

Ailangan pumppuvoimalan kanavan ruoppauksen
aiheuttaman samentuman arviointi virtaus- ja
vedenlaatulaskennan avulla

10.6.2025, v2

Asiakas: Kemijoki Oy

AFRY Finland Oy,
Vesistötutkimukset,
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

Copyright © AFRY Finland Oy

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

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	3
2	Lähtötiedot.....	4
2.1	Kohdealue.....	4
3	Mallinnus	4
3.1	Mallihila.....	4
4	Samentuman laskenta ja kuormitukset	6
5	Ruoppauksen aiheuttama samentuma, tulokset.....	9
5.1	Aikasarjatulokset	10
5.2	Kiintoainepitoisuuden nousu karttapohjalla.....	18
6	Epävarmuuksien arviointi.....	22
7	Yhteenvedo.....	22
8	Lähdeluettelo.....	23

1 Johdanto

Tässä raportissa on arvioitu Ailangan pumppuvoimalan ruoppausväylän ruoppauksen aiheuttamia vaikutuksia alueen vedenlaatuun. Arviointi on tehty virtaus- ja vedenlaatumallia käyttäen.

Raportissa on esitetty arvio töiden aiheuttamista kuormituksista ja kiintoaineen leviäminen ruoppauskohteista. Hankkeen tarkempaa ruoppaussuunnittelua ei ole vielä tehty eikä urakoitsijaa tai urakoitsijoita valittu. Ruoppauksen toteutuksessa käytettävä laitteisto riippuu urakoitsijasta, ja tarkempi ruoppaussuunnittelu puolestaan käytettävästä laitteistosta, joten tässä on käytetty yläarvioita sekä käytettävän laitteiston kapasiteetista että veteen irtaavan ruoppausaineksen määrästä. Todennäköisesti toteutuva ruoppaus aiheuttaa siis pienemmän kiintoainepitoisuuden nousun kun mitä tässä raportissa on arvioitu.

Mallin rajaus

Suoritettavat työt koostuvat kanavan alueen ruoppauksesta, joka tehdään pääasiassa kauharuoppauksena. Soveltuvin osin, esimerkiksi vesipitoisen pintasedimentin poistossa voidaan käyttää myös imuruoppausta. Pumppuvoimalan tunnelin suun lähialueen kaivutyöt tehdään suojaPADON takana, jolloin näistä töistä ei aiheudu samentumaa, tässä raportissa on huomioitu vain tämän suojaPADON ulkopuoliset ruoppaustyöt.

Ruoppauksen jälkeen ruoppausväylän alueelle asennetaan mahdollisesti louheesta tai muusta materiaalista koostuva eroosiosuojaus, jonka rakennustöitä ei tässä ole huomioitu. Ruopatut materiaalit läjitetään maa-alueelle, jolloin läjityksen samennusta aiheuttavat vaikutukset jäävät pieniksi. Läjityksen vaikutuksia ei tämän vuoksi ole laskennassa huomioitu. Sedimenttinäytteiden perusteella sedimentissä ei ole merkittäviä määriä haitta-aineita, joten ruoppauksesta aiheutuvaa eri haitta-aineiden pitoisuuksien nousua ei tässä laskettu.

Ruoppauksien toteutus suositellaan yleisesti tehtäväksi 1.9.–30.4. välisenä aikana. Tässä ruoppaukset on mallinnettu tapahtuvaksi pääsääntöisesti 1.9.–15.11., mikä perustuu oletukseen, että ruoppausaika rajautuu em. suosituksen perusteella, ja että talvella jääpeitteisenä aikana ruoppausta ei tehdä. Ruoppaus jakautuu näillä oletuksilla kahdelle syksylle. Kemijärven pinta laskee talvella tammi-huhtikuussa enimmillään 7 m alle avovesiajan vedenpinnan, mikä voi vaikuttaa myös ruoppausten toteutukseen. Esimerkiksi osa ruoppauksesta on ehkä mahdollista toteuttaa kuivatyönä veden laskettua alle ruoppaustason, jolloin ruoppauksesta ei aiheudu samentumaa.

2 Lähtötiedot

2.1 Kohdealue

Kemijärven Ailangan pumppuvoimala on suunniteltu rakennettavaksi Ailangantunturiin, ja pumppuvoimalan tunnelin suuaukko Kemijärven Kauhaselän etelärannalle. Ruoppausväylä ulottuu rannalta noin 1 km etäisyydelle selkääalueelle. Kanavan syvyys on 10 m ja leveys 80 m (10 m syvyystason osalta). Reunat luiskataan kaltevuudella 1:2. Ruoppauksen kokonaistilavuus on alustavan arvion mukaan noin 300 000 m³ (kiintokuutiota). Kanavasta on tehty noin 100 m välein pohjatutkimukset kanavan keskiviivalta ja molemmilta reunoilta.

3 Mallinnus

Kemijärvi mallinnettiin 3d virtausmallilla (YVA 3d – malli). Käytetty EIA3d-virtaus- ja vedenlaatumalli perustuu hydrostaattisten 3d-virtausyhtälöiden ratkaisemiseen numeerisesti asteittain tarkentuvassa suorakulmaisessa neliöhilassa. Vaakasuunnassa mallihila koostuu suorakulmaisista ruuduista, syvyysuunnassa malli käyttää vakiosyvyystasoihin perustuvaa kerrosjakoa. Malli soveltuu hyvin Suomen järvi- ja rannikkoalueiden kuvaamiseen, ja sitä on käytetty yli sataan laskentasovellukseen Suomessa ja ulkomailla (Koponen et. al 2008).

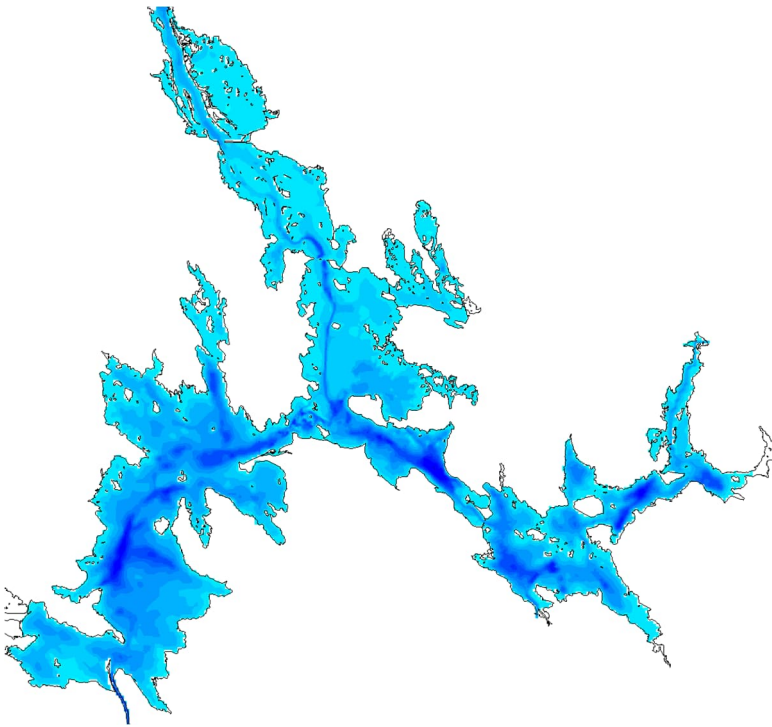
3.1 Mallihila

Mallisovelluksen hila kattoi Kemijärven Karhuniemestä Luusuaan. Mallihilan kattama alue on esitetty kuvassa 1. Syvyystietoina käytettiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannan datan perusteella tehtyä syvyysmallia, jota tarkennettiin kohdealueella tehtyjen syvyysmittausten perusteella. Rantaviivana käytettiin 1:100 000 maastotietokannan rantaviivaa (MML 2024).

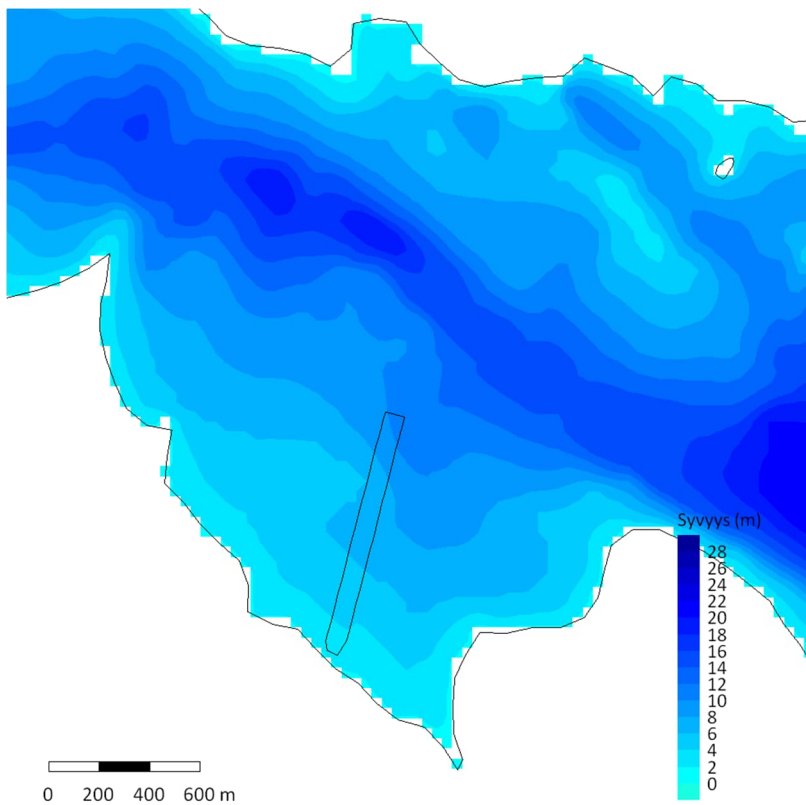
Mallin laskentahilana käytettiin asteittain tarkentuvaa sisäkkäistä neliöhilaa, jossa kohdealueen vaakatason hilatarkkuus oli 40 m ja harvemman hilatason vaakatarckuus oli 120 m. Hilan tiedot on esitetty taulukossa 1. Syvyysuunnassa mallissa oli 15 hilatasoa, hilatason syvyys on 1 m välillä 0–7 m. 7 m tason alapuolella yksittäisen hilatason paksuus kasvaa tasaisesti niin, että alimman hilakerroksen paksuus oli 5 m.

