1	Laskentamalli	6
2.2	Mallihilat	6
2.3	Syvyystiedot	6
2.4	Hilakuvat	7
2.5	Laskentajaksot	12
2.6	Voimaloiden käyttö	13
2.7	Virtaamatietojen käyttö mallissa	15
2.8	Ilmastonmuutoksen vaikutus virtaamiin	15
2.9	Kitisen virtaamat	16
3	Vedenlaatulaskenta	17
3.1	Laskentamalli	17
3.2	Taustapitoisuudet	17
3.3	Yläpuoliset pistekuormitukset	18
3.4	Laskennassa käytetty Sakatin kaivoksen kuormitus	18
3.5	Vedenlaatumuuttujien laskentamenetelmä	20
3.6	Laskentaskenaariot	20
4	Tulokset VM1	22
4.1	Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013	22
4.2	Sulfaatti, pitoisuudet voimalaitoksilla, 2013	25
4.3	Sulfaatti, pitoisuuskentät, SA13A & SA13B	27
4.4	Sulfaatti, SA13 ja SA17 -skenaarioiden vertailu	31
4.5	Nikkeli, Kelukosken allas, 2013	33
4.6	Nikkeli, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013	34
4.7	Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B	37
4.8	Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017	40
4.9	Kokonaisfosfori, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017	42
4.10	Kupari (Cu), Kromi (Cr)	45
4.11	Kadmium (Cd)	47
4.12	Elohopea (Hg)	49
4.13	Antimoni (Sb) ja Arseeni (As)	51
4.14	Lyijy (Lb)	52
5	Tulokset VM2	53
5.1	Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013	53

5.2	Sulfaatti, pitoisuudet voimalaitoksilla, 2013	55
5.3	Sulfaatti, pitoisuuskentät, SA13A & SA13B.....	58
5.4	Sulfaatti, SA13 ja SA17 -skenaarioiden vertailu	62
5.5	Nikkeli, Kelukosken allas, 2013.....	64
5.6	Nikkeli, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013.....	65
5.7	Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B	68
5.8	Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017	71
5.9	Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017	73
5.10	Kupari (Cu), Kromi (Cr).....	76
5.11	Kadmium (Cd).....	78
5.12	Elohopea (Hg)	80
5.13	Antimoni (Sb) ja Arseeni (As).....	82
5.14	Lyijy (Pb)	83
6	Vaikutukset Kitisen ekologiseen ja kemialliseen tilaan	84
6.1	Nykyiset luokittelutulokset	84
6.1.1	Ekologinen tila.....	86
6.1.2	Ekologinen potentiaali	88
6.1.3	Kemiallinen tila	88
6.2	Hankkeen vaikutukset.....	88
6.2.1	Vedenlaatu	88
6.2.2	Biologiset tekijät	92
7	Yhteenveto	94
8	Lähdeluettelo	97

Hannu Lauri, DI
Lotta Lehtinen, MMM
Anssi Karppinen, DI
Heimo Vepsä, FM
Eeva-Leena Anttila, FM
Mikko Tolkkinen, FT

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 AFRYy Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

1 Johdanto

AA Sakatti Mining Oy suunnittelee monimetallikaivoshanketta Sodankylään, Kemi-joen vesistöalueeseen kuuluvan Kitisen rannalle. Kaivoksen päätuotteena tulevat ole-maan kuparirikaste ja nikkelirikaste (keskimäärin 250 000 t/v). Louhinta tullaan toteuttamaan maanalaisena kaivoksena. Mineraalien rikastus tapahtuu vaahdotusprosessilla kemikaalien avulla.

Tässä raportissa on arvioitu suunnitellun Sakatin kaivoksen päästöjen vaikutusta Kitisen joen ja joessa olevien patoaltaidenvedenlaatuun jokimallin avulla. Kuormituksen leviämistä arvioitiin kahdella eri kuormitusskenaariolla (VM1 ja VM2) sekä kahdessa eri purkupaikkavaihtoehdossa. Lisäksi tarkasteltiin erillisissä skenaarioissa Sakatin yhteisvaikutuksia alueella jo toimivan Kevitsan kaivoksen kanssa. Arviointi tehtiin keskimääräisissä sekä vähävetisissä virtaamaolosuhteissa.

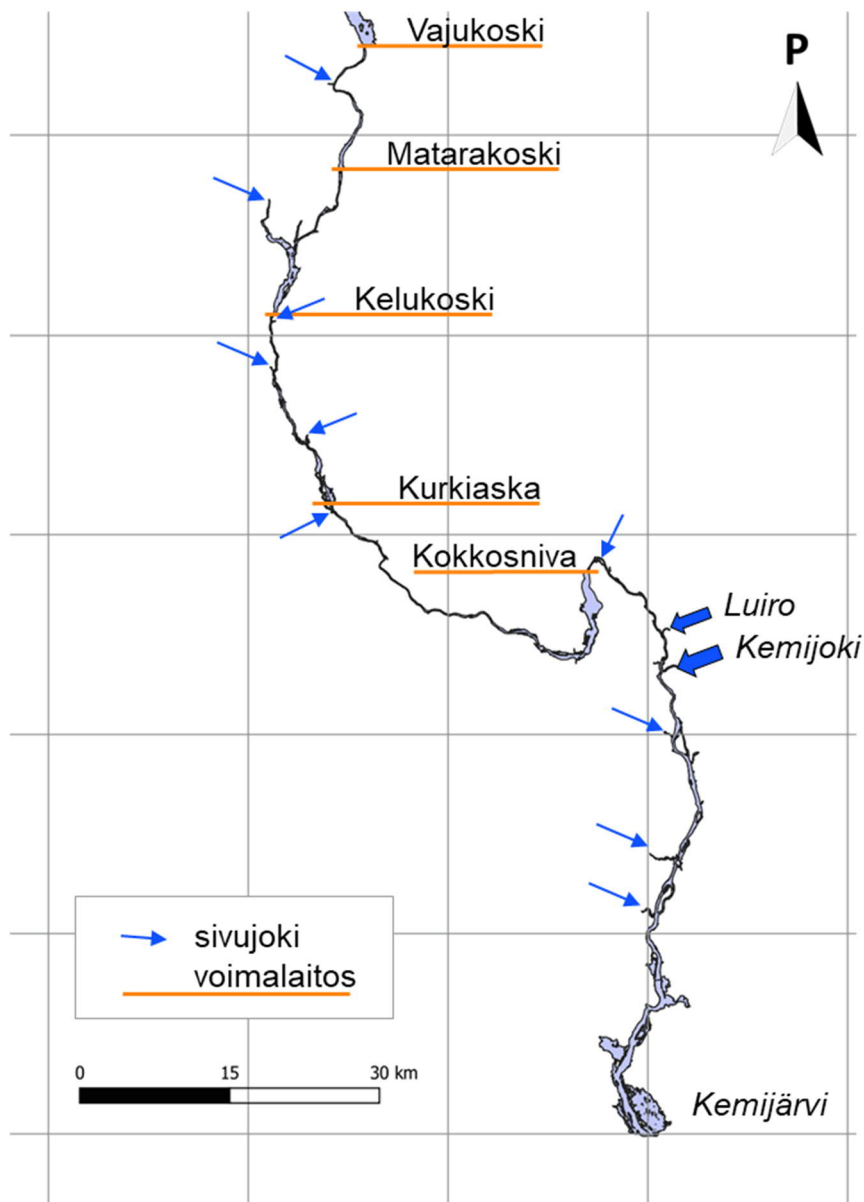
1.1 Mallinnuksen tavoite

Tarkastelun kohteena olivat sulfaatti-, nikkeli- kokonaisfosfori ja kokonaistyyppipitoisuudet. Mallinnettujen nikkelitulosten perusteella arvioitiin laskennallisesti myös muita metallipitoisuuksia (Antimoni, Arseeni, Elohopea, Kadmium, Kromi, Kupari, Lyijy). Tulosten perusteella tarkasteltiin alustavasti 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 määritysrajojen. Tällöin pitoisuuksien laimenemista Kemijärvessä ei ole tarpeen erikseen mallintaa.

Karttakuva mallinnusalueesta, eli Kitisen Vajukosken voimalaitoksen ja Kemijärven välisestä osuudesta, 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.



Kuva 1. Kitisen (ja alajuoksulla Kemijoen) uoma välillä Vajukoski – Kemijärvi

1.3 Laskennassa käytetyt purkupisteet

Sakatin kaivoksen puhdistetut jätevedet on suunniteltu purettavaksi 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 Kokkosniva. Joen varrella Kelukosken alapuolella sijaitsevat Sodankylän ja Pelkosenniemen kuntakeskukset sekä useita em. asutuskeskuksia pienempiä kyliä.



Kuva 2. Sakatin purkuputken purkupaikat, vaihtoehto A (Porokota) ja B (Kelukoski), sekä tulostuksessa käytetyt aikasarjapisteet (KS, KE, A1). Karttapohja Maanmittauslaitoksen Karttapaikalta.

Sakatin puhdistetut jätevedet puretaan jokeen kaivosalueelta purkuputkea pitkin. Tässä raportissa on arvioitu kahden Kelukosken altaaseen suunnitellun purkupaikan vaikutuksia. Arvioidut purkupaikat on esitetty kartalla kuvassa 2. Purkupaikka voidaan sijoittaa joko joen rannalle tai pohjaan, mutta tässä on käytetty sijoitusta joen pohjalle. Putken kuormituksena on käytetty haettavan vesistöluparajan mukaisia kuormituksia, toisin sanoen toteutuvat kuormitusmäärät ovat todennäköisesti tässä käytettyjä kuormituksia pienempiä.

Ylempi purkupiste on sijoitettu paikkaan, jossa puhdistetun jäteveden sekoittuminen koko Kitisen vesimäärään on todennäköistä. Alempana joki jakautuu kahteen uomaan, jolloin sekoittuminen jokiveteen ei ole yhtä tehokasta. Toisaalta kuormituspaikka 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 sijoittuu välittömästi Kelukosken padon yläpuolella. Myös tässä pisteessä jätevesi sekoittuu koko joen vesimäärään. Vajukosken altaaseen purettava Kevitsan kuormitus sijoittuu myös välittömästi Vajukosken padon yläpuolelle, alempi purkupiste noudattaa tässä vastaavatyypistä 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.

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 mallit 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. 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 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.

Taulukko 1: Mallihilan tiedot hilatasoittain

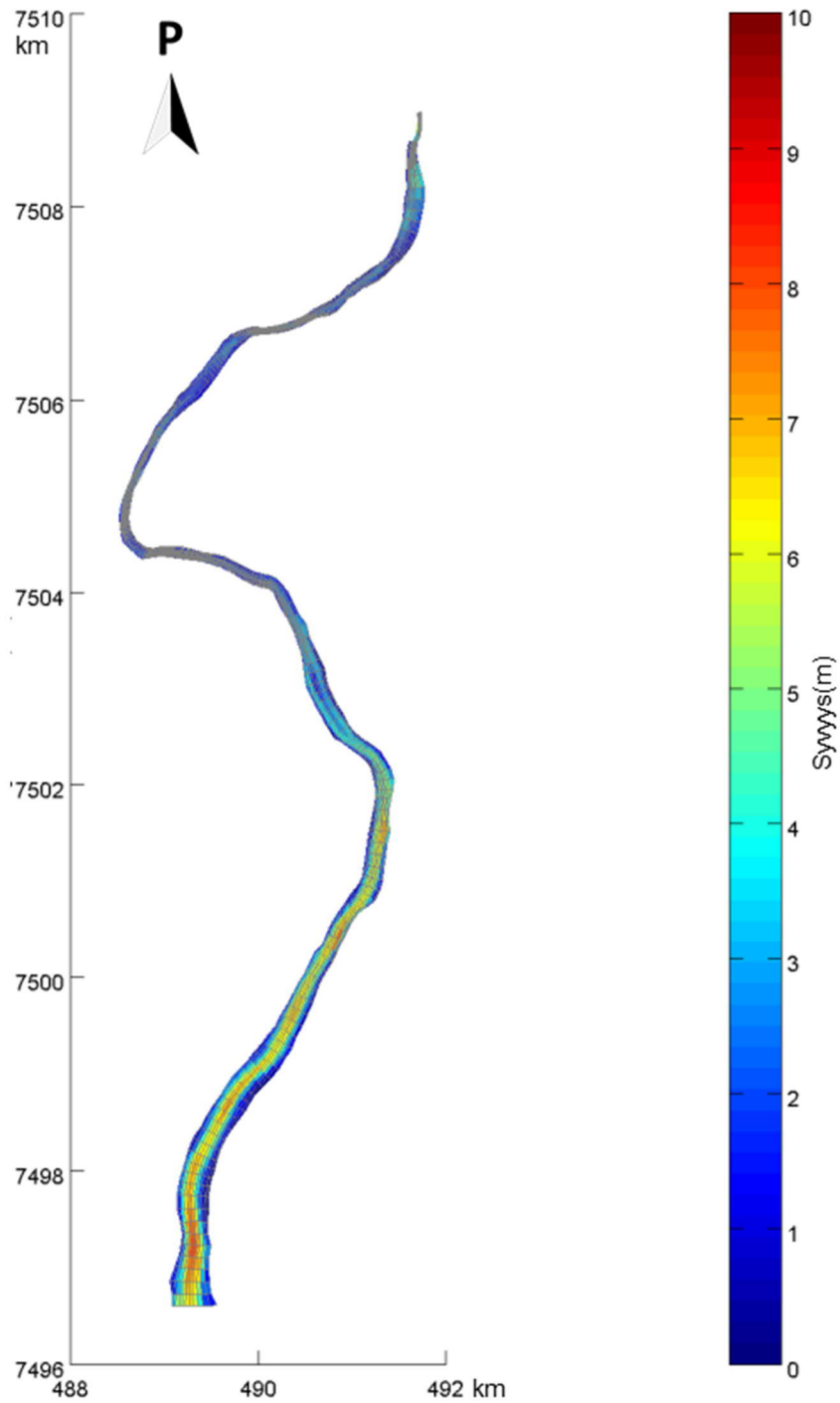
Hilan alue	x-dim	y-dim	Hila-koppeja	2/3D	x-koko (km)	y-koko (km)
Vajukoski-Matarakoski	10	148	1460	2	4	14
Matarakoski-Kelukoski	126	381	5497	2&3	8	13
Kelukoski- Kurkiaska	21	275	2670	3	5	19
Kurkiaska-Kokkosniva	5	342	1674	2	19	15
Kokkosniva-Kemijärvi	10	612	3450	2	9	40

2.3 Syvyystiedot

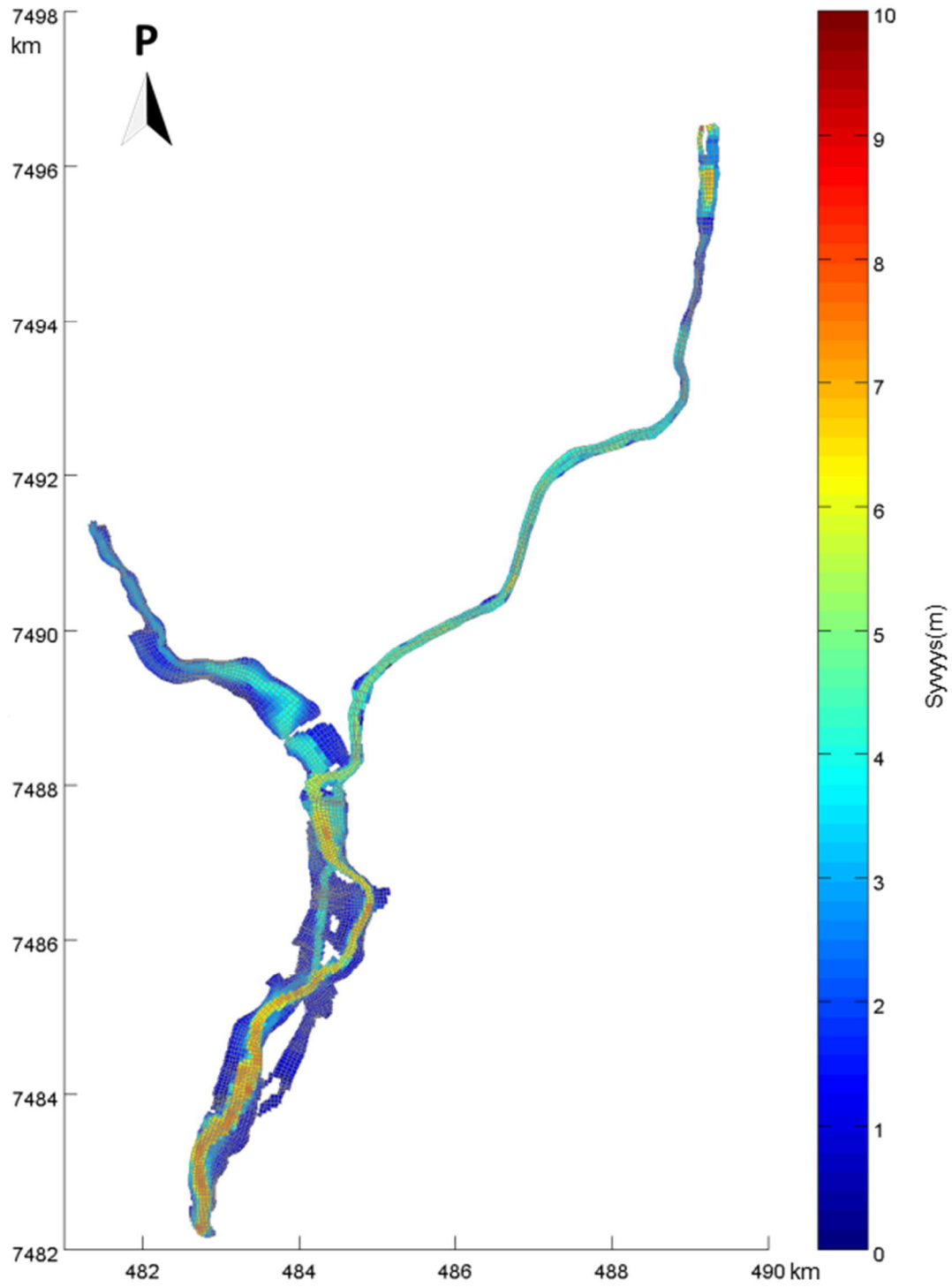
Kitisen syvyystietoina käytettiin Kemijoki Oy:ltä saatuja poikkileikkaustietoja, sekä lisäksi Kelukosken altaalle maastotietokannan korkeuskäyriä. Kemijoki Oy:n syvyystiedot olivat mitattuja poikkileikkausprofiileja, joita oli jokivarresta vaihtelevin välein. Poikkileikkaustiedot oli alun perin kerätty 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.

2.4 Hilakuvat

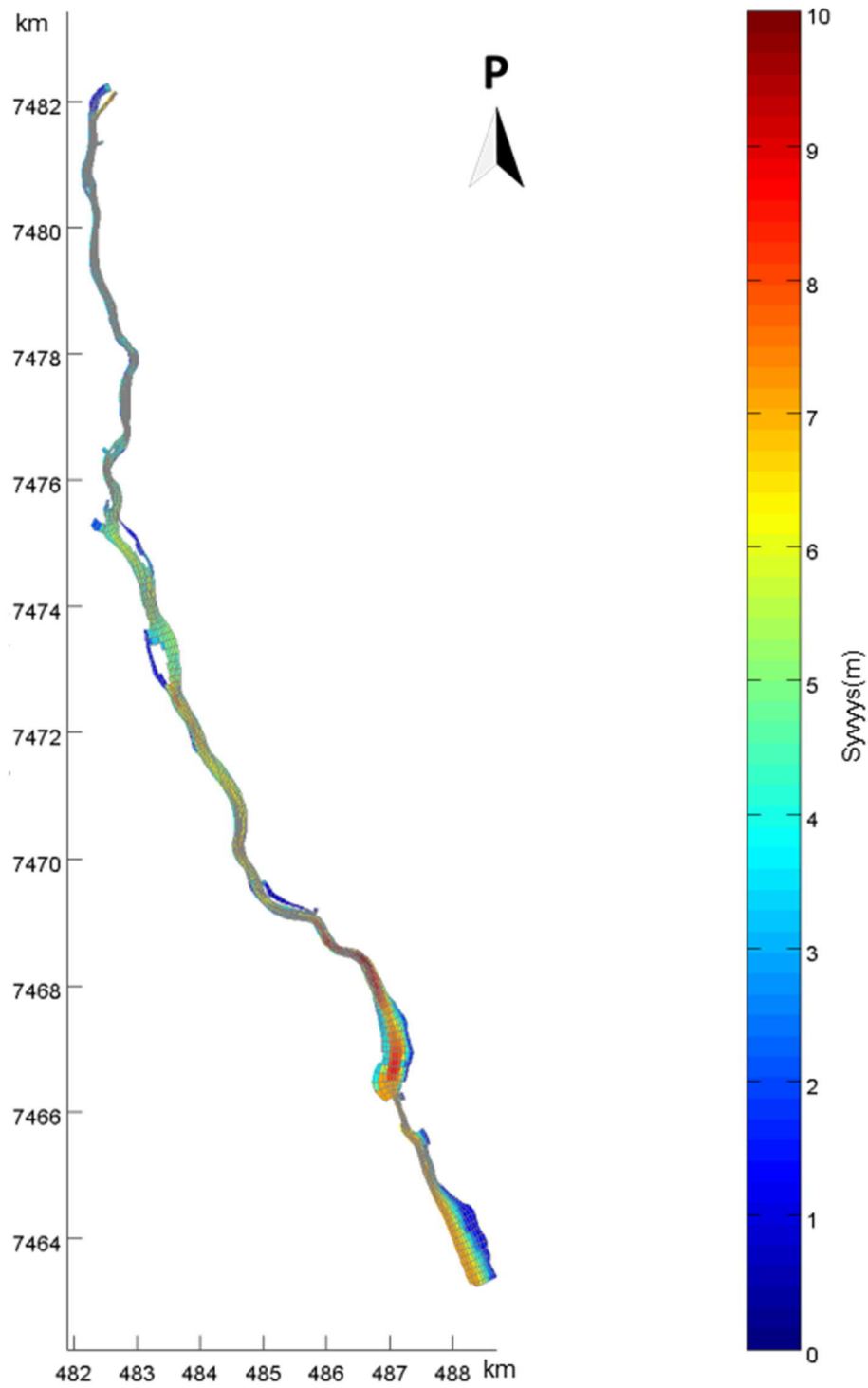
Mallihilat on esitetty kuvissa Kuva 3 – Kuva 7.



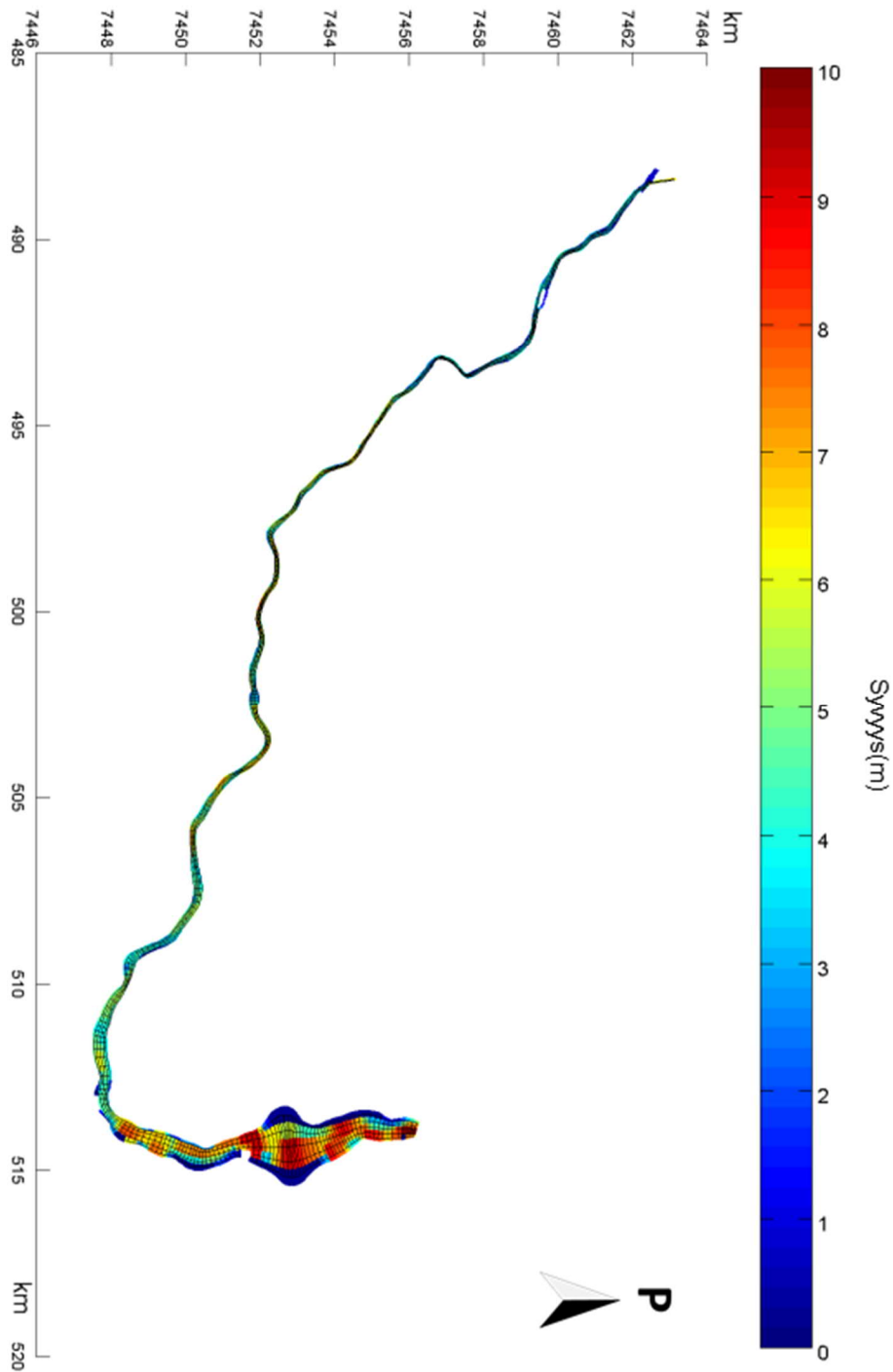
Kuva 3. Mallihila Vajukoski - Matarakoski



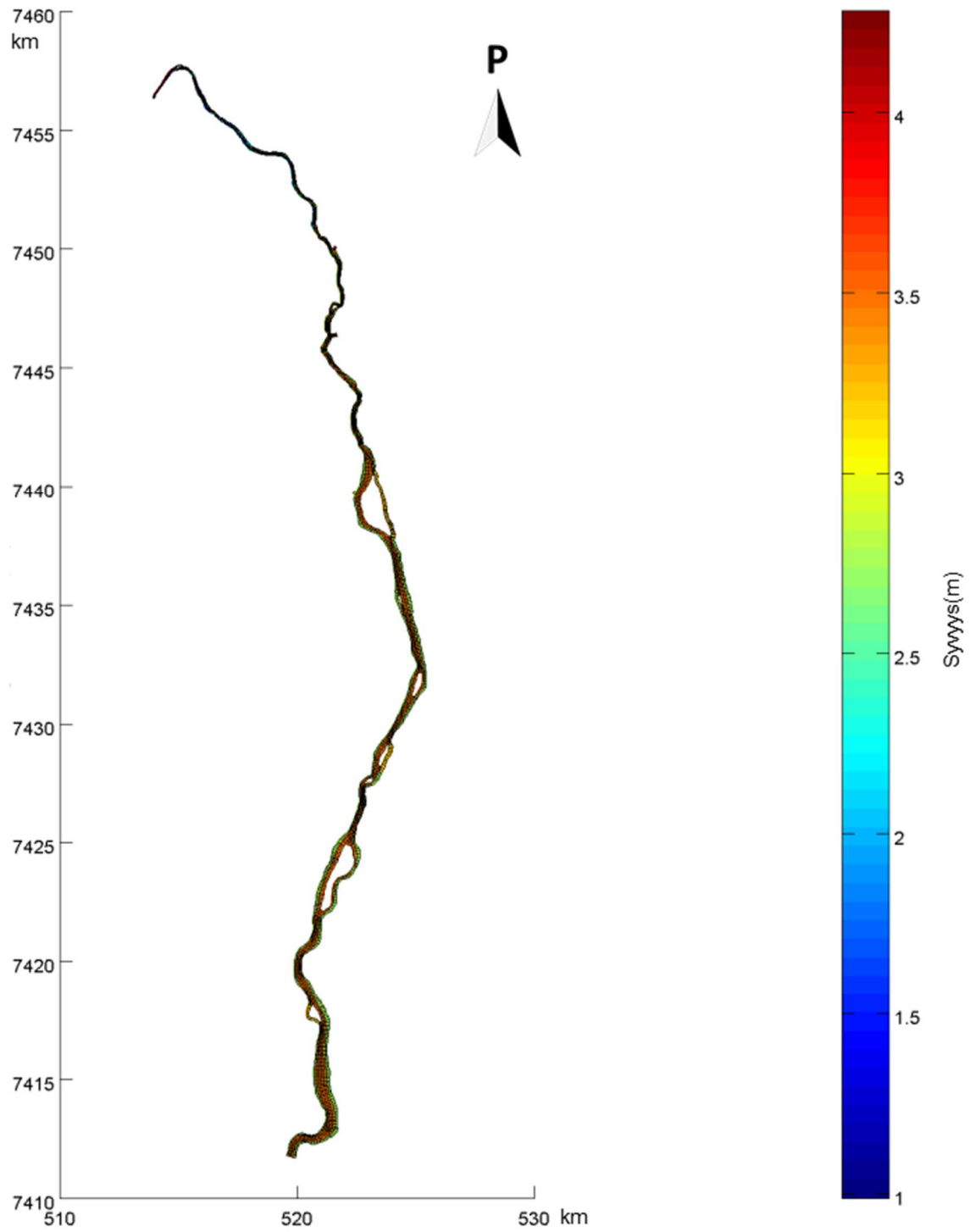
Kuva 4. Mallihila Matarakoski – Kelukoski



Kuva 5. Mallihila Kelukoski-Kurkiaska



Kuva 6. Mallihila Kurkiaska-Kokkosniva (käännetty 90 astetta myötäpäivää, pohjoinen oikealla).



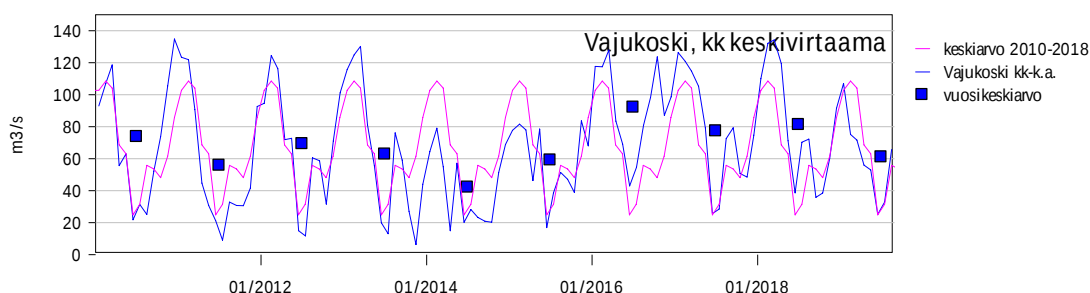
Kuva 7. Mallihila Kokkosniva-Kemijärvi.

2.5 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 2010-2017 Kelukosken virtaaman perusteella. Laskentajaksoja valittiin neljä, pidemmät keskimääräistä ja kuivaa virtaamatilannetta edustavat jaksot, sekä kuukauden mittaiset keskimääräistä ja kuivaa virtaamatilannetta edustavat jaksot.

Kuivaa vuotta/jaksoa edustavaksi aikaväliksi valittiin jakso 1.6.2013 - 31.5.2014 (12 kk keskiarvot 55 m³/s). Jakso 10/2013-09/2019 olisi ollut hieman vähävirtaamaisempi (12 kk keskiarvot 50 m³/s), mutta 06/2013 alkavalle jaksolle sijoittuu sekä toiseksi pienivirtaamaisin kesäkuukausi että pienivirtaamaisin talvikuukausi.

Normaalia vuotta/virtaamajaksoa edustavaksi aikaväliksi valittiin jakso 1.6.2017-15.1.2018 (7,5 kk virtaaman keskiarvo 73 m³/s).



Kuva 8. Virtaaman kk-keskiarvot Vajukoskella verrattuna 2010-2018 keskimääräisiin kk-arvoihin.

Matarakosken ja Kelukosken välisen altaan tilavuus on keskimääräisellä vedenkorkeudella noin $17,6 \times 10^6$ m³ (mallihilasta). Em. tilavuudella ja Kelukosken keskivirtaamalla (jakso 2010-2018, 83 m³/s) altaan viipymä on 2,5 d. Pienimmällä havaitulla kuukausivirtaamalla (11/2013, 13,5 m³/s, jaksolta 2010-2018) viipymä on 15 d. Teoreettiset virtausnopeudet näillä vaihtuvuuksilla ovat 1,3 cm/s – 8 cm/s. Kelukosken alapuolisella jokijaksolla Kelukoski – Kurkiaska viipymä on pienempi, kuin Kelukoskella johtuen siitä, että jakson vesitilavuus on Matarakoski-Kelukoski allasta pienempi ja keskivirtaama virtaama suurempi.

Kitisen altaiden viipymä Kurkiaskan voimalaitokselle asti on siis varsin pieni, joten yksittäisen altaan arviointiin Vajukosken ja Kurkiaskan välillä laskentajaksoksi riittää kuukauden jakso, sillä altaiden vesi ehtii tässä ajassa vaihtua kokonaan.

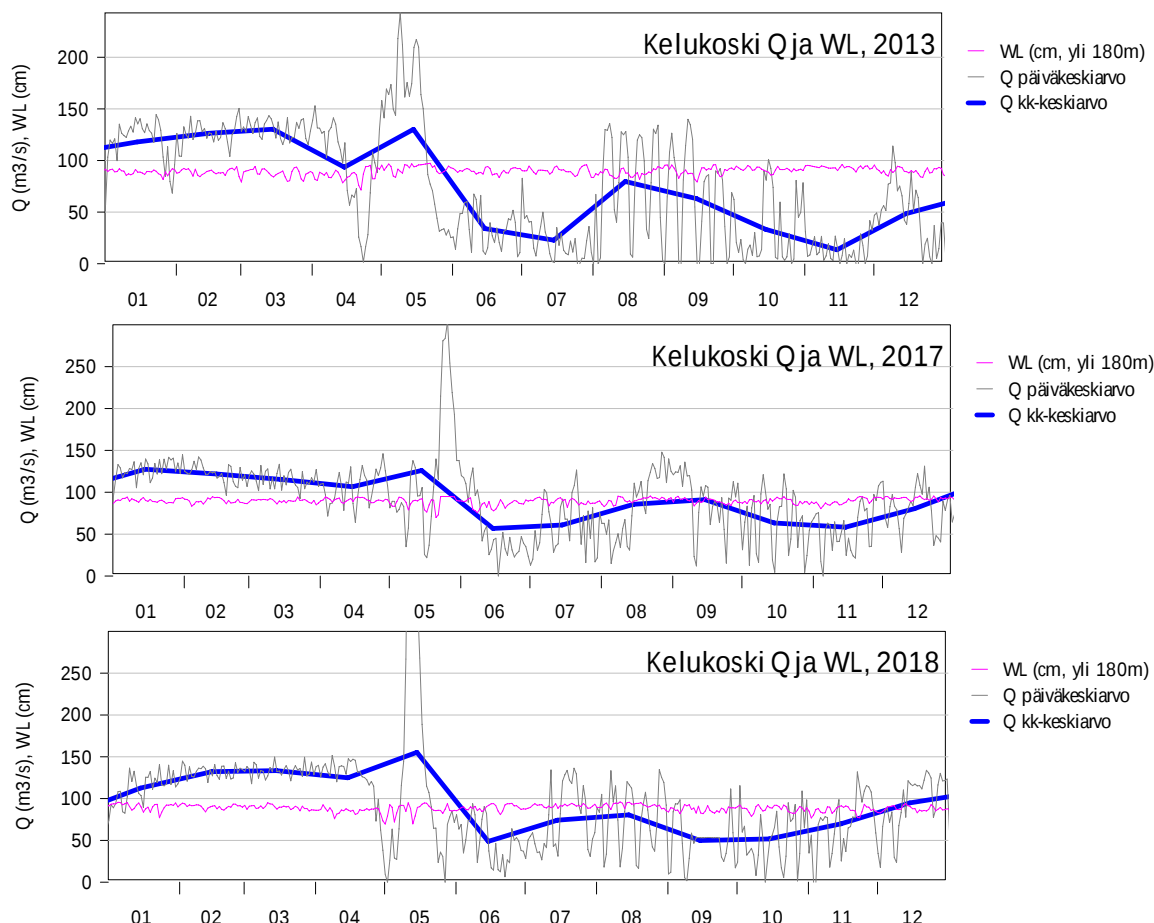
Koko jakson 2010-2018 joka vuoden alimpien kuukausivirtaamien keskiarvo oli 38 m³/s. Kesäkuukausien 06-09 keskimääräinen kuukausivirtaama oli 57 m³/s, ja keskialivirtaama (kesäkuukausien kuukausikeskiarvoista) 40,2 m³/s. Pienin virtaama kesäkuukausista oli 07/2011 (21,1 m³/s) ja toiseksi pienin 22,8 m³/s oli 07/2013.

Kuivaksi kesäkuukaudeksi valittiin aikaväli 1.7.2013 – 1.8.2013. Myös jaksoa edeltävä kesäkuu oli vähävirtaamainen. Normaalia kesätilannetta edustamaan valittiin jakso 15.7.2017 – 15.8.2017. Jakson keskivirtaama oli 58,4 m³/s (Taulukko 2).

Talvikuukausien (10 – 04) virtaama oli keskimäärin 90 m³/s. Tyypillistä talvikuukautta edustamaan valittiin jakso 15.12.2017 – 15.1.2018, jakson keskivirtaama oli 93,3 m³/s. Jakso 1.11 – 30.11.2013 oli puolestaan koko tarkastelujakson pienivirtaamaisin kuukausi, joten se valittiin edustamaan vähävetistä talvikuukautta.

Taulukko 2: Kuivan ja normaalin kuukauden laskentajaksot

Vuodenaika	skenaario	Alku	Loppu	Virtaama (m ³ /s)
Kesä	normaali	15.7.2017	15.8.2017	58,4
	kuiva	1.7.2013	1.8.2013	21,1
Talvi	normaali	15.12.2017	15.01.2018	93,3
	kuiva	1.11.2013	30.11.2013	13,5

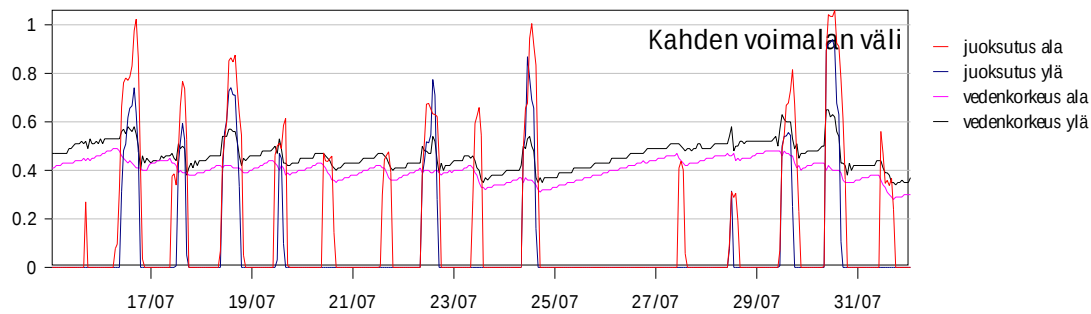


Kuva 9. Kelukosken virtaamat vuodet 2013, 2017 ja 2018.

2.6 Voimaloiden käyttö

Kahden perättäisen voimalaitoksen käyttöä on esitetty kuvassa Kuva 10. 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, vaikka juoksutus on nolla. Tämä johtuu siitä, että sivujokien / lähivaluma-alueiden virtaamat täyttävät allasta silloin kuin voimalaitokset ovat kiinni ja juoksutus on nolla.



Kuva 10. Kahden voimalaitoksen välinen allas, juoksutus ja vedenkorkeus

Taulukko 3: Jokijaksojen sivujoet ja patoaltaiden tiedot

Sivujoet

Valuma-alue	Jokijakso	Alueen koodi	Pinta-ala (km ²)
Mataraojan	Vaju-Matara	65.829	54,7
Ala-postojoen	Vaju-Matara	65.87	380,8
Lähivaluma-alue	Vaju-Matara	65.821 (42%),	71,0
Sattanen	Matara-Kelu	65.86	883,09
Lähivaluma-alue	Matara-Kelu	65.821 (58%) + 65.823	142,71
Kelujoki	Kelu-Kurki	65.89	505,26
Jeesiöjoki	Kelu-Kurki	65.85	1148,74
Orajärvi	Kelu-Kurki	65.817	116,09
Lähivaluma-alue	Kelu-Kurki	65.814	161,80
Käyräsjoiki	Kurki-Kokkos	65.816	112,3
Lähivaluma-alue	Kurki-Kokkos	65.813	293,7
Luiro	Kokkos-Kemijärvi	65.9	4299
Kemijoki	Kokkos-Kemijärvi	65.813	293,7
Pyhajoki	Kokkos-Kemijärvi	65.36	285,9
Javarusjoki	Kokkos-Kemijärvi	65.35	487,7
Kalkiaisjoki	Kokkos-Kemijärvi	65.35	242,0
Lähialueet	Kokkos-Kemijärvi	65.331,332,333,334, 811,812,819	530,9

Altaat

Allas	Vesiala, km ²
Vaju-Matara	3,116
Matara-Kelu	7,914
Kelu-Kurki	4,763
Kurki-Kokkos	15,470

2.7 Virtaamatietojen käyttö mallissa

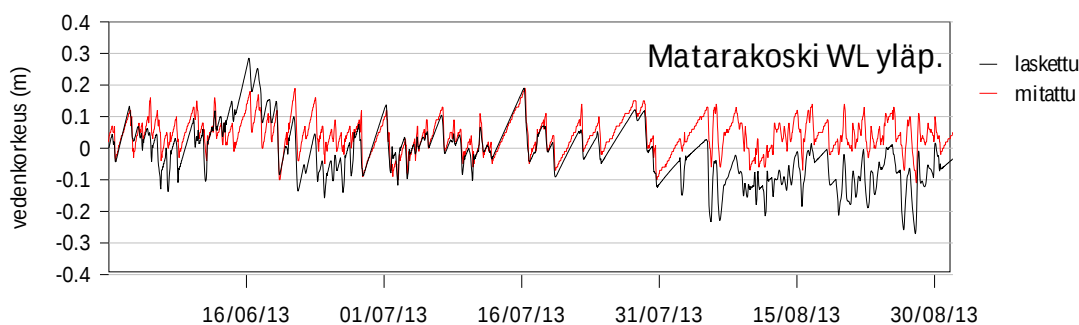
Virtaaman reunaehtona käytettiin Vajukosken, Matarakosken, Kelukosken ja Kurkiaskan voimalaitoksilta tunnin tarkkuudella mitattuja voimalaitosten juoksutuksia, jotka saatiin Kemijoki Oy:ltä. Kokkosnivalle käytettiin päivän tarkkuuden virtaamia, jotka haettiin Hertta-tietokannasta (SYKE 2019a). Virtauslaskennan 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 SYKE:n Hertta-järjestelmästä.

Eri jokijaksoille tulevat suurimmat sivujoet ja niiden valuma-alueiden pinta-alat on esitetty taulukossa 3.

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 11 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 11. Mitattu ja laskettu vedenkorkeus, Matarakosken yläpuolinen piste

2.8 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 päästöskenaariot RCP 4.5 ennusteita.

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.

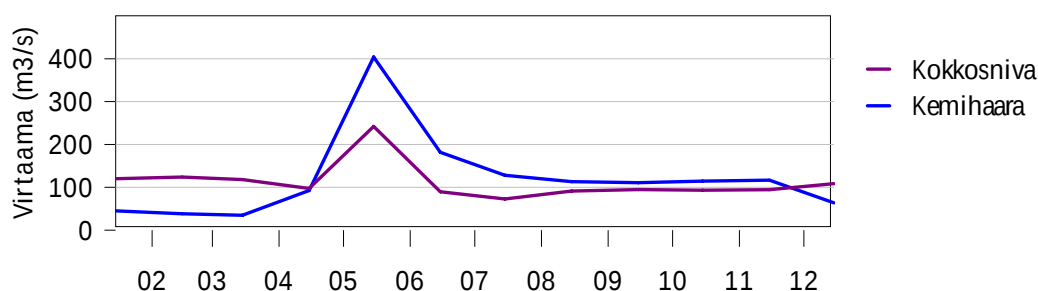
Yleisellä tasolla ilmastonmuutos vaikuttaa Kitisellä pistekuormitusten aiheuttamiin pitoisuuksiin siten, että kuormitusten aiheuttamat pitoisuudet keskimäärin pienentyvät, kun virtaamien kasvaessa kuormitus laimentuu nykytilannetta suurempaan vesimäärään. Poikkeuksen muodostavan kuivat jaksot, joiden 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. 2019).

2.9 Kitisen virtaamat

Kitinen on säännöstelty ja joen virtaama yläjuoksulla määräytyy Porttipahdan tekojärven luusuassa olevan Porttipahdan voimalaitoksen käytön perusteella. Tarkasteltavalle jokiosuudelle sijoittuu viisi voimalaitosta, kun Vajukosken voimalaitos lasketaan mukaan. Yhteensä Porttipahdan tekojärven ja Kemijärven välillä on seitsemän voimalaitosta. Kitisen sivujokia ei säännöstellä, joten niiden virtaamat vaikuttavat Kitisen virtaamiin sitä enemmän, mitä pidemmälle alajuoksulle edetään. Toukokuussa ja alkukesästä Porttipahdan voimalaitos on käytännössä kiinni, jolloin lähes kaikki Kitisen vedet tulevat sivujoista.

Tarkasteltavan jokijakson yläreunalla Vajukoskella virtaaman keskiarvo on $68 \text{ m}^3/\text{s}$, ja alimman voimalaitoksen kohdalla Kokkosnivassa virtaaman keskiarvo oli $113 \text{ m}^3/\text{s}$. Vajukosken alapuolisten sivujokien osuus virtaamasta Kokkosnivassa on siis keskimäärin $45 \text{ m}^3/\text{s}$ eli 40 % (virtaamatiedot jaksolta 1.1.2010 - 31.12.2018).

Kokkosnivan jälkeen Kitiseen laskee Luirojoki ja sen jälkeen Kitinen laskee Kemijokeen. Luiron virtaama on keskimäärin $29 \text{ m}^3/\text{s}$ ja Kemijoen virtaama jokien yhtymäkohdassa keskimäärin $125 \text{ m}^3/\text{s}$. Kitisen osuus Kemijärveen menevistä vesistä on siten Pelkosenniemen kohdalla noin 42 %. Kelukosken virtaama on keskimäärin $84 \text{ m}^3/\text{s}$, joten Kelukosken padon yläpuolisen veden osuus on Kemijärveen menevästä vedestä noin 31 %. Kitisen virtaama (Kokkosnivassa) jakautuu varsin tasaisesti vuoden eri kuukausille, joskin toukokuussa on selvä tulvahuippu. Kemijoen virtaama vaihtelee enemmän, ja on pienimmillään lopputalvesta. Kitisen ja Ylä-Kemijoen keskimääräiset kuukausivirtaamat on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Kitisen (Kokkosniva) ja Kemijoen (mittauspiste Kemihaara) keskimääräiset kuukausivirtaamat, jakso 2010-2018

3 Vedenlaatulaskenta

3.1 Laskentamalli

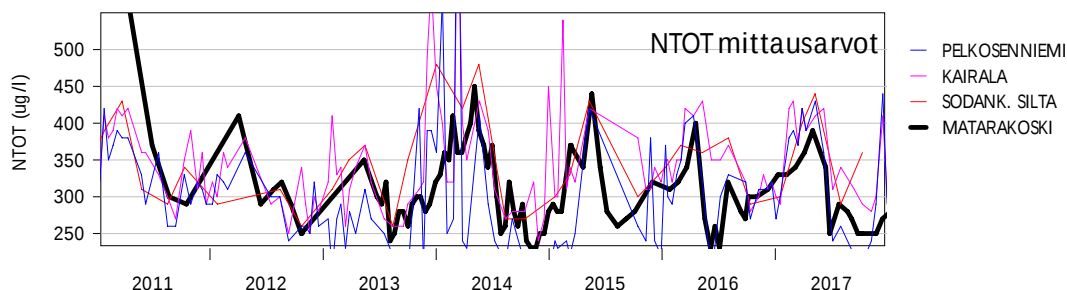
Vedenlaatulaskenta tehtiin virtausmallia käyttämällä. Sulfaattipitoisuus arvioitiin siten, että mallin laskemasta suolapitoisuudesta 50 % oli sulfaattia. Nikkelin laskentaa varten malliin lisättiin neutraalisti käyttäytyvä ns. tracer-muuttuja, jolla kuvattiin nikkeliä. Kokonaistypen ja muiden laskettujen metallien pitoisuusnousu laskettiin nikkelpitoisuuden perusteella.

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 loppupalven pitoisuuksiin verrattuna. Matarakosken alapuolella sivujokien sulfaattipitoisuuksista ei juuri löydy mittauksia (Hertta-tietojärjestelmä, 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 perusteella taustapitoisuus vaihtelee noin 0,2 – 0,5 µg/l välillä. Sivujokien taustapitoisuutena käytettiin tässä vakioarvoa 0,3 µg/l.



Kuva 13. Kokonaistyyppi (NTOT) mittaukset pisteissä Matarakoski, Sodankylän silta, Kairala ja Pelkosenniemi, 2011-2017.

Kokonaistyyppipitoisuutta (NTOT) on Kitisessä/Kemijoessa mitattu tiheästi Matarakoskelta, Sodankylän kohdalta (Sodankylän silta), Kokkosnivan alapuolelta ennen Luiroa (Kairala) ja Pelkosenniemen kohdalta. Matarakoskella NTOT pitoisuuden kuukausikeskiarvot vaihtelevat 300 – 400 µg/l välillä siten, että korkeimmat pitoisuudet saavutetaan huhtikuussa ja matalimmat pitoisuudet syksyllä syys-, loka- ja marraskuussa. Jaksolla 2011-2018 Kitisen mittauspisteissä keskimääräinen pitoisuus on alin Matarakoskella (310 µg/l), ja korkein Kairalassa (344 µg/l) Kokkosnivan alapuolella. Sodankylän pisteessä keskipitoisuus (341 µg/l) on suunnilleen Kairalan tasolla. Pelkosenniemellä NTOT keskipitoisuus on hieman Kitisen mittauspisteiden tasoa alempi (300 µg/l), johtuen siitä, että Ylä-Kemijoesta tulevan veden tyyppipitoisuus on jokin verran Kitisen veden pitoisuutta pienempi. Jaksolla 2011-2017 kokonaistypen vuosikeskiarvoissa ei ole selkää nousua tai laskua.

Antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin ja lyijyn mitatut pitoisuudet Kitisessä (Sakatin vedenlaatusuoritus, jakso 07/2015-01/2017, Matarakoski, 6 mittausta) on esitetty taulukossa 4. Pitoisuudet ovat liukoisen osuuden pitoisuuksia, eli ne on mitattu suodatetusta näytteestä. Antimonin, elohopean ja kadmiumin pitoisuudet ovat olleet Kitisessä alle määrittämisrajan. Lisäksi taulukosta löytyy useammasta lähteestä poimittuja koko Suomen

alueen taustapitoisuuksia em. aineille. Arvot on poimittu GTK:n purovesien alkuainepitoisuuksia selvittäneestä raportista (Tenhola & Tarvainen, 2008) (As, Cr, Cu, Pb), SYKE:n raportista (Verta et al. 2010) (Cd, Hg), ja Suomen Geokemian Atlaksesta (Sb) (Lahermo et al. 1996).

Taulukko 4: 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, joka ei vuonna 2019 ollut toiminnassa. Kevitsan kaivokselta sulfaatti/suolaisuus ja nikkelikuormituksia jokeen tulee sekä purkuputken kautta Vajukosken altaaseen, että jonkin verran myös Mataraojan kautta. Mittauspisteessä Ala-postojoki 110 näkyy ajoittain johtavuuden ja nikkelipitoisuuden nousua, mikä voi aiheutua Pahtavaaran alueelta peräisin olevasta kuormituksesta. Mikäli Pahtavaaran alueelta tulee kuormitusta, sitä voi valua myös Pitkähoskenojan kautta Sattaseen ja siitä edelleen Kitiseen. Pitkähoskenojan virtaama on pieni, joten tätä reittiä tulevan kuormituksen määrä jää todennäköisesti vähäiseksi.

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

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

3.4 Laskennassa käytetty Sakatin kaivoksen kuormitus

Raportissa on arvioitu mallinnuksen avulla Sakatin kuormituksen aiheuttamaa sulfaatin, nikkelin ja kokonaistypen pitoisuuksien nousua Kitisessä. Lisäksi on arvioitu muutamia muita pitoisuuksia (tarkemmin alla) laskennallisesti mallinnettujen nikkelipitoisuuksien avulla. Tässä käytetty Sakatin kaivoksen kuormitus em. muuttujien osalta on esitetty taulukossa 5. Kuormitustapauksia on kaksi, VM1 ja VM2. Kuormitusmäärät ovat yläarvioita eivätkä siten täysin vastaa mahdollisia tulevia kuormituksia.

VM1 kuormitukset on arvioitu haettavan lupamääräyksen ylärajan mukaan, ja ne perustuvat Sakatin PFS-A raportissa (SKR consulting, 2019) esitettyihin laskentoihin. VM2 kuormitukset on laskettu suuremmille purkuvesivesimäärille käyttäen kuitenkin samoja pitoisuuksia kuin kuormitusvaihtoehdossa VM1. VM2 vaihtoehdolla on pyritty arvioimaan tilannetta, missä kaivos toteutettaisiin tavalla, jossa veden suotautumista kaivoksen maanalaisiin osiin ei pyritä voimakkaasti rajoittamaan, jolloin Kitiseen purettavat vesimäärät kasvavat selvästi verrattuna VM1 kuormitusvaihtoehtoon.

Purkuvesien määrä on molemmissa vaihtoehdoissa tulva-aikana noin kaksin- kolminkertainen muuhun aikaan verrattuna. Vaihtoehdossa VM2 myös kuukausien 7-10 purkuvesimäärä on talvitilannetta suurempi. Tarkemmat purkuvesi- ja kuormitusmäärät molemmille vaihtoehdoille on esitetty taulukossa 5.

Purkuvesien ainepitoisuudet ovat molemmissa vaihtoehtoissa samat. Sulfaattipitoisuutena käytetään vakiopitoisuutta 2000 mg/l, nikkelpitoisuutena 0,3 mg/l ja kokonaistyyppipitoisuutena 14 mg/l ja kokonaisfosforipitoisuutena 0,5 mg/l. Kokonaissuolapitoisuus on mallinnuksessa kaksi kertaa sulfaattipitoisuus.

Kupari ja kromi on mallinnettu pitoisuusrajalla 0,1 mg/l ja kadmium pitoisuusrajalla 0,01 mg/l. Elohopealle on käytetty pitoisuusarvoa 0,005 mg/l. Antimonin kuormitus on arvioitu Sakatin purkuvesissä pieneksi eikä sitä ole PFSA-raportissa esitetty. Antimonipitoisuudelle on tässä käytetty arvoa 0,01 mg/l. Myös arseenin kuormitus on arvioitu pieneksi, tässä sen pitoisuus on asetettu tasolle 0,01 mg/l (PFSA-raportissa arvioitu purkuvesien enimmäispitoisuus arseenille oli alle 1 µg/l). Lyijyn arvioitu enimmäispitoisuus on PFSA-raportin mukaan 0,14 µg/l, tässä lyijypitoisuudelle on käytetty arvoa 0.001 mg/l.

Taulukko 5: Kuormitukset, VM1 ja VM2. Numerot vaihtoehtojen alla kuvaavat vuoden kuukausia.

Muuttuja	VM1 4 - 6	VM1 1-3, 7-12	VM2 1-3, 11-12	VM2 5	VM2 4,6	VM2 7-10	Lähde
Virtaama (m³/s)	0.069	0.023	0.041	0.081	0.069	0.058	
Virtaama (m³/d)	6000	2000	3500	7000	6000	5000	
Suolaisuus (mg/l)	4000	4000	4000	4000	4000	4000	2xSO ₄
Suolaisuus (kg/d)	24000	8000	14000	28000	24000	20000	
Sulfaatti, pitoisuus (mg/l)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	PFS-A
Sulfaatti, kuormitus (kg/d)	12000	4000	7000	14000	12000	10000	
Nikkeli, pitoisuus (mg/l)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	PFS-A
Nikkeli, kuormitus (kg/d)	1.8	0.6	1.05	2.1	1.8	1.5	
NTOT, pitoisuus (mg/l)	14	14	14	14	14	14	PFS-A
NTOT, kuormitus (kg/d)	84	28	49	98	84	70	
PTOT, pitoisuus (mg/l)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	-
PTOT, kuormitus (kg/d)	3	1	1.75	3.5	3	2.5	
Antimoni, pitoisuus (mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
Antimoni, kuormitus (kg/d)	0.06	0.02	0.035	0.07	0.06	0.05	
Arseeni, pitoisuus (mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	PFS-A
Arseeni, kuormitus (kg/d)	0.06	0.02	0.035	0.07	0.06	0.05	
Elohopea, pitoisuus (mg/l)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	PFS-A
Elohopea, kuormitus (kg/d)	0.03	0.01	0.0175	0.035	0.03	0.025	
Kadmium, pitoisuus (mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	PFS-A
Kadmium, kuormitus (kg/d)	0.06	0.02	0.035	0.07	0.06	0.05	
Kromi, pitoisuus (mg/l)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	PFS-A
Kromi, kuormitus (kg/d)	0.6	0.2	0.35	0.7	0.6	0.5	
Kupari, pitoisuus (mg/l)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	PFS-A
Kupari, kuormitus (kg/d)	0.6	0.2	0.35	0.7	0.6	0.5	
Lyijy, pitoisuus (mg/l)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	PFS-A
Lyijy, kuormitus (kg/d)	0.006	0.002	0.0035	0.007	0.006	0.005	

3.5 Vedenlaatumuuttujien laskentamenetelmä

Sulfaatti

Kaivokselta tuleva purkuvesi sisältää erilaisia suoloja, joista sulfaattia on suhteellisesti eniten. Tässä on oletettu kokonaissuolaisuudesta 50 % olevan sulfaattia. Suolapitoisuus vaikuttaa laskennassa veden tiheyteen siten, että suuremman suolapitoisuuden omaava vesi on tiheämpää kuin pienemmän suolapitoisuuden omaava vesi, ja kerrostuu siten helpommin kuin vähemmän suolapitoinen vesi. Sulfaatti mallinnettiin 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 järviveden 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 nikkelpitoisuus pintavesissä (mediaani) on 0,44 µg/l (Kohijoki, 2013), kaivovesissä nikkeliä on jonkin verran enemmän (0,5 – 1,0 µg/l). Nikkelin haitallisuus eliölle riippuu nikkelin biosaatavasta osuudesta, joka on yleensä alle 50 % mitatusta nikkelpitoisuudesta.

Mallilaskennassa nikkeli on oletettu liukoiseksi, neutraalisti käyttäytyväksi ja reagoimattomaksi, tosin sanoen mallilaskennassa nikkeli ainoastaan sekoittuu ja kulkeutuu veden mukana. Laskennan tuloksena saadaan nikkelpitoisuudelle yläarvio.

Kokonaistyyppi

Kaivoksilta tuleva typpikuormitus on peräisin yleensä räjähdysainejäämistä, ja se on tyypillisesti liukoisena NO₂⁺³ muodossa.

Typpi oletettiin tässä hajoamattomaksi ja laskettiin suoraan nikkelin pitoisuuksista kertomalla nikkelpitoisuuksia kuormitusten suhteella. Tällä menetelmällä saadaan typelle pitoisuuslisäyksen yläarvio.

Antimoni, Arseeni, Elohopea, Kadmium, Kromi, Kupari, Lyijy

Otsikon mukaisten puolimetallien ja metallien pitoisuudet laskettiin nikkelin pitoisuusnousujen perusteella kertomalla nikkelin pitoisuutta kyseisen aineen ja nikkelin kuormitusmäärän suhteella.

Kokonaisfosfori

Fosfori oletettiin tässä hajoamattomaksi ja laskettiin suoraan nikkelin pitoisuuksista kertomalla nikkelpitoisuuksia kuormitusten suhteella. Tällä menetelmällä saadaan fosforille pitoisuuslisäyksen yläarvio.

3.6 Laskentaskenaariot

Tässä käytetyt laskentaskenaariot on nimetty taulukossa 6. 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 pistekuormitus. Sodankylän ja Pelkosenniemen puhdistamoita ei ole laskennassa mukana. Laskentaskenaariot jakautuvat vielä laskentajakson ja kuormituspisteen mukaisesti, laskentavuosia on kaksi, 06/2013-06/2014, eli kuiva jakso, sekä 06/2017 – 01/2018 eli normaalijakso. Kuormituspisteistä on kaksi, A ja B. Jaksojen valinta on esitetty luvussa 2.5 ja kuormituspisteiden paikat luvussa 1.3.

Taulukko 6: Laskentaskenaariot

Skenaario	Kuormituspiste	Laskentajakso	Kuormitukset
SA13A	A	2013-2014	Sakatti
SA13B	B	2013-2014	Sakatti
KK13A	A	2013-2014	Kaikki
KK13B	B	2013-2014	Kaikki
SA17A	A	2017-2018	Sakatti
SA17B	B	2017-2018	Sakatti
KK17A	A	2017-2018	Kaikki
KK17B	B	2017-2018	Kaikki

4 Tulokset VM1

Tulostuksia on esitetty seuraavasti:

- 1) Muuttujille lasketut pitoisuudet Kelukosken altaassa valituista tulostuspisteistä pinta- ja pohjakerroksesta (ks. Kuva 14).
- 2) Muuttujille lasketut pitoisuudet aikasarjana jaksoilta 06/2013-05/2014 ja 06/2017-01/2018 seuraavissa pisteissä: Matarakoski, Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva, ja Pelkosenniemi (ks. kuva 1).
- 3) Pitoisuuskartat 1.8.2013 kuivan kesäkuukauden lopussa, 1.12.2013 kuivan talvikuukauden lopussa, 1.5.2014 korkeimman lasketun pitoisuuden päivältä, 1.7.2017 normaalin kesäkuukauden lopussa ja 15.1.2018 normaalin talvikuukauden lopussa. Kartat on esitetty pintakerroksesta ja pohjakerroksesta erikseen.

Tulokset on ryhmitelty muuttujan mukaan, ts. ensin kaikki sulfaattiin liittyvät tulokset, sen jälkeen nikkelin tulokset ja lopuksi kokonaistypen tulokset. Kokonaistypen tuloksista on esitetty vain kuormitusnousun aikasarjat voimalaitosten kohdalla.



Kuva 14. Aikasarjojen tulostuspisteet (KS,KE ja A1) ja purkupaikat A ja B Kelukosken altaassa.

4.1 Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013

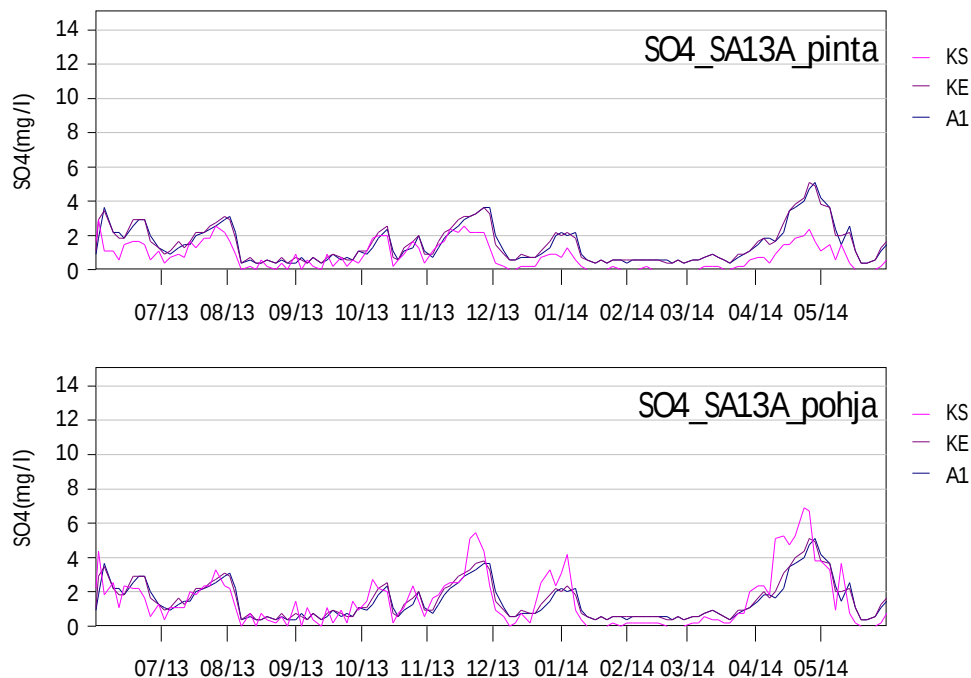
Sulfaatin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) on alla esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE ja A1 kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 15-18).

Sulfaattipitoisuuden nousu yltää esitetyissä pisteissä Kelukosken altaalla enimmillään noin 7 mg/l tasolle kaikilla skenaarioilla. Keskimääräisillä virtaamilla pitoisuusnousu jää kuitenkin 1 mg/l tasolle tai sen alle. Taustakuormitus huomioiden pitoisuus nousee enimmillään noin 10 mg/l tasolle.

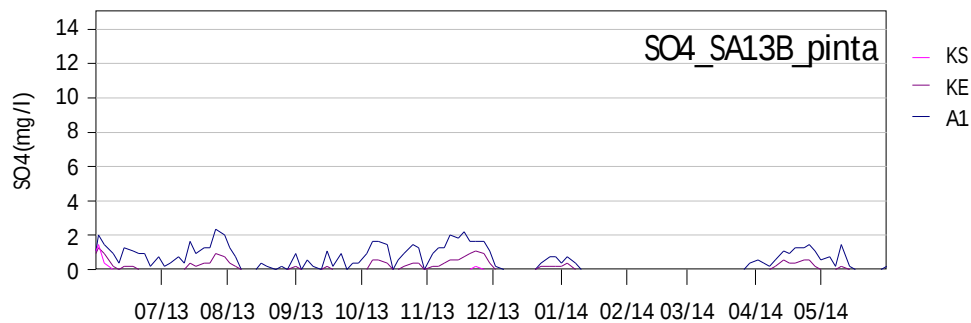
Kuormituksen ollessa pisteessä A jätevesi kulkeutuu pääosin virtauksen mukana etelään, jolloin pisteen KS (pohjoisessa) pitoisuus on tyypillisesti aina alle pisteen KE (etelässä) pitoisuuden. Pohjakerroksessa jätevesi voi kulkeutua kuitenkin ajoittain pohjoiseen, jolloin pitoisuus voi pisteessä KS nousta pisteestä KE korkeammaksi. Kelukosken padon tasolla jätevesi on sekoittunut tasaisesti koko vesikerrokseen.

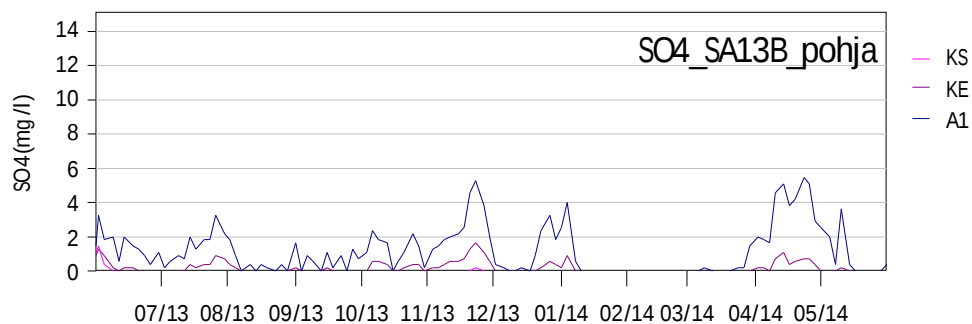
Kuormituksen ollessa pisteessä B jätevettä ei kulkeudu pisteen KS tasolle missään lasketuissa olosuhteissa. Pisteessä A1, noin 1 km Kelukosken padolta pohjoiseen, pitoisuustaso on enimmillään 5 mg/l tasolla.

Vuosi 2013 oli kuiva. Kun virtaus on normaalitasolla (esim. syyskuu 2013), jää sulfaattipitoisuuden nousu altaan pintakerroksessa 2 mg/l tasolle tai sen alle kaikissa esitetyissä pisteissä.

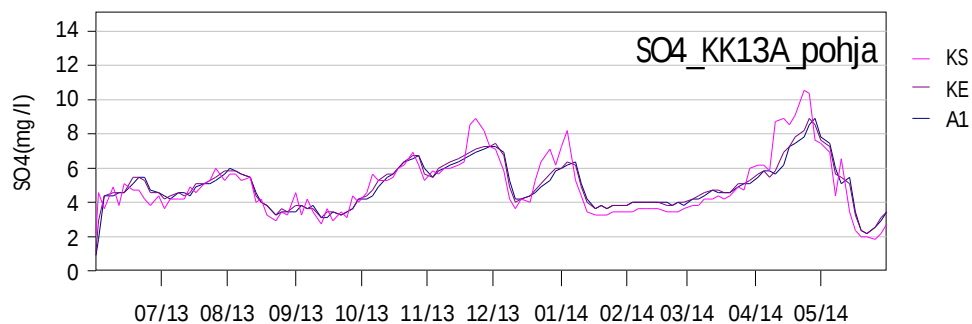
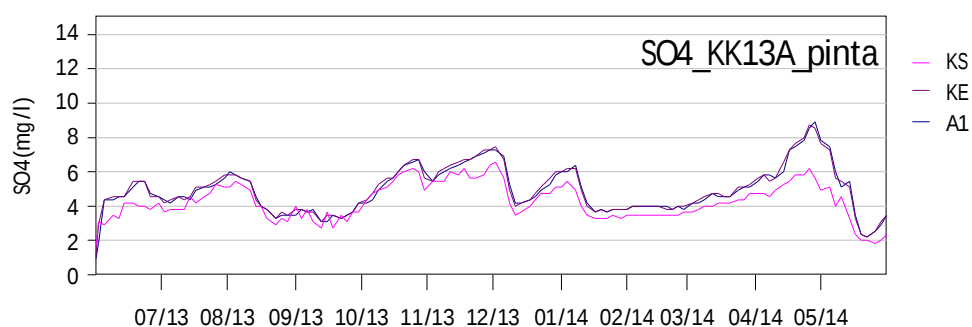


Kuva 15. Sulfaattipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13A pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).

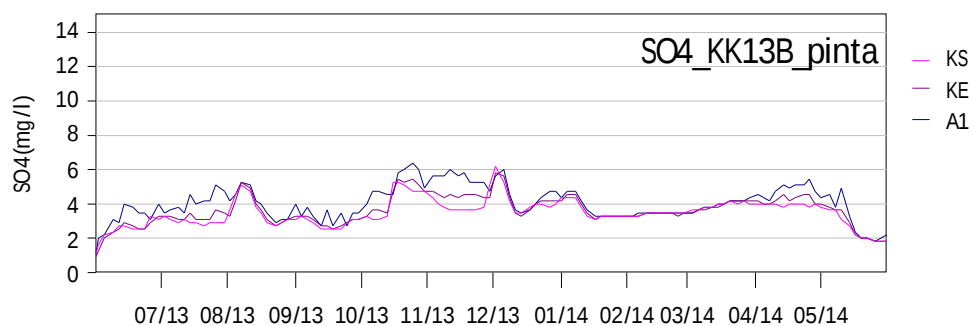


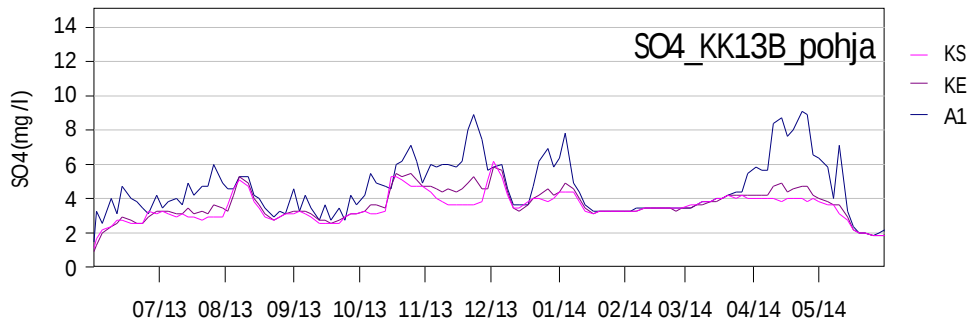


Kuva 16. Sulfaattipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13B pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



Kuva 17. Sulfaattipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13A pinta- ja pintakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



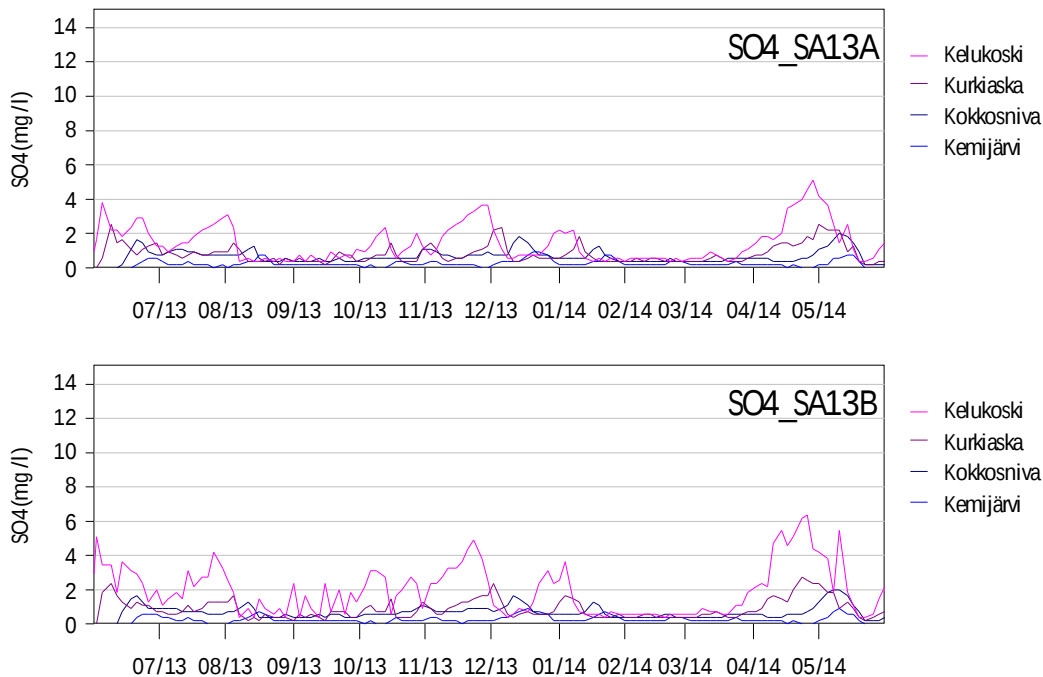


Kuva 18. Sulfaattipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13B pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).

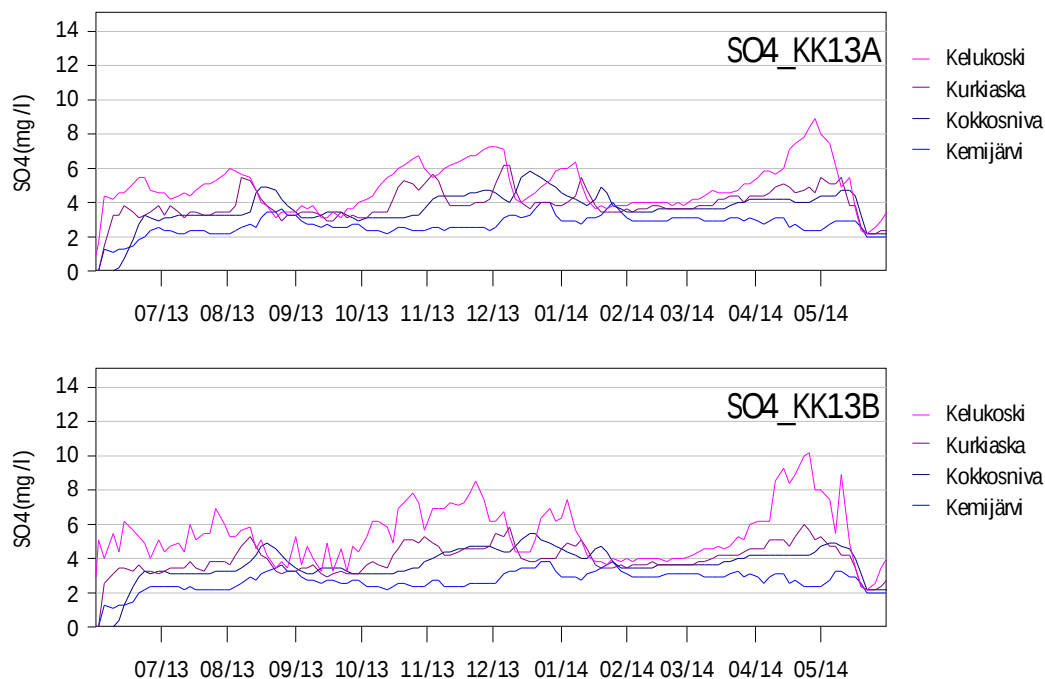
4.2 Sulfaatti, pitoisuudet voimalaitoksilla, 2013

Sulfaatin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) Kelukosken padolla ja siitä alajuoksulle olevilla padoilla on esitetty kuvissa 19 ja 20. Taulukossa 7 ja kuvissa 21 ja 22 on lisäksi esitetty keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta (kuivat kuukaudet 07/2014, normaalit kuukaudet 11/2014, 07/2017 ja 12/2017).

Kelukosken padolla sulfaattipitoisuuden nousu on enimmillään noin 5 – 6 mg/l tasolla huhtikuussa, jolloin kaivoksen kuormitus on suurimmillaan ja virtaama pienimmillään. Kurkiaskan padolla pitoisuusnousu on hieman yli puolet (enimmillään 3 mg/l) ja Kemijärven tasolla noin neljäsosa (enimmillään 1,5 mg/l) Kelukosken pitoisuustasosta. Taustakuormitus huomioiden pitoisuustaso on Kelukoskella suurimmillaan noin 10 mg/l tasolla. Mikäli kuormitus sijoitetaan pisteeseen A jäävät Kelukosken enimmäispitoisuudet jonkin verran pienemmiksi kuin tilanteessa, jossa kuormitus on pisteessä B.



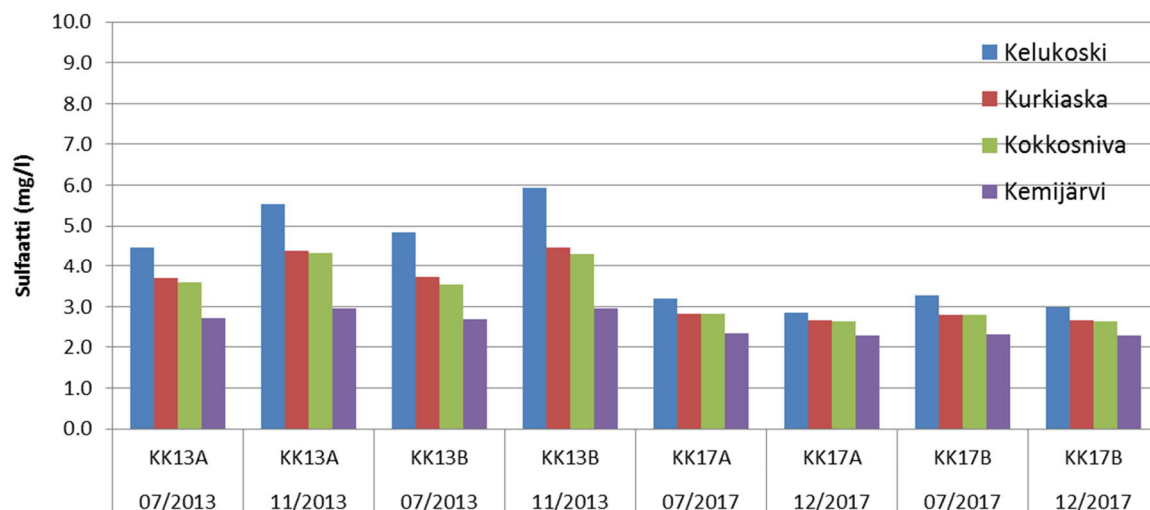
Kuva 19. Sulfaattipitoisuuden nousu Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaariot SA13A ja SA13B, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



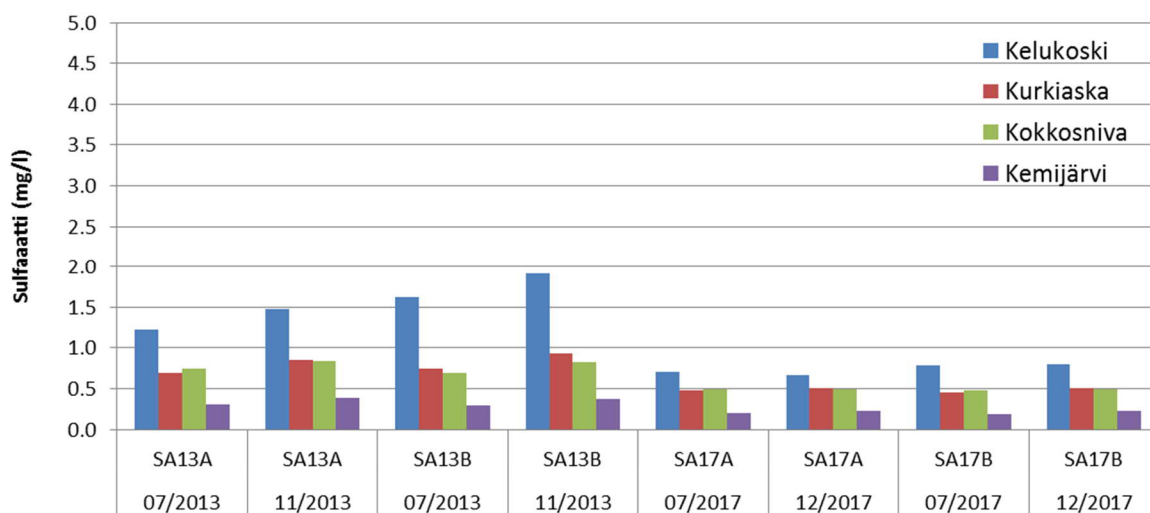
Kuva 20. Sulfaattipitoisuus Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaario KK13A ja KK13B, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).

Taulukko 7: Sulfaattipitoisuuksien ja pitoisuusnousujen keskiarvot eri skenaariolle, keskiarvot taulukon 2 mukaisille kuukausille.