Taulukko 1. Mallin hilatasojen tiedot.

Hilataso	x-koko (ruutua)	y-koko (ruutua)	hilaruudun koko (m)	x-koko (km)	y-koko (km)
1	282	302	120	33.8	36.2
2	312	333	40	12.5	13.3



Kuva 1: Mallihilan kattama alue ja syvyydet Kemijärven Karhuniemestä Luusuaan.



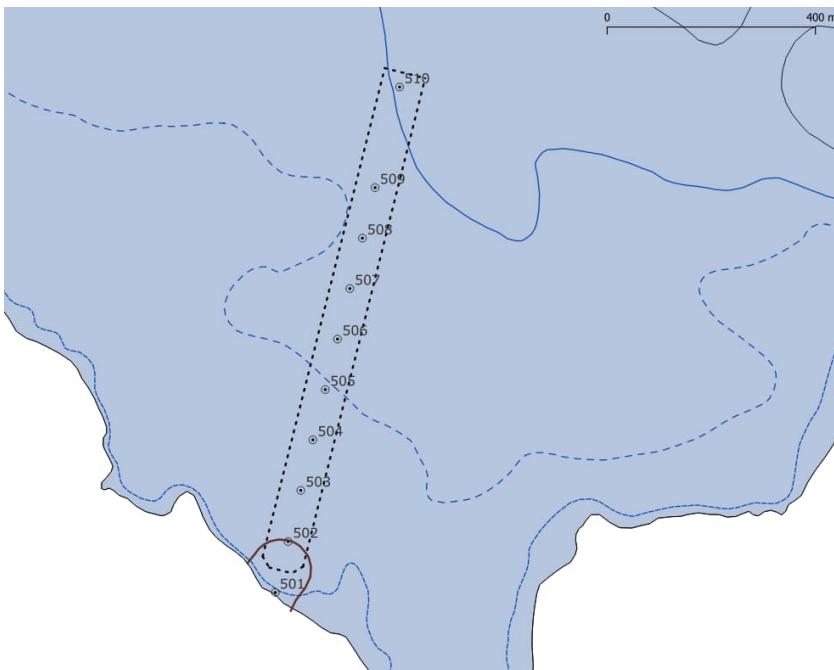
Kuva 2: Mallihilan syvyydet pumppuvoimalan kanavan kohdalta, hila-resoluutio 40 m. Kuvassa myös suunniteltu ruoppausalue.

Mallin reunaehtoina käytettiin yläreunalla mitattua vedenkorkeutta ja alareunalla Seitakorvan tuntivirtaamia. Mallissa olivat mukana myös Käsmäjoen ja Jumiskon virtaamat.

Mallin säätietoina käytettiin Euroopan sääkeskuksen (ECMWF) tuottamaan ERA5-reanalysis alueellista säädataa (Copernicus Climate Change Service, 2017). Sää tiedoissa oli mukana tuulen suunta ja nopeus, ilmanpaine, ilman kosteus, tuleva säteily ja ilman lämpötila. Laskennassa oli mukana järven lämpötilan ja jääpeitteen laskenta.

4 Samentuman laskenta ja kuormitukset

Suunnitellun ruoppauksen alue on esitetty kuvassa 3. Ruoppausväylä ulottuu rannalta noin 1 km etäisyydelle selkäalueelle. Kanavan syvyys on 10 m ja leveys 80 m (10 m syvä osa). Reunat luiskataan kaltevuudella 1:2. Työpadon ulkopuolella tehtävän ruoppauksen kokonaistilavuus on alustavan arvion mukaan noin 300 000 m³ (kiintokuutiota). Kanavasta on tehty noin 100 m välein pohjatutkimukset kanavan keskiviivalta ja molemmilta reunoilta.



Kuva 3: Ruopattava alue, pohjatutkimusten paikat sekä työaikainen pato (ruskealla). Syvyyskäyrien syvyystasot rannalta lukien 3 m, 6 m ja 10 m.

Ruopattava massa koostuu pintasedimentistä, hiekasta, siltistä, moreenista ja kivistä paikasta riippuen. Mitattujen maaperätietojen mukaan keskimäärin noin 73 % ruopattavasta maa-aineksesta on hienoaainesta (savea tai silttiä, raekoko alle 0,063 mm, louhintatyöt ei ole mukana tässä arviossa). Syvemmillä alueilla suurempi osa aineksesta on hienoaainesta, rannan lähellä on puolestaan jonkin verran enemmän moreenia ja hiekkaa.

Ruoppaus on alustavasti suunniteltu tehtäväksi kauharuoppauksena yhtäaikaaisesti useammassa paikassa. Ruoppaustehon arvioidaan tässä olevan enintään 200 m³/h (kiintokuutiota). Tehoa rajoittaa läjitysalueen täyttökapasiteetti, jonka maksimi on tässä arvioitu alustavasti olevan edellä mainittu 200 m³/h. Käytännössä ruoppausteho voi olla pienempi, jolloin myös kiintoainekuormitus voi jäädä tässä arvioitua pienemmäksi.

Ruoppaus arvioitiin tässä tehtävän kahdessa jaksossa, jotka ovat syksy 1 ja syksy 2 (S1 ja S2). Molemmille syksyille käytettiin tässä samoja olosuhdetietoja. Ensimmäisenä syksynä ruoppaus aloitetaan pisteestä, joka on kauimpana rannasta, ja edetään sieltä kohti rantaa. Jaksolla S1 ruoppauksen arvioidaan käytetyllä ruoppausteholla etenevän pisteeseen 505 asti. Loput ruopataan jaksolla S2 edeten pisteestä 505 rantaa kohti.

Kauharuoppauksessa ruoppauspaikalla aiheutuva kuormitus johtuu kaivusta aiheutuvasta pohjamateriaalin irtoamisesta ja kauhasta nostaessa poistuvasta aineksesta. Kuormitukseksi ruoppauspaikalla on arvioitu noin 14–17 kg ruopattavaa kuutiometriä kohti ruopattaessa pehmeitä sedimenttejä. Tämä on noin 2–3 % ruopattavasta materiaalista (Riipi, 1997).

Ruoppausväylän pohja syvyytaso vaihtelee paikan mukaan, minkä takia eri paikoista poistettavan pohjamateriaalin määrä vaihtelee. Tässä ruoppausmäärät arvioitiin karkeasti kanavan maaperätutkimuspisteiden tietojen perusteella siten, että kunkin pisteen kohdalle laskettiin poistettavan maa-alueen poikkileikkaus, ja kerrottiin tätä tutkimuspisteiden välisellä etäisyydellä. Maa-ainestietoina käytettiin kanavan keskiviivan kohdalta mitattuja pohjatutkimustietoja. Tiedot eri pisteille on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Ruoppausmäärät näytteenottopisteittäin (karkea arvio)

Piste		Ruoppaus		
Nro	Pohjataso	Syvyys	Poikkil.	Tilavuus
	m	m	m ²	m ³
502	144.48	5.48	498.5	35359
503	143.79	4.79	429.1	46456
504	143.15	4.15	366.4	39747
505	143.59	4.59	409.3	38760
506	141.93	2.93	251.6	33021
507	141.82	2.82	241.5	24635
508	142.08	3.08	265.4	25387
509	140.85	1.85	154.8	20995
519	140.03	1.02	84.1	11953
510	139.2	0.20	16.1	8550
summa				284863

Kiintoainefraktiot ja laskeutumisnopeudet

Siltti ja savi ovat raekokojensa perusteella niitä materiaaleja, jotka suspendoituessaan veteen laskeutuvat hitaimmin pohjaan ja samalla kulkeutuvat kauimmaksi. Hiekkapartikkelit (läpimitta 0,06–2 mm) laskeutuvat pohjaan nopeasti: hiekkapartikkelille, jonka läpimitta on 0,27 mm, laskettu ja mitattu laskeutumisnopeus vedessä on noin 4 cm/s (Ferguson & Church, 2004). Esitetyllä laskeutumisnopeudella ja veden virtausnopeudella 15 cm/s ja 10 m putoamissyvyydellä partikkeli ehtii kulkeutua lähtöpaikaltaan alle 40 m matkan ennen kuin se törmää pohjaan.

Tässä on laskettu ainoastaan hienoaineksen, eli savi- ja silttifraktioiden aiheuttamaa samentumista ja sen leviämistä. Käytetyt laskeutumisnopeudet ovat siltille 10,6 m/d, ja (vastaa 0,012 mm kokoisen partikkelin laskeutumisnopeutta), ja savelle 0,6 m/d, (vastaa 0,0028 mm kokoisen partikkelin laskeutumisnopeutta). Savi koostuu pääosin tyypillisesti saven rajakokoa 0,002 mm suuremmista hiukkasista.

Kuormitusmäärät ja työn ajoitus

Kuormitukset on esitetty taulukossa 3 näytteenottopisteittäin.

Taulukko 3. Kuormitukset pohjatutkimuspisteittäin

Piste	Kuormitus						
nro	Sed0	Sed1	teho	kesto	Kuorma	Sed0	Sed1
	%	%	m ³ /h	d	kg/m ³	kg/h	kg/h
502	21	35	200	12	17	714	1190
503	28	37	200	16	17	952	1258
504	10	34	200	14	17	340	1156
505	8	40	200	13	17	272	1360
506	12	65	200	12	17	408	2210
507	39	53	200	9	17	1326	1802
508	13	87	200	9	17	442	2958
509	12	42	200	7	17	408	1428
519	25	75	200	4	17	850	2550
510	25	75	200	3	17	850	2550
				100			

Mallilaskennoissa kuormitus laskettiin täyden työtehon mukaisena kuormituksena pisteittäin laskettujen savi/hienosiltti ja silttikuoormitusten perusteella. Veden sedimenttipitoisuuden nousu on laskettu molempien ainefraktioiden summana. Ruoppaus arvioitiin tässä tehtävän kahdessa vuorossa klo 6–21 välisenä aikana joka viikko maanantaista perjantaihin.