Sulfaatti		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Kuukausi	Skneaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	KK13A	4.48	3.69	3.60	2.70
11/2013	KK13A	5.53	4.40	4.33	2.96
07/2013	KK13B	4.84	3.73	3.54	2.69
11/2013	KK13B	5.94	4.47	4.31	2.95
07/2017	KK17A	3.19	2.82	2.81	2.33
12/2017	KK17A	2.85	2.66	2.63	2.29
07/2017	KK17B	3.27	2.79	2.79	2.32
12/2017	KK17B	2.98	2.66	2.63	2.29
07/2013	SA13A	1.23	0.69	0.74	0.31
11/2013	SA13A	1.48	0.85	0.84	0.38
07/2013	SA13B	1.62	0.74	0.69	0.30
11/2013	SA13B	1.91	0.93	0.83	0.37
07/2017	SA17A	0.70	0.47	0.49	0.19
12/2017	SA17A	0.66	0.51	0.50	0.23
07/2017	SA17B	0.78	0.46	0.48	0.19
12/2017	SA17B	0.80	0.51	0.50	0.23



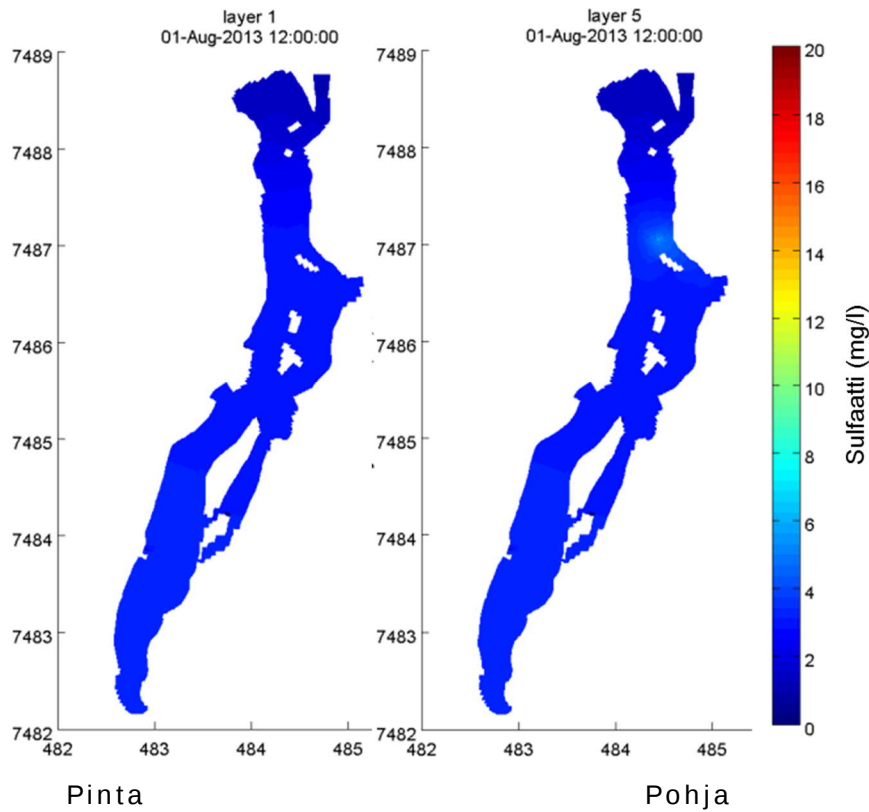
Kuva 21: Sulfaattipitoisuuksien keskiarvot KK-skenaarioilla



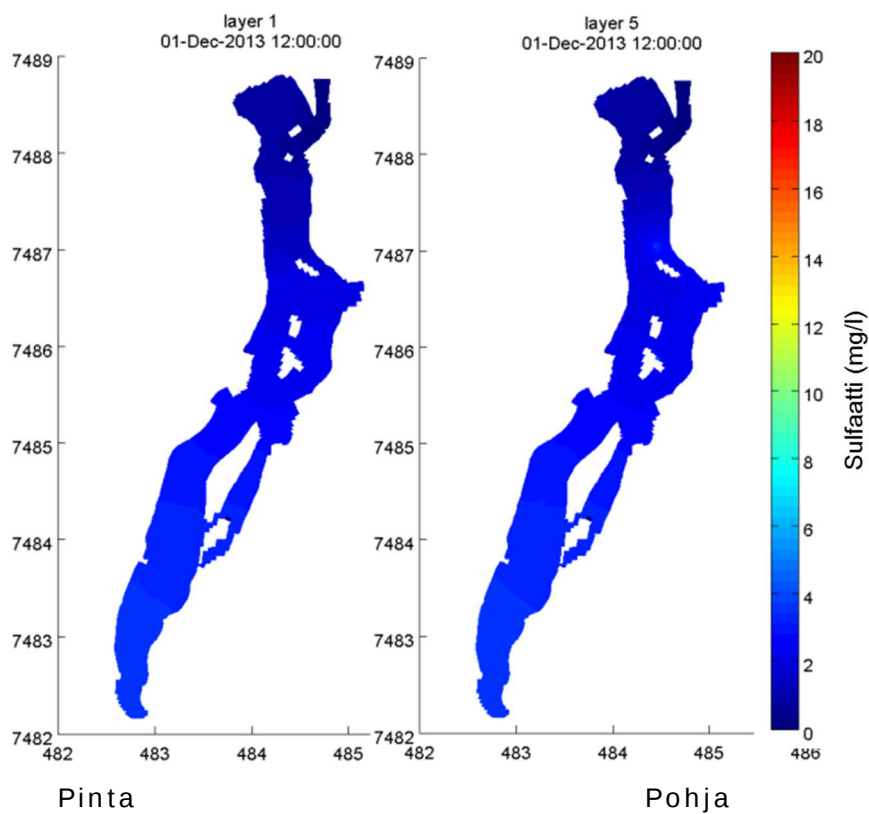
Kuva 22: Sulfaattipitoisuuksien keskiarvot SA-skenaarioilla taulukon 5 tiedoista.

4.3 Sulfaatti, pitoisuuskentät, SA13A & SA13B

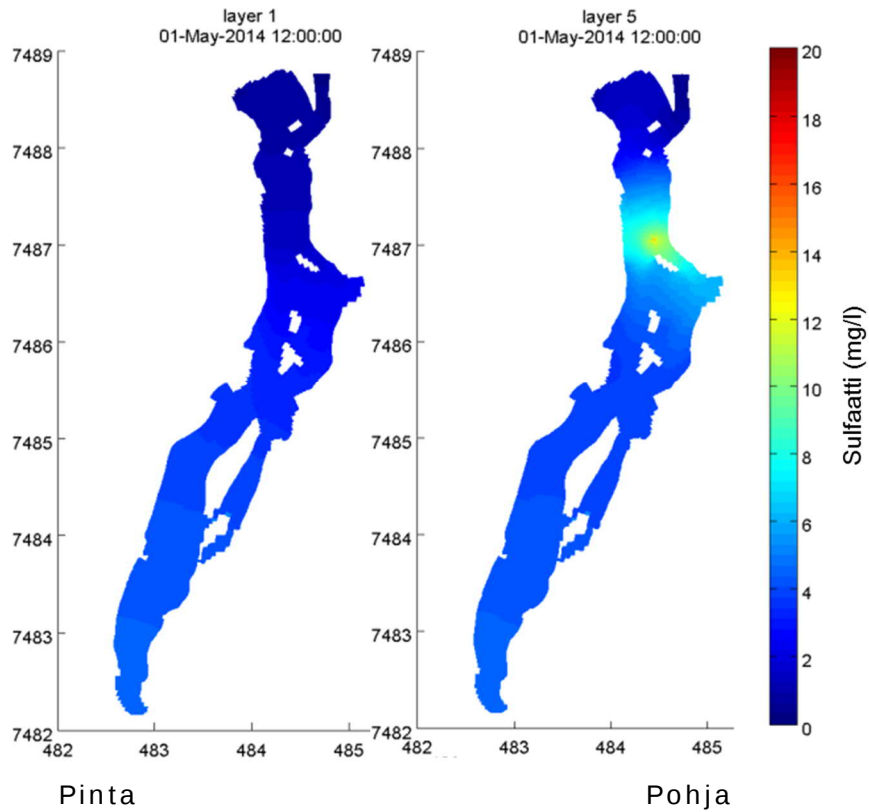
Kuvissa 23-28 on esitetty sulfaattipitoisuuden nousu pinta- ja pohjakerroksessa ajanhetkeltä 1.8.2013, 1.12.2013 ja 1.5.2014 skenaariosta SA13A (vain Sakatin kuormitus, pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella. Pitoisuusnousut jäivät kuivienkin jaksojen aikana skenaariossa SA13A alle 10 mg/l ja skenaariossa SA13B alle 20 mg/l. Enimmäispitoisuus saavutetaan 1.5.2014 juuri ennen kevättulvan alkamista. Enimmäispitoisuus aiheutuu mallissa käytetystä kuormituksen jaksotuksesta, jossa toukokuun ajan käytetään perustasoon nähden kolminkertaista kuormitusta.



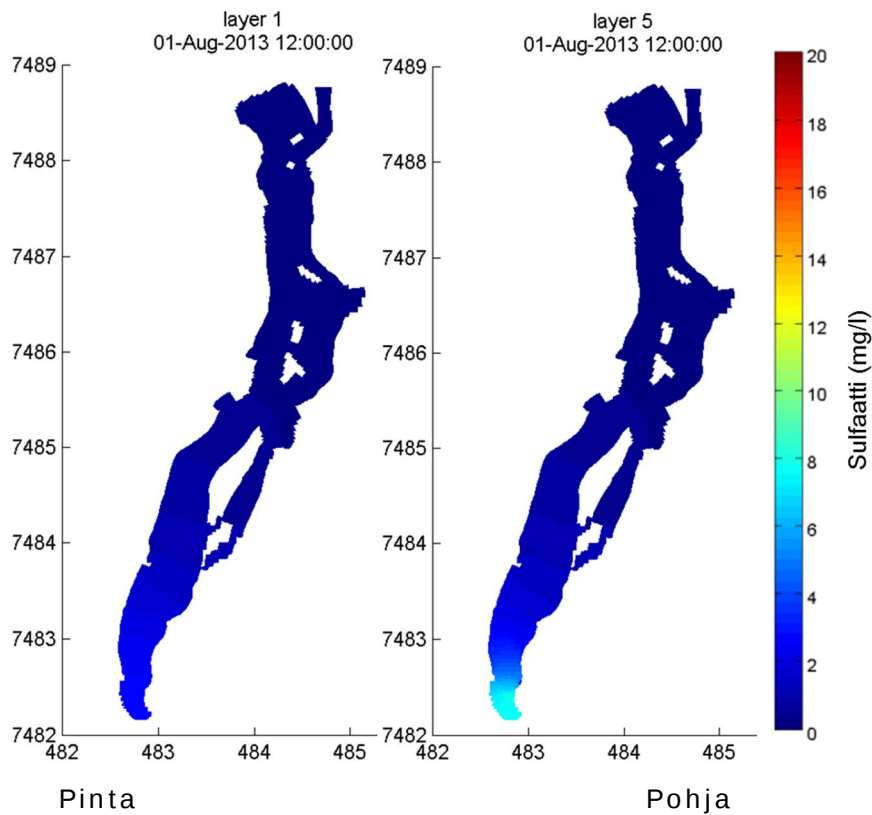
Kuva 23. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



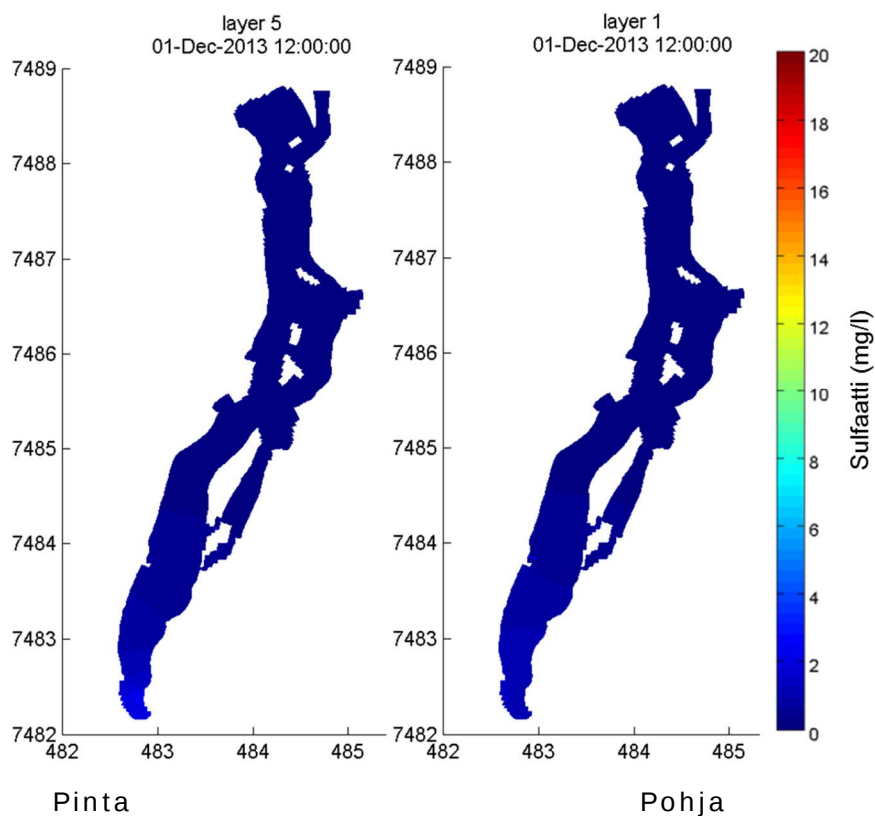
Kuva 24. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



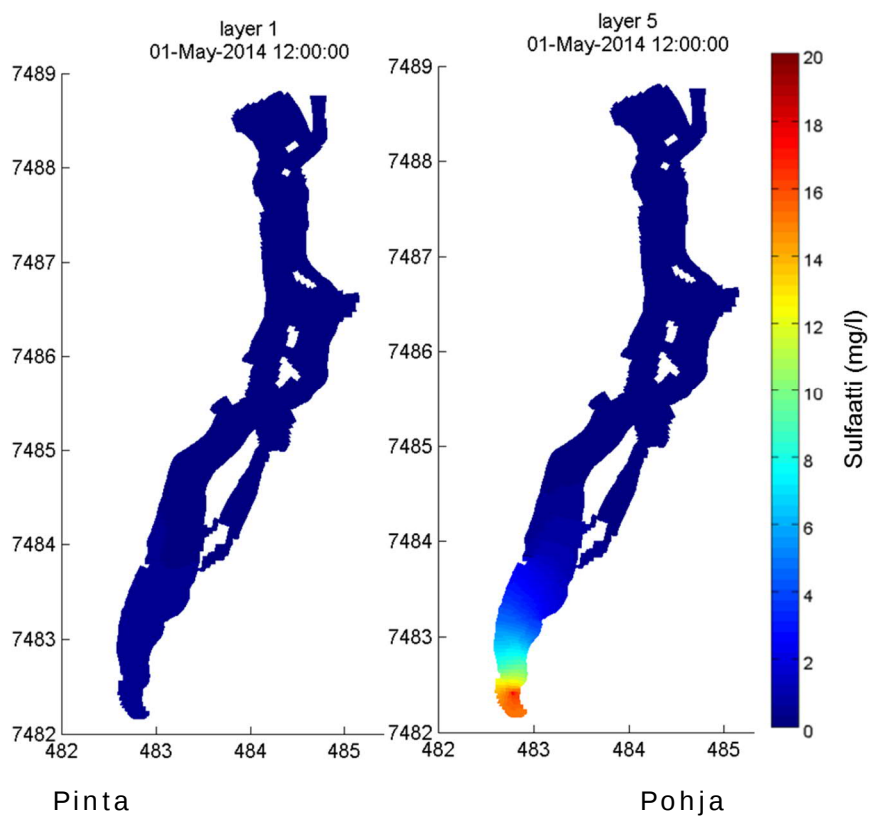
Kuva 25. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.



Kuva 26. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



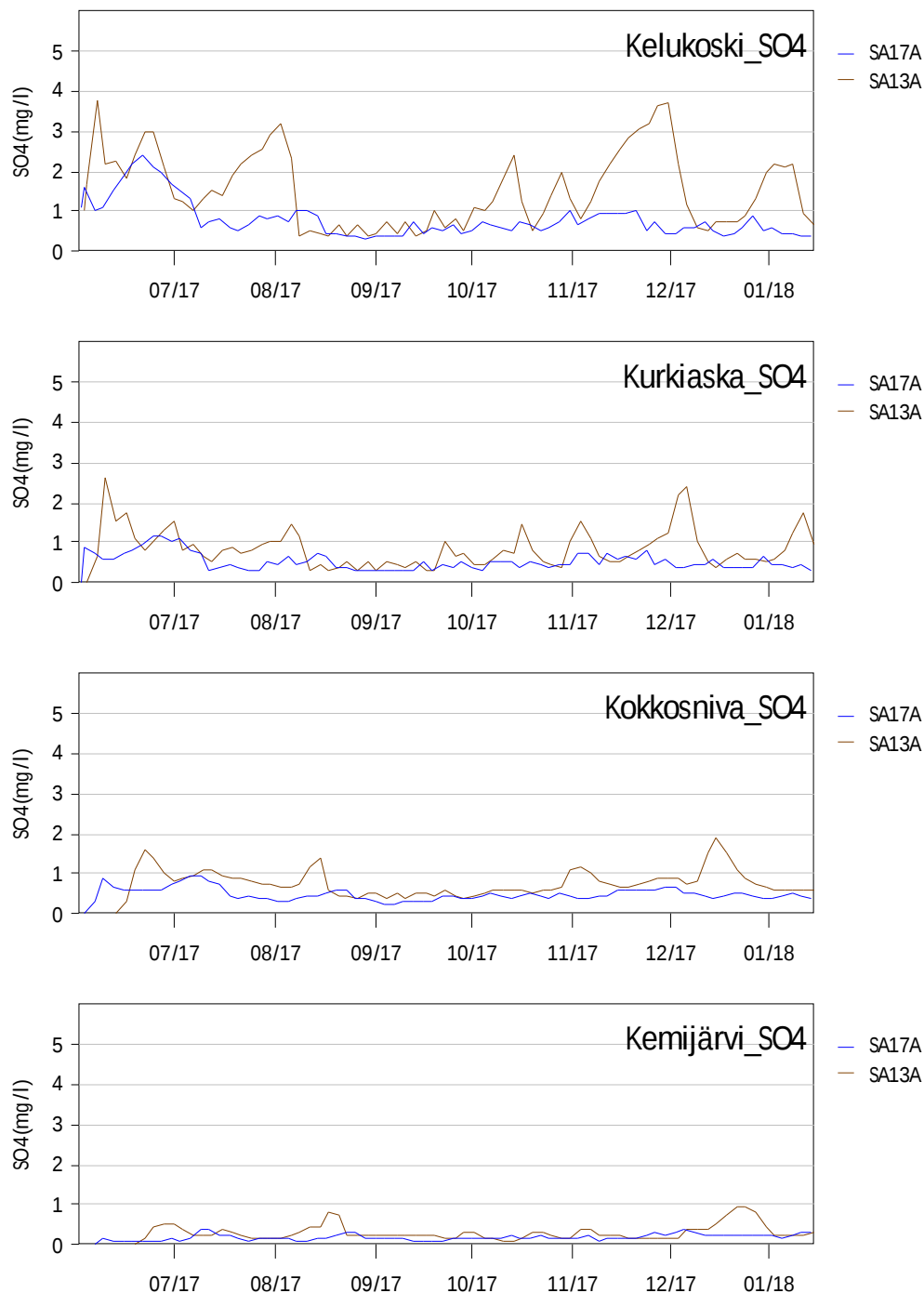
Kuva 27. Kelukosken allas, sulfaattoipitoisuus 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



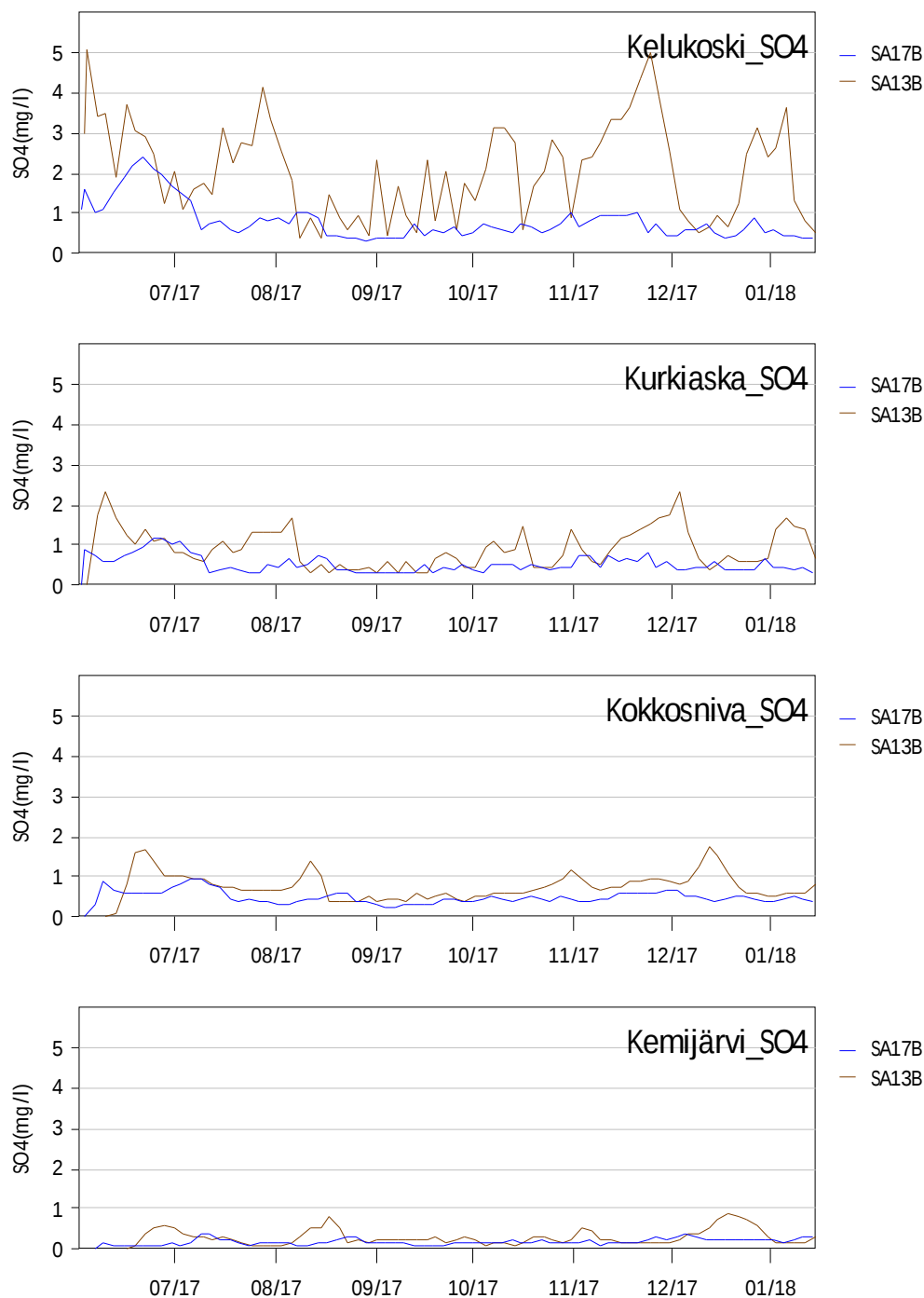
Kuva 28. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.

4.4 Sulfaatti, SA13 ja SA17 -skenaarioiden vertailu

Vuosille 2013 ja 2017 laskettuja sulfaattipitoisuuden nousuja Kelukosken ja sen alapuolisten voimalaitosten kohdalla on vertailtu kuvissa 29 ja 30. Lisäksi taulukossa 8 on esitetty laskentajaksolta valittujen edustavien kuukausien keskiarvotiedot. Vuoden 2017 olosuhteissa pitoisuudet jäävät selvästi kuivaa vuotta 2013 pienemmiksi kesäkuuta lukuun ottamatta



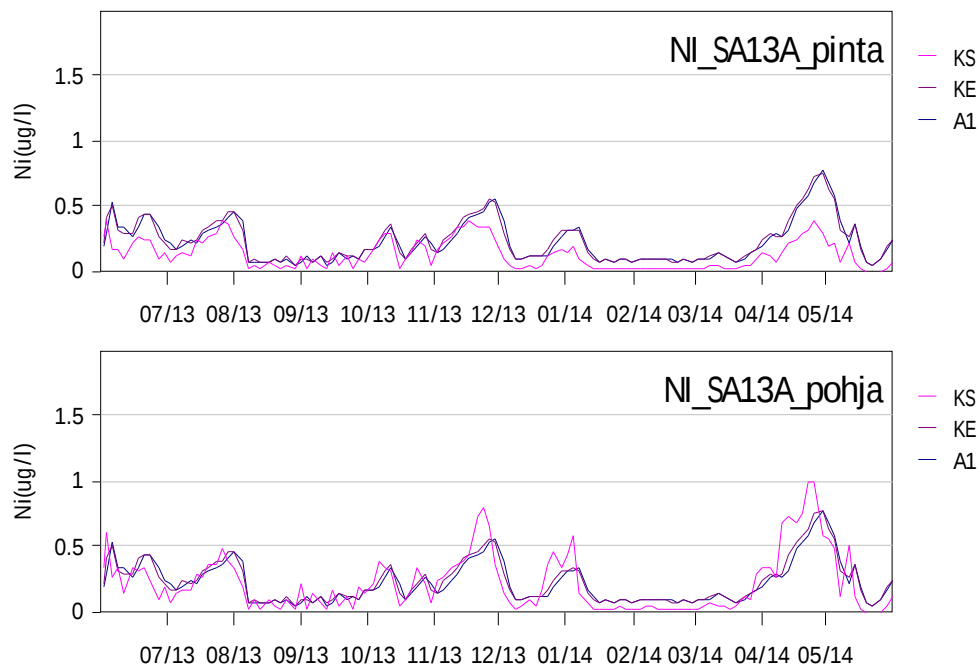
Kuva 29. Sulfaattipitoisuudet voimalaitoksilla, vuosien 2013 ja 2017 vertailu, jakso 01.06 – 15.01 seuraavana vuonna, skenaariot SA13A ja SA17A



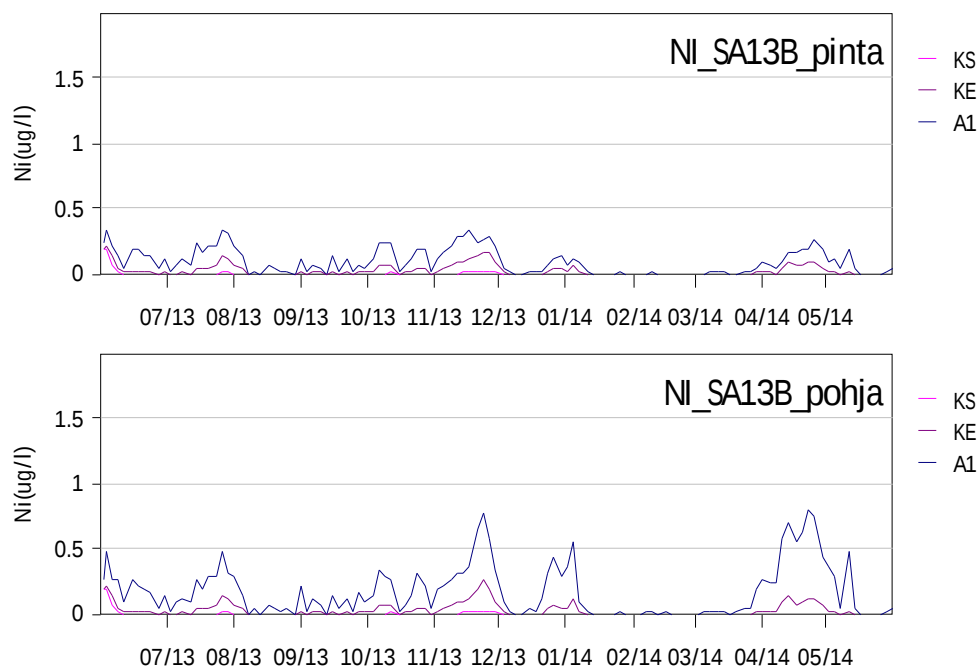
Kuva 30. Sulfaattipitoisuudet voimalaitoksilla, vuosien 2013 ja 2017 vertailu, jakso 01.06 – 15.01 seuraavana vuonna, skenaariot SA13B ja SA17B

4.5 Nikkeli, Kelukosken allas, 2013

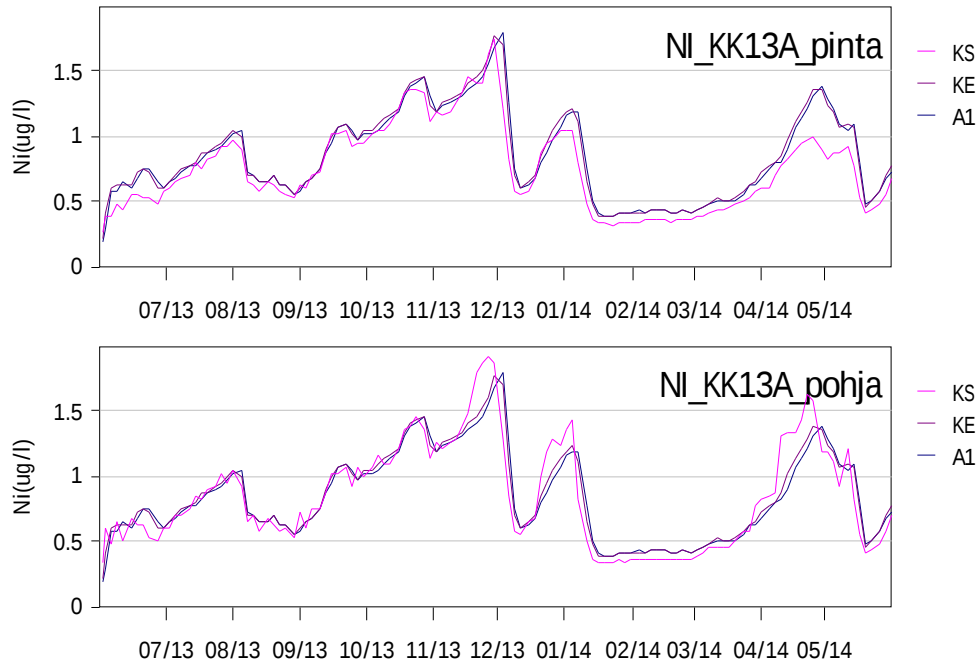
Nikkelin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) on alla esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE ja A1 kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 31-34). Pitoisuusnousut jäävät enimmillään noin 1 µg/l tasolle tai sen alle. Kokonaispitoisuudet ovat alle 2 µg/l tasolla.



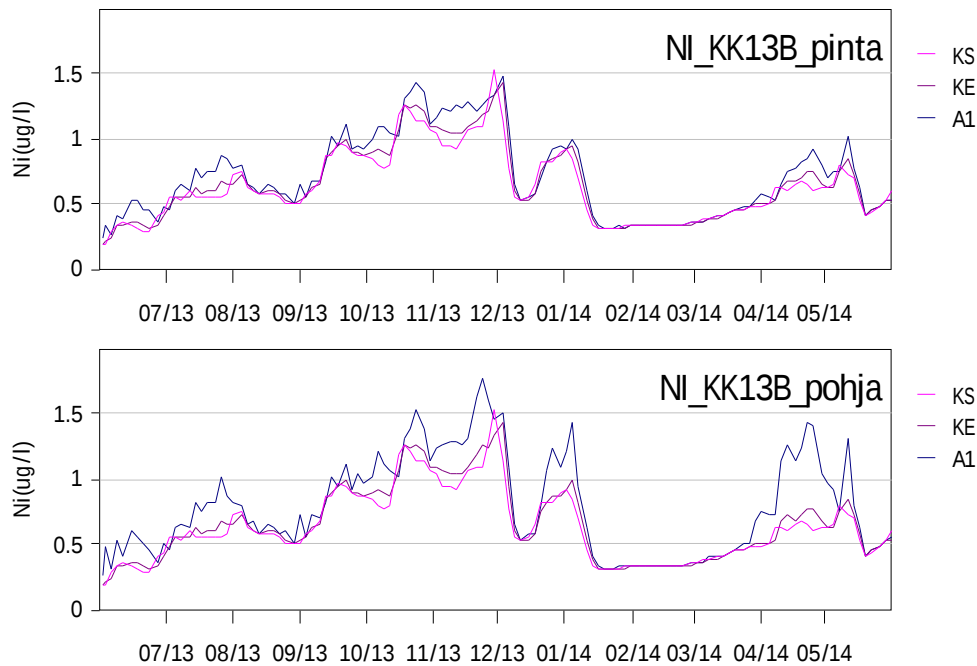
Kuva 31. Nikkeli, pitoisuusnousu pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13A (pitoisuusnousu) pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso)



Kuva 32. Nikkeli, pitoisuusnousu pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



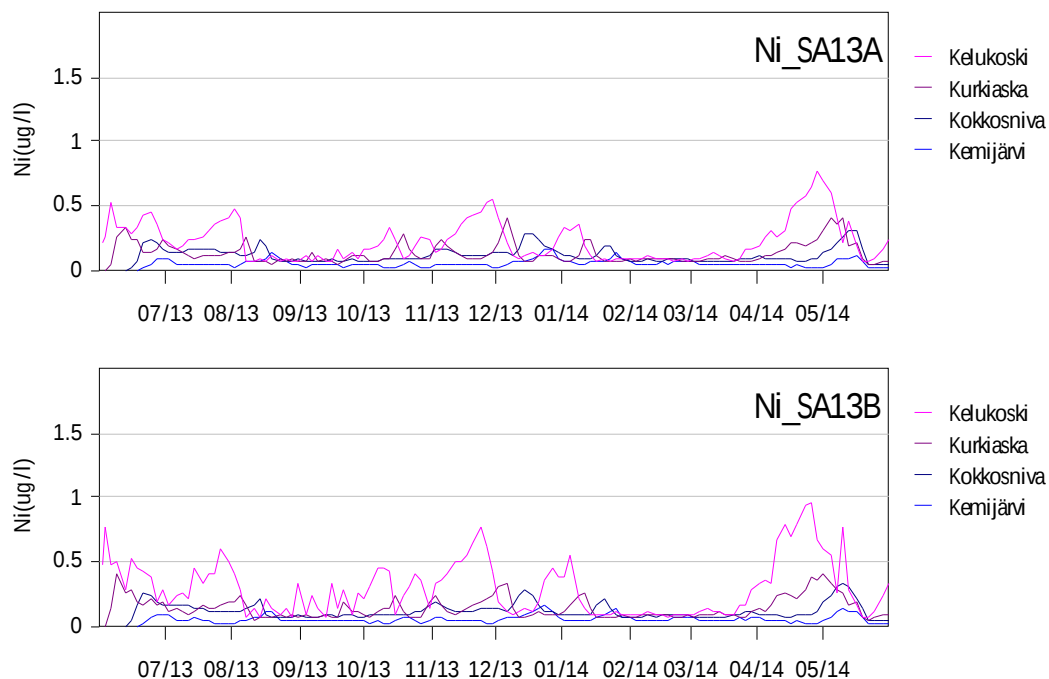
Kuva 33. Nikkelipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13A pinta- ja pintakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



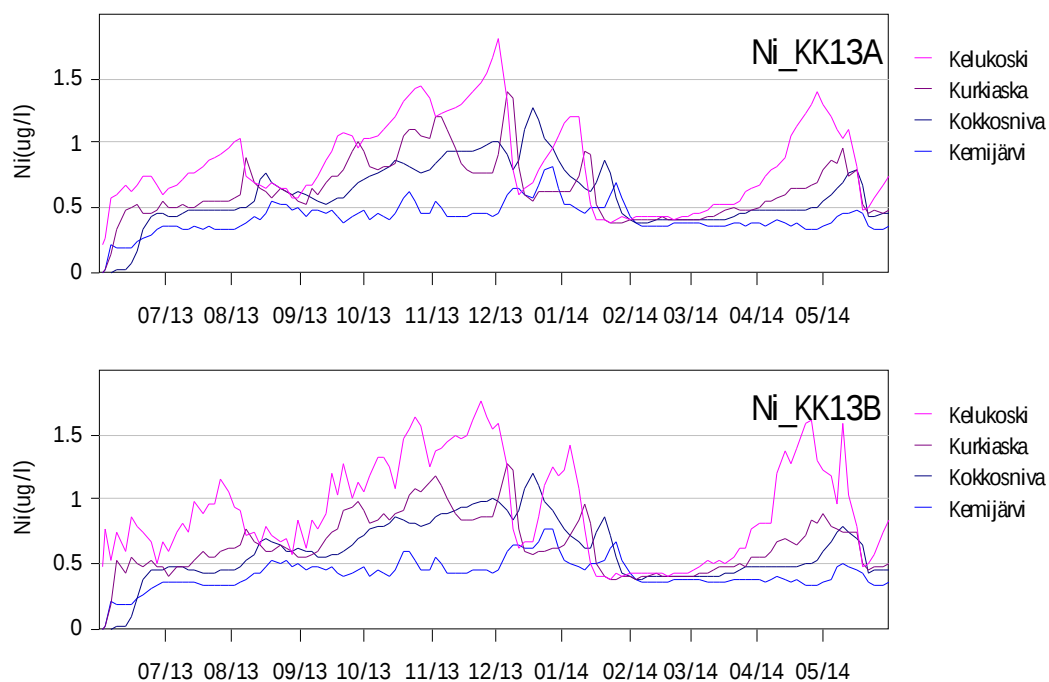
Kuva 34. Nikkelipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13B pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso)

4.6 Nikkeli, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013

Nikkelin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) Kelukoskella ja sen alapuolisilla voimalaitoksilla on esitetty kuvissa 35 ja 36, ja vastaavat keskiarvotiedot valituilta kuukausilta taulukossa 8 ja kuvissa 37 ja 38. Pitoisuusnousut ovat alle 1 µg/l tasolla, ja kokonaispitoisuudet alle 2 µg/l tasolla.



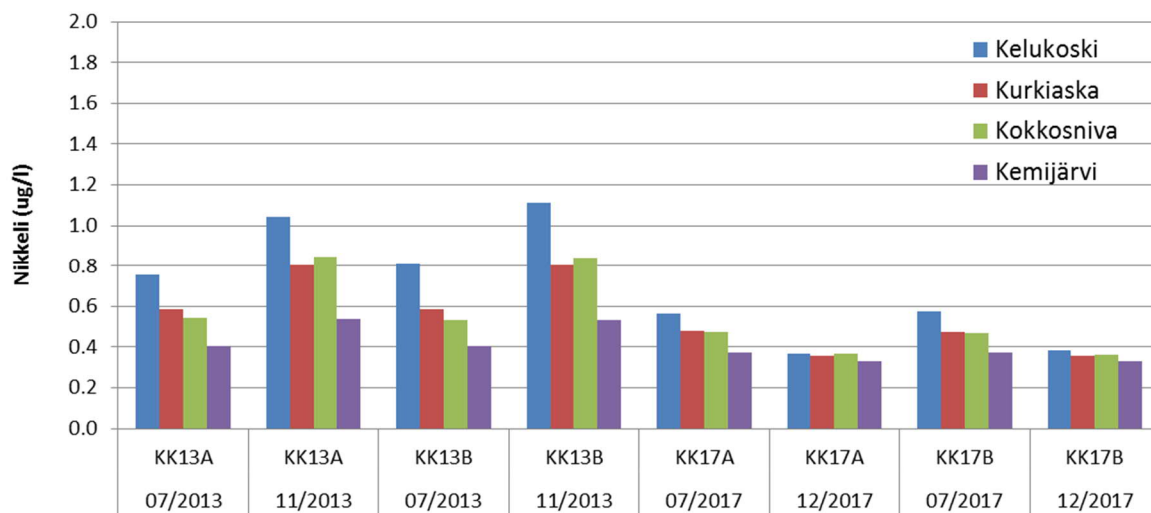
Kuva 35. Nikkeli, pitoisuusnousu, Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso).



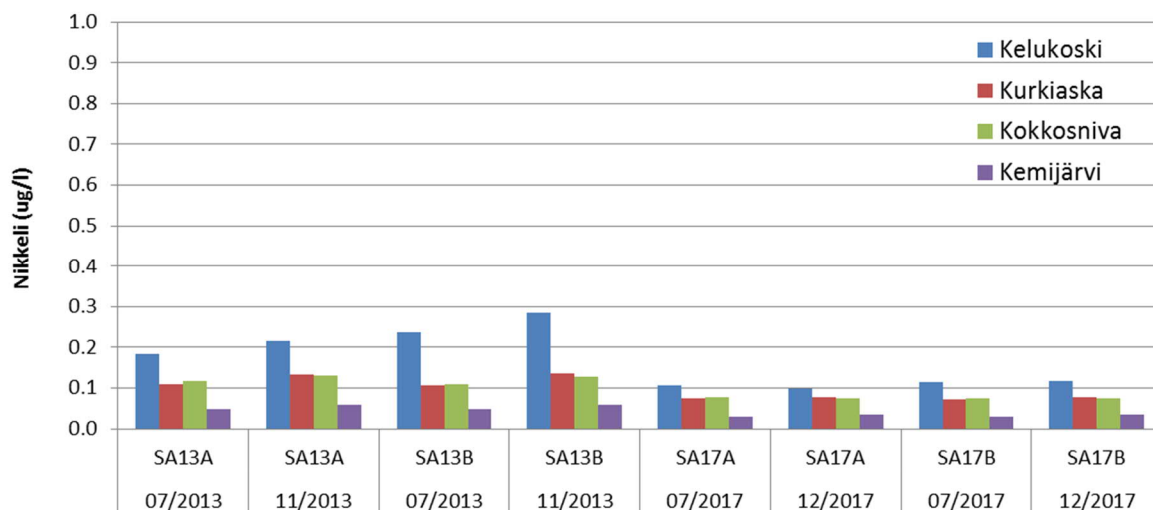
Kuva 36. Nikkelipitoisuus, Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaario KK13A ja KK13B (kuiva jakso).