Kuormituspaikkoja laskennoissa oli pohjatutkimuspisteiden kohdalla, joista jokaisessa kuormitus kesti taulukon 3 mukaisen määrän päiviä. Käytännössä

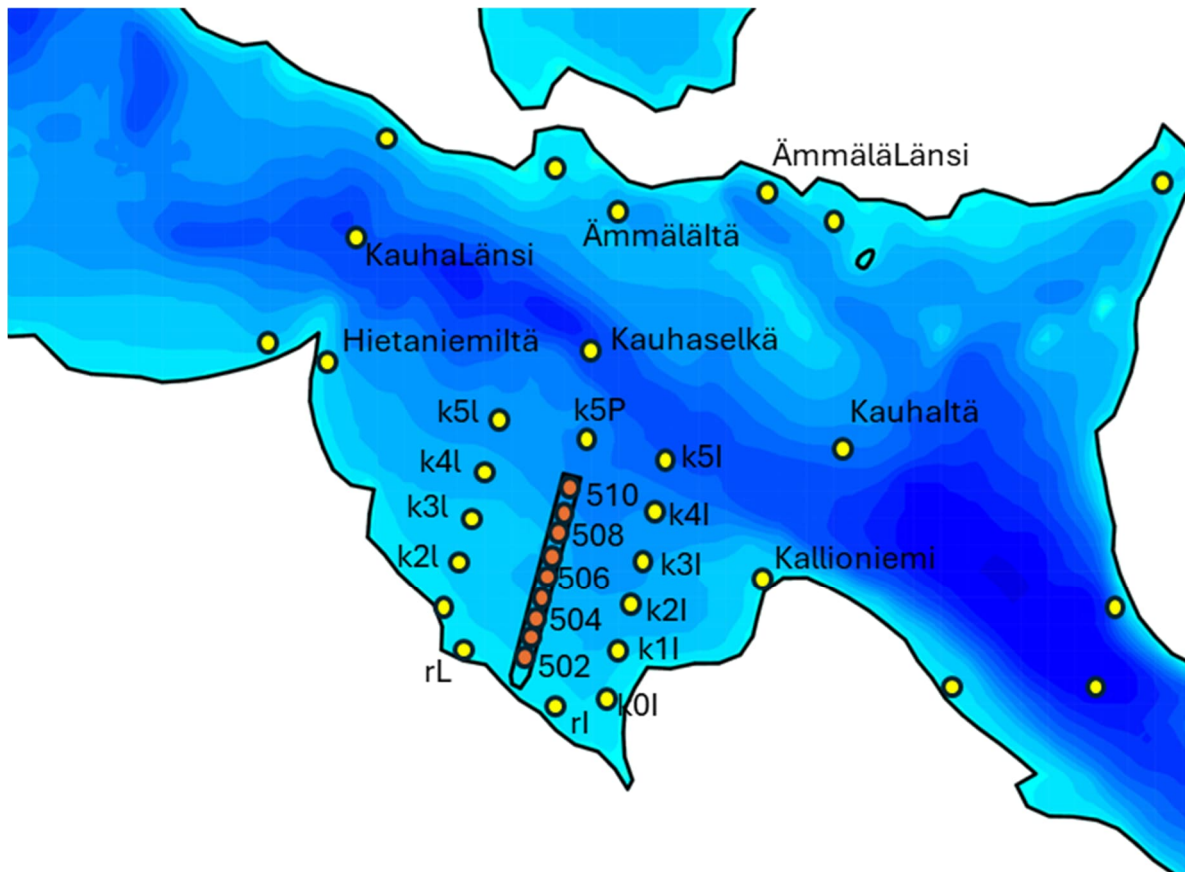
ruoppauspaikka ei pysy samana, mutta ruoppauspaikan pienestä siirtymisestä aiheutuva vaikutus laskennan tuloksiin on vähäinen.

Säätilanne ja kuormituspaikka vaihtelevat laskennan aikana, minkä takia lasketut veden sedimenttipitoisuudet ovat ohjeellisia. Ts. olosuhdetiedot työn toteutuksen aikana ja työ toteutus voivat poiketa tässä käytetyistä arviosta.

5 Ruoppauksen aiheuttama samentuma, tulokset

Ruoppauksen kuormituspisteet on esitetty kuvassa 4. Laskettu pitoisuus on tässä ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousu, ts. taustapitoisuutta ei ole pitoisuuksiin lisätty.

Suomessa järvillä tyypillinen kiintoainepitoisuus on luokkaa 1–3 mg/l. Tyypillisesti vettä, jonka kiintoainepitoisuus on alle 5 mg/l voi luonnehtia kirkkaaksi, 10 mg/l pitoisuudella vesi on hieman sameaa, ja 15 mg/l pitoisuudella selkeästi sameaa.



Kuva 4: Aikasarjojen tulostuspisteet keltaisella, kuormituspisteet oranssilla (K502-K510).

5.1 Aikasarjatulokset

Ruoppauksen aiheuttaman kiintoainepitoisuuden nousun aikasarjat kuvan 4 pisteistä jaksolle S1 on esitetty kuvissa 5–7 ja jaksolle S2 kuvissa 8–10. Yli 10 mg/l pitoisuustason ylittävien päiväkeskiarvojen määrä koko laskentajakson ajalta eri aikasarjapisteissä jaksoilta S1 ja S2 on esitetty taulukossa 4. Taulukossa 5 on esitetty eri pisteiden enimmäispitoisuudet koko laskentajaksolta. Jaksolla S1 ruoppaus etenee kauimpana rannasta olevasta pisteestä K510 kohti rantaa pisteeseen K505. Jaksolla S2 ruoppaus etenee pisteestä 505 kohti rantaa pisteeseen 503. Molemmilla laskentajaksoilla S1 ja S2 on 50 ruoppauspäivää (viikonloppuna ei työskennellä), ja työt ajoittuvat aikavälille 2.9–15.11.

Taulukko 4. Päivät, joina vuorokauden keskipitoisuus ylittää 10 mg/l tason

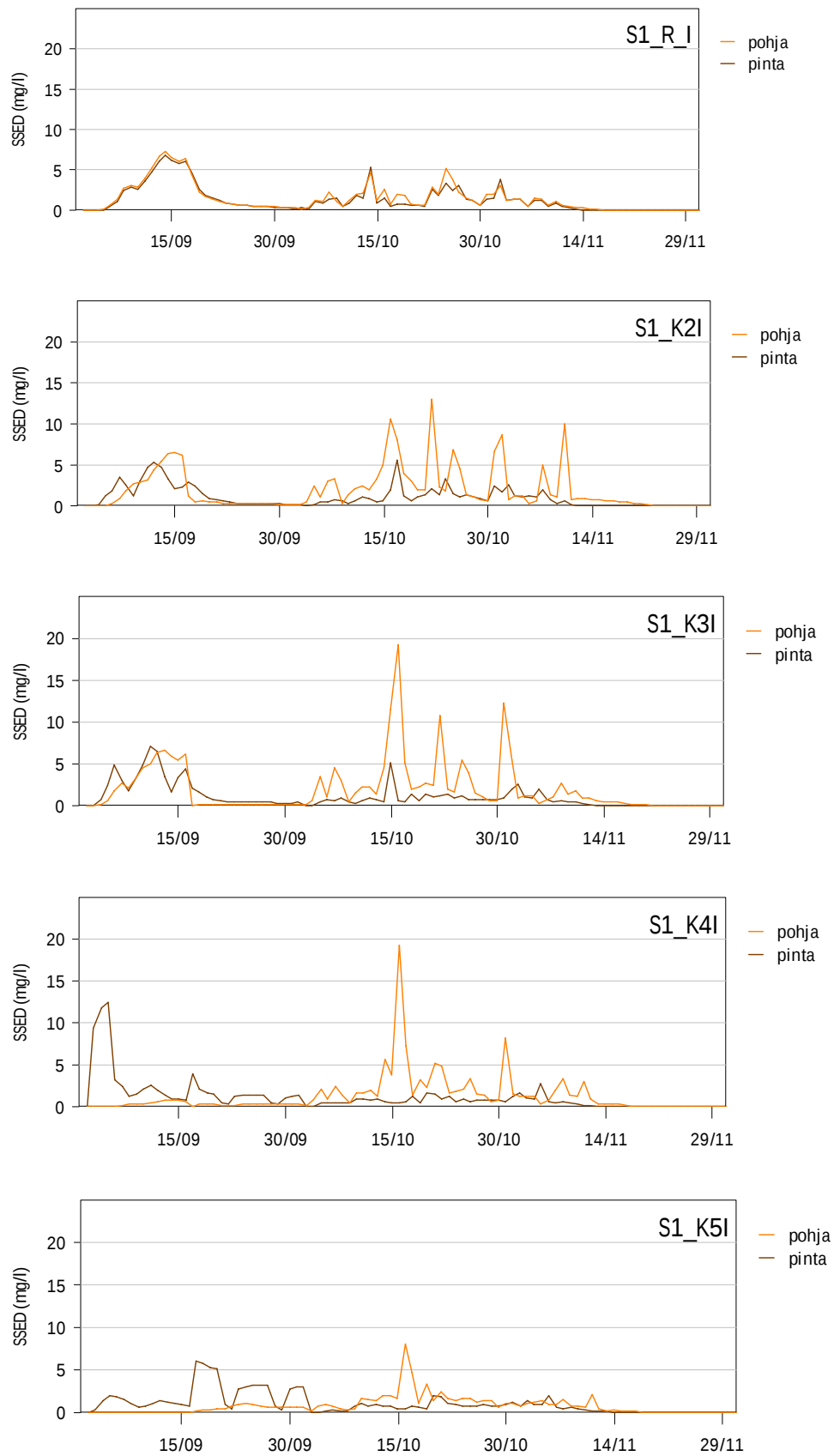
Jakso	S1		S2	
Piste	pohja yli 10 mg/l	pinta yli 10 mg/l	pohja yli 10 mg/l	pinta yli 10 mg/l
	päivä lkm	päivä lkm	päivä lkm	päivä lkm
R_I	0	0	15	10
K1I	2	0	8	1
K2I	3	0	3	1
K3I	4	0	2	0
K4I	1	2	2	0
K5I	0	0	0	0
R_L	1	0	15	13
K1L	2	1	20	19
K2L	6	0	4	1
K3L	9	0	0	1
K4L	6	0	0	0
K5L	1	0	0	0
K5P	0	0	0	0
Kauhaselkä	0	0	0	0
Kallioniemi	0	0	0	0
Hiekkaniemi_Itä	0	0	0	0
Ämmälä_Länsi	0	0	0	0
Ämmälä_Itä	0	0	0	0

Taulukko 5: Pohjan ja pinnan maksimiarvot eri aikasarjapisteissä

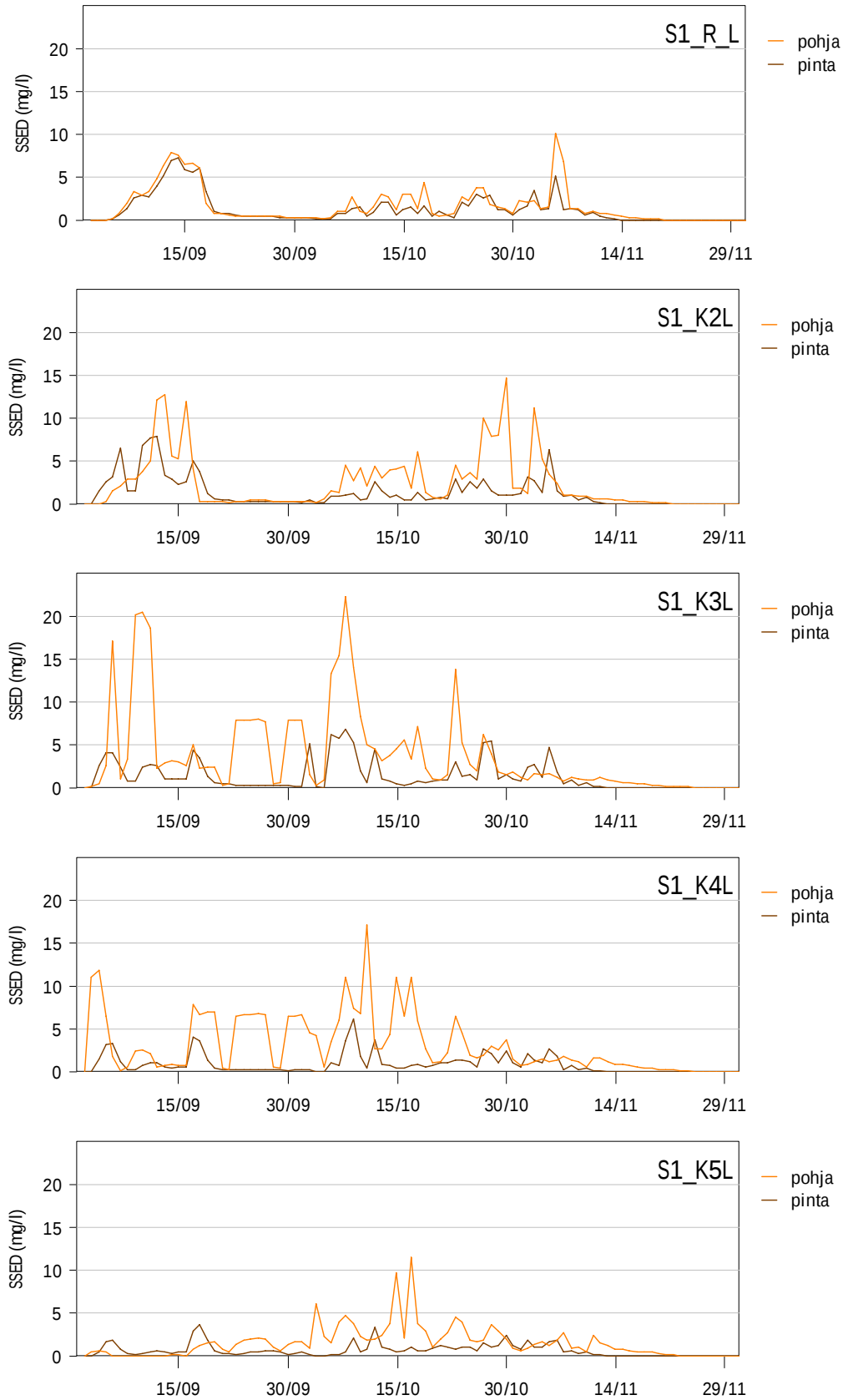
Jakso	S1		S2	
Piste	pohja maksimi	pinta maksimi	pohja maksimi	pinta maksimi
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
R_I	7.3	6.8	23.7	21.6
K1I	13.2	6.0	21.8	13.1
K2I	13.1	5.7	18.4	11.2
K3I	19.3	7.2	18.3	8.6
K4I	19.3	12.4	10.7	3.7
K5I	8.1	6.1	6.6	2.6
R_L	10.3	7.4	72.5	48.0
K1L	15.3	10.6	26.9	24.6
K2L	14.8	8.0	26.6	10.8
K3L	22.4	6.8	3.9	13.1
K4L	17.1	6.3	5.4	6.9
K5L	11.5	3.7	6.9	6.0
K5P	8.0	3.9	6.4	6.1
Kauhaselkä	6.2	4.3	6.4	9.6
Kallioniemi	4.7	4.4	7.8	5.2
Hiekkaniemi_Itä	5.8	3.7	5.4	5.3
Ämmälä_Länsi	3.6	1.9	2.9	3.9
Ämmälä_Itä	3.0	2.9	4.4	5.2

Jaksolla S1 kiintoainepitoisuuden nousun maksimit pinnalla jäivät enimmäkseen alle 10 mg/l tason. Pisteissä K4I ja K1L 10 mg/l pitoisuustaso kuitenkin ylittyi lyhytaikaisesti. Pohjakerroksessa 10 mg/l tason ylittyi puolestaan lähes kaikissa kanavan läheisissä pisteissä. Kauempana kanavasta olevissa pisteissä 10 mg/l taso ei ylity pinnalla eikä pohjakerroksessa.

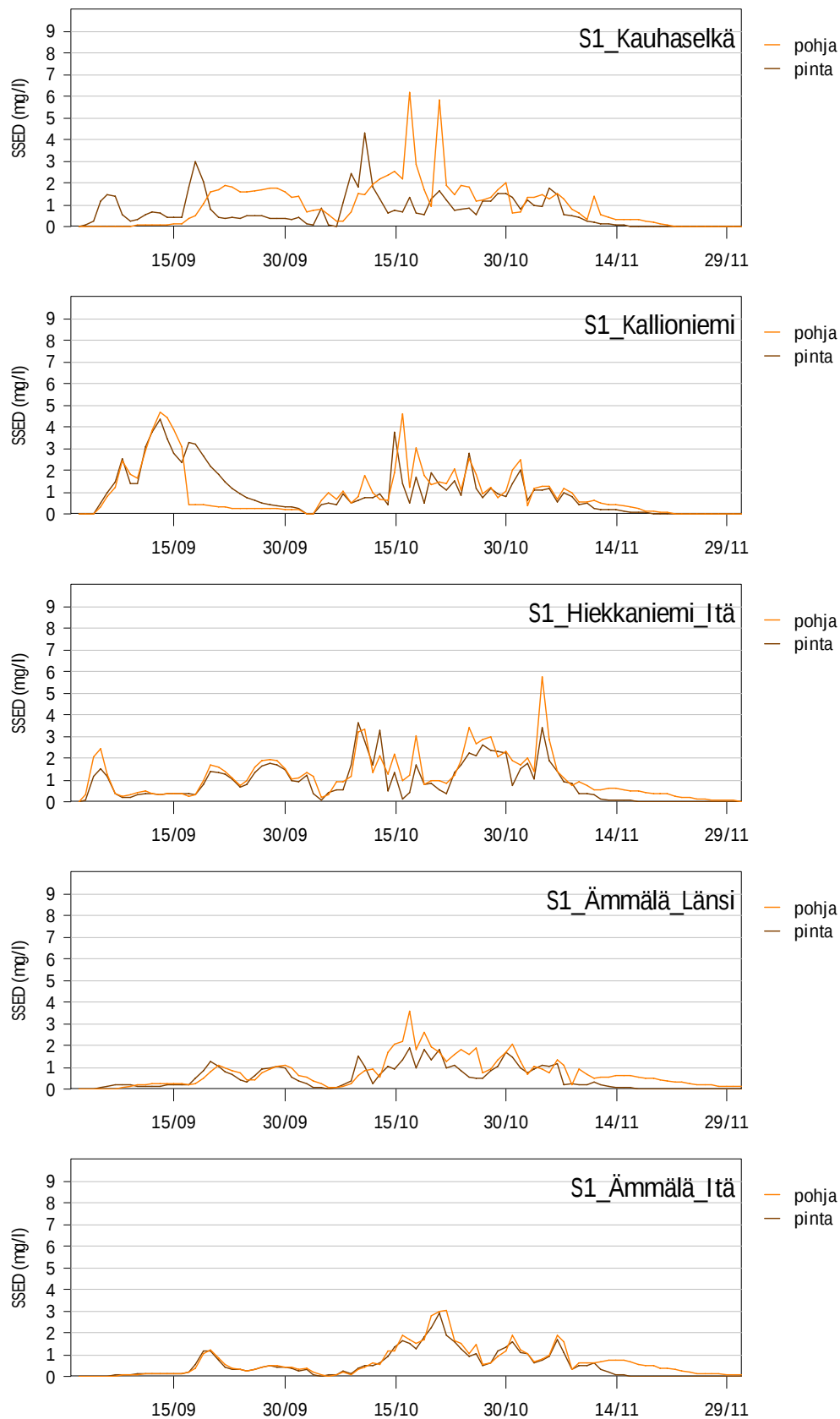
Jaksolla S2 pitoisuuskasvat ovat keskimäärin suurempia kuin jaksolla S1. Tämä johtuu siitä, ruoppaus tehdään rannan lähellä, missä veden vaihtuminen on ulappa-aluetta heikompaa. Pitoisuustasot nousevat tämän takia suuremmiksi, mutta toisaalta myös eivät kulkeudu yhtä kauas. Jaksolla 10 mg/l pitoisuustaso ylittyi pintakerroksessa lähinnä rannan läheisissä pisteissä. Ylityksiä on eniten pisteessä R_L, ts. rannan lähellä ruoppausalueen länsipuolella. Tässä pisteessä on myös suurin pitoisuuskasvat vuorokausikeskiarvo 72,5 mg/l.