Taulukko 8: Nikkelipitoisuuksien/pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariorille taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Nikkeli		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	KK13A	0.756	0.588	0.541	0.406
11/2013	KK13A	1.042	0.803	0.847	0.535
07/2013	KK13B	0.810	0.584	0.531	0.404
11/2013	KK13B	1.111	0.803	0.840	0.532
07/2017	KK17A	0.564	0.479	0.472	0.372
12/2017	KK17A	0.366	0.356	0.365	0.329
07/2017	KK17B	0.573	0.475	0.470	0.371
12/2017	KK17B	0.383	0.354	0.364	0.328
07/2013	SA13A	0.182	0.109	0.118	0.048
11/2013	SA13A	0.216	0.133	0.130	0.059
07/2013	SA13B	0.237	0.107	0.110	0.047
11/2013	SA13B	0.286	0.135	0.128	0.059
07/2017	SA17A	0.106	0.075	0.076	0.030
12/2017	SA17A	0.100	0.078	0.075	0.034
07/2017	SA17B	0.114	0.071	0.075	0.030
12/2017	SA17B	0.117	0.077	0.074	0.034



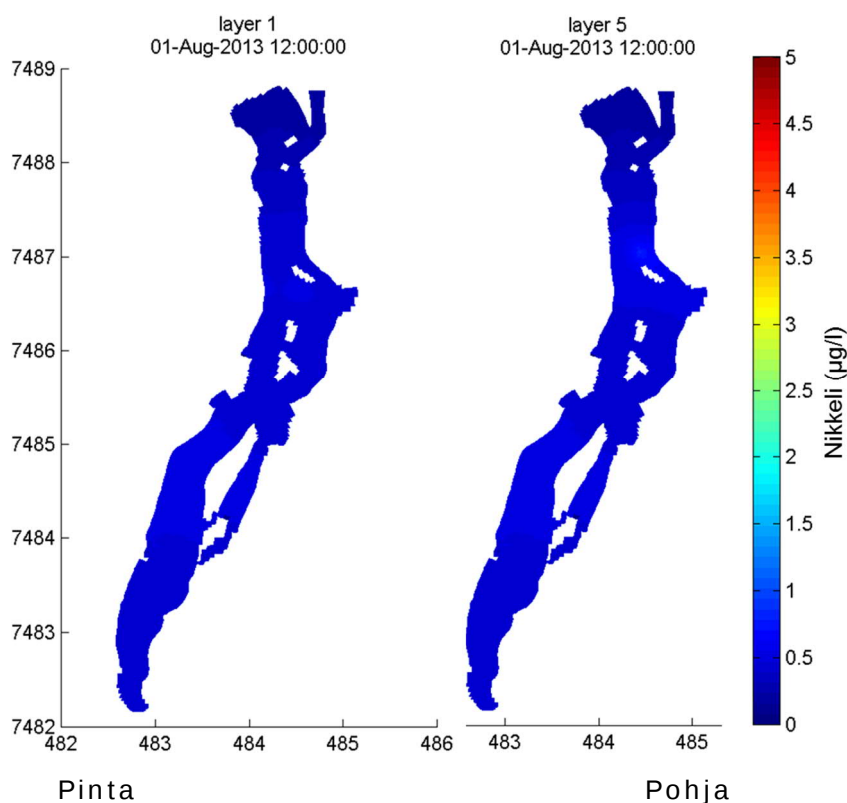
Kuva 37: Nikkelipitoisuuksien keskiarvot KK-skenaarioilla



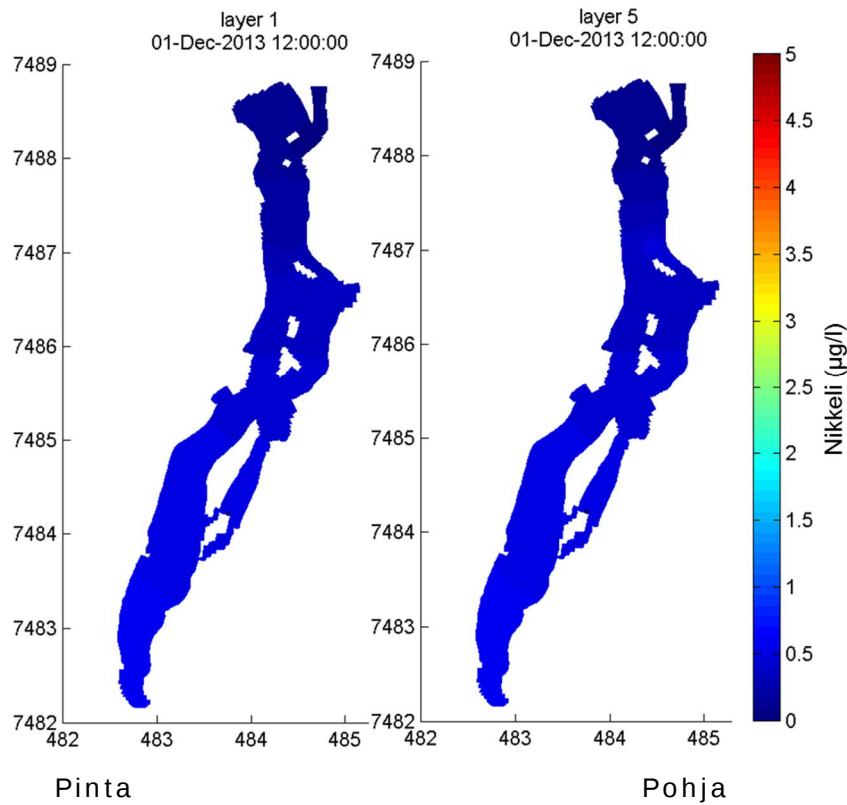
Kuva 38: Nikkeli pitoisuuksien keskiarvot SA-skenaarioilla

4.7 Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B

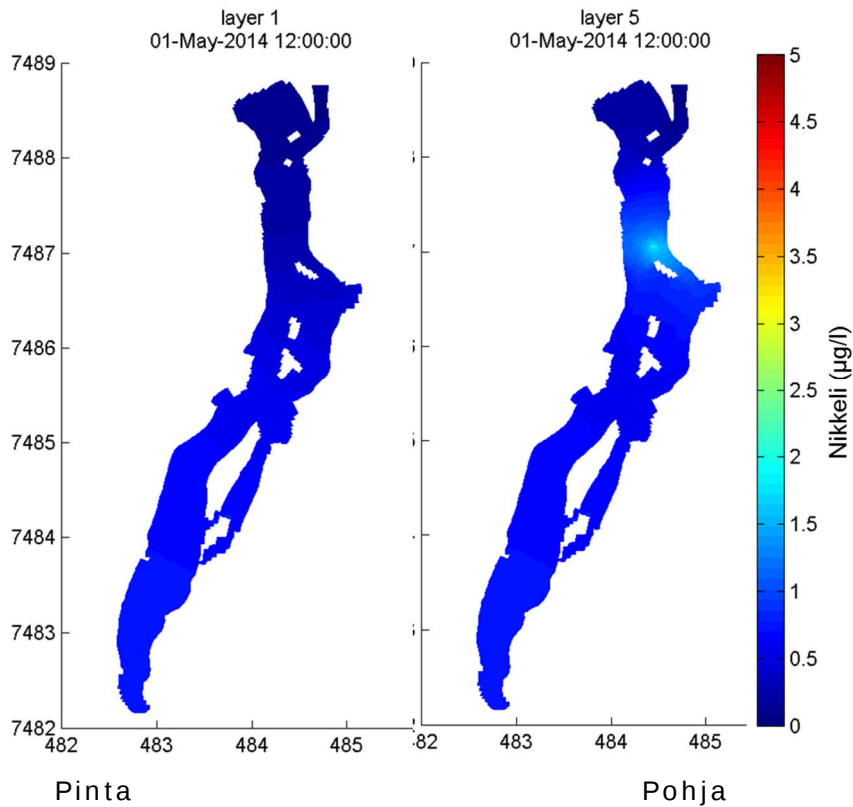
Kuvissa 39-41 on esitetty nikkeli pitoisuuden nousu pinta- ja pohjakerroksesta ajanhetkeltä 1.8.2013, 1.12.2013 ja 1.5.2014 skenaariosta SA13A (vain Sakatin kuormitus, pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella. Pitoisuudet jäävät kuivienkin jaksojen aikana alle 2 µg/l. Enimmäispitoisuus saavutetaan 1.5.2014 juuri ennen kevättulvan alkamista. Enimmäispitoisuus johtuu osittain mallissa käytetystä kuormituksen jaksotuksesta, jossa toukokuun ajan käytetään perustasoon nähden kolminkertaista kuormitusta.



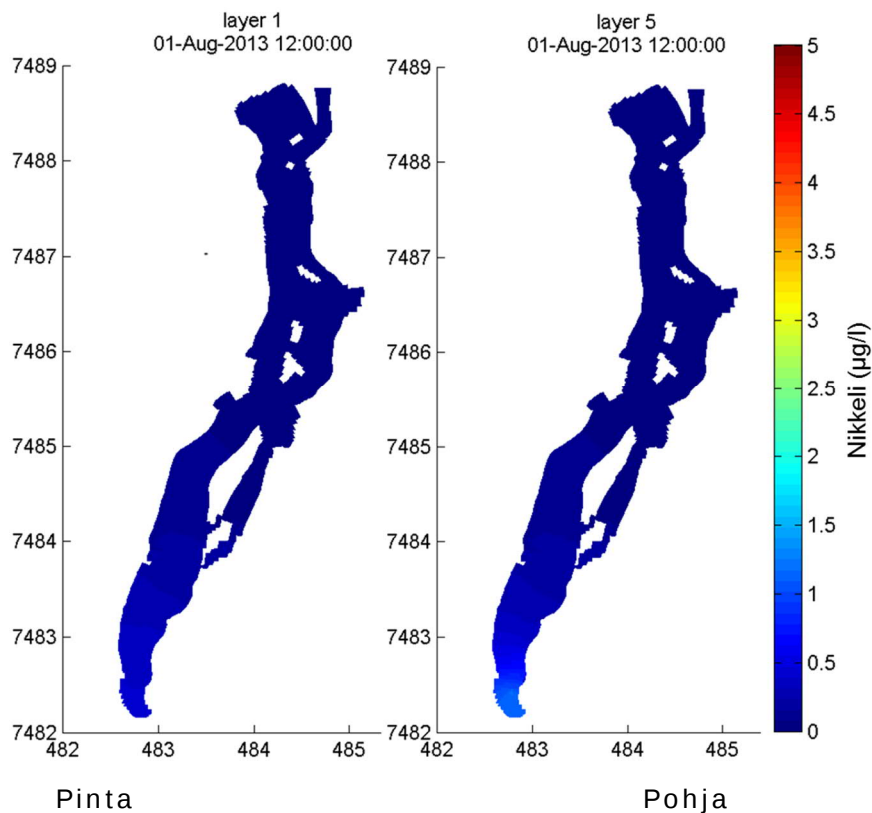
Kuva 39. Kelukosken allas, nikkeli pitoisuus 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso.



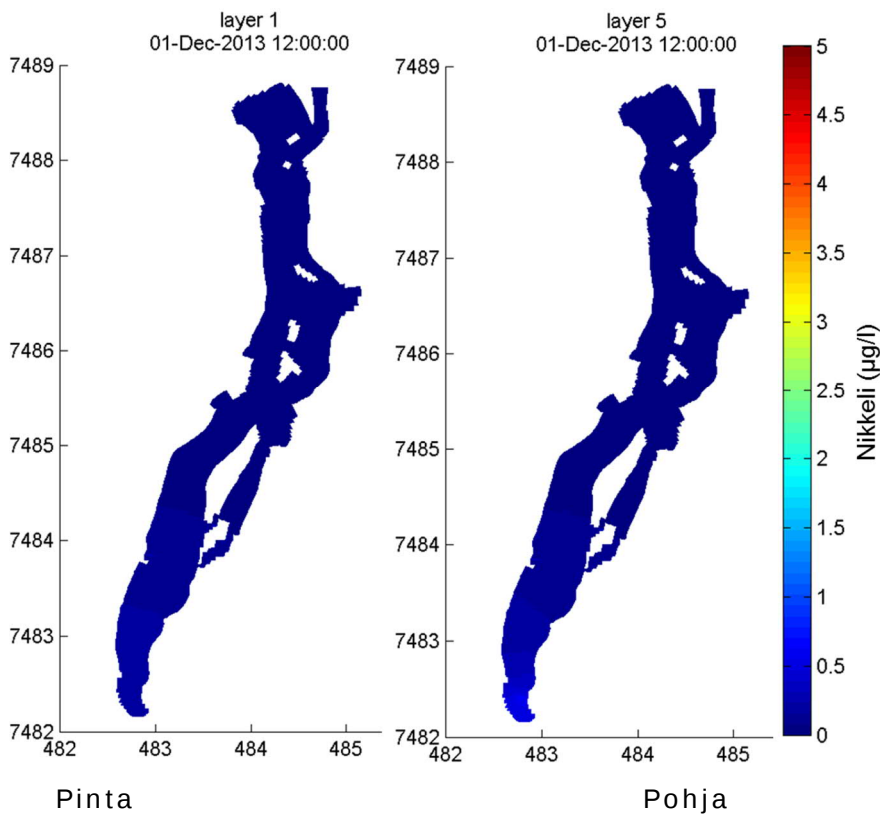
Kuva 40. Kelukosken allas, nikkelipitoisuusnousu 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



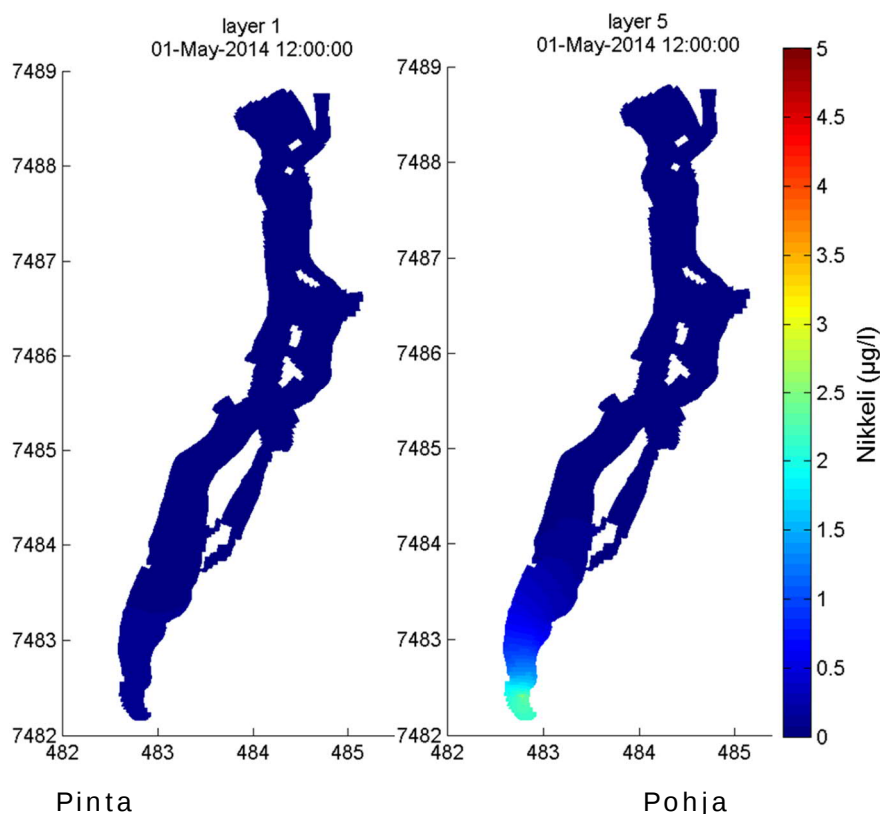
Kuva 41. Kelukosken allas, nikkelipitoisuusnousu 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.



Kuva 42. Kelukosken allas, nikkelipitoisuusnousu 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso



Kuva 43. Kelukosken allas, nikkelipitoisuusnousu 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvijakso.

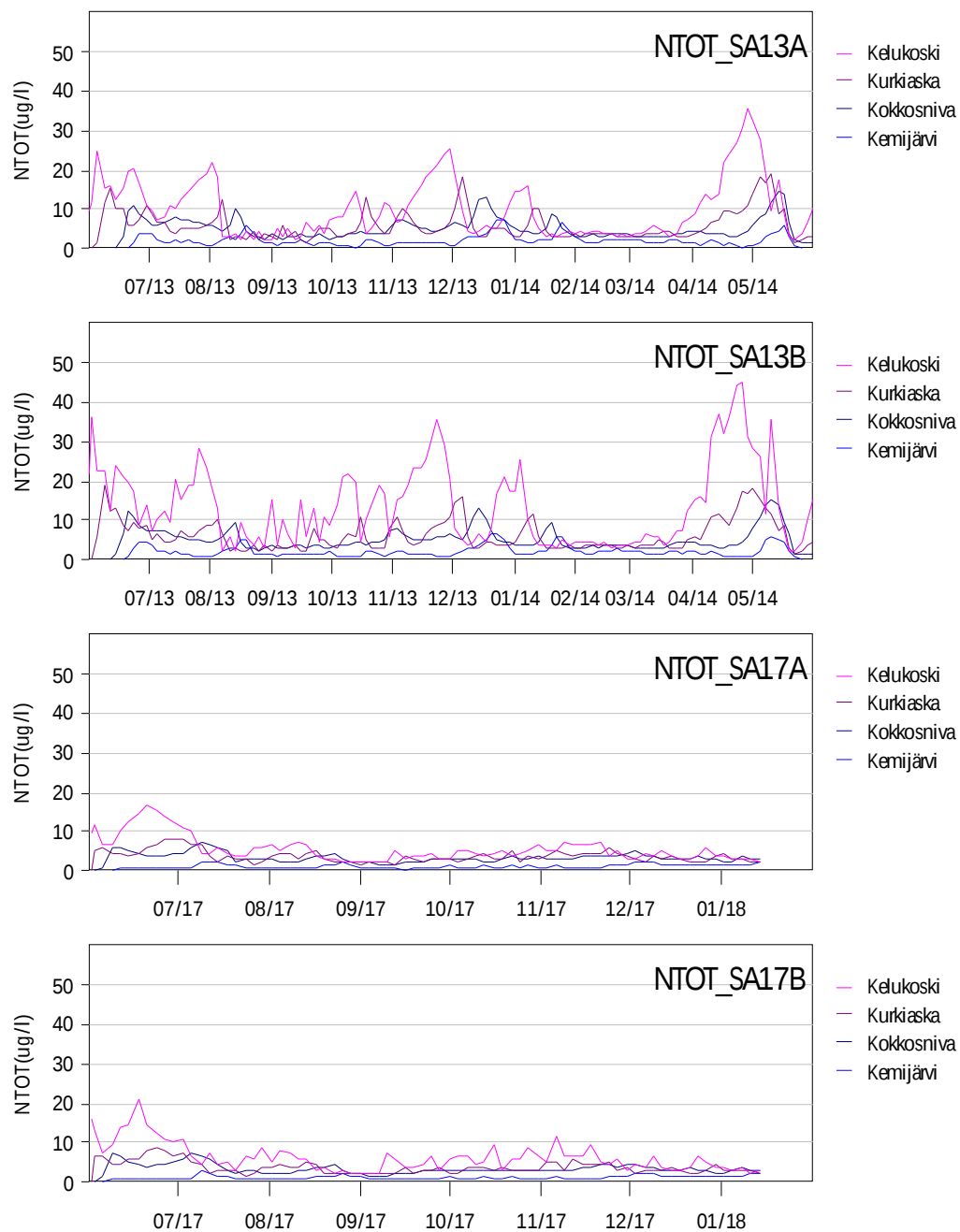


Kuva 44. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.

4.8 Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017

Kokonaistyyppikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 45. Taulukossa 9 sekä kuvassa 46 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta. Nykytilanteessa keskimääräinen kokonaistypen pitoisuus Kitisessä Kokkosnivan alapuolella oli noin 340 µg/l.

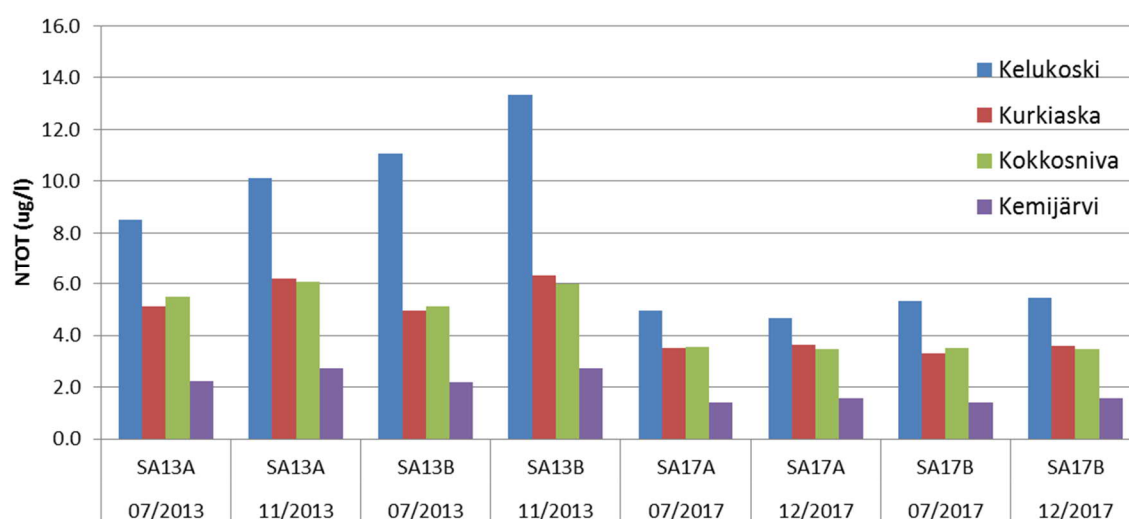
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivosalueelta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella pitoisuusnousu oli enimmillään noin 40 - 50 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousu jäi 10 µg/l tasolle.



Kuva 45. Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

Taulukko 9: Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

NTOT		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	8.5	5.1	5.5	2.2
11/2013	SA13A	10.1	6.2	6.1	2.7
07/2013	SA13B	11.1	5.0	5.1	2.2
11/2013	SA13B	13.3	6.3	6.0	2.7
07/2017	SA17A	5.0	3.5	3.5	1.4
12/2017	SA17A	4.7	3.6	3.5	1.6
07/2017	SA17B	5.3	3.3	3.5	1.4
12/2017	SA17B	5.5	3.6	3.5	1.6

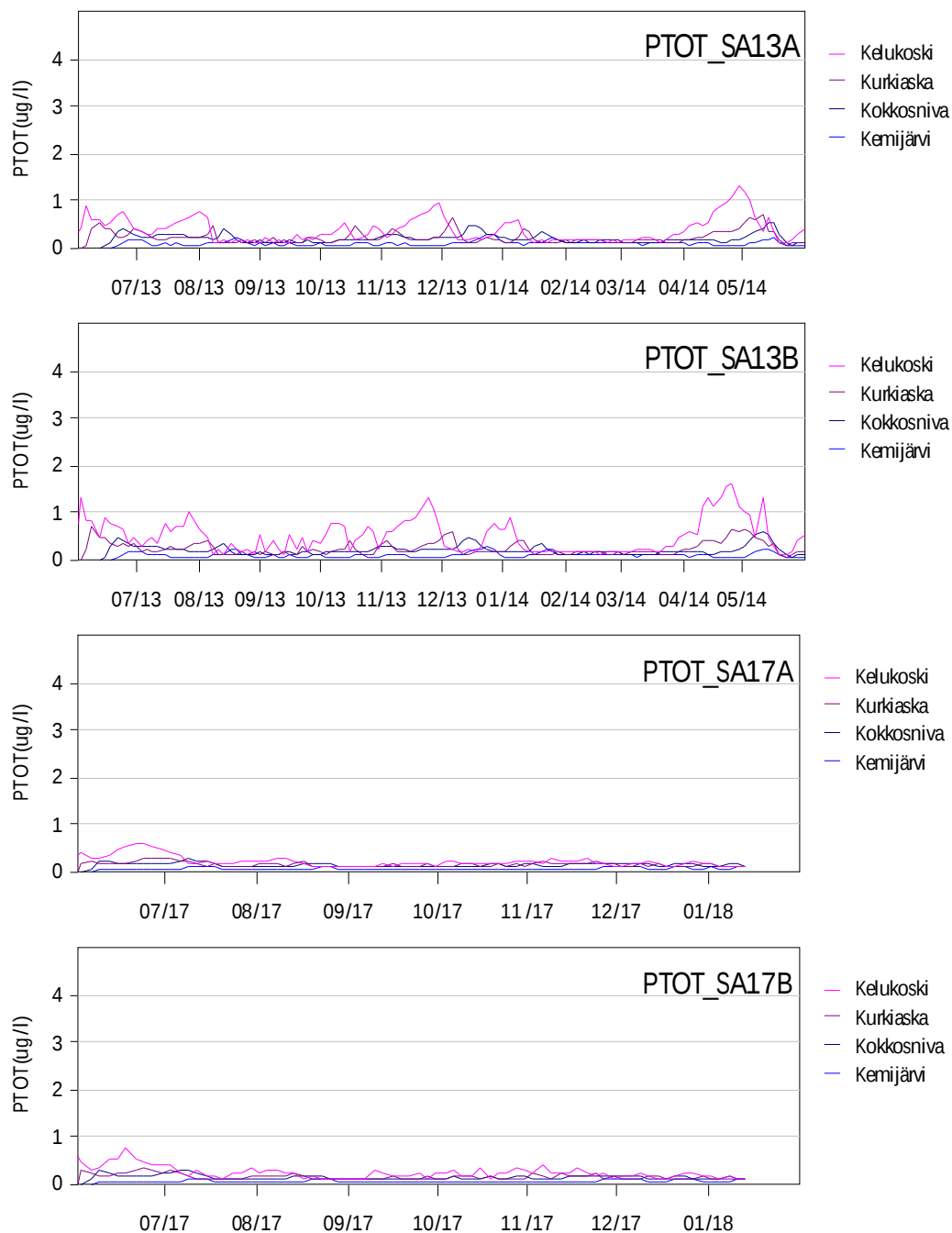


Kuva 46: Kokonaistyyppi pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

4.9 Kokonaisfosfori, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017

Kokonaisfosforikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 47. Taulukossa 10 sekä kuvassa 48 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta. Nykytilanteessa keskimääräinen kokonaisfosforin pitoisuus Kitisessä Kokkosnivan alapuolella oli noin 14 $\mu\text{g/l}$.

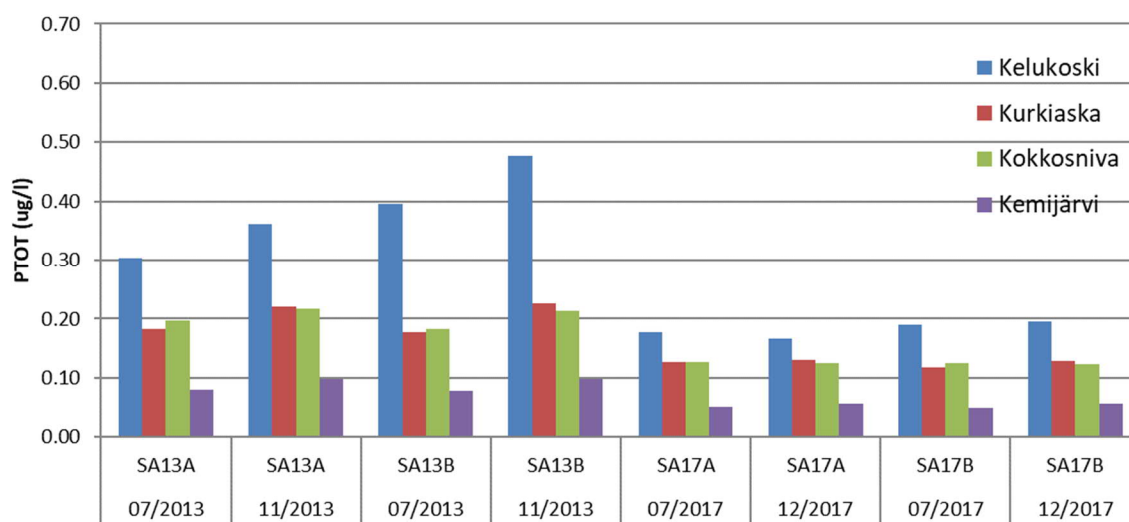
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti mallissa kevättulvan aikana. Kelukoskella pitoisuusnousu oli enimmillään noin 1 $\mu\text{g/l}$ tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousu jäi selvästi alle 0,5 $\mu\text{g/l}$.



Kuva 47. Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuushousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

Taulukko 10: Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

PTOT		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.30	0.18	0.20	0.08
11/2013	SA13A	0.36	0.22	0.22	0.10
07/2013	SA13B	0.40	0.18	0.18	0.08
11/2013	SA13B	0.48	0.23	0.21	0.10
07/2017	SA17A	0.18	0.13	0.13	0.05
12/2017	SA17A	0.17	0.13	0.12	0.06
07/2017	SA17B	0.19	0.12	0.12	0.05
12/2017	SA17B	0.19	0.13	0.12	0.06



Kuva 48: Kokonaisfosfori, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

4.10 Kupari (Cu), Kromi (Cr)

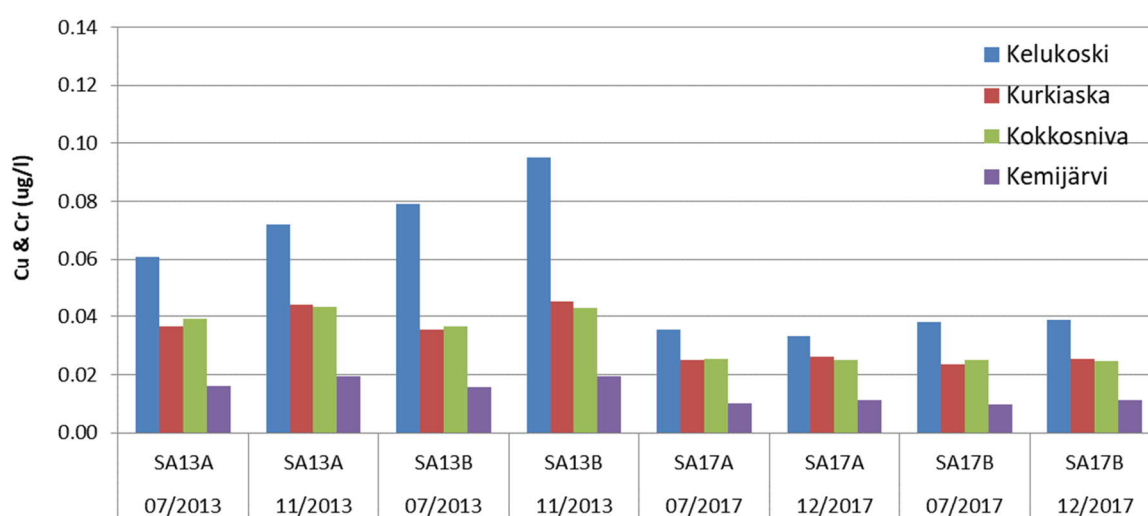
Kuparin ja kromin pitoisuus purettavissa vesissä on arvioitu saman suuruiseksi, joten laskennallinen pitoisuusnousu joessa on sama kummallekin metalleille. Alla esitetyt pitoisuudet pätevät siis sekä kuparille että kromille.

Pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 50. Taulukossa 11, sekä kuvassa 49 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta. Luvut ovat samat kuparille ja kromille.

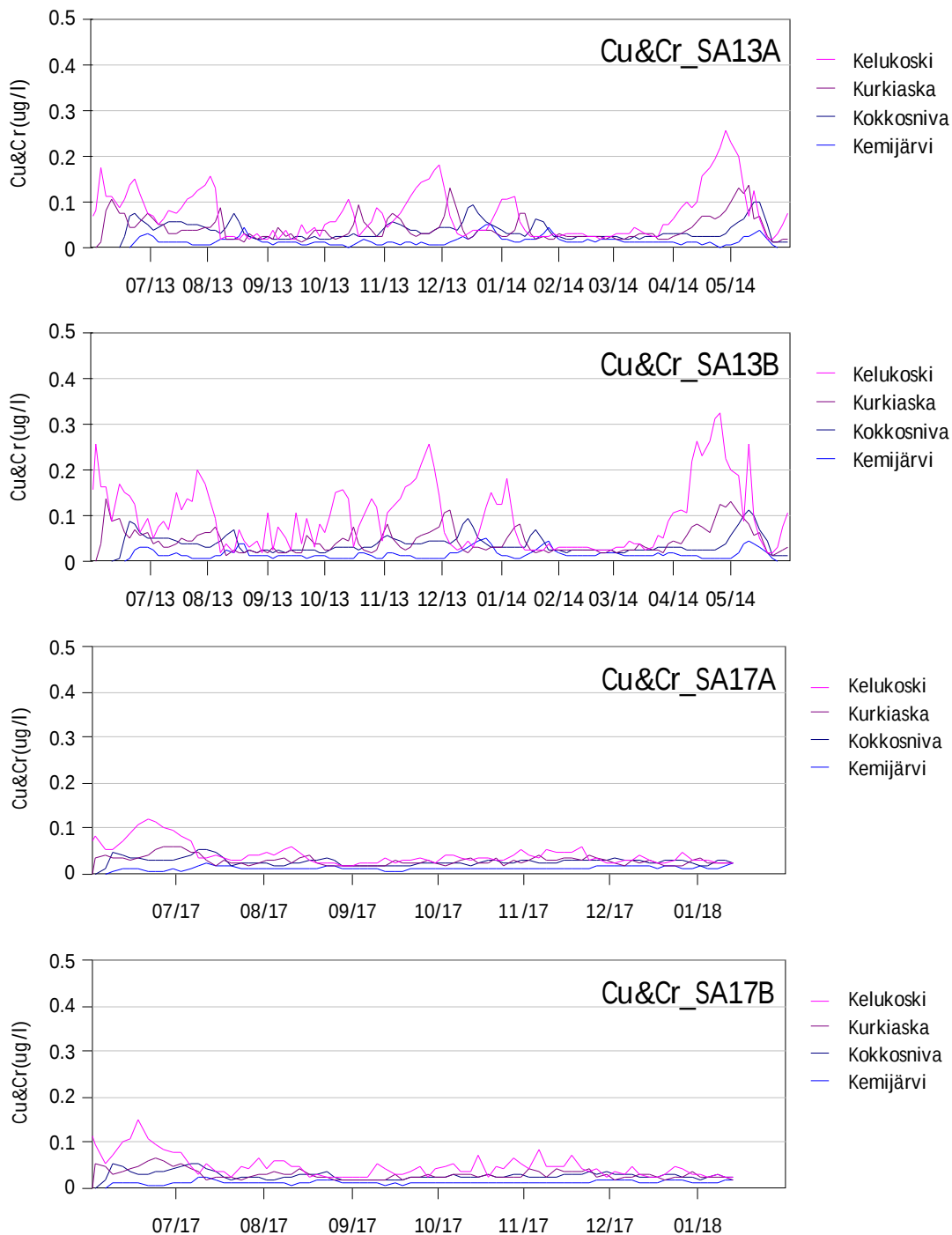
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,1 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi alle 0,02 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 11: Kuparin tai kromin (Cu & Cr) pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksolle.

Cu & Cr		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.061	0.044	0.018	0.155
11/2013	SA13A	0.072	0.044	0.043	0.020
07/2013	SA13B	0.079	0.036	0.037	0.016
11/2013	SA13B	0.095	0.045	0.043	0.020
07/2017	SA17A	0.035	0.025	0.025	0.010
12/2017	SA17A	0.033	0.026	0.025	0.011
07/2017	SA17B	0.038	0.024	0.025	0.010
12/2017	SA17B	0.039	0.026	0.025	0.011



Kuva 49: Kupari tai Kromi, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.



Kuva 50. Kupari tai kromi (Cu & Cr), pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

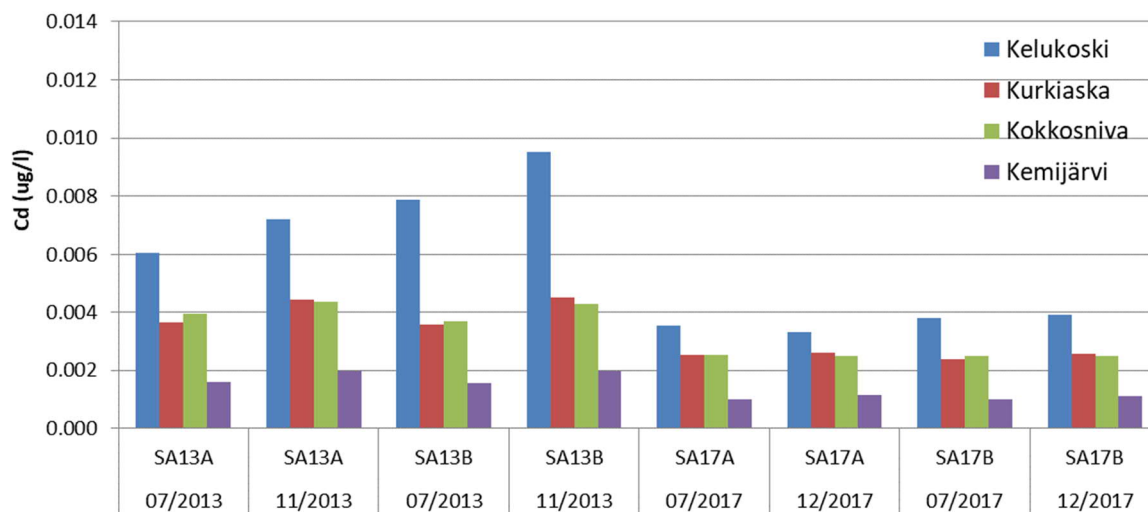
4.11 Kadmium (Cd)

Kadmiumin pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioille on esitetty kuvassa 52. Taulukossa 12, sekä kuvassa 51 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta.

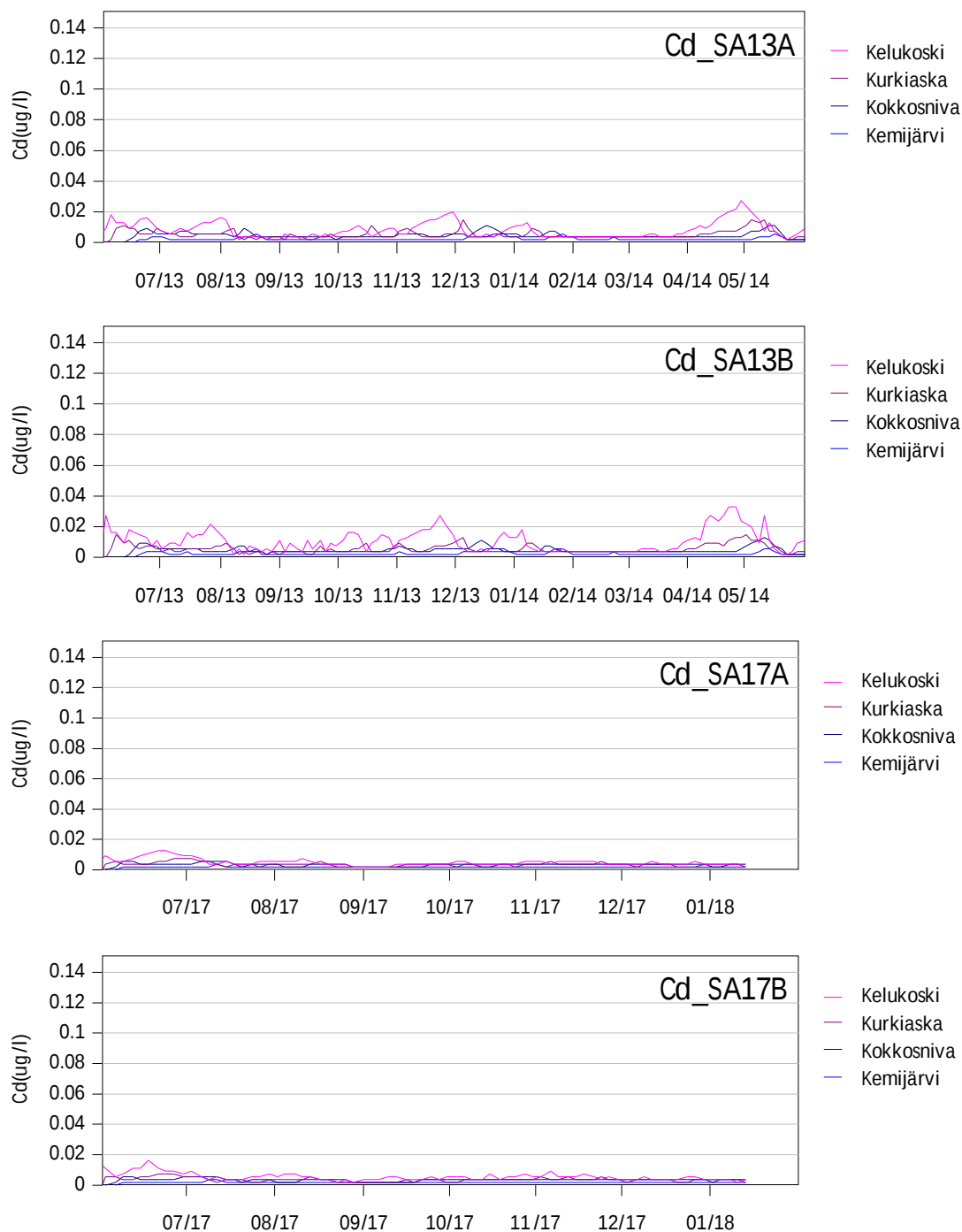
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,01 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,002 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 12: Kadmiumin pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Cd		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.006	0.004	0.004	0.002
11/2013	SA13A	0.007	0.004	0.004	0.002
07/2013	SA13B	0.008	0.004	0.004	0.002
11/2013	SA13B	0.010	0.005	0.004	0.002
07/2017	SA17A	0.004	0.003	0.003	0.001
12/2017	SA17A	0.003	0.003	0.002	0.001
07/2017	SA17B	0.004	0.002	0.002	0.001
12/2017	SA17B	0.004	0.003	0.002	0.001



Kuva 51: Kadmium, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.



Kuva 52. Kadmium pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

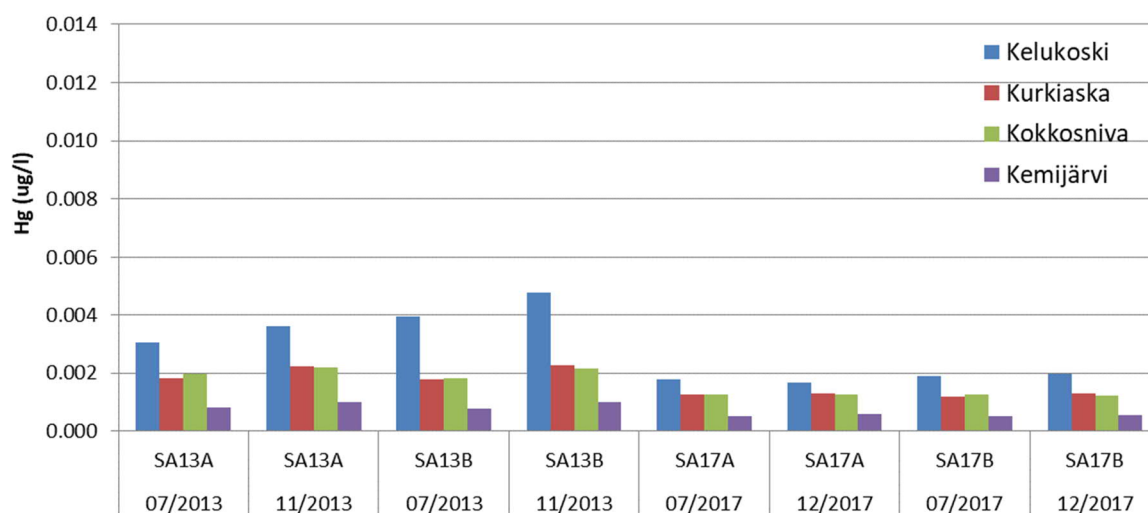
4.12 Elohopea (Hg)

Elohopean pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 54. Taulukossa 13, sekä kuvassa 52 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta.

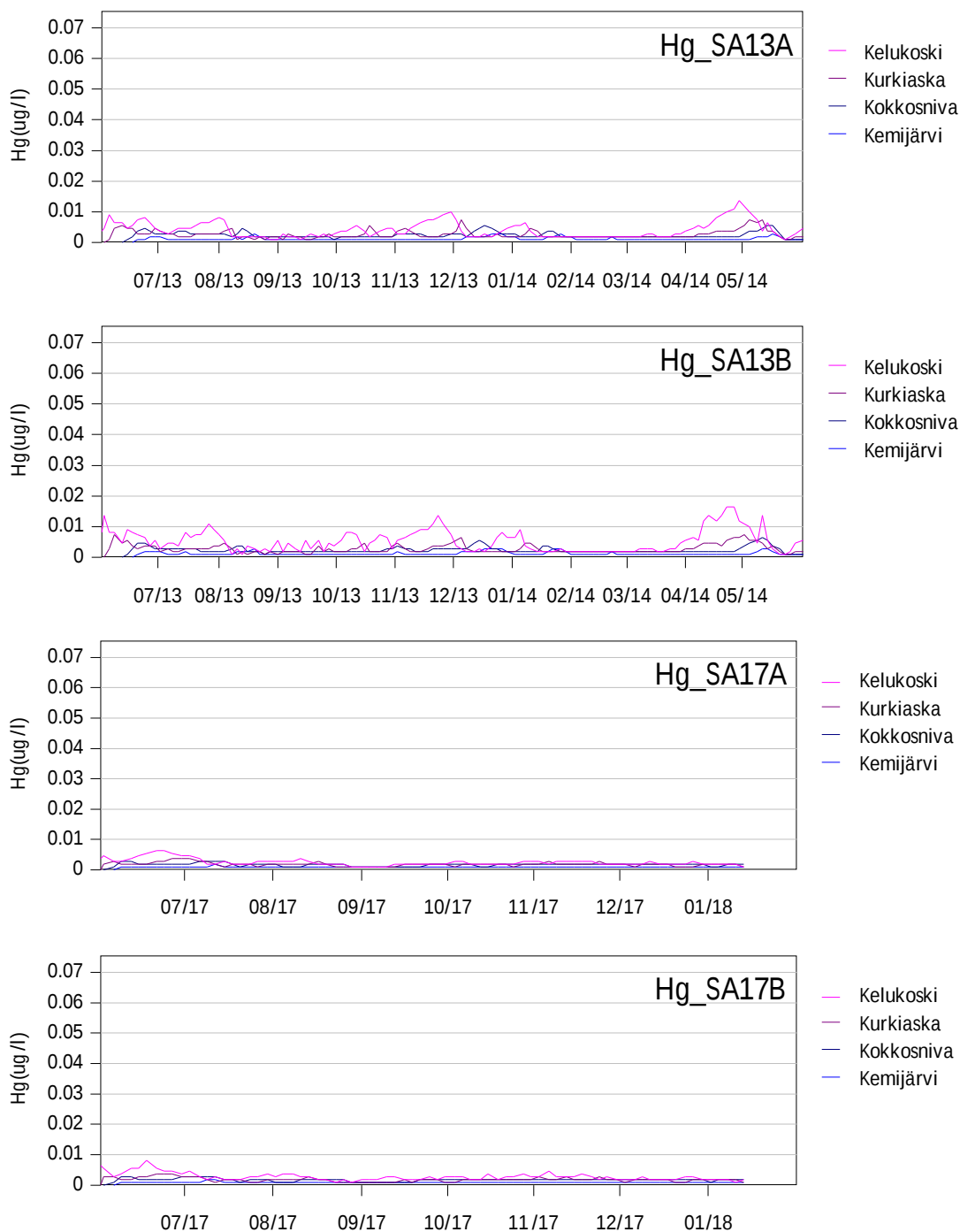
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,005 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,001 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 13: Elohopean pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariorille taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Hgi		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.003	0.002	0.002	0.001
11/2013	SA13A	0.004	0.002	0.002	0.001
07/2013	SA13B	0.004	0.002	0.002	0.001
11/2013	SA13B	0.005	0.002	0.002	0.001
07/2017	SA17A	0.002	0.001	0.001	0.000
12/2017	SA17A	0.002	0.001	0.001	0.001
07/2017	SA17B	0.002	0.001	0.001	0.000
12/2017	SA17B	0.002	0.001	0.001	0.001



Kuva 53: Elohopea, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.



Kuva 54. Elohopean pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

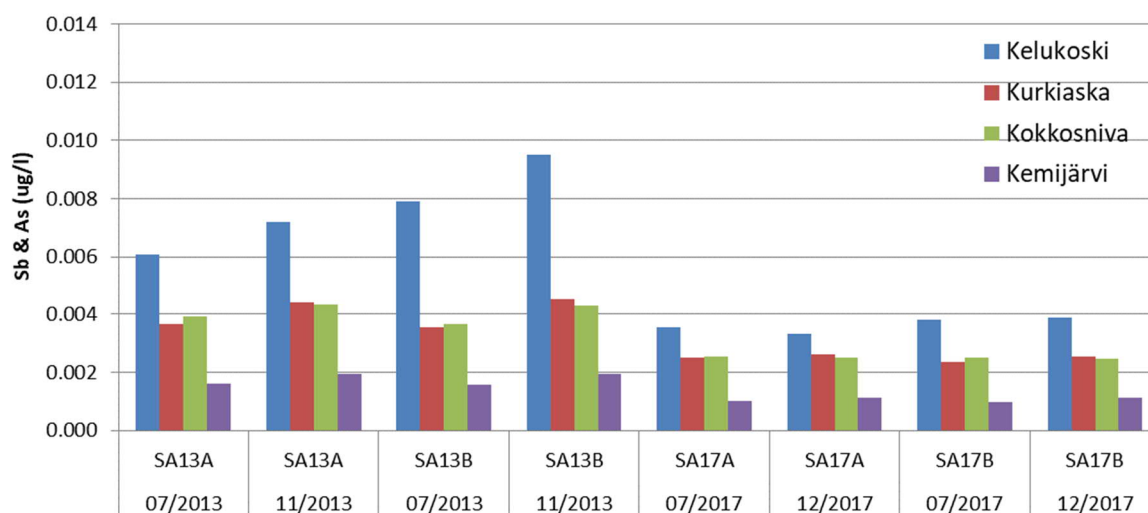
4.13 Antimoni (Sb) ja Arseeni (As)

Antimonin ja arseenin pitoisuusnousut voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla on esitetty taulukossa 14 ja vastaavat tiedot graafisesti kuvassa 55. Kadmiumin pitoisuusaikasarjat kuvassa 52 ovat samat kuin antimonin tai arseenin pitoisuusaikasarjat.

Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,1 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,02 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 14: Antimonin tai arseenin pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Sb & Asi		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.006	0.004	0.004	0.002
11/2013	SA13A	0.007	0.004	0.004	0.002
07/2013	SA13B	0.008	0.004	0.004	0.002
11/2013	SA13B	0.010	0.005	0.004	0.002
07/2017	SA17A	0.004	0.003	0.003	0.001
12/2017	SA17A	0.003	0.003	0.002	0.001
07/2017	SA17B	0.004	0.002	0.002	0.001
12/2017	SA17B	0.004	0.003	0.002	0.001



Kuva 55: Antimoni tai arseeni, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

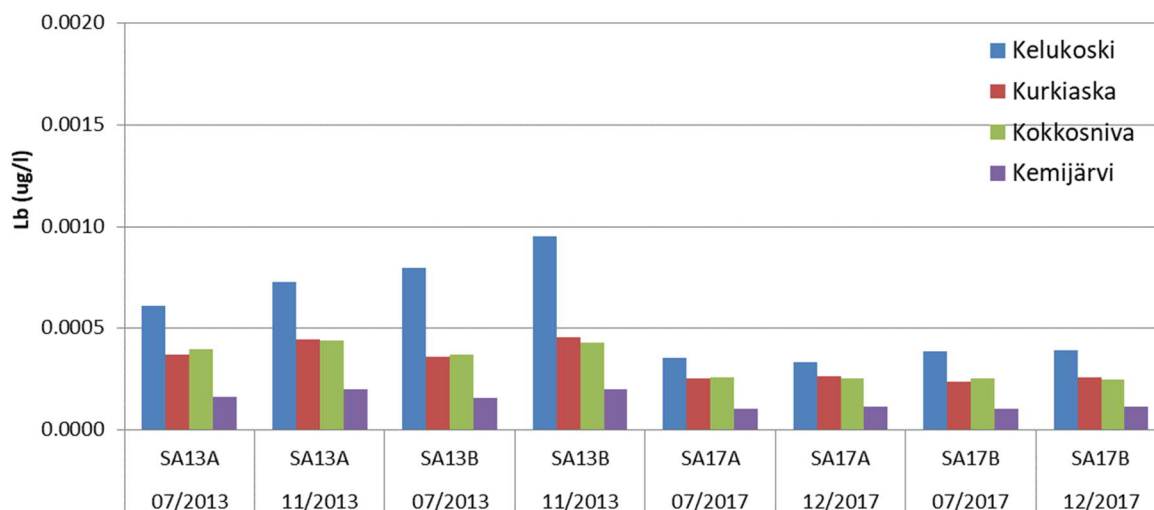
4.14 Lyijy (Lb)

Lyijy kuormitus on tässä laskettu PFSA-raportissa arvioitua purkupitoisuutta suuremmalla pitoisuustasolla 1 µg/l. Pitoisuusnousu voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla on esitetty taulukossa 15 ja vastaavat tiedot graafisesti kuvassa 56.

Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,001 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,0002 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 15: Lyijyn pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariorille taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Lbi		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
Nikkeli		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.0006	0.0004	0.0004	0.0002
11/2013	SA13A	0.0007	0.0004	0.0004	0.0002
07/2013	SA13B	0.0008	0.0004	0.0004	0.0002
11/2013	SA13B	0.0010	0.0005	0.0004	0.0002
07/2017	SA17A	0.0004	0.0003	0.0003	0.0001
12/2017	SA17A	0.0003	0.0003	0.0002	0.0001
07/2017	SA17B	0.0004	0.0002	0.0002	0.0001
12/2017	SA17B	0.0004	0.0003	0.0002	0.0001



Kuva 56: Lyijy, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

5 Tulokset VM2

5.1 Sulfaatti, Kelukosken allas, 2013

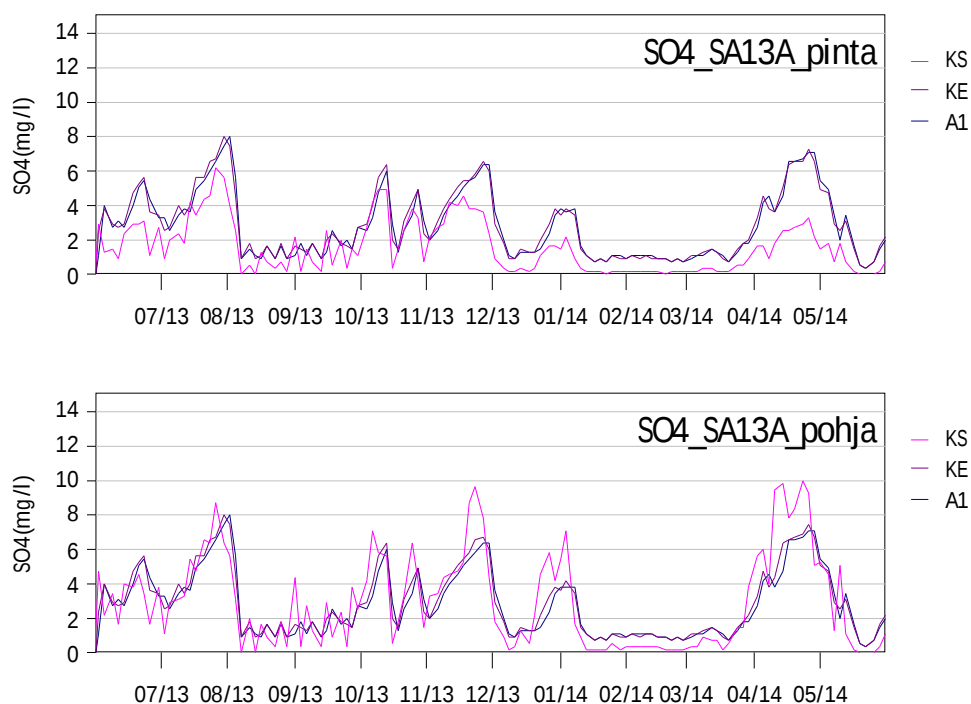
Sulfaattipitoisuuden nousu (SA-skenaariot) ja sulfaattipitoisuudet (KK-skenaariot) on alla esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE ja A1 kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 57-60).

Sulfaattipitoisuuden nousu yltää esitetyissä pisteissä Kelukosken altaalla enimmillään noin 10 mg/l tasolle kaikilla skenaarioilla. Keskimääräisillä virtaamilla pitoisuusnousu jää kuitenkin 2 - 4 mg/l tasolle tai sen alle. Taustakuormitus huomioiden pitoisuus nousee enimmillään noin 14 mg/l tasolle.

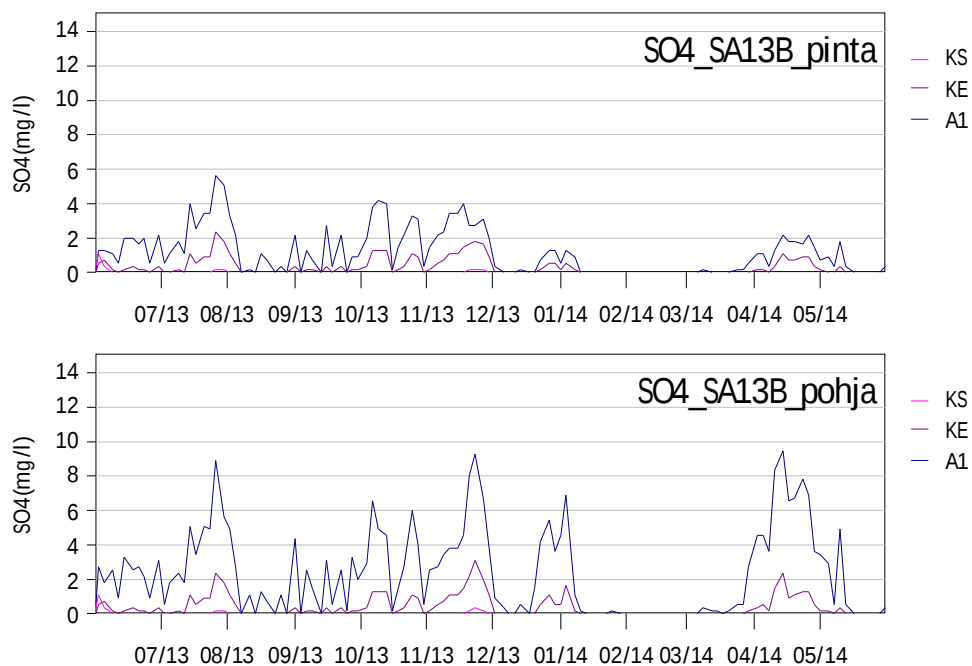
Kuormituksen ollessa pisteessä A jätevesi kulkeutuu pääosin virtauksen mukana etelään, jolloin pisteen KS (pohjoisessa) pitoisuus on tyypillisesti aina alle pisteen KE (etelässä) pitoisuuden. Pohjakerroksessa jätevesi voi kulkeutua kuitenkin ajoittain pohjoiseen, jolloin pitoisuus voi pisteessä KS nousta pisteestä KE korkeammaksi. Kelukosken padon tasolla jätevesi on sekoittunut tasaisesti koko vesikerrokseen.

Kuormituksen ollessa pisteessä B jätevettä ei kulkeudu pisteen KS tasolle missään lasketuissa olosuhteissa. Pisteessä A1, noin 1 km Kelukosken padolta pohjoiseen, pitoisuustaso on enimmillään 11 mg/l tasolla.

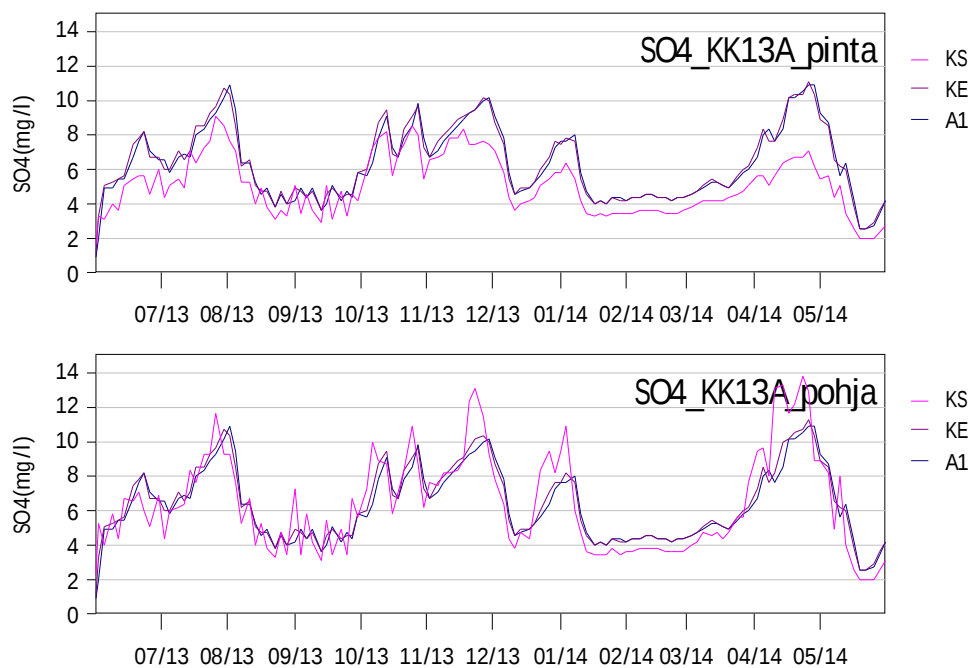
Vuosi 2013 oli kuiva. Kun virtaus on normaalitasolla (esim. syyskuu 2013), jää sulfaattipitoisuuden nousu altaan pintakerroksessa 4 mg/l tasolle tai sen alle kaikissa esitetyissä pisteissä.



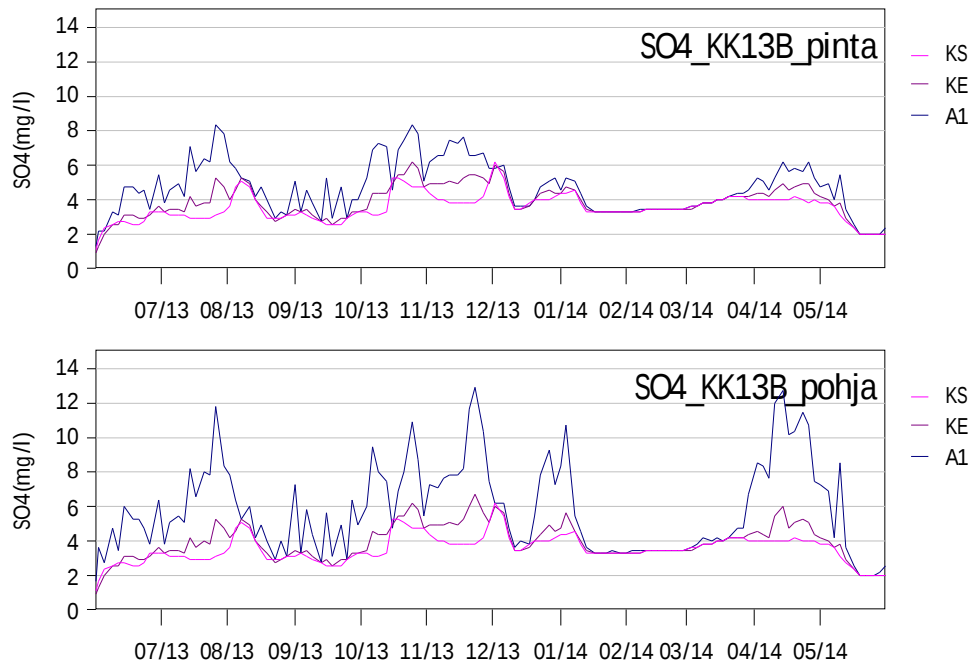
Kuva 57. Sulfaattipitoisuuden nousu pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13A pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



Kuva 58. Sulfaattipitoisuuden nousu pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13B pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



Kuva 59. Sulfaattipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13A pinta- ja pintakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).

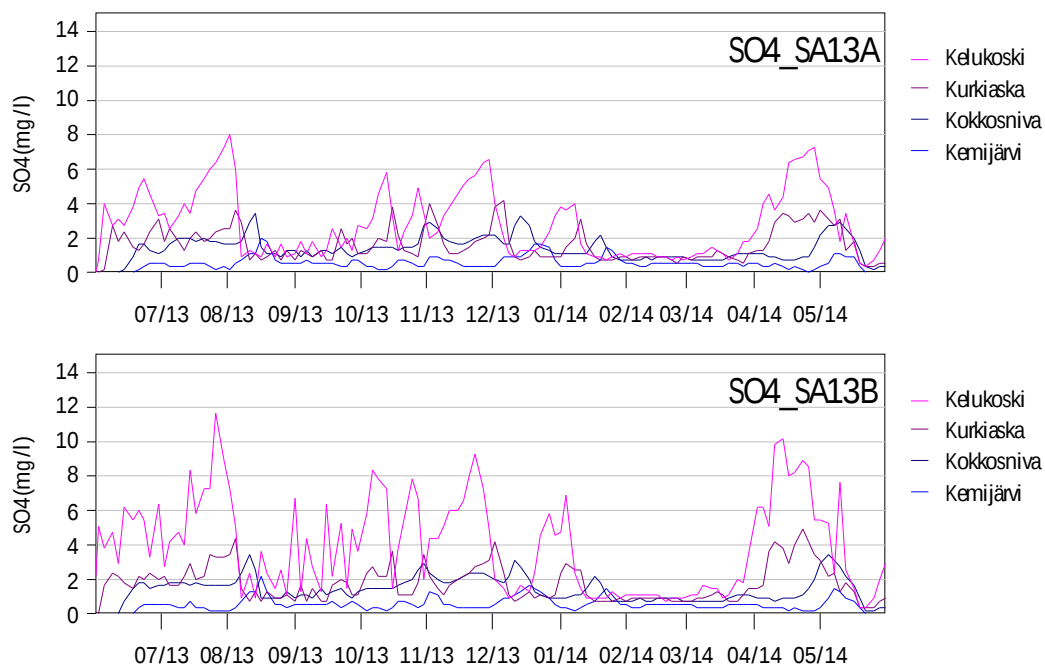


Kuva 60. Sulfaattipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13B pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).

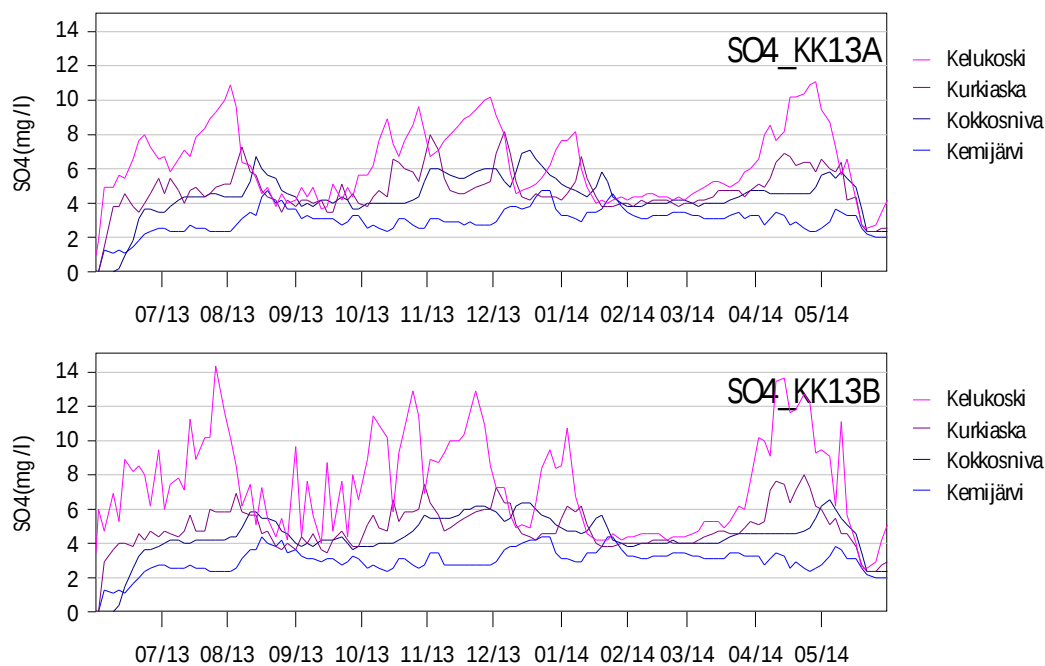
5.2 Sulfaatti, pitoisuudet voimalaitoksilla, 2013

Lasketut sulfaattipitoisuuden nousut (SA-skenaariot) ja sulfaattipitoisuudet (KK-skenaariot) Kelukosken padolla ja siitä alajuoksulle olevilla padoilla on esitetty kuvissa 61 ja 62. Taulukossa 16 ja kuvissa 63 ja 64 on lisäksi esitetty keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta (kuivat kuukaudet 07/2014, normaalit kuukaudet 11/2014, 07/2017 ja 12/2017).

Kelukosken padolla sulfaattipitoisuuden nousu on enimmillään noin 8 – 10 mg/l tasolla huhtikuussa, jolloin kaivoksen kuormitus on suurimmillaan ja virtaama pienimmillään. Kurkiaskan padolla pitoisuusnousu on hieman yli puolet (enimmillään 4 mg/l) ja Kemijärven tasolla noin neljäsosa (enimmillään 2 mg/l) Kelukosken pitoisuustasosta. Taustakuormitus huomioiden pitoisuustaso on Kelukoskella suurimmillaan noin 14 mg/l tasolla. Mikäli kuormitus sijoitetaan pisteeseen A jäävät Kelukosken enimmäispitoisuudet jonkin verran pienemmiksi kuin tilanteessa, jossa kuormitus on pisteessä B.



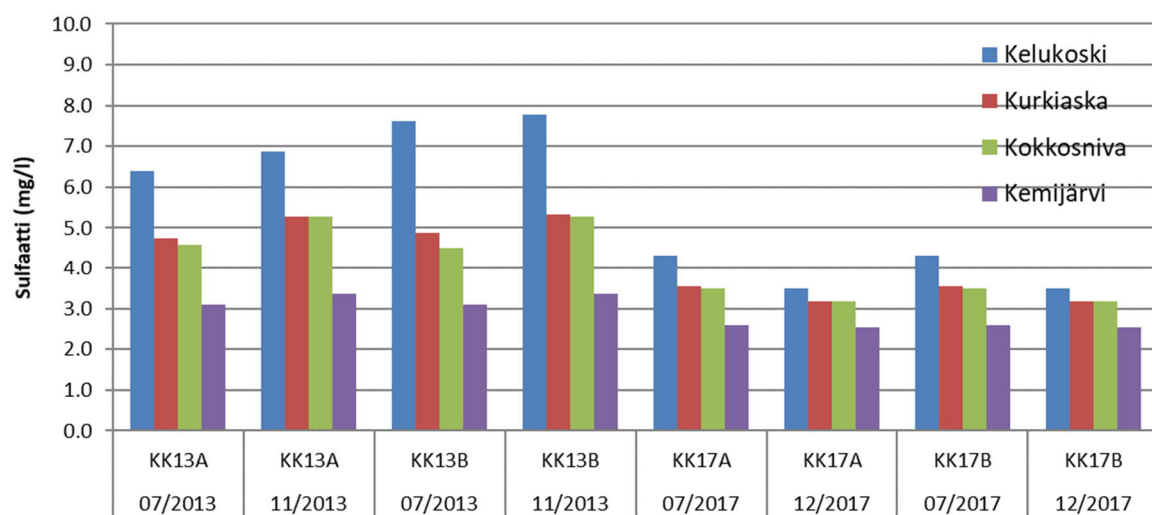
Kuva 61. Sulfaattipitoisuuden nousu Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaariot SA13A ja SA13B, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



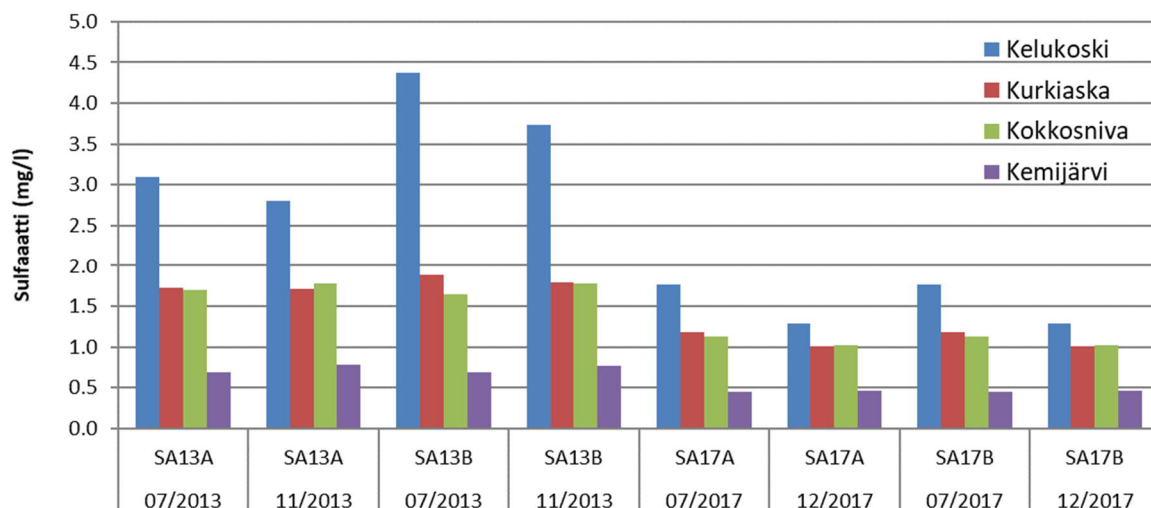
Kuva 62. Sulfaattipitoisuus Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaario KK13A ja KK13B, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).

Taulukko 16: Sulfaattipitoisuuksien ja pitoisuusnousujen keskiarvot eri skenaariorille, keskiarvot taulukon 2 mukaisille kuukausille.

Sulfaatti Kuukausi	Skenario	mg/l Kelukoski	mg/l Kurkiaska	mg/l Kokkosniva	mg/l Kemijärvi
07/2013	KK13A	6.38	4.75	4.58	3.10
11/2013	KK13A	6.87	5.27	5.28	3.37
07/2013	KK13B	7.62	4.88	4.51	3.09
11/2013	KK13B	7.78	5.34	5.29	3.36
07/2017	KK17A	4.32	3.56	3.49	2.60
12/2017	KK17A	3.50	3.17	3.19	2.53
07/2017	KK17B	4.32	3.56	3.49	2.60
12/2017	KK17B	3.50	3.17	3.19	2.53
07/2013	SA13A	3.10	1.73	1.70	0.69
11/2013	SA13A	2.80	1.71	1.78	0.78
07/2013	SA13B	4.37	1.88	1.64	0.69
11/2013	SA13B	3.74	1.79	1.78	0.77
07/2017	SA17A	1.77	1.18	1.13	0.45
12/2017	SA17A	1.29	1.00	1.02	0.46
07/2017	SA17B	1.77	1.18	1.13	0.45
12/2017	SA17B	1.29	1.00	1.02	0.46



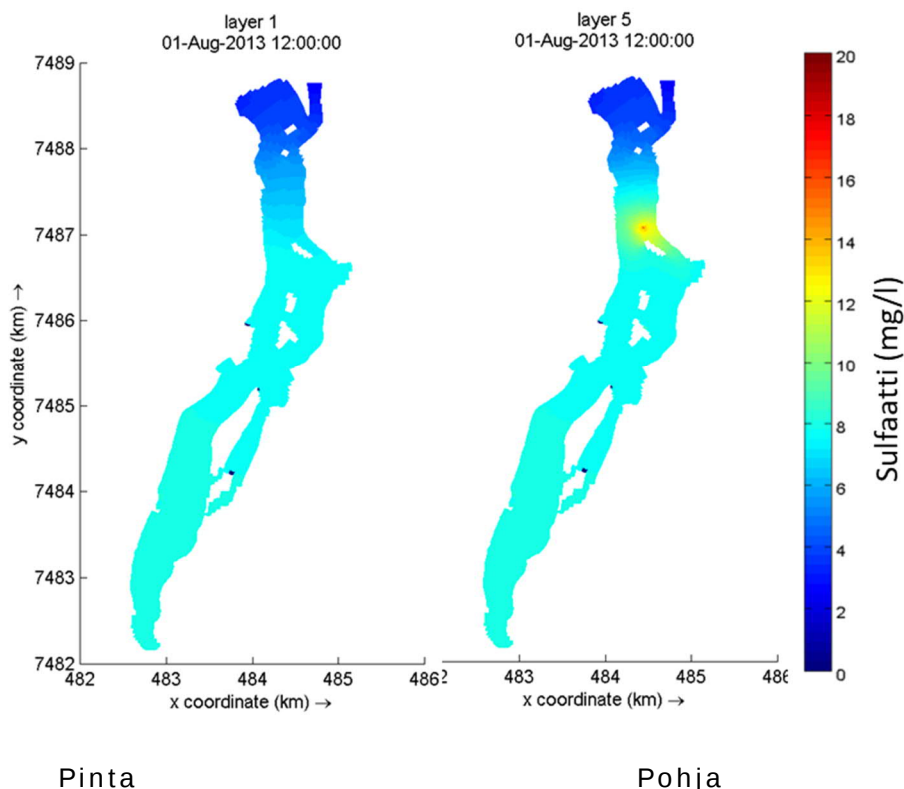
Kuva 63: Sulfaattipitoisuuksien keskiarvot KK-skenarioilla



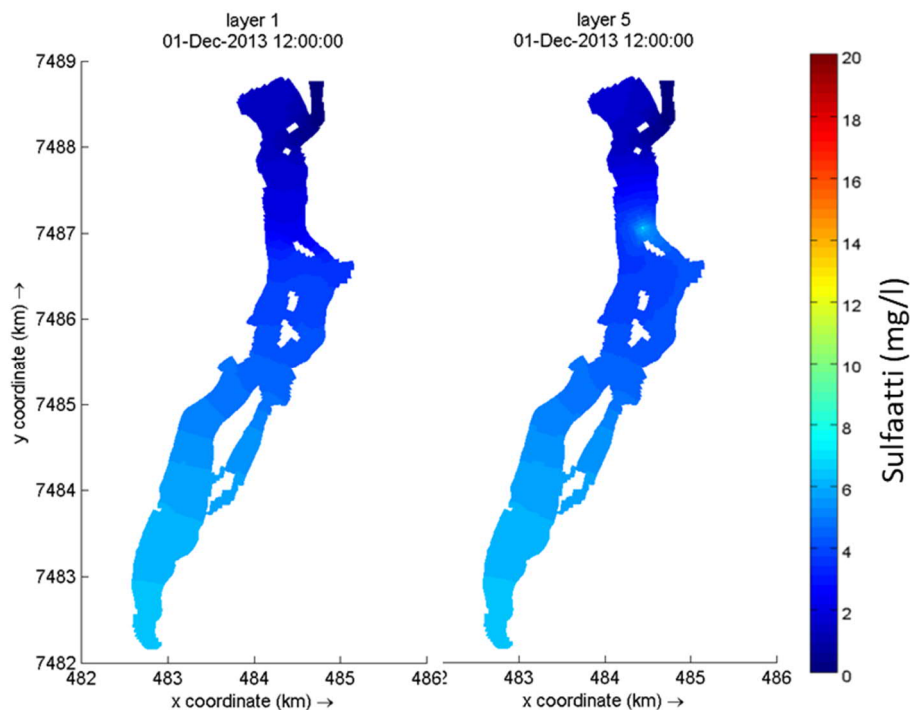
Kuva 64: Sulfaattipitoisuusnousujen keskiarvot SA-skenaarioilla.

5.3 Sulfaatti, pitoisuuskentät, SA13A & SA13B

Kuvissa 65-70 on esitetty sulfaattipitoisuuden nousu pinta- ja pohjakerroksessa ajanhetkeltä 1.8.2013, 1.12.2013 ja 1.5.2014 skenaariosta SA13A (vain Sakatin kuormitus, pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella. Pitoisuusnousut jäävät kuivienkin jaksojen aikana skenaariossa SA13A alle 10 mg/l ja skenaariossa SA13B alle 20 mg/l. Enimmäispitoisuus saavutetaan 1.5.2014 juuri ennen kevättulvan alkamista. Enimmäispitoisuus aiheutuu mallissa käytetystä kuormituksen jaksotuksesta, jossa toukokuun aikana purkuvesimäärä ja siten myös kuormitus on suurimmillaan.



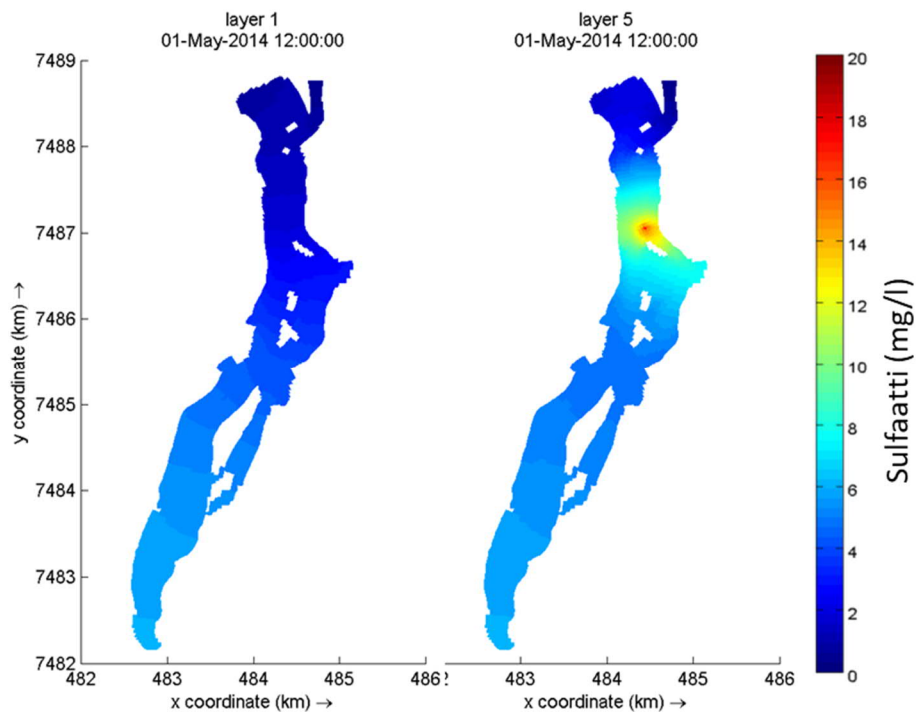
Kuva 65. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



Pinta

Pohja

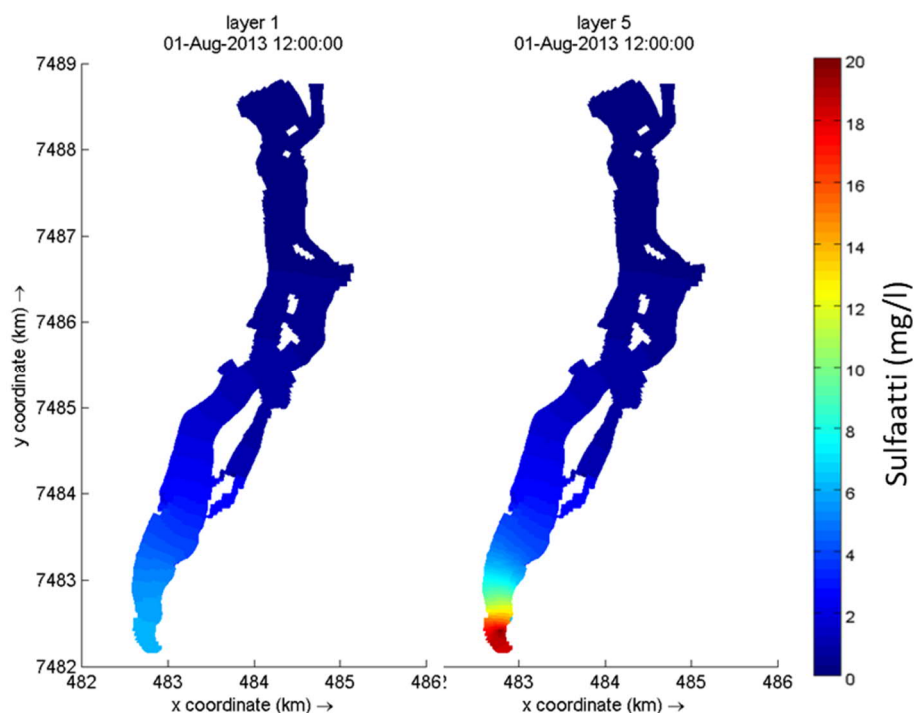
Kuva 66. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



Pinta

Pohja

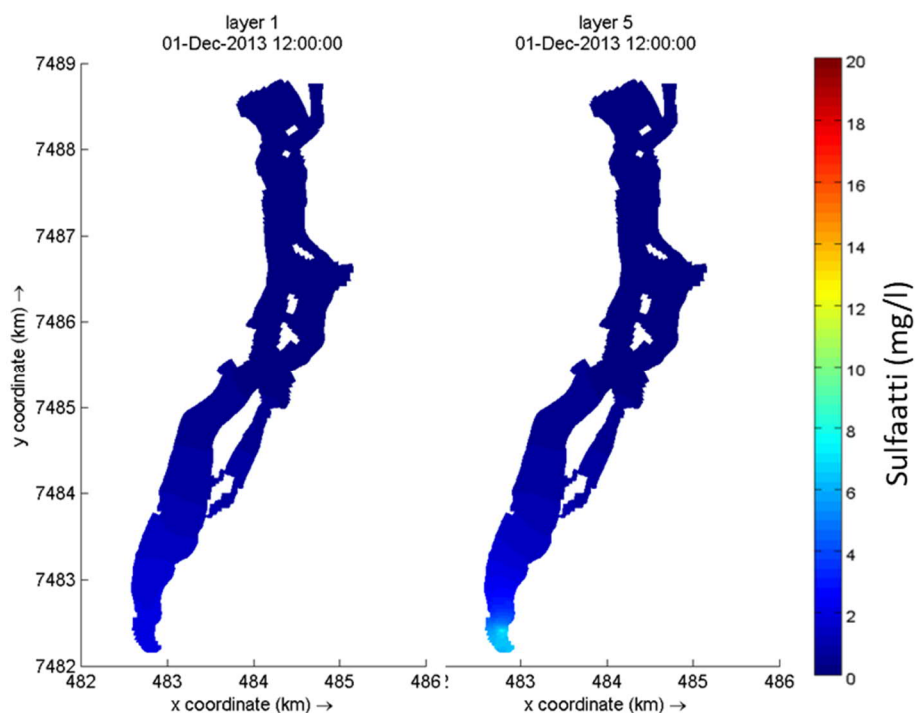
Kuva 67. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.