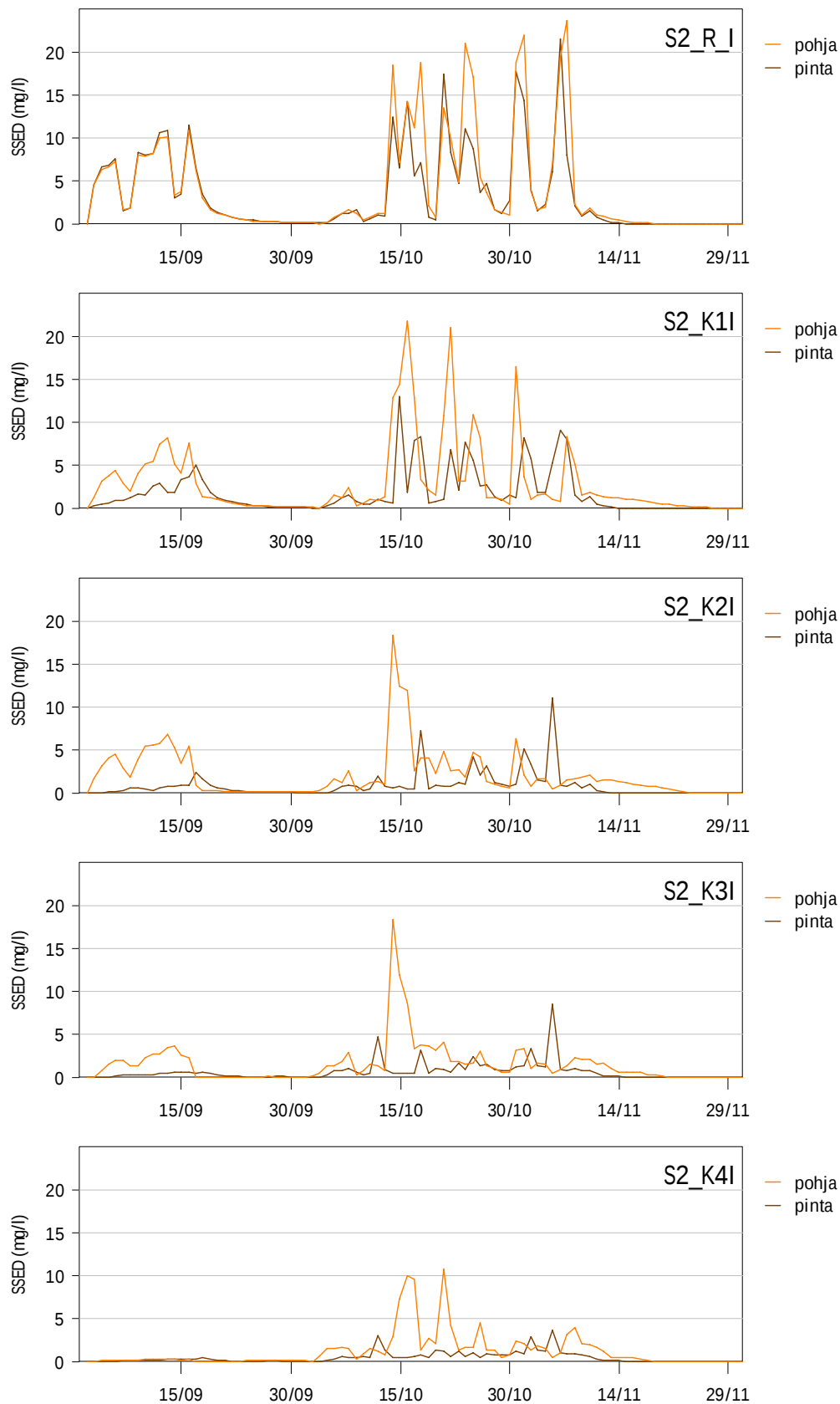
Kuva 5: Ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousu kanavan itäpuolisissa pisteissä (vuorokauden keskipitoisuus, piste K1I jätetty pois kuvasta).



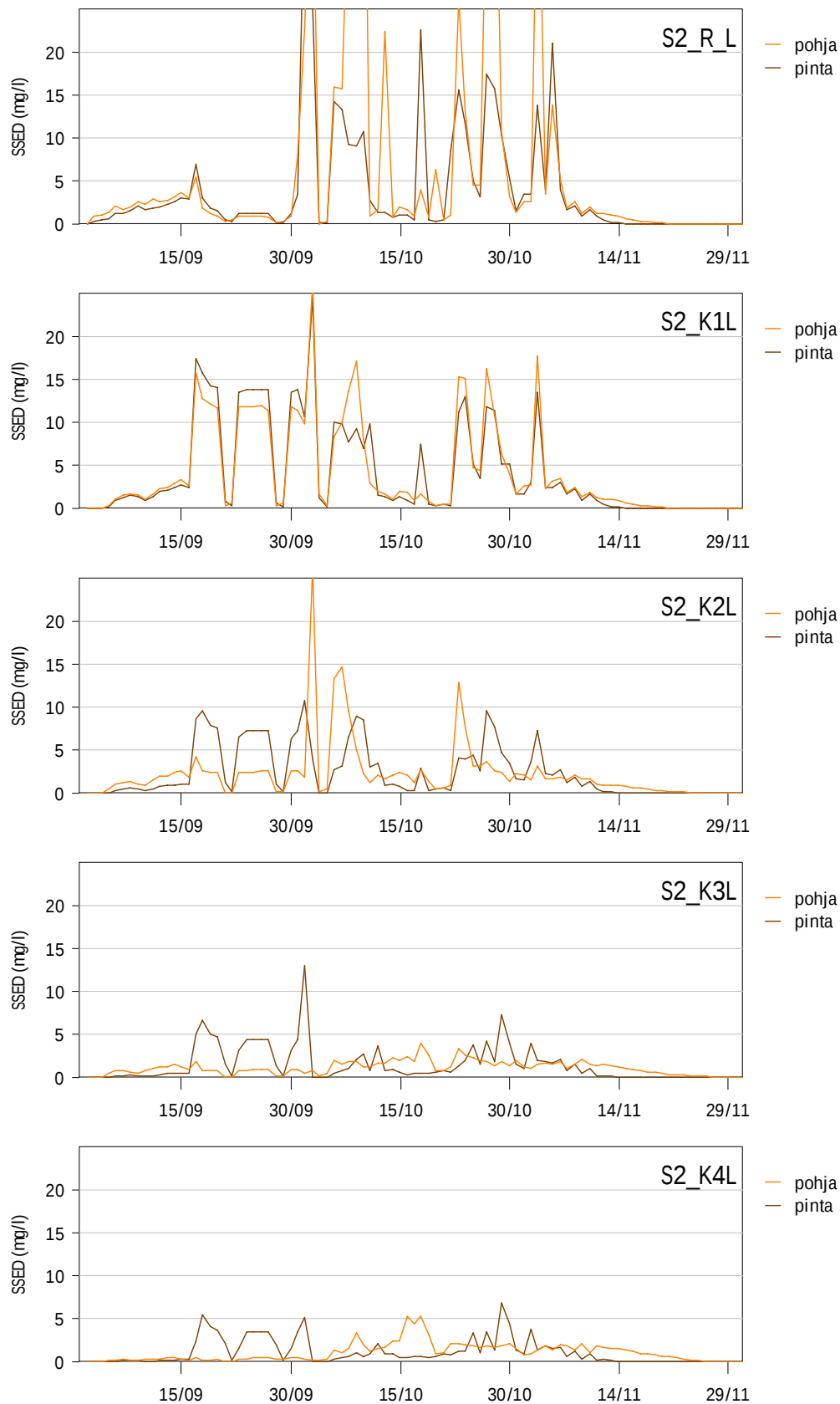
Kuva 6: Ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousu kanava länsipuolen pisteissä (vuorokauden keskipitoisuus, piste K1L jätetty pois kuvasta).