Pinta

Pohja

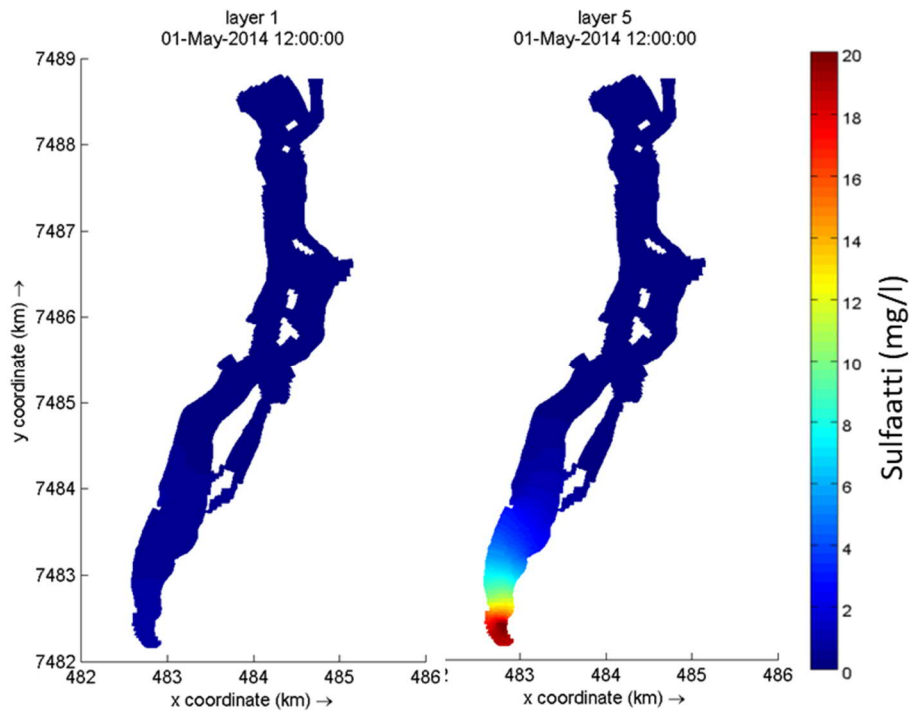
Kuva 68. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäkuukausi.



Pinta

Pohja

Kuva 69. Kelukosken allas, sulfaattoipitoisuus 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



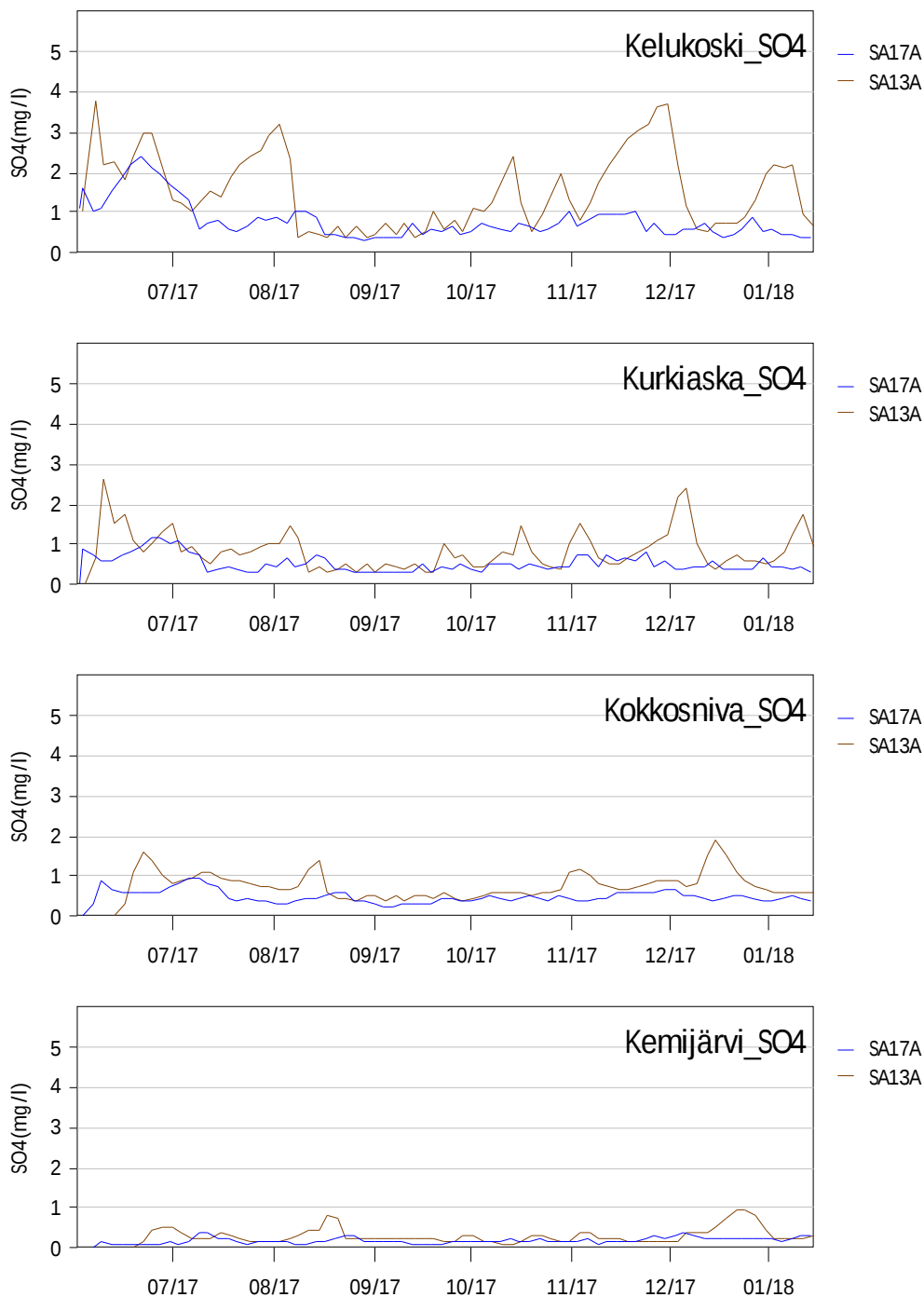
Pinta

Pohja

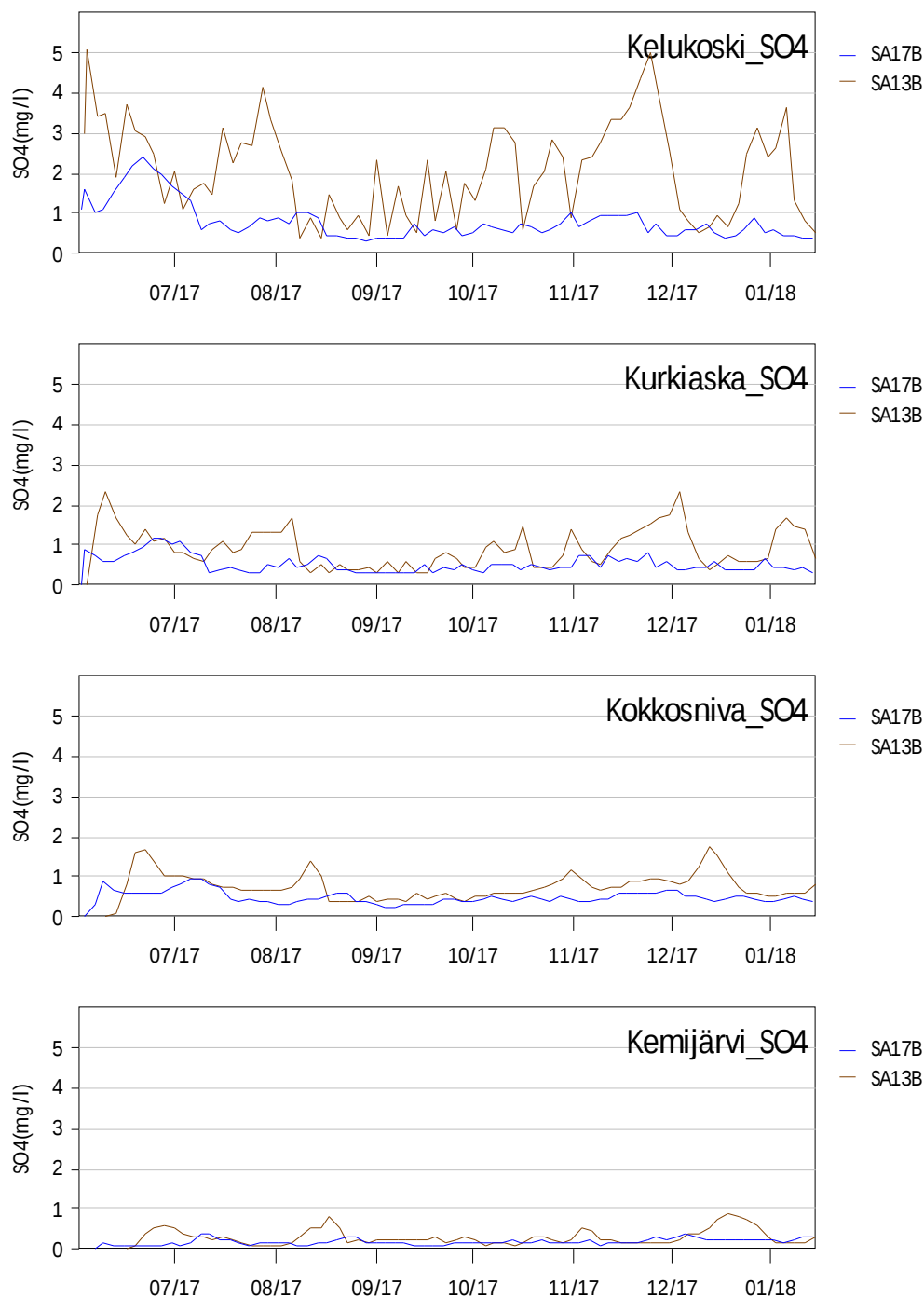
Kuva 70. Kelukosken allas, sulfaattipitoisuus 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.

5.4 Sulfaatti, SA13 ja SA17 -skenaarioiden vertailu

Vuosille 2013 ja 2017 laskettuja sulfaattipitoisuuden nousuja Kelukosken ja sen alapuolisten voimalaitosten kohdalla on vertailtu kuvissa 71 ja 72. Vuoden 2017 olosuhteissa pitoisuudet jäävät selvästi kuivaa vuotta 2013 pienemmiksi kesäkuuta lukuun ottamatta



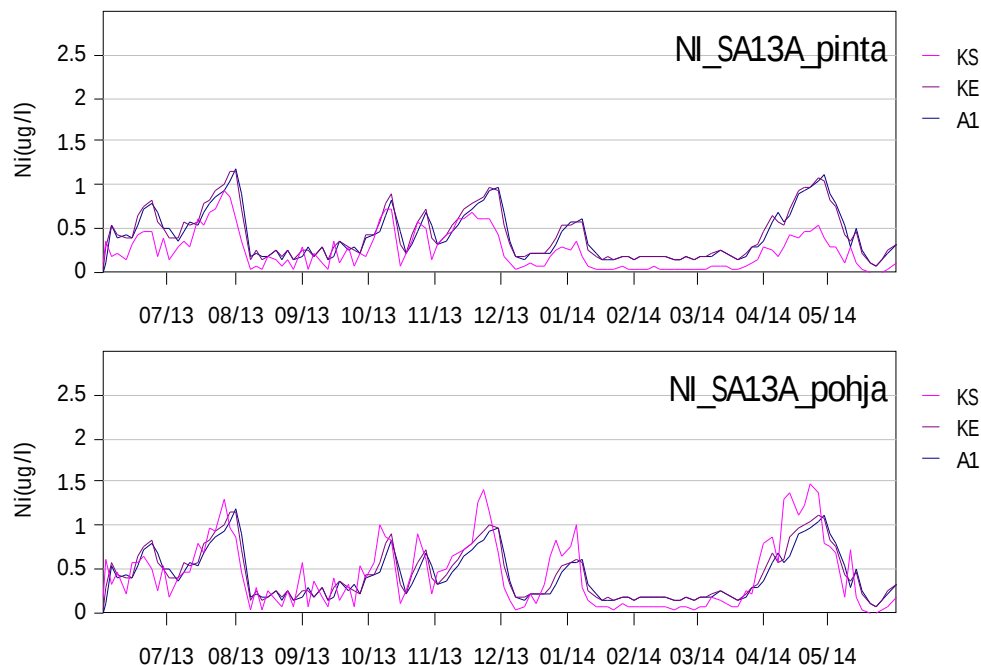
Kuva 71. Sulfaattipitoisuudet voimalaitoksilla, vuosien 2013 ja 2017 vertailu, jakso 01.06 – 15.01 seuraavana vuonna, skenaariot SA13A ja SA17A



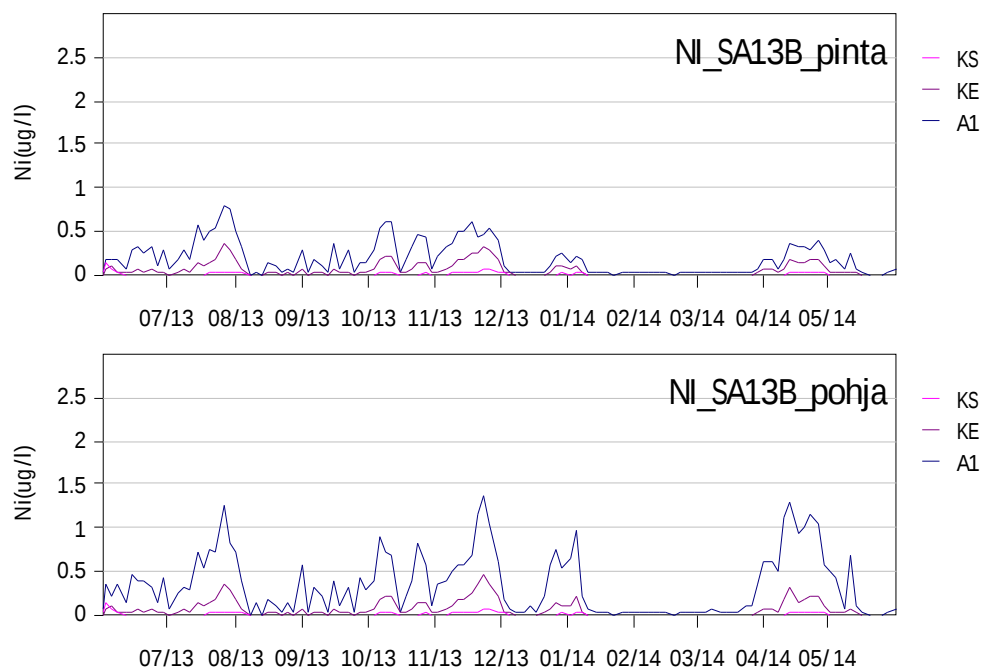
Kuva 72. Sulfaattipitoisuudet voimalaitoksilla, vuosien 2013 ja 2017 vertailu, jakso 01.06 – 15.01 seuraavana vuonna, skenaariot SA13B ja SA17B

5.5 Nikkeli, Kelukosken allas, 2013

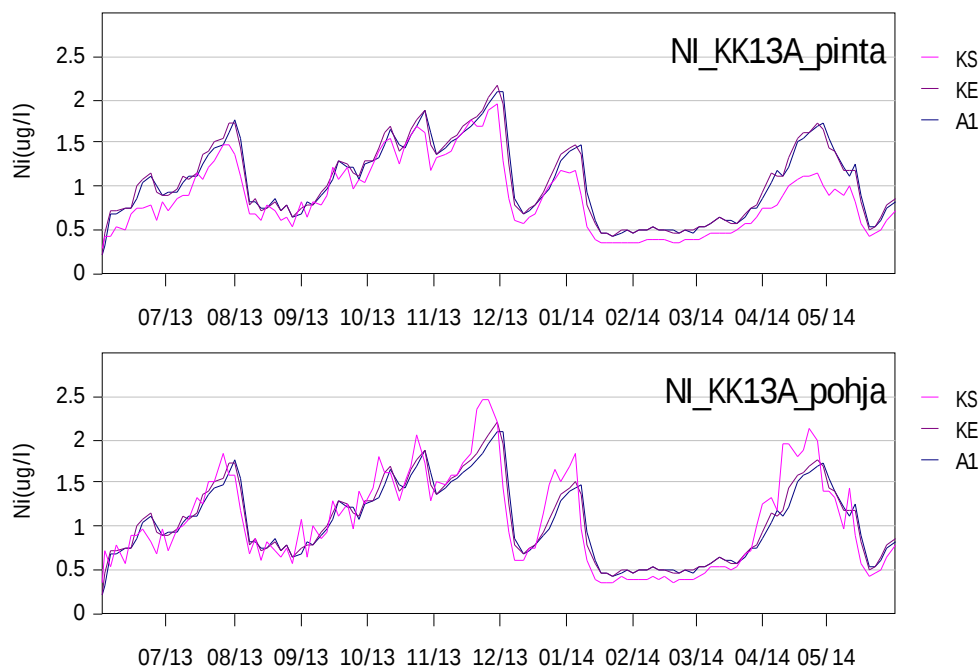
Nikkelin pitoisuusnousut (SA-skenaariot) ja pitoisuudet (KK-skenaariot) on alla esitetty aikasarjoina Kelukosken altaan pisteille KS, KE ja A1 kuivan jakson skenaarioille pinta- ja pohjakerroksesta (kuvat 73-76). Pitoisuusnousut jäävät enimmillään noin 1 µg/l tasolle tai sen alle. Kokonaispitoisuudet ovat alle 2 µg/l tasolla.



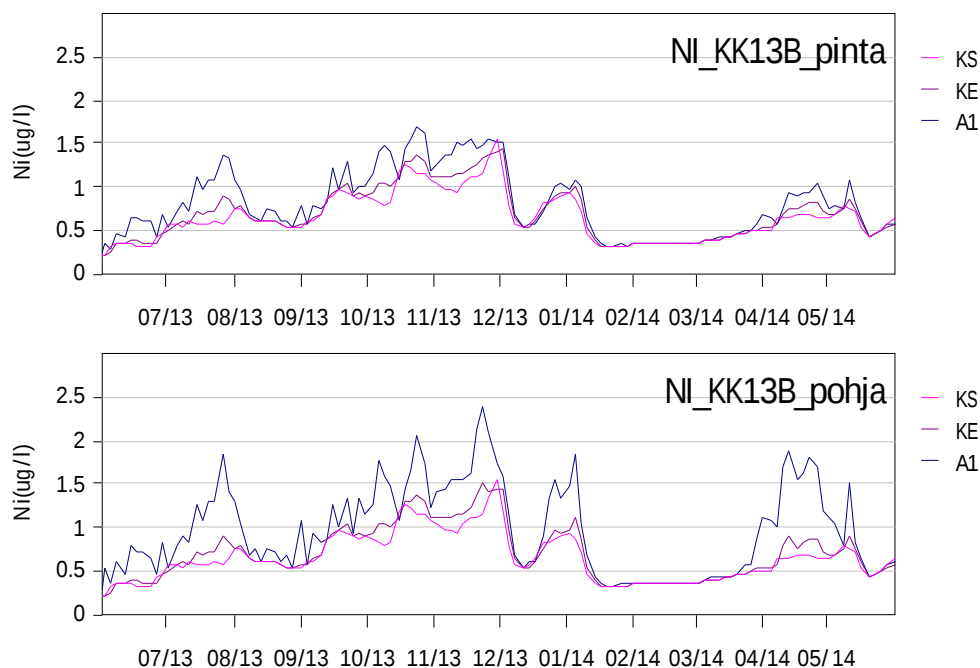
Kuva 73. Nikkeli, pitoisuusnousu pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13A (pitoisuusnousu) pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso)



Kuva 74. Nikkeli, pitoisuusnousu pisteissä KS, KE ja A1, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



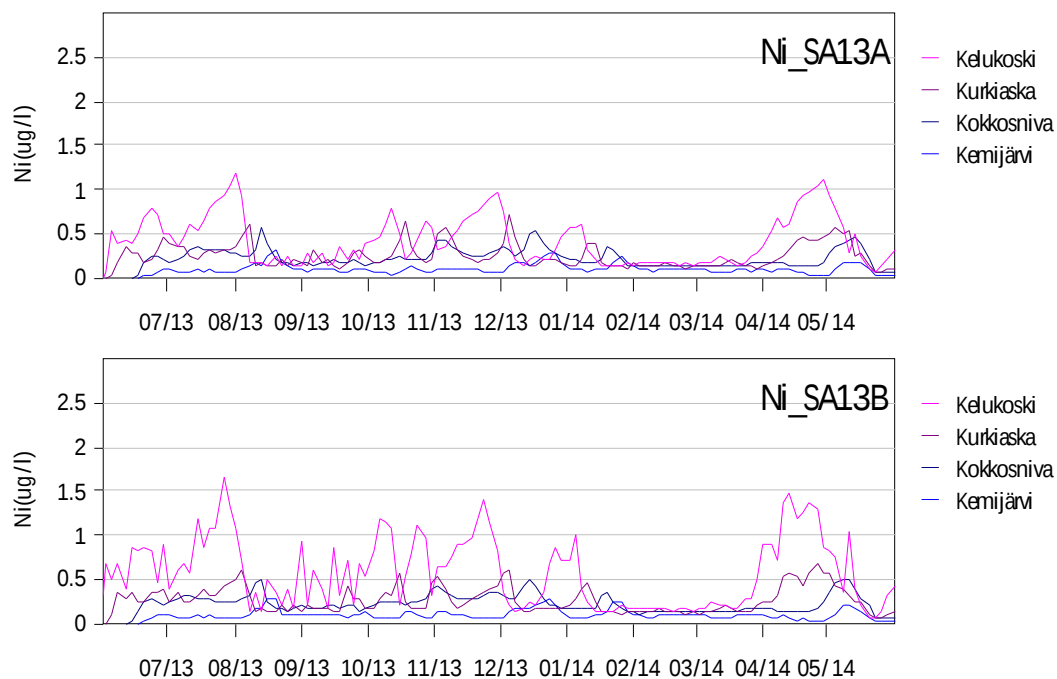
Kuva 75. Nikkelipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13A pinta- ja pintakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso).



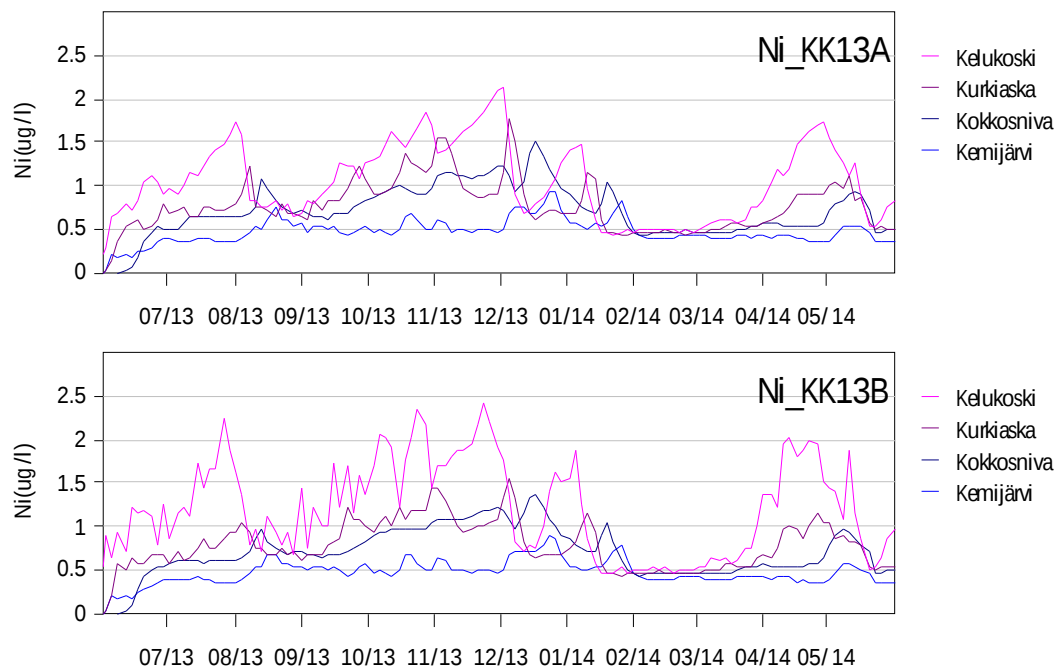
Kuva 76. Nikkelipitoisuus pisteissä KS, KE ja A1, skenaario KK13B pinta- ja pohjakerros, 06/2013-06/2014 (kuiva jakso)

5.6 Nikkeli, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013

Nikkelin pitoisuusnousu Kelukoskella ja sen alapuolisilla voimalaitoksilla on esitetty kuvissa 77 ja 78, ja vastaavat keskiarvotiedot valituilta kuukausilta taulukossa 17 ja kuvissa 79 ja 80. Pitoisuusnousut ovat alle 1 µg/l tasolla, ja kokonaispitoisuudet alle 2 µg/l tasolla.



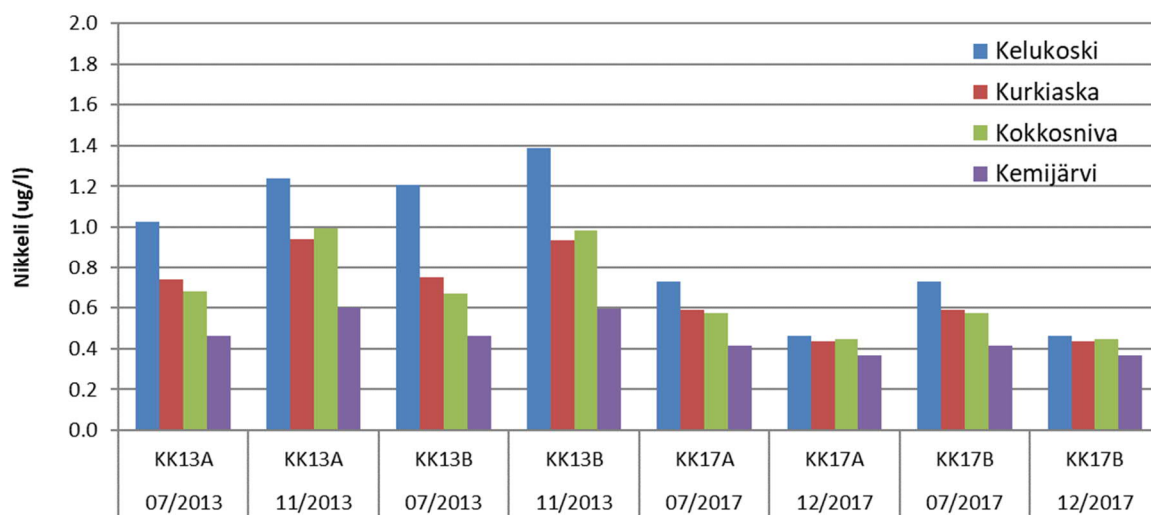
Kuva 77. Nikkeli, pitoisuusnousu, Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso).



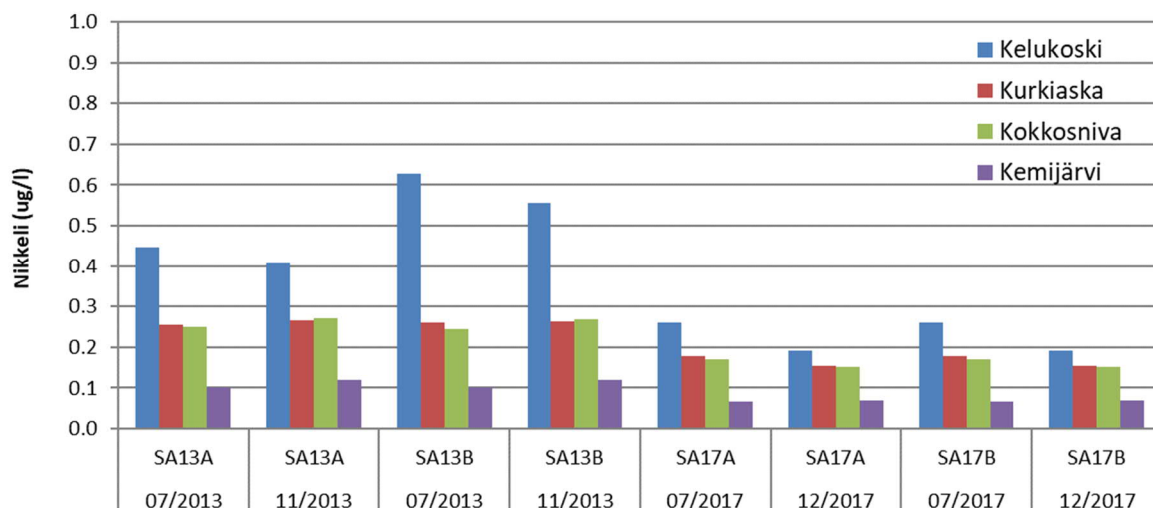
Kuva 78. Nikkelipitoisuus, Kelukoski, Kurkiaska, Kokkosniva ja Pelkosenniemi, skenaario KK13A ja KK13B (kuiva jakso).

Taulukko 17: Nikkelipitoisuuksien/pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Nikkeli Kuukausi	Skenaario	ug/l Kelukoski	ug/l Kurkiaska	ug/l Kokkosniva	ug/l Kemijärvi
07/2013	KK13A	1.029	0.742	0.679	0.461
11/2013	KK13A	1.241	0.944	0.997	0.600
07/2013	KK13B	1.209	0.748	0.672	0.461
11/2013	KK13B	1.387	0.935	0.985	0.595
07/2017	KK17A	0.729	0.593	0.575	0.413
12/2017	KK17A	0.463	0.435	0.446	0.365
07/2017	KK17B	0.729	0.593	0.575	0.413
12/2017	KK17B	0.463	0.435	0.446	0.365
07/2013	SA13A	0.446	0.256	0.250	0.101
11/2013	SA13A	0.408	0.267	0.273	0.119
07/2013	SA13B	0.627	0.262	0.245	0.102
11/2013	SA13B	0.555	0.264	0.268	0.119
07/2017	SA17A	0.259	0.178	0.170	0.067
12/2017	SA17A	0.193	0.155	0.153	0.070
07/2017	SA17B	0.259	0.178	0.170	0.067
12/2017	SA17B	0.193	0.155	0.153	0.070



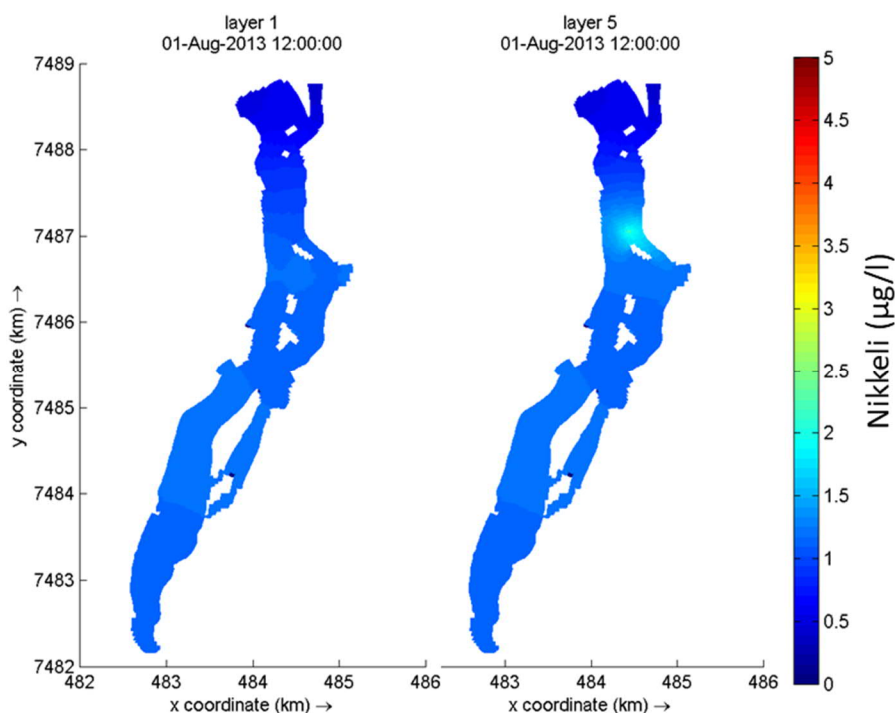
Kuva 79: Nikkelipitoisuuksien keskiarvot KK-skenaarioilla



Kuva 80: Nikkelpitoisuuksien keskiarvot SA-skenaarioilla

5.7 Nikkeli, pitoisuusnousu kartalla, SA13A & SA13B

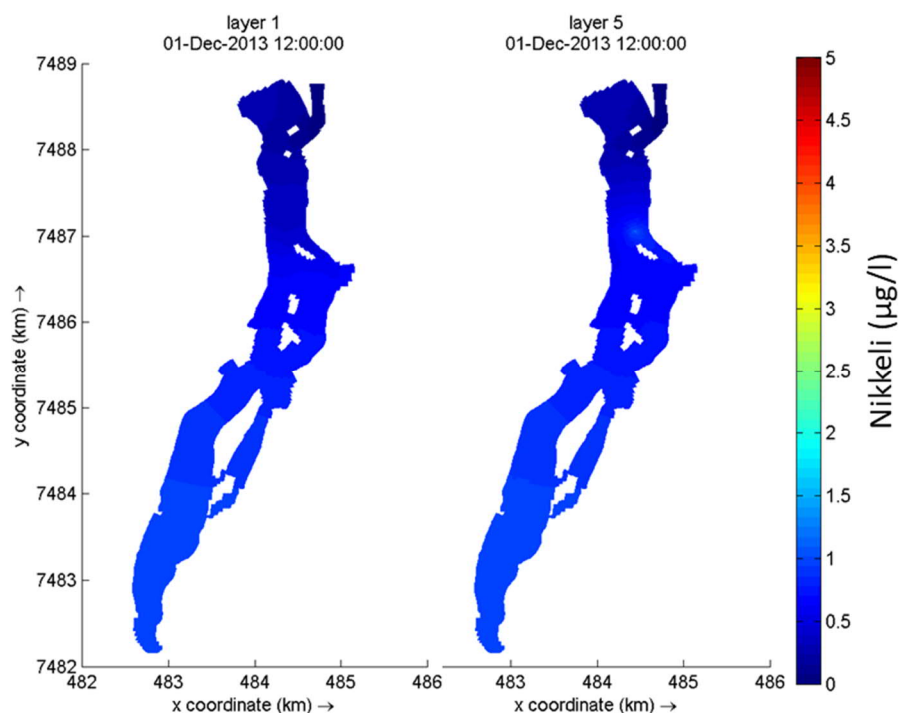
Kuvissa 81-86 on esitetty nikkelpitoisuuden nousu pinta- ja pohjakerroksesta ajanhetkeltä 1.8.2013, 1.12.2013 ja 1.5.2014 skenaariosta SA13A (vain Sakatin kuormitus, pisteessä A) ja SA13B (vain Sakatin kuormitus, pisteessä B). Kuvissa näkyy kuormituksen kerrostuminen pohjan läheiseen kerrokseen purkupisteen lähialueella. Pitoisuudet jäävät kuivienkin jaksojen aikana alle 2 µg/l. Enimmäispitoisuus saavutetaan 1.5.2014 juuri ennen kevättulvan alkamista. Enimmäispitoisuus johtuu osittain mallissa käytetystä kuormituksen jaksotuksesta, jossa toukokuun ajan käytetään suurinta 7000 m³ kuormitusta.



Pinta

Pohja

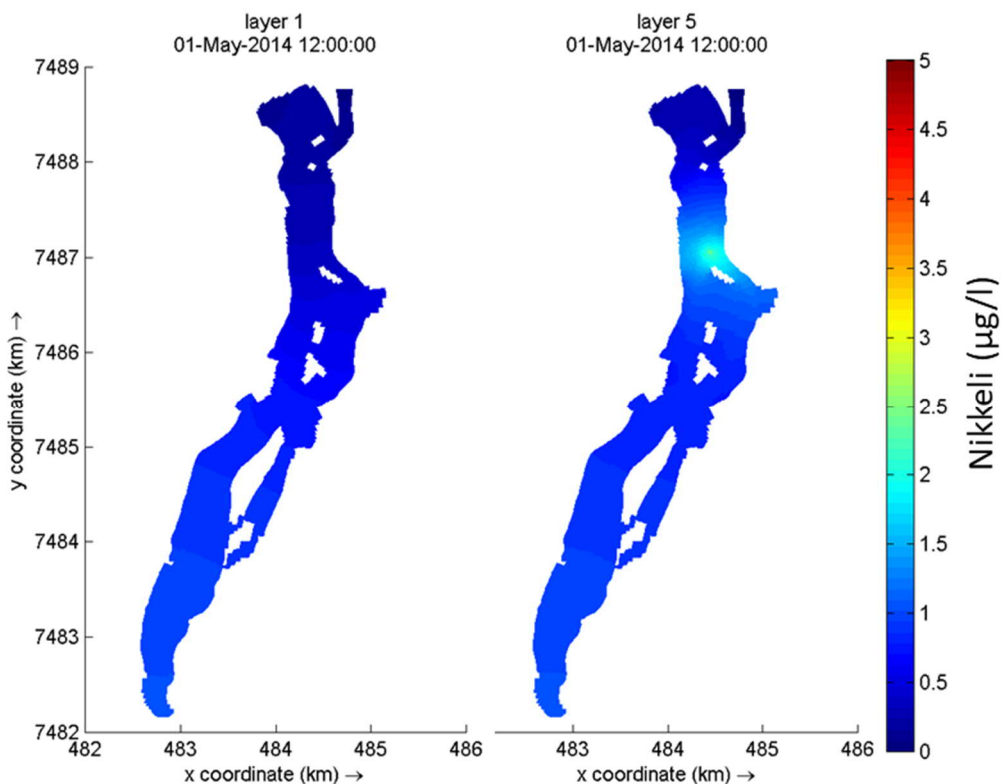
Kuva 81. Kelukosken allas, nikkelpitoisuus 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso.



Pinta

Pohja

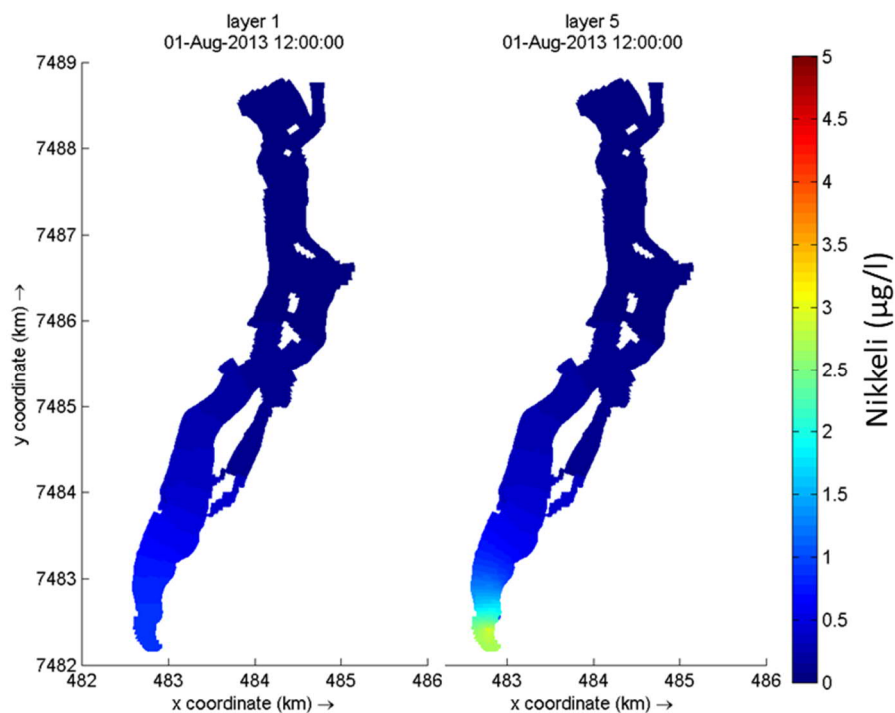
Kuva 82. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvikuukausi.



Pinta

Pohja

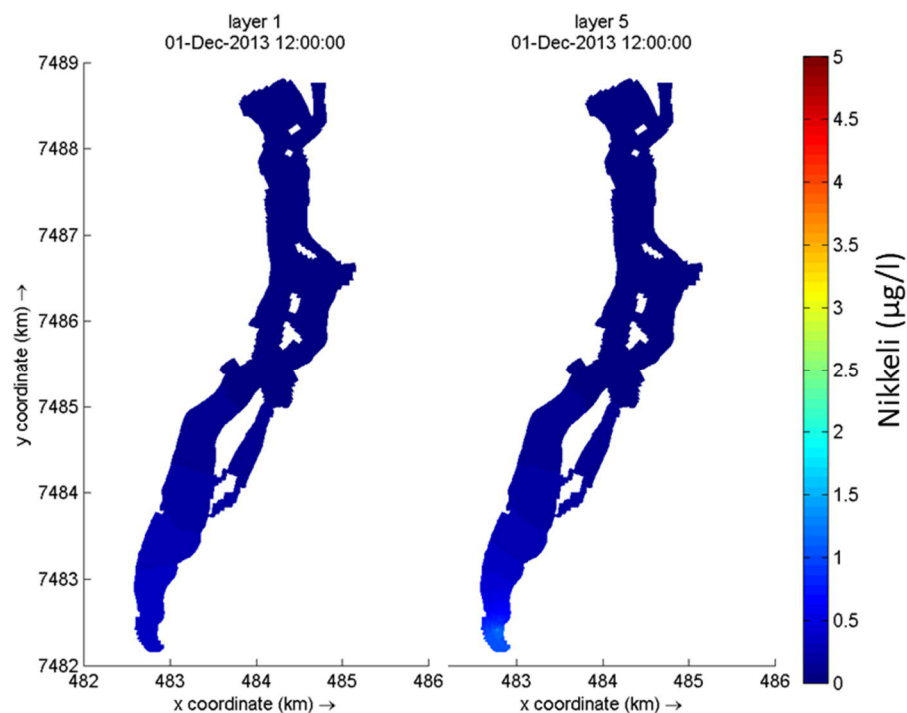
Kuva 83. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13A, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.



Pinta

Pohja

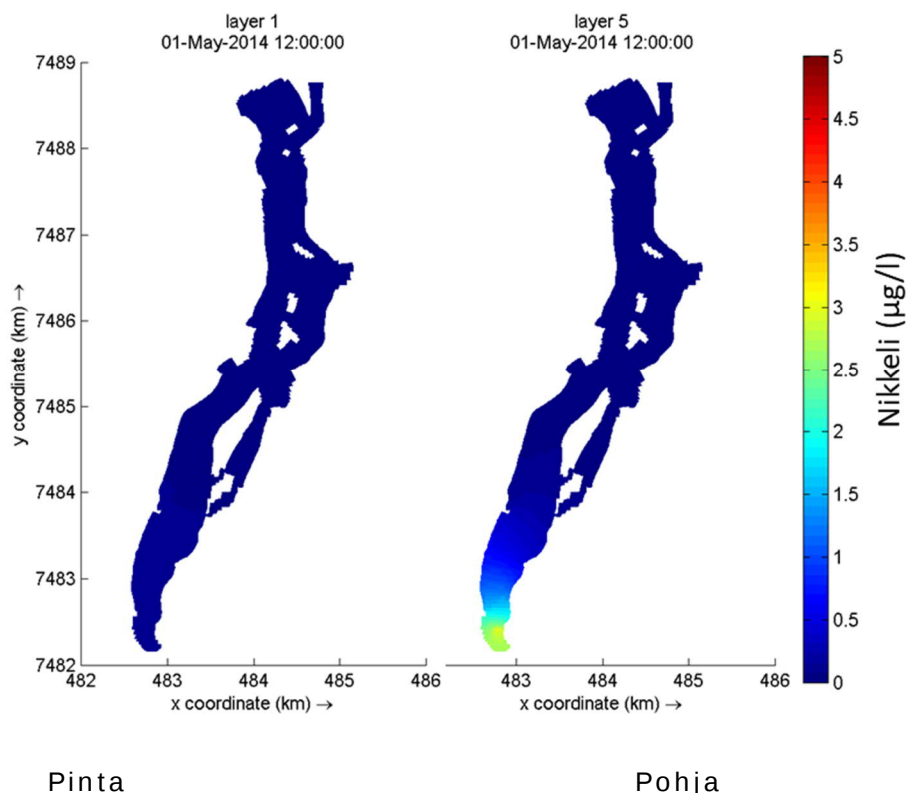
Kuva 84. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu 1.8.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva kesäjakso



Pinta

Pohja

Kuva 85. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu 1.12.2013 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Kuiva talvijakso.



Pinta

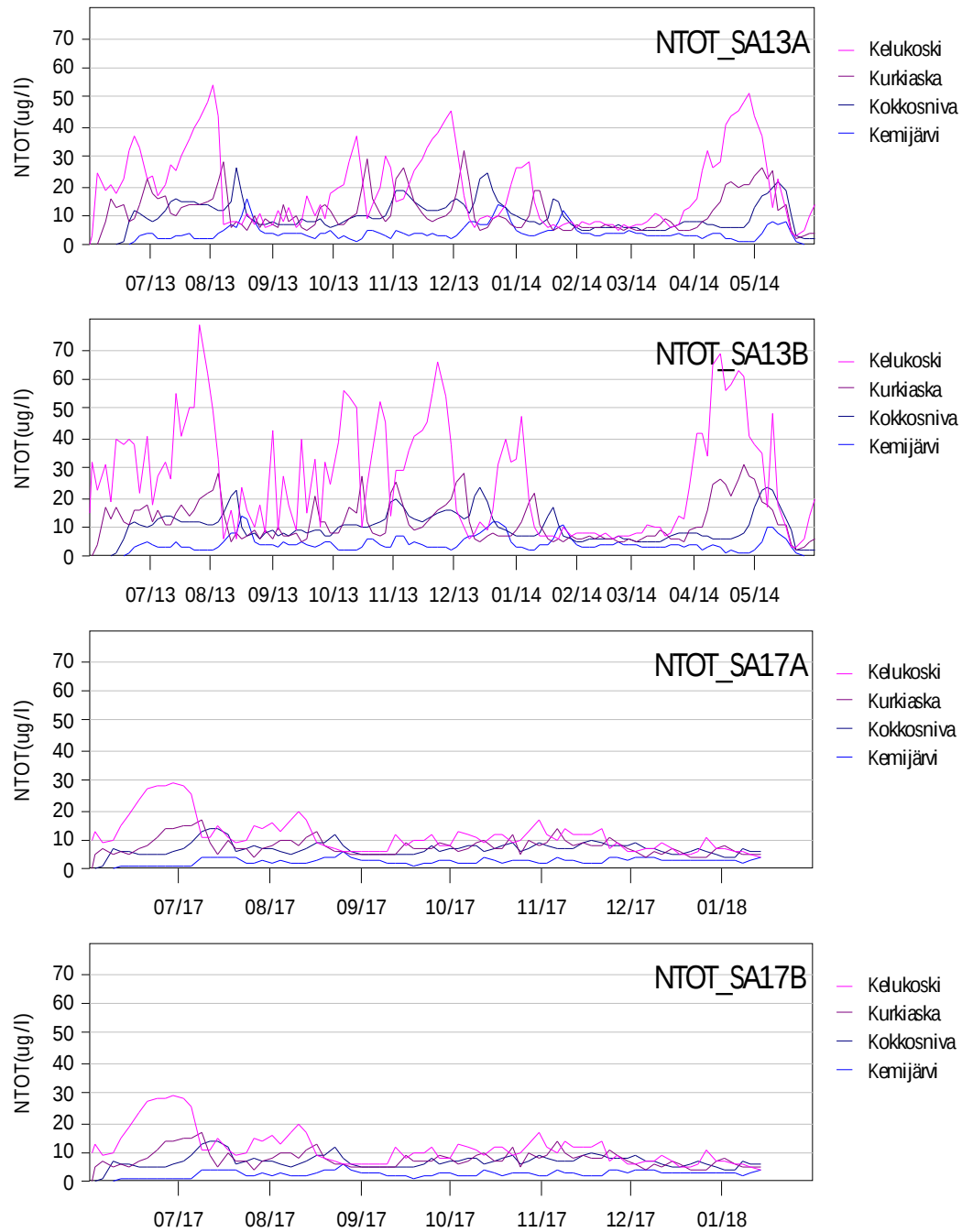
Pohja

Kuva 86. Kelukosken allas, nikkelpitoisuusnousu 1.5.2014 klo 12, skenaario SA13B, pinta- ja pohjakerros. Laskentajakson 06/2013 - 06/2014 pitoisuusmaksimi.

5.8 Kokonaistyyppi, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017

Kokonaistyyppikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 87. Taulukossa 18, sekä kuvassa 88 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta. Nykytilanteessa keskimääräinen kokonaistypen pitoisuus Kitisessä Kokkosnivan alapuolella oli noin 340 µg/l.

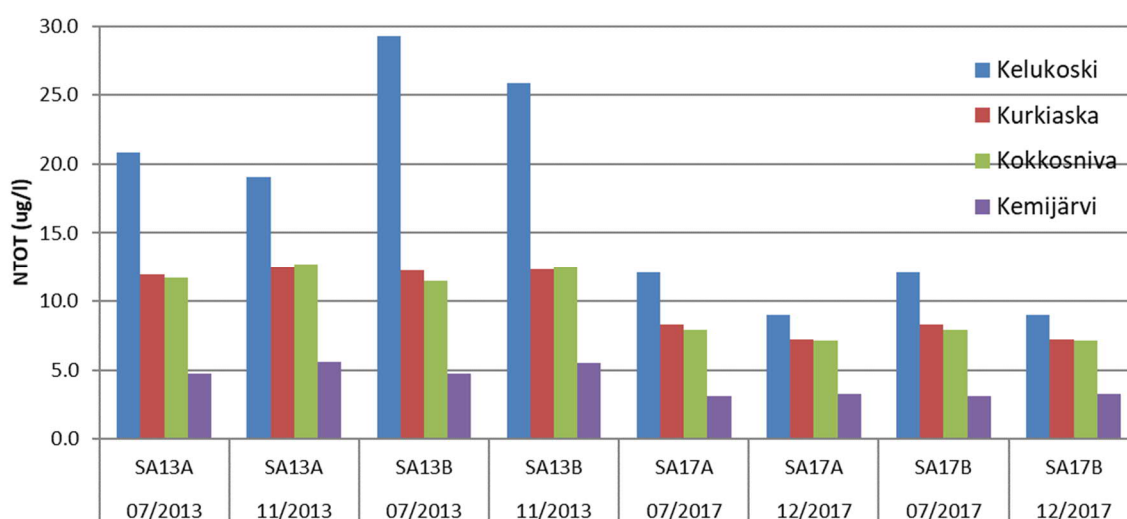
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella pitoisuusnousu oli enimmillään noin 70 - 80 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousu jäi enimmillään noin 10 µg/l tasolle, keskiarvona selvästi pienemmäksi.



Kuva 87. Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

Taulukko 18: Kokonaistypen (NTOT) pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

NTOT		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Kuulausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	20.8	11.9	11.7	4.7
11/2013	SA13A	19.1	12.4	12.7	5.6
07/2013	SA13B	29.3	12.2	11.4	4.8
11/2013	SA13B	25.9	12.3	12.5	5.5
07/2017	SA17A	12.1	8.3	7.9	3.1
12/2017	SA17A	9.0	7.2	7.1	3.3
07/2017	SA17B	12.1	8.3	7.9	3.1
12/2017	SA17B	9.0	7.2	7.1	3.3

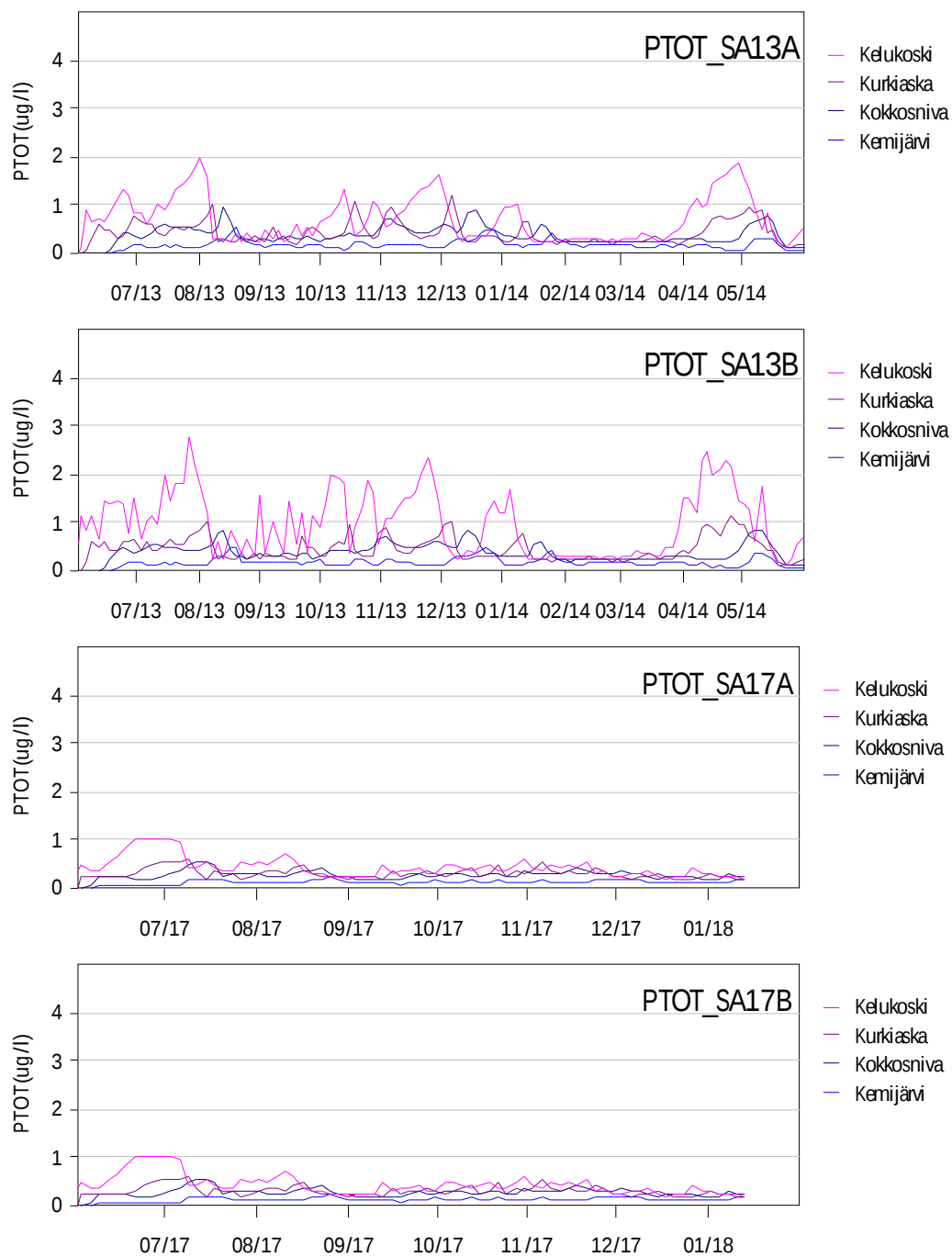


Kuva 88: Kokonaistyyppi pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

5.9 Kokonaisfosfori, pitoisuusnousu voimalaitoksilla, 2013 ja 2017

Kokonaisfosforikuormituksen aiheuttama pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 89. Taulukossa 19 sekä kuvassa 90 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta. Nykytilanteessa keskimääräinen kokonaisfosforin pitoisuus Kitisessä Kokkosnivan alapuolella oli noin 14 $\mu\text{g/l}$.

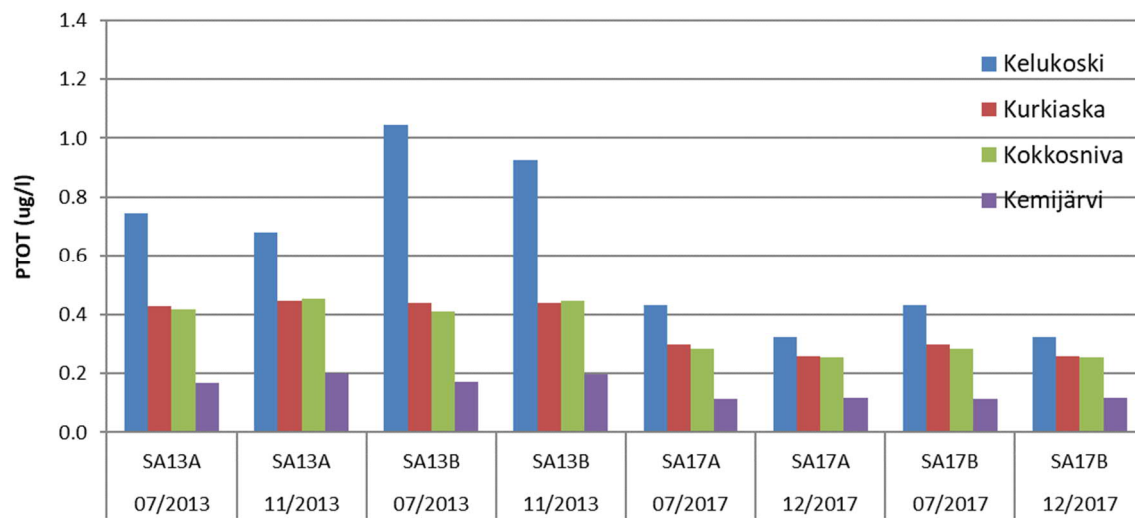
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella pitoisuusnousu oli enimmillään noin 2 $\mu\text{g/l}$ tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousu jäi selvästi alle 0,5 $\mu\text{g/l}$.



Kuva 89. Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

Taulukko 19: Kokonaisfosforin (PTOT) pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

PTOT Kuukausi	Skenaario	µg/l Kelukoski	µg/l Kurkiaska	µg/l Kokkosniva	µg/l Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.7	0.4	0.4	0.2
11/2013	SA13A	0.7	0.4	0.5	0.2
07/2013	SA13B	1.0	0.4	0.4	0.2
11/2013	SA13B	0.9	0.4	0.4	0.2
07/2017	SA17A	0.4	0.3	0.3	0.1
12/2017	SA17A	0.3	0.3	0.3	0.1
07/2017	SA17B	0.4	0.3	0.3	0.1
12/2017	SA17B	0.3	0.3	0.3	0.1



Kuva 90: Kokonaisfosfori pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

5.10 Kupari (Cu), Kromi (Cr)

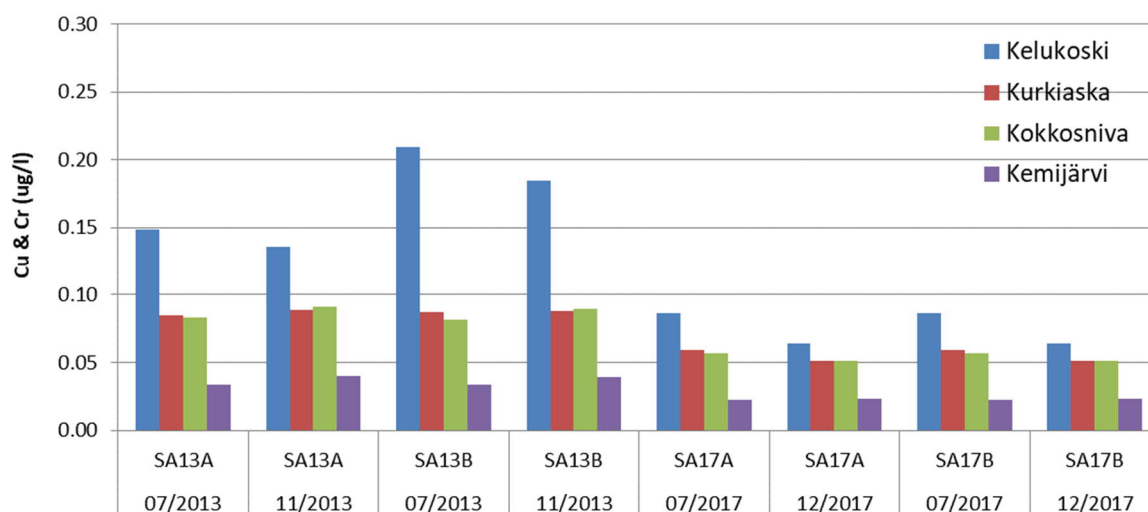
Kuparin ja kromin pitoisuus purettavissa vesissä on arvioitu saman suuruiseksi, joten laskennallinen pitoisuusnousu joessa on sama kummallekin metalleille. Alla esitetyt pitoisuudet pätevät siis sekä kuparille että kromille.

Pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 92. Taulukossa 20, sekä kuvassa 91 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta. Luvut ovat samat kuparille ja kromille.

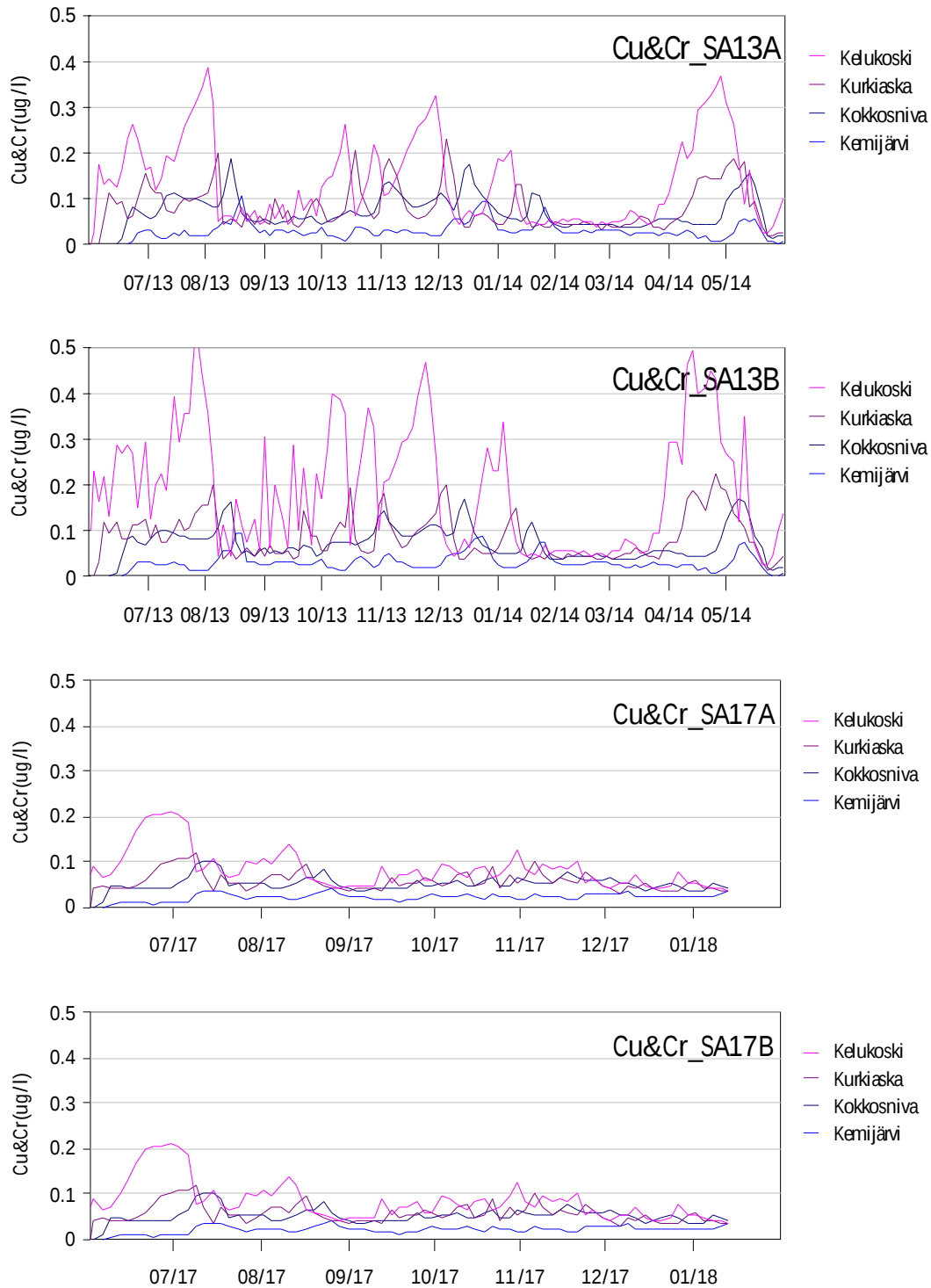
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,2 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi alle 0,04 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 20: Kuparin tai kromin (Cu & Cr) pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksolle.

Cu & Cr		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.149	0.085	0.083	0.034
11/2013	SA13A	0.136	0.089	0.091	0.040
07/2013	SA13B	0.209	0.087	0.082	0.034
11/2013	SA13B	0.185	0.088	0.089	0.040
07/2017	SA17A	0.086	0.059	0.057	0.022
12/2017	SA17A	0.064	0.052	0.051	0.023
07/2017	SA17B	0.086	0.059	0.057	0.022
12/2017	SA17B	0.064	0.052	0.051	0.023



Kuva 91: Kupari tai Kromi, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.



Kuva 92. Kupari tai kromi (Cu & Cr), pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

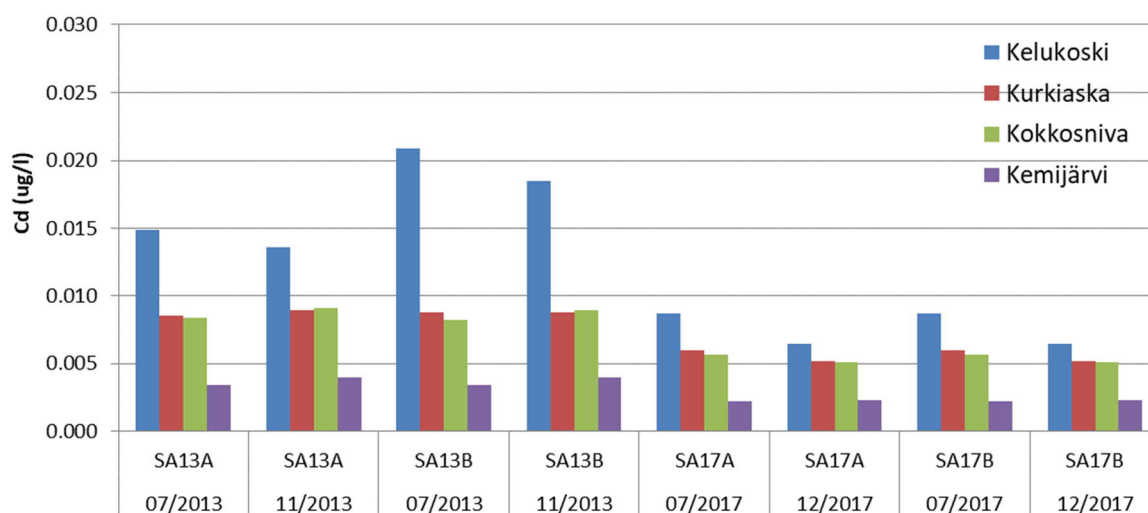
5.11 Kadmium (Cd)

Kadmiumin pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 94. Taulukossa 21, sekä kuvassa 93 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta.

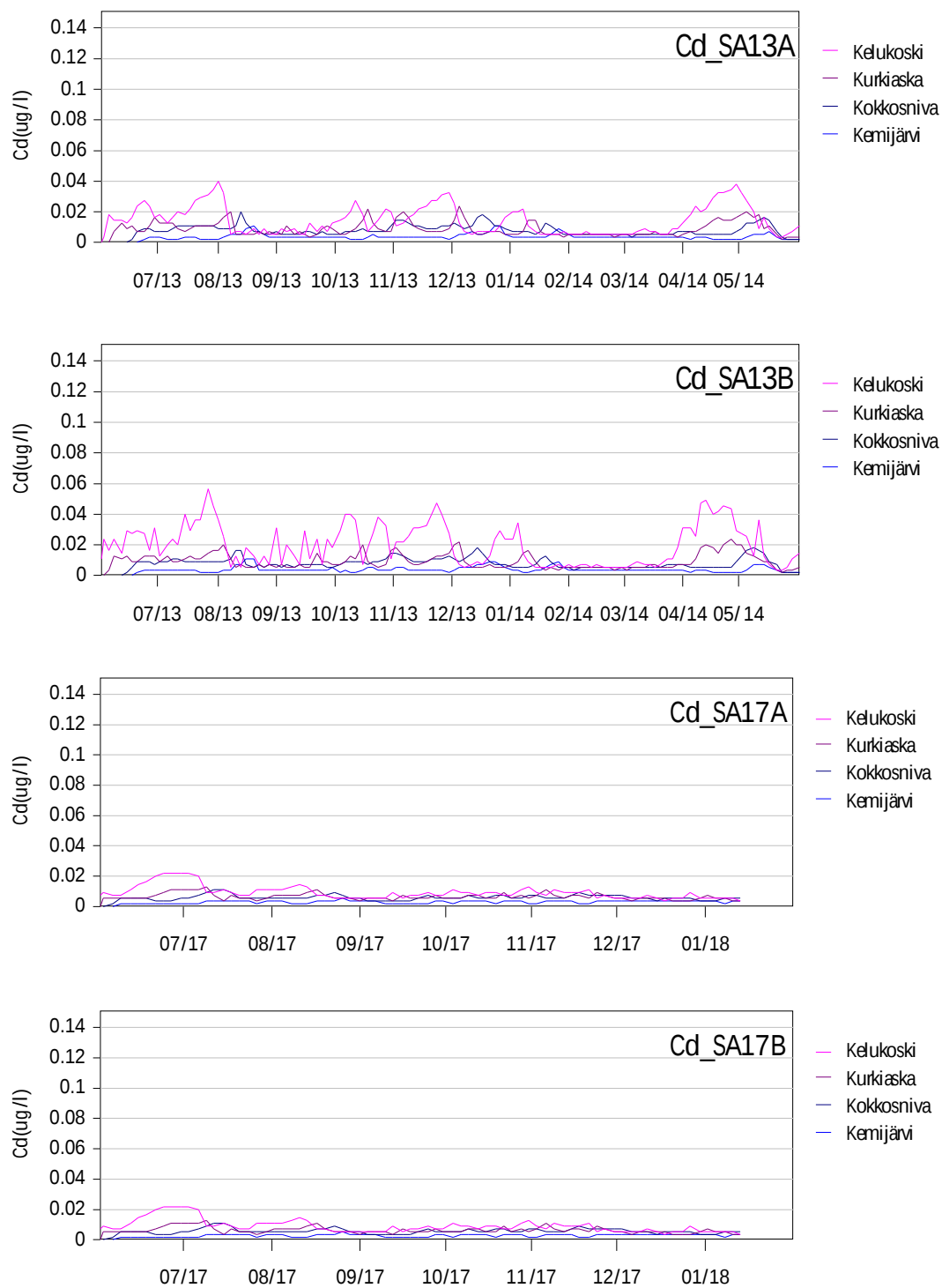
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,02 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,004 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 21: Kadmiumin pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Cd		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.015	0.009	0.008	0.003
11/2013	SA13A	0.014	0.009	0.009	0.004
07/2013	SA13B	0.021	0.009	0.008	0.003
11/2013	SA13B	0.018	0.009	0.009	0.004
07/2017	SA17A	0.009	0.006	0.006	0.002
12/2017	SA17A	0.006	0.005	0.005	0.002
07/2017	SA17B	0.009	0.006	0.006	0.002
12/2017	SA17B	0.006	0.005	0.005	0.002



Kuva 93: Kadmium, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.



Kuva 94. Kadmium pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

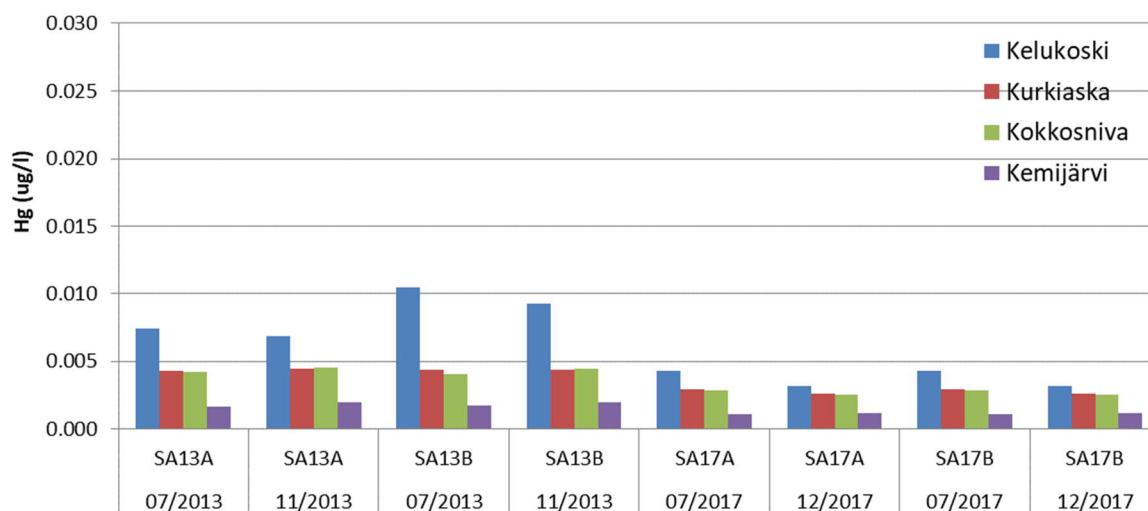
5.12 Elohopea (Hg)

Elohopean pitoisuusnousu voimalaitosten kohdalla vuoden 2013 laskentajaksolle SA-laskentaskenaarioilla on esitetty kuvassa 96. Taulukossa 22, sekä kuvassa 95 on lisäksi esitetty pitoisuusnousun keskiarvot kuivilta ja normaaleilta kuukausilta.

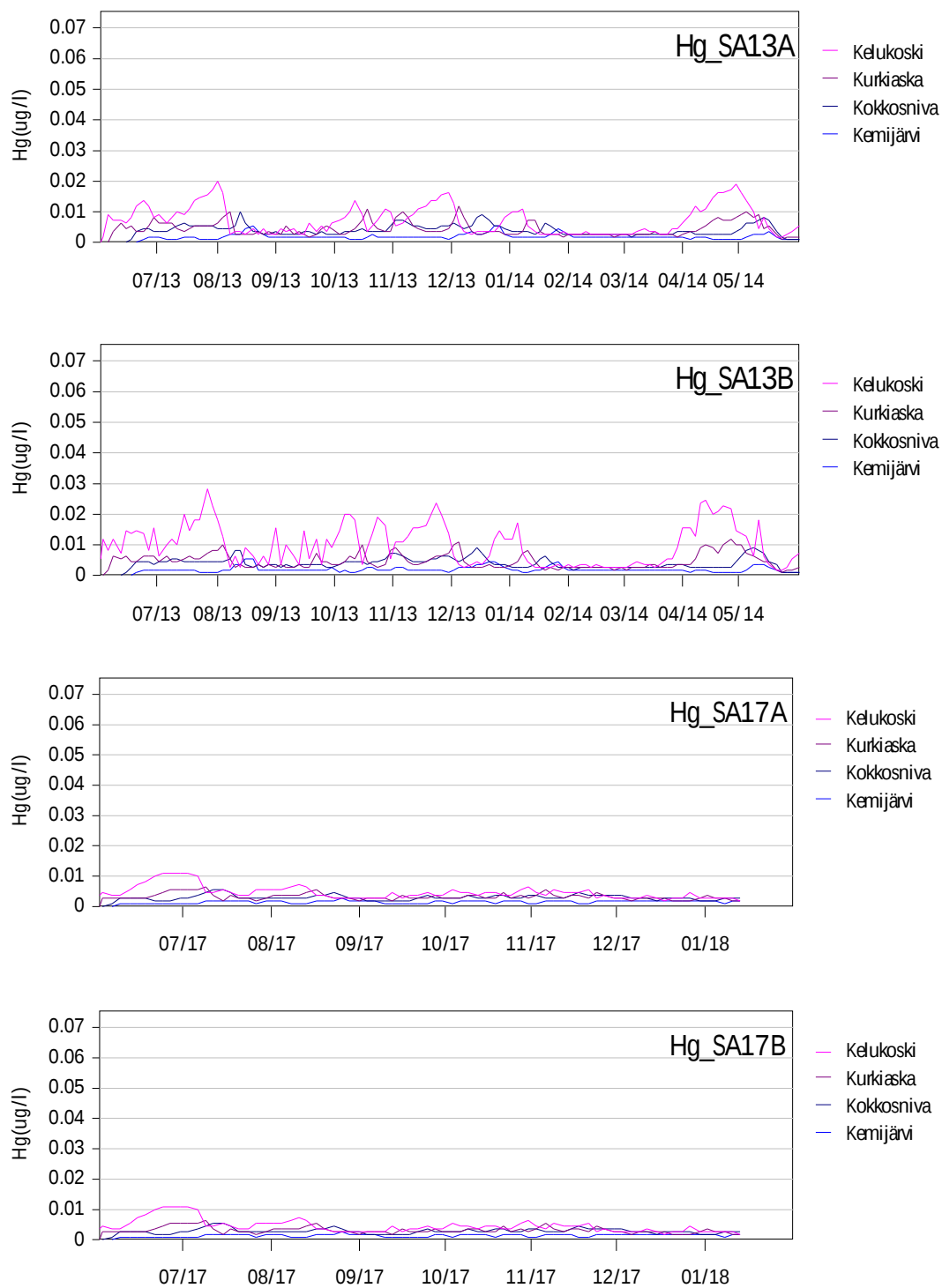
Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,01 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,002 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 22: Elohopean pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariorille taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Hg		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.007	0.004	0.004	0.002
11/2013	SA13A	0.007	0.004	0.005	0.002
07/2013	SA13B	0.010	0.004	0.004	0.002
11/2013	SA13B	0.009	0.004	0.004	0.002
07/2017	SA17A	0.004	0.003	0.003	0.001
12/2017	SA17A	0.003	0.003	0.003	0.001
07/2017	SA17B	0.004	0.003	0.003	0.001
12/2017	SA17B	0.003	0.003	0.003	0.001



Kuva 95: Elohopea, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.



Kuva 96. Elohopean pitoisuusnousu voimalaitoksilla, skenaariot SA13A ja SA13B (kuiva jakso), sekä SA17A ja SA17B (keskimääräinen jakso).

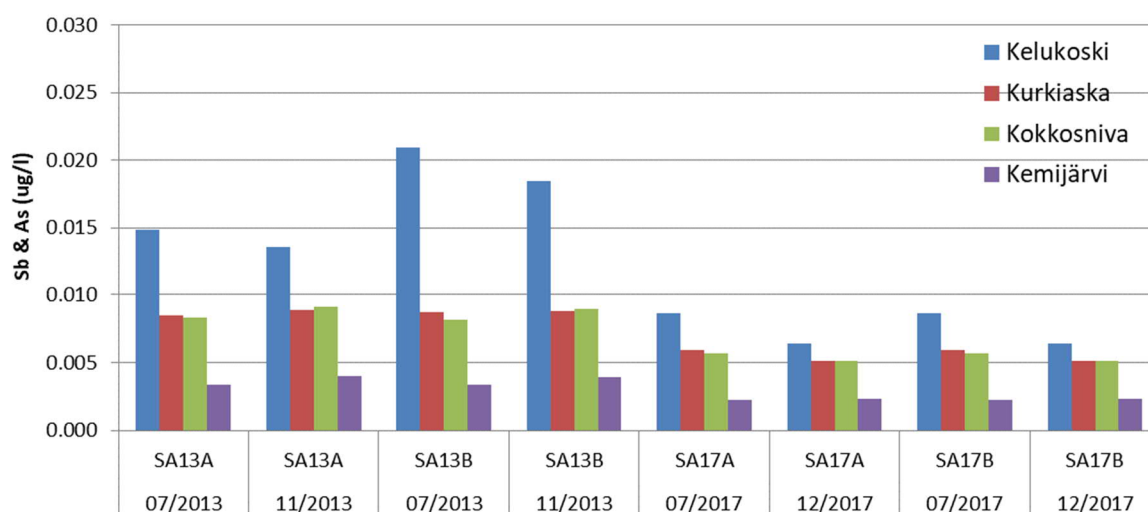
5.13 Antimoni (Sb) ja Arseeni (As)

Antimonin ja arseenin pitoisuusnousut voimalaitoksilla SA-laskentaskenaarioilla on esitetty taulukossa 23 ja vastaavat tiedot graafisesti kuvassa 97. Kadmiumin pitoisuusaikasarjat kuvassa 94 ovat samat kuin antimonin tai arseenin pitoisuusaikasarjat.

Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,2 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,04 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 23: Antimonin tai arseenin pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Sb & As		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.015	0.009	0.008	0.003
11/2013	SA13A	0.014	0.009	0.009	0.004
07/2013	SA13B	0.021	0.009	0.008	0.003
11/2013	SA13B	0.018	0.009	0.009	0.004
07/2017	SA17A	0.009	0.006	0.006	0.002
12/2017	SA17A	0.006	0.005	0.005	0.002
07/2017	SA17B	0.009	0.006	0.006	0.002
12/2017	SA17B	0.006	0.005	0.005	0.002



Kuva 97: Antimoni tai arseeni, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

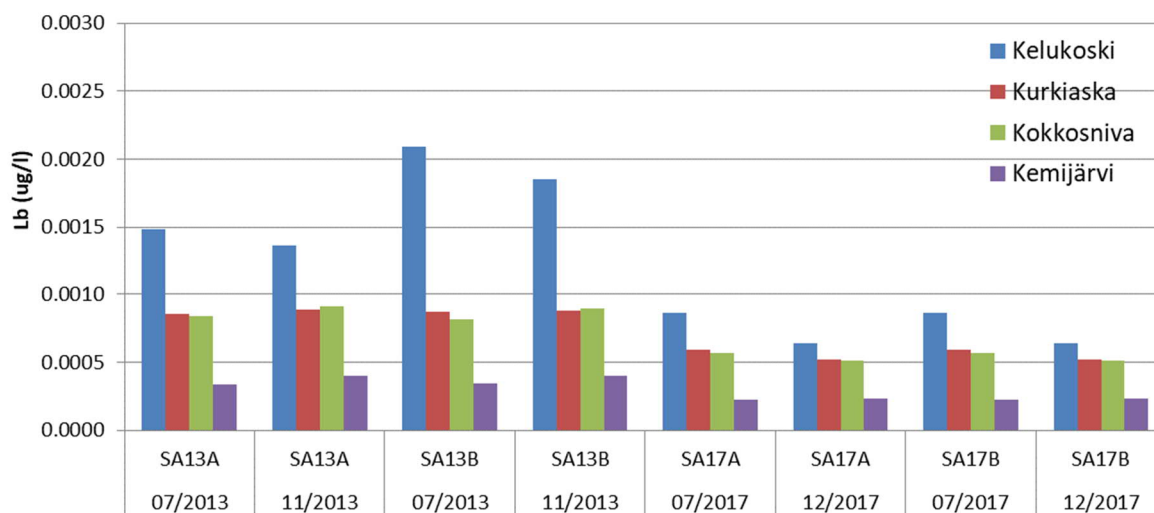
5.14 Lyijy (Lb)

Lyijy kuormitus on tässä laskettu PFSA-raportissa arvioitua purkupitoisuutta suuremmalla pitoisuustasolla 1 µg/l. Pitoisuusarvot voimalaitoksilla SA-laskentaskenaariolla on esitetty taulukossa 24 ja vastaavat tiedot graafisesti kuvassa 98.