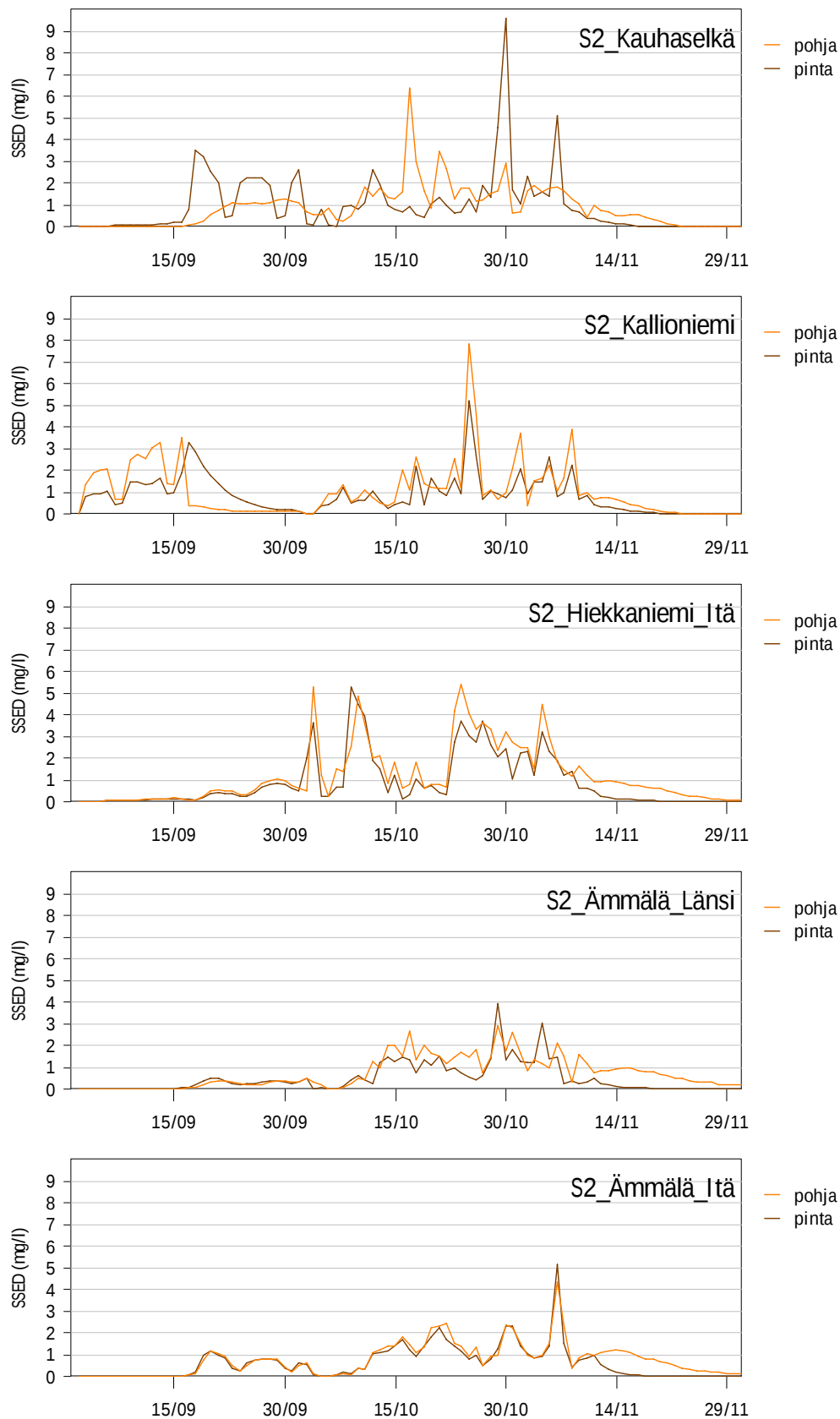
Kuva 7: Ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousu Kauhaselän eri pisteissä (vuorokauden keskipitoisuus).



Kuva 8: Ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousu kanavan itäpuolisissa pisteissä (vuorokauden keskipitoisuus, piste K5I jätetty pois kuvasta).



Kuva 9: Ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousu kanavan länsipuolisissa pisteissä (vuorokauden keskipitoisuus, piste K5L jätetty pois kuvasta).



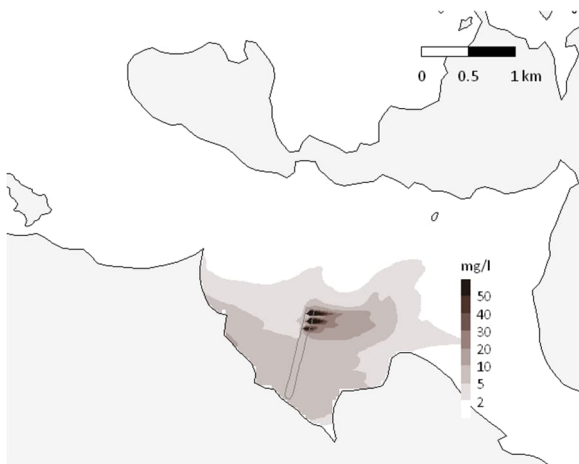
Kuva 10: Ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousu Kauhaselän eri pisteissä (vuorokauden keskipitoisuus).

5.2 Kiintoainepitoisuuden nousu karttapohjalla

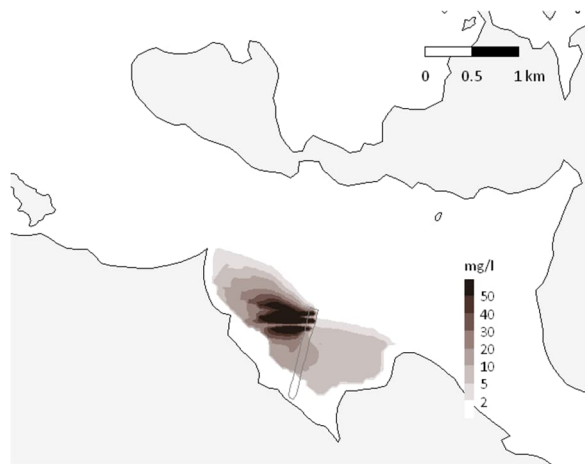
Kuvissa 11–14 on esitetty ruoppauksen aiheuttaman kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvon maksimit karttapohjalla 1.9.-15.11.2020 väliseltä jaksolta. Jaksolla järven pinnankorkeus pysyi lähellä säännöstelyn ylärajaa.

Päiväkeskiarvon maksimi on kooste jonkin jakson suurimmista päivän keskiarvopitoisuuksista. Ts. kartalla kussakin pisteessä näkyvä pitoisuus on suurin esitetyn jakson päiväkeskipitoisuuksista. Eli jokaiselle jakson päivälle on laskettu ensin keskipitoisuus, ja näistä on valittu kuhunkin karttapisteeseen suurin arvo.

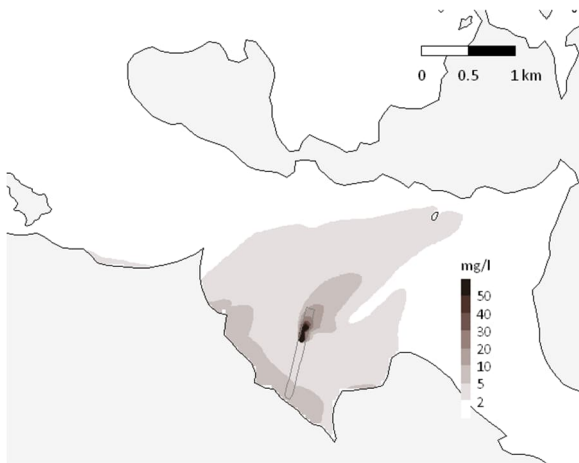
Syksyllä S1 ruoppauksen aiheuttama kiintoaineen pitoisuusnousun suurin päiväkeskiarvo jää Kuusilahden ulkopuolella enimmäkseen alle 10 mg/l tason. Suurin samentuma rajoittuu noin 1 km etäisyydelle ruoppauspaikasta. Pohjalla samentumaa on selvästi pintakerrosta enemmän.



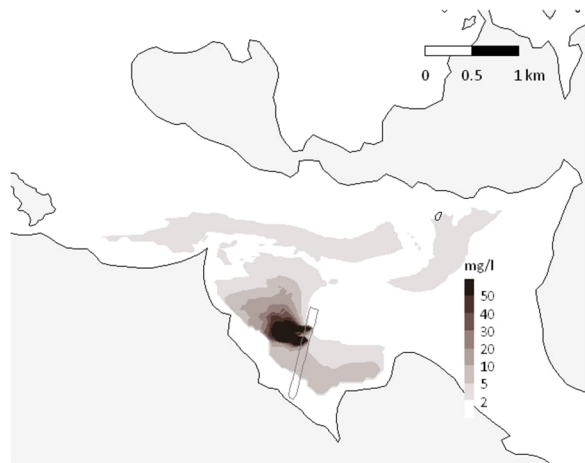
S1 1.9-15.9.2020 pinta



pohja

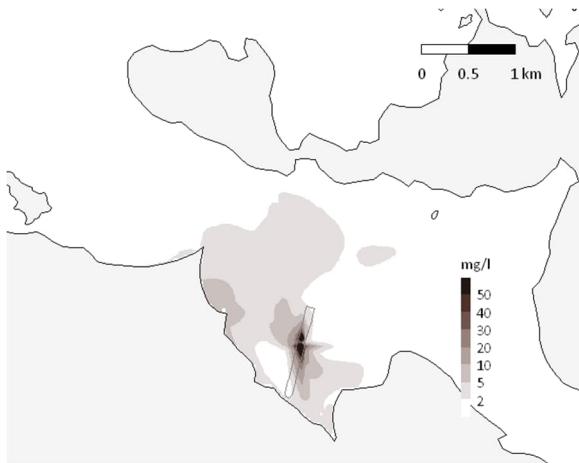


S1 15.9-1.10.2020 pinta

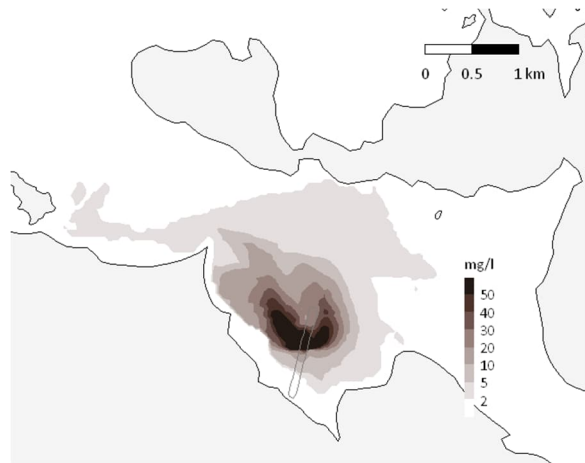


pohja

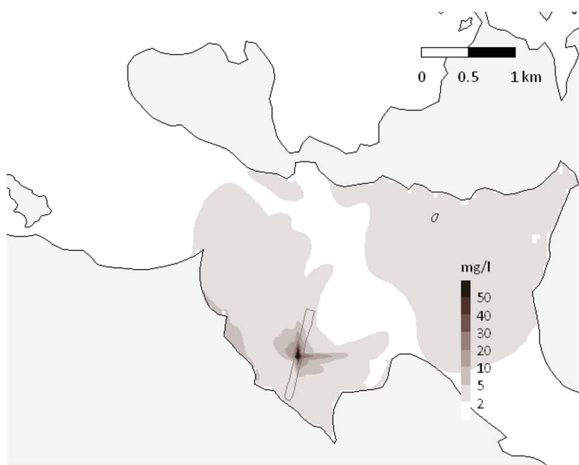
Kuva 11: Ruoppauksen aiheuttama kiintoaineen pitoisuusnousu karttapohjalla, päiväkeskiarvon maksimi syyskuussa 15 päivän jaksoilla, pinta- ja pohjakerros.



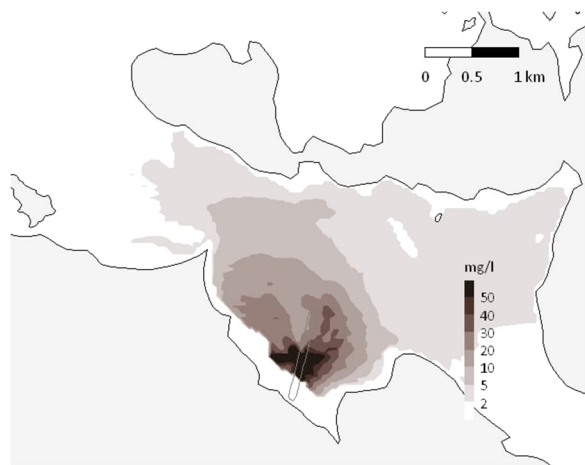
S1 1.10-15.10.2020 pinta



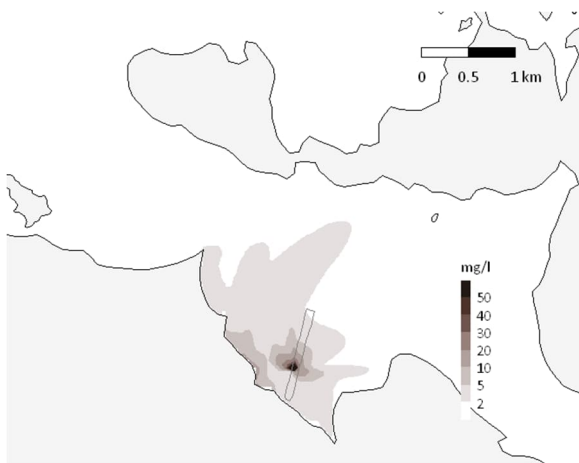
pohja



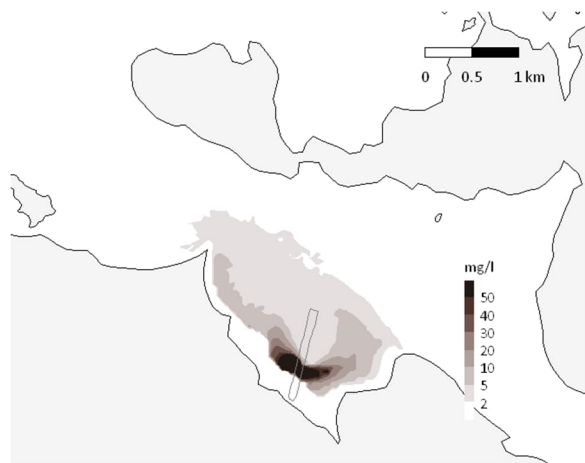
S1 15.10-1.11.2020 pinta



pohja

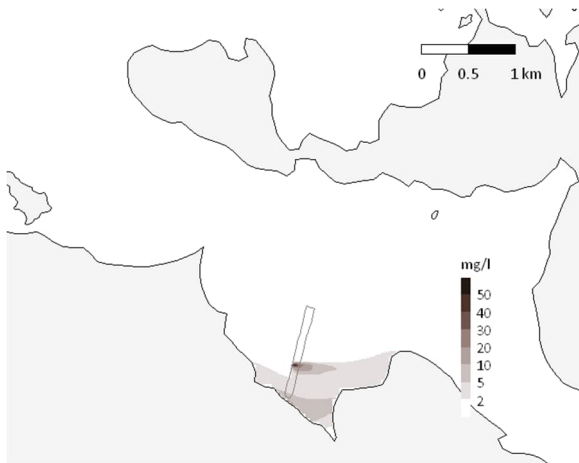


S1 1.11-15.11.2020 pinta

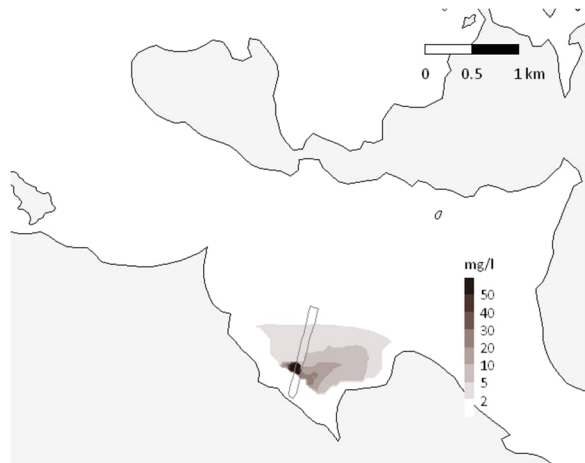


pohja

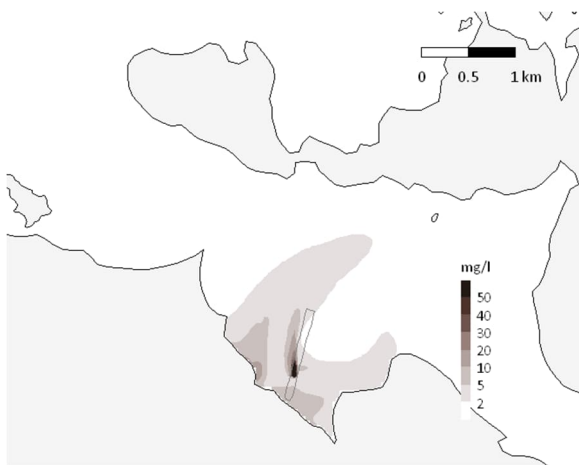
Kuva 12: Ruoppauksen aiheuttama kiintoaineen pitoisuusnousu karttapohjalla, päiväkeskiarvon maksimi loka- ja marraskuussa, pinta- ja pohjakerros. Kauhaselkä



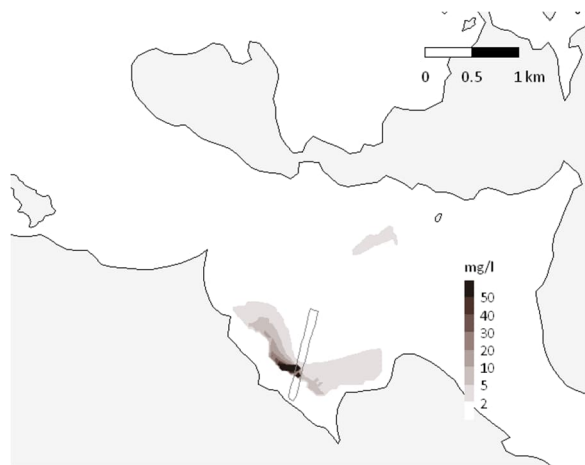
S2 1.9-15.9.2020 pinta



pohja

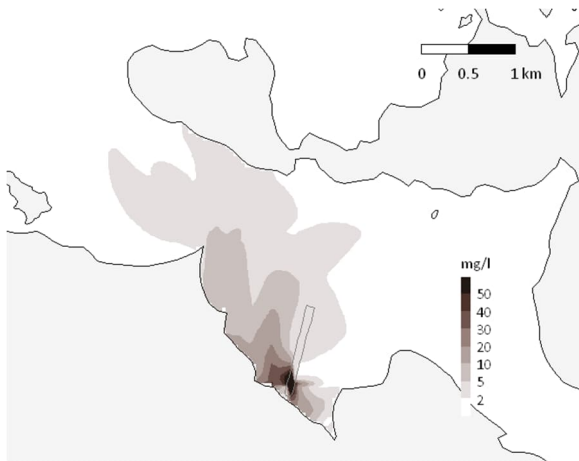


S2 15.9-1.10.2020 pinta

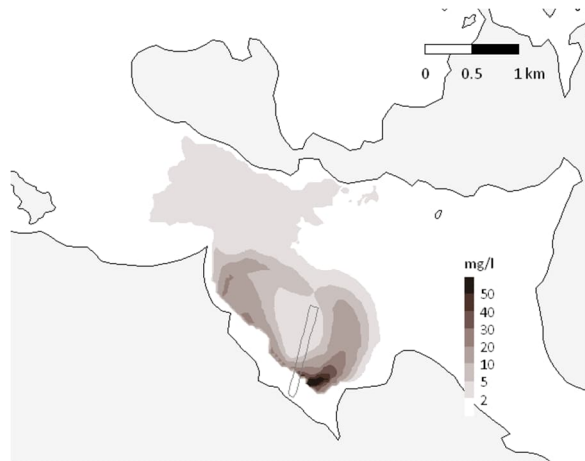


pohja

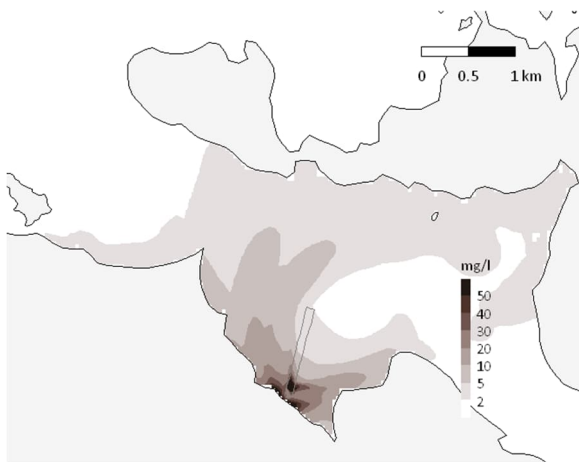
Kuva 13: Syksy nro 2, ruoppauksen aiheuttama kiintoaineen pitoisuusnousu karttapohjalla, päiväkeskiarvon maksimi syyskuussa.