Suurimmat pitoisuusnousut ovat Kelukoskella pienivirtaamaisina kuukausina heinä-, marras- ja huhtikuussa. Huhtikuun pitoisuusnousuun vaikuttaa Sakatin kaivokselta tulevan kuormituksen nosto vesitaselaskelmien mukaisesti kevättulvan aikana. Kelukoskella kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu oli enimmillään noin 0,002 µg/l tasolla. Kemijärven tulovirtaamassa kuukauden keskimääräinen pitoisuusnousu jäi 0,0004 µg/l tasolle tai sen alle.

Taulukko 24: Lyijyn pitoisuusnousun keskiarvot eri skenaariolle taulukon 2 mukaisille jaksoille.

Lb		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kuukausi	Skenaario	Kelukoski	Kurkiaska	Kokkosniva	Kemijärvi
07/2013	SA13A	0.0015	0.0009	0.0008	0.0003
11/2013	SA13A	0.0014	0.0009	0.0009	0.0004
07/2013	SA13B	0.0021	0.0009	0.0008	0.0003
11/2013	SA13B	0.0019	0.0009	0.0009	0.0004
07/2017	SA17A	0.0009	0.0006	0.0006	0.0002
12/2017	SA17A	0.0006	0.0005	0.0005	0.0002
07/2017	SA17B	0.0009	0.0006	0.0006	0.0002
12/2017	SA17B	0.0006	0.0005	0.0005	0.0002



Kuva 98: Lyijy, pitoisuusnousun keskiarvot SA-skenaarioilla.

6 Vaikutukset Kitisen ekologiseen ja kemialliseen tilaan

Nykyisessä muodossaan vesienhoidon suunnittelu käynnistyi vuonna 2000 EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin myötä. Vesienhoitolainsäädännön yleisenä tavoitteena on saavuttaa pinta- ja pohjavesissä vähintään hyvä tila viimeistään vuoteen 2027 mennessä. Samalla vesien tila ei saa myöskään heiketä. Tilatavoitteen saavuttamiseksi suunnitellaan ja toteutetaan vesien tilaa parantavia toimenpiteitä ja seurataan niiden vaikutuksia vesienhoitoalueittain ja tarkemmin vesimuodostumittain. Kitisen vesimuodostuma kuuluu Kemijoen vesienhoitoalueeseen. Suunnittelu etenee kuuden vuoden jaksoissa ja Kemijoen vesienhoitoalueen ensimmäinen vesienhoitosuunnitelma laadittiin vuosille 2010-2015. Toiset vesienhoitosuunnitelmat vuosiksi 2016-2021 hyväksyttiin vuonna 2015. Parhaillaan valmistellaan kolmannen kauden, 2022-2027 suunnitelmia.

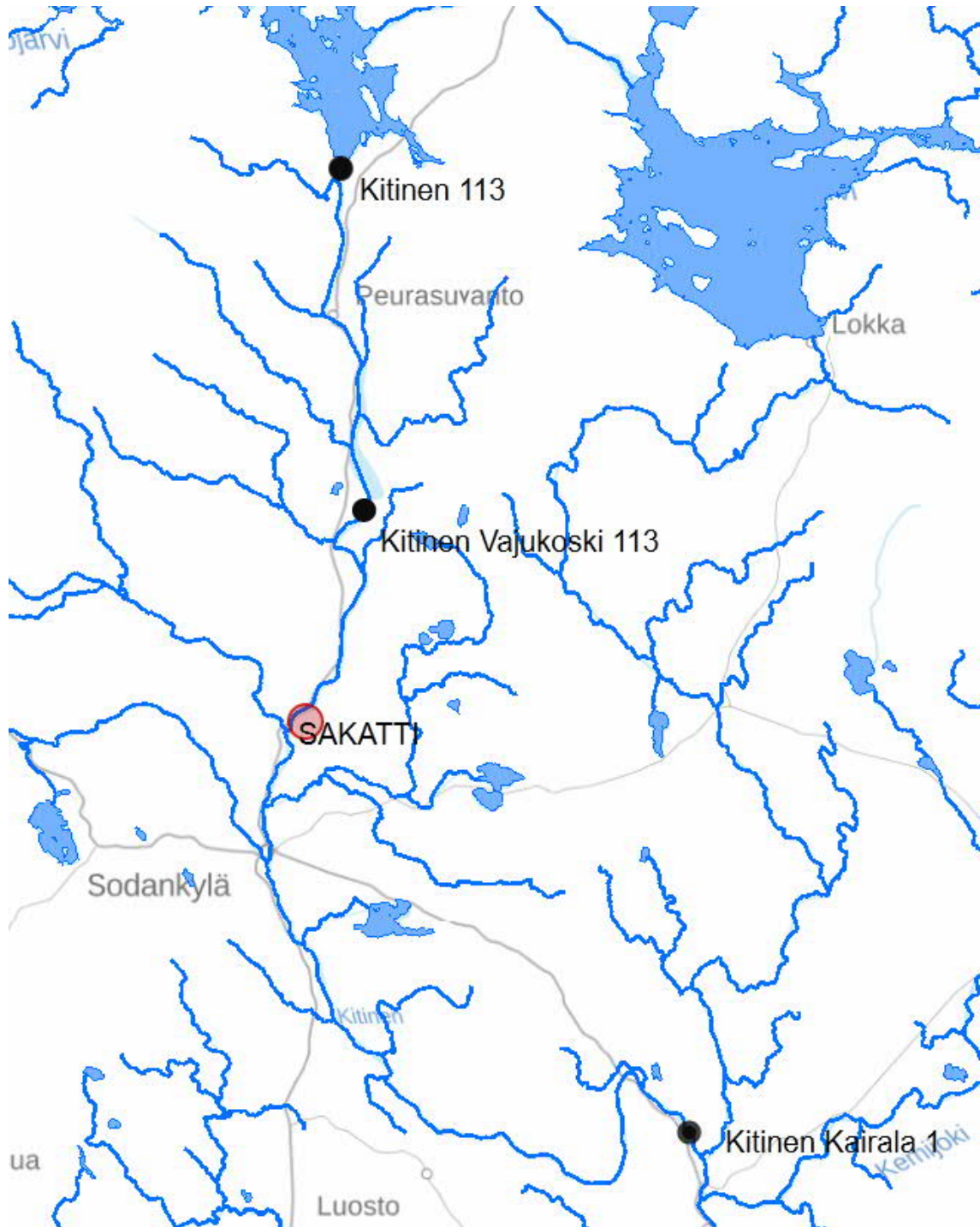
Ekologisen tilan luokituksen kautta arvioidaan tarvitaanko vesimuodostumassa toimia hyvän tilan saavuttamiseksi tai ylläpitämiseksi. Ensimmäinen Suomen vesien tila-arvio tehtiin 2009, toinen vuonna 2013 ja vuonna 2019 julkaistiin viimeisin, kolmannen vesienhoitokauden suunnittelua varten tehty arvio.

Ihmistoiminnan vesiin kohdistamien rakenteellisten ja hydrologisten muutosten voimakkuuden perusteella vedet on jaettu keinotekoiisiin, voimakkaasti muutettuihin ja sellaisiin, joissa muutokset eivät aiheuta merkittäviä kielteisiä vaikutuksia vesien tilaan. Arvioinnissa on otettu huomioon mm. vesistön säännöstelyn voimakkuus, padot, perkaukset ja penkereet. Keinotekoisissa ja voimakkaasti muutetuissa vesissä on alhaisemmat vesien tilatavoitteet kuin sellaisissa vesissä, joita ihmistoiminta ei ole merkittävästi fyysisesti muuttanut ja ne luokitellaan saavutettavissa olevan tilan kautta. Siinä keskeinen kysymys on, kuinka paljon vesimuodostuman tilaa on mahdollista parantaa hydrologis-morfologisilla toimenpiteillä.

Kitinen on luokiteltu 2. vesienhoitokaudella hyvään saavutettavissa olevaan tilaan ja tilatavoite on siten saavutettu. 3. kauden osalta voimakkaasti muutettujen vesien luokittelu ei ole vielä kaikilta osin valmistunut (toukokuu 2020), sillä toimenpidetarkastelu puuttuu.

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 99 ja 100 on esitetty kartalla Kitisen vesimuodostuma sekä 3. vesienhoitokauden luokittelussa käytetyt vedenlaadun ja biologisten tekijöiden havaintopaikat.



Kuva 99: Kitinen ja vesimuodostuman luokittelussa käytetyt veden fys.-kem. laadun havaintopaikat.



Kuva 100: Kitinen ja vesimuodostuman luokittelussa käytetyt biologisen seurannan havaintopaikat.

6.1.1 Ekologinen tila

Vesistöjen ekologisen tilan arviointi perustuu ensisijaisesti biologisiin tekijöihin, joita ovat jokivesistöissä piilevät (päällyslevät), pohjaeläimet ja kalat. Luokittelun apuna käytetään myös veden fysikaalis-kemiallista laatua (kokonaisravinteet ja pH). Vesistöjen ekologista luokitusta varten on määritelty pintavesityypikohtaiset vertailuarvot sekä eri tilaluokkien raja-arvot. Kitinen on erittäin suuri turvemaiden joki, joille määriteltyt eri luokittelumuuttujien raja-arvot on esitetty taulukossa 25. Luokitteluun käytetyn aineiston laajuus vaihtelee, minkä vuoksi myös luokituksen tasolle on laadittu kriteerit. Kitisen luokitus perustuu suppeaan aineistoon (luokituksen taso 2), mikä tarkoittaa, että luokittelussa on ollut käytettävissä niukasti luokittelun laatutekijöitä ja luokittelumuuttujien havaintoja.

Viranomaisen on luokitellut vesimuodostumien tilan toisen vesienhoitokauden osalta vuosina 2006–2012 kertyneen aineiston perusteella. Kolmannen vesienhoitokauden osalta viranomaisen on tehnyt alustavan luokittelun vuosien 2012–2017 aineiston perusteella. Uusimman luokittelun periaatteet on koottu ympäristöhallinnon oppaaseen (Aroviita ym. 2019).

Taulukko 25: Ekologisen luokittelun laatutekijöiden ja muuttujien luokkarajat.

	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
Piilevät (päälylsyvät)					
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
Kokonaistyyppi (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 tyydyttäväksi 2. ja 3. luokituksessa. Taulukossa 26 on esitetty 2. ja 3. vesienhoitokauden luokitustulokset Lapin ELY-keskukselta saadun aineiston perusteella. Veden laadun ja piievien luokitus on pysynyt erinomaisena molemmilla luokittelukierroksilla. Toisella luokittelukierroksella pohjaeläinaineisto arvioitiin epäedustavaksi, koska näytteitä oli otettu hiekkapohjilta ym. kivilta pohjilta todellisten koskihäbitaattien puuttuessa. Asiantuntija-arviona biologinen tila oli kuitenkin jo 2. kaudella luokiteltu tyydyttäväksi. Pohjaeläimet laskevat biologisen luokan ja siten myös ekologisen tilan tyydyttäväksi. Tarkemmin uusimpia luokittelutuloksia on tarkasteltu kohdassa 6.2.2.

Huomattavaa on, että 3. kauden luokittelu on edelleen alustava ja siihen voi tulla muutoksia, mikäli vesienhoidon kuulemisen yhteydessä v. 2020 tai muussa yhteydessä saadaan lisää tietoa vesimuodostumien tilasta tai luokittelun valtakunnalliseen ohjeistukseen tulee merkittäviä muutoksia.

Taulukko 26: Kitisen ekologisen luokittelun laadulliset tekijät ja muuttujat 2. ja 3. vesienhoitokaudella (Lapin ELY-keskus 2019-2020).

	2. luokittelu v 2006-2012 tiedoilla		3. luokittelu v 2012-2017 tiedoilla		
	Lukuarvo	Laskenn.	Lukuarvo	Laskenn.	Arvio
Kitinen					
Biologinen (skaalattujen ELS-arvojen ka)	0,85	Erinomainen	0,54	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Piilevät (skaalattu ELS keskiarvo)	0,91	Erinomainen	0,84	Erinomainen	Erinomainen
tyyppiominaiset taksonit	0,91	Erinomainen	0,84	Erinomainen	
prosenttinen mallinkaltaisuus	0,79	Erinomainen	0,83	Erinomainen	
Pohjaeläimet (skaalattu ELS mediaani)	Aineisto epäedustava		0,24	Välttävä	Välttävä
tyyppiominaiset taksonit			0,18	Huono	
tyyppiominaiset EPT-heimot			0,41	Tyydyttävä	
prosenttinen mallinkaltaisuus			0,13	Huono	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet					
Kokonaisfosfori (µg/l)	15,8	Erinomainen	12,76	Erinomainen	Erinomainen
Kokonaistyyppi (µg/l)	340,7	Erinomainen	331,3	Erinomainen	Erinomainen
pH-minimi	6,42	Erinomainen	6,21	Erinomainen	Erinomainen
	Kokonaistilaluokitus: Tyvdyttävä		Kokonaistilaluokitus: Tyvdyttävä		

6.1.2 Ekologinen potentiaali

Kitinen on nimetty voimakkaasti muutetuksi vesistöksi. Voimakkaasti muutetuksi nimeämisen kriteerit täyttyvät suoraan patojen ja muiden rakenteiden aiheuttamien nousuesteiden, allastumisen ja uoman rakennetun osuuden perusteella. Kitisen alkuperäiset koskihabitaatit ovat suurelta osin tuhoutuneet voimalaitospatoamisen takia. Voimakkaasti muutetuksi nimeämisen perusteista löytyy lisää tietoa mm. Aroviita ym. 2019 julkaisusta.

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. Kitisen osalta toimenpiteinä on 2. kaudella esitetty vain kalateiden ja muiden eliöstön kulkua helpottavien rakenteiden rakentamista. Tällä on arvioitu melko suuri vaikutus kalastoon, mutta muihin laatutekijöihin vaikutus on vähäinen. Perusteluna on esitetty, että kutualueita ei ole jäljellä pääuomassa, mutta sivu-uomissa on potentiaalia.

Keinotekoisten ja voimakkaasti muutettujen vesien tavoiteasettelu eroaa muita vesiä koskevasta vesienhoidon suunnittelusta, sillä ne arvioidaan parhaan mahdollisen saavutettavan tilan kautta. Tavoitteen saavuttamisen edellytyksenä on, että vesimuodostumassa on tehty teknis-taloudellisesti toteuttamiskelpoiset toimenpideyhdistelmät, joilla voidaan saada aikaan vesistöalueelle vaelluskalojen kestävä, luontaisesti lisääntyvä kanta. Toimenpiteet eivät saa kuitenkaan aiheuttaa merkittävää haittaa vesistön tärkeälle käyttömuodolle. Kitinen on vesienhoidon 2. luokittelun mukaan hyvässä saavutettavissa olevassa tilassa ja tilatavoite on siten saavutettu. Kolmannen vesienhoitokauden ekologisen potentiaalin arviointia voimakkaasti muutetuille vesistöille ei ole vielä julkaistu (toukokuu 2020).

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 hyväksi 2. arviointikaudella. Lapin ELY-keskukselta saadun tiedon mukaan kolmannella kaudella tila on hyvää heikompi kaikki aineet huomioiden, sillä palontorjunnassa käytettyjen ja laskeutuneena leviävien polybromattujen difenyylietterien (PBDE) pitoisuus ylittää kaikissa vesimuodostumissa asiantuntija-arviona ympäristölaatunormin.

6.2 Hankkeen vaikutukset

6.2.1 Vedenlaatu

Kitisen fysikaalis-kemiallinen tila on arvioitu viimeisimmässä luokittelussa kokonaisravinnepitoisuuksien ja pH-minimin perusteella erinomaiseksi eikä veden laadussa ole tapahtunut merkittäviä muutoksia verrattuna edelliseen tarkkailuun (Taulukko 26).

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 eliölajiston koostumuksessa.

6.2.1.1 Ravinteet

Ravinnepitoisuuksia käytetään luokituksessa yhtenä muuttujana vesistöjen fysikaalis-kemiallisen laatutekijän arvioinnissa. Ravinnepitoisuuksien osalta luokittelussa käytetään 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 99.

Kitinen luokitellaan erittäin suuriin turvemaiden jokiin, joissa erinomaisen ja hyvän tilaluokan raja-arvo on 450 µg/l ja hyvän ja tyydyttävän raja-arvo 900 µg/l (Taulukko 25). Fosforin osalta vastaavat raja-arvot ovat 20 µg/l ja 40 µg/l. Havaintopaikkakohtaisesti Kitisen typpi- ja fosforipitoisuudet ovat kaikki selkeästi erinomaisella tasolla.

Lasketut typen pitoisuusnousut ovat Kitisessä kaivoksen lähialueella Kelukoskella kesäaikana heinäkuussa keskimäärin luokkaa 10 µg/l kuormitus vaihtoehdossa VM1 ja luokkaa 20-30 µg/l vaihtoehdossa VM2 (Taulukko 27). Lyhytaikaisesti vaikutus voi olla suurempi, enimmillään noin 40–50 µg/l vaihtoehdossa VM1 ja noin 70–80 µg/l vaihtoehdossa VM2. Fosforin osalta kesäajan keskimääräinen pitoisuuslisäys on Kelukosken kohdalla 0,3–0,4 µg/l skenaariossa VM1 ja 0,7–1,0 µg/l skenaariossa VM2. Skenaariot A ja B viittaavat eri purkupaikkoihin. Purkupaikka vaikuttaa hieman Kelukosken alueelle arvioituihin pitoisuuslisäyksiin, mutta kauempana purkupaikkavaihtoehdolla ei ole enää juurikaan vaikutusta. Myös kokonaisuutena vaikutukset Kitisen alaosalla ovat hyvin vähäisiä. Kemijärven tulovirtaamassa vaikutus typpipitoisuuteen on enimmillään noin 10 µg/l ja keskimäärin 1,5 µg/l. Kokonaisfosforin pitoisuusnousu on Kemijärvessä enimmilläänkin selvästi alle 0,5 µg/l. Keskimääräiset pitoisuusvaikutukset jäävät Kemijärvessä huomattavasti em. tasoa pienemmiksi.

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 27: Kitisen kesäaikaiset kokonaisravinnepitoisuudet vesienhoidon kolmannella luokittelukierroksella sekä Sakatin kuormituksen aiheuttamat pitoisuuslisäykset eri kuormitusskenaarioissa VM1 ja VM2. Mallinnustuloksissa on huomioitu eri purkupaikka ja vesitilanelaskennat.

NTOT		VM1		VM2	
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	-	9-11	5	21-29	12
Kurkiaska	-	5	3,5	12	8
Kitinen Kokkosniva (Kairala)	338	5	3,5	11-12	8
PTOT		VM1		VM2	
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	-	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,7	0,4-1,0
Kurkiaska	-	0,1-0,2	0,1-0,2	0,3-0,4	0,3-0,4
Kitinen Kokkosniva (Kairala)	13	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2

6.2.1.2 pH

Sakatin kaivoksen vesivarastoaltaan ja siten myös purkuvesien arvioitu pH-taso on 6,0...9,5. Vaihteluvälin alaraja on korkeampi kuin erinomaisen ja hyvän tilaluokan pH-minimin raja (>5,7). Siten kaivoksen purkuvesien ei arvioida heikentävän Kitisen fysikaalis-kemiallista tilaa tämän laatumuuttujan suhteen.

6.2.1.3 Sulfaatti ja muut suolat

Sulfaatin tai muiden suolojen pitoisuuksille ei ole Suomessa asetettu pintavesille ympäristölaatunormia. Yleensä sulfaattikuormituksen haitallisuus vesistöissä johtuu epäsuorista vaikutuksista, kuten kerrostuneisuuden voimistumisesta alapuolisissa järvissä.

Mallinnetut sulfaattipitoisuudet jäävät Kitisessä kaikissa skenaarioissa ja olosuhteissa pieniksi. Suurin pitoisuusvaikutus on purkupisteen lähialueella pohjan läheisessä vesikerroksessa. Kelukosken altaassa ja padolla sulfaatin maksimipitoisuusnousut ovat luokkaa 5–7 mg/l kuormitusskenaariossa VM1 ja 8–10 mg/l kuormitusskenaariossa VM2. Korkeimmillaan sulfaattipitoisuus on keväällä ennen tulvaa. Keskivirtaamassa sulfaattipitoisuuden nousu jää Kelukoskessa tasolle 1–4 mg/l (VM1-VM2). Enimmillään Sakatin ja Kevitsan yhteisvaikutuksessa sulfaattipitoisuus nousee Kelukosken alueella tasolle 10–14 mg/l (VM1-VM2).

Huomioitavaa on, että kokonaissuolapitoisuus on arvioitu kaksi kertaa sulfaattipitoisuutta suuremmaksi. Sulfaatin lisäksi pääosa suolakuormituksesta muodostuu kaivosalueen pohjavesien sisältämästä kloridista. Vaikutuksen kokonaissuolapitoisuuteen voidaankin arvioida olevan karkeasti noin kaksinkertainen laskettuihin sulfaatin pitoisuuslisäyksiin nähden.

Kyseisen tasoilla sulfaatti- tai suolapitoisuuksilla ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta Kitisen nykyiseen veden laatuun tai tilaan. Tarkemmin vaikutuksia biologisiin tekijöihin on käsitelty kohdassa 6.2.2.

6.2.1.4 Metallit

Vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksen (Vna 1022/2006, muutos 1308/2015) liitteen EU:n 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).

Mallinnetut nikkelipitoisuudet Kitisessä jäävät kaikissa skenaarioissa ja olosuhteissa pieniksi. Enimmilläänkin Sakatin vaikutus Kelukosken nikkelipitoisuuteen on molemmissa kuormitusvaihtoehtoissa VM1 ja VM2 alle 1 µg/l. Nikkelin kokonaispitoisuus Kevitsan vaikutus huomioiden jää tasolle alle 2 µg/l. Nikkelipitoisuudet jäävät selvästi alle ympäristölaatunormin tason. Koska biosaatava pitoisuus voi olla korkeintaan yhtä suuri kuin liukoinen tai kokonaispitoisuus, voidaan arvioida myös biosaatavan pitoisuustason jäävän selvästi alle ympäristölaatunormin. Siten Sakatin nikkelikuormituksella ei ole vaikutusta Kitisen nykyiseen hyvään kemialliseen tilaan.

Lasketut muiden puolimetallien ja metallien kuormituksen aiheuttamat pitoisuudet suhteessa tausta-arvoihin ja laatunormeihin on esitetty taulukossa 28. Laskettuna pitoisuutena on käytetty vuoden 2013 keskipitoisuuksia, jotka olivat keskimääräistä vuotta korkeampia johtuen vuoden 2013 vähäisestä vesimäärästä.

Vuodelle 2013 lasketut pitoisuusnousut ovat pieniä ja jäävät molemmissa kuormitusvaihtoehtoissa VM1 ja VM2 selvästi alle keskimääräisten Suomesta mitattujen taustapitoisuuksien (Lahermo ym. 1996) elohopeaa lukuunottamatta. Laskennassa käytetty purkuvesien elohopeapitoisuus on kuitenkin yläarvio, sillä Sakatin PFSA raportin arvio purkuvesien elohopeapitoisuudesta on selvästi alle mallissa käytetyn pitoisuustason. Pitoisuusnousut yhteenlaskettuna taustapitoisuuksien kanssa jäävät myös selvästi alle aineille annettujen ympäristölaatunormien tai muiden raja-arvojen.

Taulukko 28: Lasketut metallien pitoisuusnousun vuosikeskiarvot, mitatut Kitisen keskimääräiset pitoisuudet (Matarakoski, mittaus 7/2015 – 1/2017), sekä veden metallipitoisuuksien laatinormeja.

Aine		Kelukoski 2013 pitoisuusnousun vuosikeskiarvo		Kitinen, vuosikeskiarvo Matarakoski	Purot/Järvet, vuosikeskiarvo	Laatunormi (joet/turvemaat) vuosikeskiarvo
		VM1	VM2			
		µg / l	µg / l	µg/l	µg/l	µg/l
Antimoni	Sb	0,01	0,02	<0.05	0,028	6 (y)
Arseeni	As	0,01	0,02	0,14	0,37	5 (b)
Elohopea	Hg	0,005	0,01	<0.002	0,005	0.07 (x)
Kadmium	Cd	0,01	0,02	<0.01	0,015	0,08 (a)
Kromi	Cr(+6)	0,1	0,2	0,49	0,40	1,0 (b)
Kupari	Cu	0,1	0,2	0,27	0,55	2 (b)
Lyijy	Pb	0,001	0,002	0,048	0,15	1,2 (c)

(a) Ympäristölaatinormi AA-EQS (vuosikeskiarvo), sisämaan pintavedet, suodatettu näyte

(b) Kanadan ohjearvo (Water quality guidelines for the Protection of Aquatic Life)

(c) Ympäristölaatinormi AA-EQS (vuosikeskiarvo), sisämaan pintavedet, biosaatava pitoisuus

(x) Ympäristölaatinormi, MAC-EQA (enimmäisarvo), sisämaan pintaveden

(y) Kanadan ohjearvo (Guidelines for Canadian Drinking water quality)

6.2.1.5 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 ympäristölaatinormilla. 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. Laskennassa on jouduttu tekemään joitain oletuksia liittyen nikkelin ja lyijyn biosaatavien pitoisuuksien arviointiin. Lisäksi laskennassa käytetyt ympäristölaatinormit ovat antimonin, arseenin, kromin, kuparin ja kloridin osalta vain suuntaa-antavia, sillä ne koskevat alueita, joilla vesistöjen olosuhteet saattavat poiketa suomalaisten vesistöjen olosuhteista.

TU-laskenta tehtiin kuormitusvaihtoehdoille VM1 ja VM2 nikkelin, antimonin, arseenin, elohopean, kadmiumin, kromin, kuparin lyijyn, sulfaatin ja kloridin ainepitoisuuksilla. Kloridipitoisuuden on laskennassa arvioitu olevan samaa tasoa kuin sulfaatin. Kitisen Kelukosken TU-laskennan tulokset, 1,3-1,5, viittaavat siihen, että haitalliset yhteisvaikutukset ovat mahdollisia. TU-laskentaan liittyy kuitenkin useita edeltävissä kappaleissa esitettyjä

rajoituksia ja epävarmuustekijöitä. Lisäksi laskennassa käytetyt arvioidut ainepitoisuudet perustuvat konservatiiviseen mallinnukseen, mikä lisää tuloksiin liittyvää epävarmuutta. Lisäksi Kitisen vesieliöstöön vaikuttaa veden laadun lisäksi voimakkaasti vesistön rakentaminen ja säännöstely (6.1.2).

6.2.2 Biologiset tekijät

6.2.2.1 Piilevät (päälyllylevät)

Kitisen vesimuodostuman tila on piileväaineiston perusteella säilynyt samana vesienhoidon toisella ja kolmannella luokittelukierroksella (Taulukko 26). Vesienhoidon kolmannella luokittelukierroksella piilevätarkkailun tietoja oli saatavilla yhteensä yhdeksältä havaintopaikalta (Kuva 100). Useimmilta näytestä oli saatavilla vain yhden näytteenoton tiedot, ja kaksi näytettä oli otettu vain Kevitsan kaivoksen veloitettarkkailuun 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 29). Piileväaineistosta laskettu vesimuodostumakohtainen ELS-arvo on kaikkien havaintopaikkojen tulosten keskiarvo. Vesimuodostuman laskennallinen skaalattu ELS-arvo viittaa erinomaiseen ekologiseen tilaan ja näytestekohtaiset skaalELS-arvot viittaavat hyvään tai erinomaiseen tilaan Petkulan näytestettä lukuun ottamatta. Sakatin vaikutusalueella olevan Vajukosken altaan näytesteen vuoden 2015 indeksitulosten perusteella näytesteen 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 29 Kitisen kolmannen luokittelukierroksen piilevänäytteiden indeksitulokset, niiden perusteella lasketut näyte- ja havaintopaikkakohtaiset keskiarvot ja vesimuodostumakohtainen keskiarvo skaalELS-arvoina. Sininen = erinomainen, vihreä = hyvä, keltainen = tyydyttävä, oranssi = välttävä tila

	vuosi	PMA	TT	ka skaalELS	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 skaalELS					0,84

Kitisen vesimuodostuman fysikaalis-kemiallinen tila on nykyisin erinomainen, ja Sakatin kaivoksen aiheuttama ravinteiden lisäkuormitus jää pieneksi (kohta 6.2.1). Kesäajan keskimääräinen typen pitoisuusnousu on enimmillään tasoa 20–30 µg/l ja fosforin nousu tasoa 1 µg/l. Kuormituksen lisäyksen ei arvioida aiheuttavan merkittäviä muutoksia Sakatin lähialueen piileväyhteisön lajistossa.

Kelukosken sulfaattipitoisuus nousee Sakatin kaivoksen kuormituksen seurauksena keskimäärin 1–4 mg/l ja vaikutus kokonaissuolapitoisuuteen on karkeasti ottaen kaksinkertainen. Suurimmillaan Kelukoskesta mitattavat sulfaattipitoisuudet ovat Sakatin ja Kevitsan kaivosten yhteisvaikutuksen seurauksena tasoa 10–14 mg/l. Piileväyhteisö reagoi herkästi sulfaattipitoisuuksien nousuun ja sen on arvioitu olevan herkin biologinen indikaattori kuvaamaan kaivosten suola- ja metallipitoisten purkuvesien vaikutuksia (vrt. Kainuun ELY-keskus, päätös 24.2.2014, dnro KAIELY/1/07.00/2013). Terrafamen alapuolisen Kivijoen

ekologinen tila on vesienhoidon toisella ja kolmannella kaudella määritetty tyydyttäväksi. Toisen kauden luokittelun perusteiden mukaan joen piilevästö todettiin lokakuussa 2012 lajistoltaan poikkeavaksi, sillä se sisälsi lähes puolet murtovesissä esiintyviä ja suuria elektrolyyttipitoisuuksia vaativia lajeja (SYKE ja ELY-keskukset 2013). Vuonna 2012 Kivijoen sulfaattipitoisuudet olivat 55–250 mg/l (ka. 141 mg/l) ja vedessä esiintyi myös runsaasti natriumia, kalsiumia, magnesiumia ja raskasmetalleja. Sakatin purkuvesien sulfaatti- ja kokonaissuolapitoisuudet jäivät huomattavasti Kivijoessa tavattuja pitoisuuksia pienemmiksi. Voidaan siten perustellusti arvioida, että Sakatin suolakuormitus tai Sakatin ja Kevitsan yhteiskuormitus ei aiheuta sellaista suolapitoisuuksien nousua Kitisessä, joka johtaisi suolapitoisia vesiä suosivien piilevälajien esiintymisen runsastumiseen joen piilevyhteisöissä.

Sakatin kaivostoiminnan aiheuttamat metallien pitoisuusnousut Kitisessä jäivät pieniksi kaikkien tarkasteltujen aineiden osalta (Taulukko 28). Metallikuormituksen ei arvioida aiheuttavan merkittäviä muutoksia Sakatin lähialueen piilevyhteisöjen tilassa. Aineiden yhteisvaikutusta arvioivan TU-laskennan tulosten perusteella (kohta 6.2.1.5) Sakatin kuormitus saattaa aiheuttaa haitallisia yhteisvaikutuksia vastaanottavassa vesistössä, mutta TU-laskennan pohjalta tehtävä tarkastelu sisältää merkittäviä epävarmuuksia. Muiden vastaavien kaivoskuormittajien velvoitetarkkailusta saatujen tietojen perusteella aineiden yhteisvaikutuksesta johtuva piilevyhteisön tilan huonontumista ei Sakatin lähialueella arvioida havaittavan.

Kokonaisuutena arvioiden Sakatin kaivostoiminnan kuormitus ei aiheuta Kitisen vesimuodostumassa sellaista piilevyhteisöihin kohdistuvaa tilan huonontumista, joka johtaisi piilevä-laaturakenteen ja sitä kautta biologisen tai ekologisen tilaluokan laskuun. Nykyisin piilevä-laaturakenteen 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 30). 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 ole otettu koskimaisista virtavesihabitaaateista. 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. päiväkorentotaksonit *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 30 Kitisen vesimuodostuman kolmannen luokittelukierroksen pohjaeläinnäytteiden indeksitulokset (skaalattu ELS), niiden perusteella lasketut näyte- ja havaintopaikkakohtaiset keskiarvot ja vesimuodostumakohtainen keskiarvot. Sininen = erinomainen, vihreä = hyvä, keltainen = tyydyttävä, oranssi = välttävä, punainen=huono

	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 kaivoshankkeen aiheuttama ravinteiden nousu Kitisessä on vähäistä ja sillä ei arvioida olevan vaikutusta Kitisen pohjaeläinlajistoon. Jätevesien vaikutus voi kuitenkin näkyä pohjaeläinlajistossa purkualueen välittömässä läheisyydessä. Sulfaattipitoisuus nousee suurimmillaan Kelukoskessa tasolle 10-14 mg/l. 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 vain 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 (ks. Timpano, A. J ym. 2018). Myös metallien pitoisuusnousut ovat mallinnustulosten perusteella pieniä Kitisessä ja näillä ei arvioida olevan vaikutusta jo ennestään heikentyneisiin pohjaeläinlajistoihin.

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 arvioidun jätevesikuormituksen vaikutuksia Kitisen sulfaatti-, nikkeli- ja kokonaistyyppipitoisuuksiin arvoitiin Kitisen virtaus- ja vedenlaatumallinnuksen avulla. Laskennat tehtiin kahdella eri kuormitusskenaariolla (VM1 ja VM2). Lisäksi tarkasteltiin kahta eri purkupaikkavaihtoehtoa sekä yhteisvaikutuksia alueella jo toimivan Kevitsan kaivoksen kanssa. Kaikki laskennat tehtiin keskimääräisissä sekä vähävetisissä virtaamaolosuhteissa.

Ilmastomuutoksen seurauksena Kitisellä valuma-alueella arvioidaan 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.

VM1

Mallinnustulosten perusteella VM1 kuormituksen aiheuttamat pitoisuusnousut ovat pieniä. Suurin pitoisuusnousu rajoittuu purkupaikan lähialueen pohjakerrokseen. Purkupaikkavaihtoehto (A ja B) aiheuttaa hieman eroja pitoisuusvaikutuksiin Kelukosken altaassa ja padolla, mutta ei enää alempana. Korkeimmat pitoisuusnousut Kitisessä ajoittuvat vähävirtaamaiseen aikaan kuten kevääseen ennen tulva-aikaa.

Sulfaatin pitoisuusnousu jää Kelukosken padolla enimmillään noin 5–6 mg/l tasolle ja keskimääräisellä virtaamalla noin 1 mg/l tasolle. Sulfaatin kokonaispitoisuus nousee Kevitsan vaikutus huomioiden enimmillään tasolle 10 µg/l.

Nikkelin osalta suurimmat pitoisuusnousut ovat alle 1 µg/l tasolla. Keskimääräinen nikkelin pitoisuusnousu on 0,2 µg/l tasolla. Nikkelin kokonaispitoisuus Kevitsan vaikutus huomioiden jää enimmillään tasolle alle 2 µg/l.

Ravinteiden osalta pitoisuusnousu on Kelukoskella enimmillään lyhytaikaisesti 40-50 µg/l typpeä ja noin 1 µg/l fosforia. Kesäaikana pitoisuusnousu on keskimäärin 10 µg/l typpeä ja 0,2–0,3 µg/l fosforia.

Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousu on noin neljännes Kelukosken tasosta, eli enimmillään sulfaatille noin 1,5 mg/l ja nikkelille 0,25 µg/l. Kemijärvellä vaikutus typpipitoisuuteen on enimmillään noin 10 µg/l ja keskimäärin 1,5 µg/l. Kokonaisfosforin pitoisuusnousu on Kemijärvessä enimmilläänkin selvästi alle 0,5 µg/l. Keskimääräiset pitoisuusvaikutukset jäävät Kemijärvessä huomattavasti pienemmiksi. Näin pienillä pitoisuuksilla ei ole käytännössä mitattavaa tai havaittavissa olevaa vaikutusta Kemijärven vedenlaatuun.

Kaikki mallinnetut pitoisuusvaikutukset ovat pieniä eikä niillä ole merkittävää vaikutusta Kitisen ekologisen tai kemialliseen tilaan. Sulfaattipitoisuuden ja kokonaissuolapitoisuuden vähäisellä nousulla ei arvioida olevan haitallisia vaikutuksia Kitisen vesiekologiaan tai Kemijärven kerrostumiseen. Kitisen typpi- ja fosforipitoisuudet jäävät Sakatin 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 kaikissa skenaarioissa ja olosuhteissa selvästi alle biosaatavalle pitoisuudelle määrätyn ympäristölaatuunormin tason. Nikkeliin perustuvan laskennan perusteella myös kadmiumin liyijyn ja elohopean pitoisuuslisäykset jäävät selvästi alle ympäristölaatuunormien. Myös muiden metallien ja puolimetallien osalta vaikutukset jäävät vähäisiksi. Lievät haitalliset yhteisvaikutukset ovat mahdollisia Kitisen Kelukosken alueella, mutta niiden arviointi sisältää paljon epävarmuuksia. Hankkeella ei arvioida olevan Kitisen kemiallista tilaa heikentäviä vaikutuksia.

VM2

Mallinnustulosten perusteella VM2 suuremman kuormituksen aiheuttamat pitoisuusnousut ovat myös pieniä. Suurin pitoisuusnousu rajoittuu purkupaikan lähialueen pohjakerrokseen. Purkupaikkavaihtoehto (A ja B) aiheuttaa hieman eroja pitoisuusvaikutuksiin Kelukosken altaassa ja padolla, mutta ei enää alempana. Korkeimmat pitoisuusnousut Kitisessä ajoittuvat vähävirtaamaiseen aikaan kuten kevääseen ennen tulva-aikaa.

Sulfaatin pitoisuusnousu jää Kelukosken padolla enimmillään noin 10 mg/l tasolle, ja keskimääräisellä virtaamalla noin 2–4 mg/l tasolle. Sulfaatin kokonaispitoisuus nousee Kevitsan vaikutus huomioiden enimmillään tasolle 14 µg/l.

Nikkelin osalta suurimmat pitoisuusnousut ovat alle 1 µg/l tasolla. Keskimääräinen nikkelin pitoisuusnousu on 0,5 µg/l tasolla. Nikkelin kokonaispitoisuus nousee Kevitsan vaikutus huomioiden enimmillään tasolle alle 2 µg/l.

Ravinteiden osalta pitoisuusnousu on Kelukoskella enimmillään lyhytaikaisesti 70-80 µg/l typpeä ja noin 2 µg/l fosforia. Kesäaikana pitoisuusnousu on keskimäärin 20-30 µg/l typpeä ja 0,4–1,0 µg/l fosforia.

Kemijärven tulovirtaamassa pitoisuusnousu on noin neljännes Kelukosken tasosta, eli enimmillään sulfaatille noin 2,5 mg/l ja nikkelille 0,25 µg/l. Keskimääräiset pitoisuusvaikutukset jäävät Kemijärvessä huomattavasti pienemmiksi. Näin pienillä pitoisuuksilla ei ole käytännössä mitattavaa tai havaittavissa olevaa vaikutusta Kemijärven vedenlaatuun.

Myös kuormitusvaihtoehdossa VM2 kaikki mallinnetut pitoisuusvaikutukset ovat pieniä eikä niillä ole merkittävää vaikutusta Kitisen ekologisen tai kemialliseen tilaan. Sulfaattipitoisuuden ja kokonaissuolapitoisuuden vähäisellä nousulla ei arvioida olevan haitallisia vaikutuksia Kitisen vesiekologiaan tai Kemijärven kerrostumiseen. Kitisen typpi- ja fosforipitoisuudet jäävät

Sakatin 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 kaikissa skenaarioissa ja olosuhteissa selvästi 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. Lievät haitalliset eri aineiden yhteisvaikutukset ovat mahdollisia Kitisen Kelukosken alueella, mutta niiden arviointi sisältää paljon epävarmuuksia. Hankkeella ei arvioida olevan Kitisen kemiallista tilaa heikentäviä vaikutuksia.

8 Lähdeluettelo

Berrisford P, Dee D, Poli P, Brugge R, Fielding K, Fuentes M, Kallberg P, Kobayashi S, Uppala S and Simmons A, 2011, The ERA-Interim archive Version 2.0, ERA report series no 1, November 2011, ECMWF

Hertta, 2017,2018, Suomen Ympäristökeskuksen HERTTA-tietokanta, tiedot haettu 01/2018.

Ilmatieteenlaitos, 2017, avoin-data-palvelu. Tiedot haettu 10/2017, lisenssitiedot <http://ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-lisenssi>

Kainuun Ely-keskus, 2017, Terrafamen kaivoksen alapuolisten vesistöjen tila kesäkuussa 2017, Katsaus 10.7.2017

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

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

Liikennevirasto, 2017, Lataus- ja katselupalvelut, <http://www.liikennevirasto.fi/avoin-data/katselu-lataus>, tiedot haettu 08/2017, lisenssi: <http://www.liikennevirasto.fi/avoindata/kayttoehdot/merikartoitusaineiston-lisenssi>.

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

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)

Pöyry 2019, KaiCell Fibers Oy, Virtauslaskennan tarkistus päivitettyillä syvyystiedoilla. Hakijan vastaselitys 18.10.2019 Liite 1.

Suomen ympäristökeskus ja ELY-keskukset. Vesienhoito, pintavedet. 2. suunnittelukausi. Kivijoki 04.645_001. www.syke.fi/avointieto

Suomen ympäristökeskus (SYKE), 2018, Suomen Ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmä, 3-jakovaiheen valuma-alueiden lasketut valumat ja virtaamat, ostopalvelu. Tiedot haettu 01/2018

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.

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