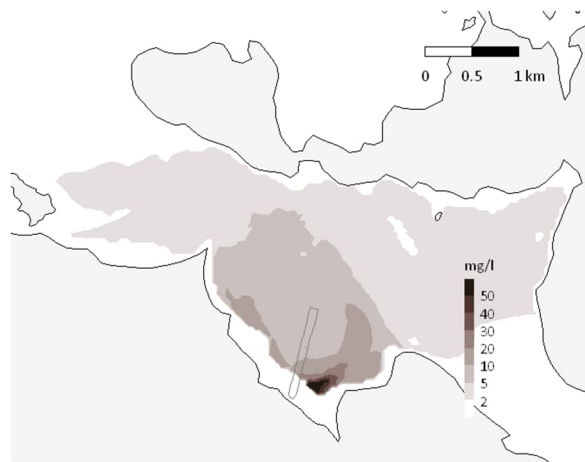
S2 1.10-15.10.2020 pinta



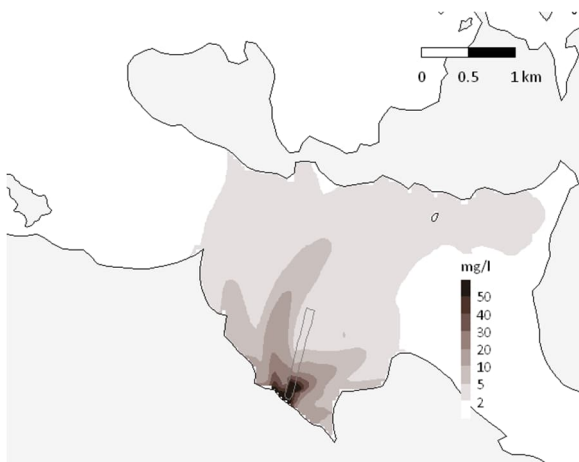
pohja



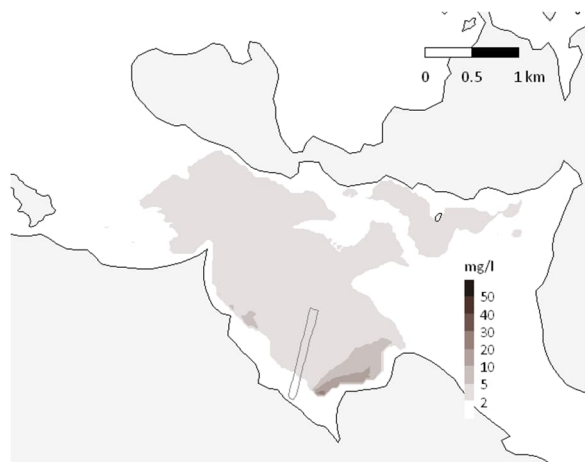
S2 15.10-1.11.2020 pinta



pohja



S2 1.11-15.11.2020 pinta



pohja

Kuva 14: Syksy nro 2, ruoppauksen aiheuttama kiintoaineen pitoisuusnousu karttapohjalla, päiväkeskiarvon maksimi loka- ja marraskuussa.

6 Epävarmuuksien arviointi

Laskentamalleilla saataviin tuloksiin sisältyy aina epävarmuutta, jonka suuruus vaikuttaa mallitulosten käytettävyyteen. Epävarmuuksien arviointi ei virtaus- ja vedenlaatumalleille ole suoraviivaista. Sedimentin leviämisen arvioinnissa epätarkkuutta lopputuloksiin voi kertyä kohdealueen virtausten ja vedenvaihtumisen laskennasta, sedimenttikuormituksen suuruuden arvioinnista, veteen päätyneen sedimentin käyttäytymisen laskennasta ja kulkeutumislaskennan numeerisista epätarkkuuksista. Myös kaikkia sedimentin leviämiseen ja sekoittumiseen vaikuttavia prosesseja ei voida aina huomioida, joten näiden prosessin jääminen pois laskennasta voi vaikuttaa mallinnuksen lopputulokseen.

Sedimenttien kulkeutumisarvioiden keskeiset lähtötiedot ovat kuormituksen suuruus ja kuormituksen käyttäytyminen vedessä, ts. laskeutumisnopeus. Tässä käytetty kuormitus perustuu kirjallisuusarvoihin, joiden perusteena ovat aikaisempien ruoppausten aikana tehdyt mittaukset. Tuloksena on sedimentin irtoamismäärää ruopattua massamäärää kohden, kun ruopattavana materiaalina on ollut pehmeä sedimentti. Ruoppaukselle käytetty arvo $17 \text{ kg/m}^3\text{krt}$ on avokauhalle ja pehmeälle sedimentille. Pintasedimentin alla oleva materiaali on tyypillisesti pintasedimenttiä kiinteämpää ja koheesiomaata, joten kuormitusarvo on todennäköisesti yläkanttiin, ts. maa-ainesta päätty ruopattaessa veteen tässä käytettyä arvoa pienempi määrä. Avovesiaikana kiintoaineen leviämistä voi vähentää silttiverhon avulla. Tässä silttiverhoa ei ole huomioitu.

7 Yhteenveto

Raportissa on arvioitu Kemijärvelle suunniteltujen ruoppaustöiden aiheuttamaa samentumaa käyttäen apuna virtaus- ja vedenlaatumallinnusta. Koska tietoja käytettävästä ruoppauskalustosta ja tarkempaa ruoppaussuunnitelmaa ei vielä ollut käytettävissä, perustuu ruoppauksen kuormituslaskelma arvioon. Arvio enimmäiskuormituksella niin, että todennäköinen kuormitus jää tässä käytetty kuormitusta pienemmäksi, jolloin myös tässä laskettu kiintoainepitoisuuden nousu on todennäköisesti yläarvio.

Keskeinen tekijä samentuman syntymisessä on se, miten samentuman aiheuttama kuormituksen määrä arvioidaan. Tässä on käytetty menetelmää, jonka mukaan ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama kuormitus on suoraan verrannollinen ruoppaustehoon (Riipi, 1997). Samentuman määrään vaikuttaa myös ruopattava materiaali, tässä käytetyt pohjan maalajin ominaisuudet perustuvat kohdealueelta otettuihin näytteisiin perustuviin maalajitietoihin.

Kuormituksissa on käytetty kirjallisuudesta löytyvien arvoja, jotka on saatu todellisista ruoppauskohteista. Samentuman leviämisen laskenta on tehty

pidemmälle jaksolle, jolloin tuloksissa on mukana sekä heikompien että kovempien tuulen jaksoja. Keskimääräistä voimakkaammilla tuulilla kuormitus sekoittuu tyyntä tilannetta paremmin ohi virtaavaan veteen ja leviää suuremmalle alueelle, jolloin paikallinen samentuman jää pienemmäksi.

Laskentojen mukaan suurimmat kiintoainepitoisuuden nousut rajoittuivat avovesiaikana ruoppauspaikan lähialueelle noin 1 km etäisyydelle. Tätä kauempana pitoisuusnousu jää pintakerroksessa päiväkeskiarvona mitattuna selvästi alle 10 mg/l tason.

Ruoppausmenetelmänä on tässä arviossa käytetty kauharuoppausta, tehona 200 m³/s. Mikäli ruoppaus tehdään eri menetelmällä tai jollakin muulla teholla, muuttuu kuormitus ja samalla myös veteen irtaavan kiintoaineen määrä. Imuruoppauksessa, joka soveltuu hyvin esim. pehmeiden pintasedimenttien poistoon, ei ruoppauspaikalla tule juurikaan kuormitusta. Tyypillisesti imuruoppauksessa kertyvät massa pumpataan läjitysalueelle, mutta jos ruoppausmassa kerätään proomuun, on huomioitava proomun ylivalumasta aiheutuva kiintoainekuormitus. Kuormitukseen voi vaikuttaa myös se, että osa ruoppauksista on ehkä mahdollista tehdä kuivatyönä silloin, kun järven vedenpinta on alhaalla, jolloin kuormitusta veteen ei välttämättä kerry lainkaan.

8 Lähdeluettelo

Copernicus Climate Change Service (C3S), 2017: ERA5: Fifth generation of ECMWF atmospheric reanalyses of the global climate . Copernicus Climate Change Service Climate Data Store,10/2020. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>

SYKE, 2021, Suomen Ympäristökeskuksen HERTTA-tietokanta, tiedot haettu 09/2021.

Koponen J., Kumm M., Lauri H., Virtanen M., Inkala A., Sarkkula J., Suojanen I., Veijalainen N., 2008, EIA 3D Model Manual,

Liikennevirasto, 2021, Lataus- ja katselupalvelut, <https://julkinen.vayla.fi/oskari/>, tiedot haettu 09/2021

MML, 2023, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, tiedot haettu 04/2023, lisenssi ja tietojen haku sivulta <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

Riipi T., 1997, Ruoppaus- ja läjitystekniikoiden valinta maalajien ominaisuuksien ja ympäristövaikutusten perusteella, VTT Valmistustekniikka, VTT tiedotteita 1853

Ympäristöministeriö, 2015, Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje, ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto (www.ym.fi/julkaisut).