

Liite 11

Afry Finland Oy

Vedenlaadun mallinnus Inkoon merialueella.

Blastr Green Steel sataman ruoppauksen
aiheuttama samentuma.

Vedenlaadun mallinnus Inkoon merialueella Blastr Green Steel sataman ruoppauksen aiheuttama samentuma

14.11.2024, v1

Asiakas:

Projektinumero:

Sisällysluettelo

1	Johdanto	3
1.1	Tavoitteet.....	3
2	Laskentamalli	3
3	Ruoppauksen aiheuttama kuormitus	3
4	Skenaariolaskennat.....	5
4.1	Kiintoainepitoisuuden nousun aikasarjat	5
4.2	Kiintoainepitoisuusnousun kuukausikeskiarvot kartalla	11
4.3	Kiintoainepitoisuusnousun päiväkeskiarvon maksimi	14
5	Yhteenveto	17
6	Lähdeluettelo	17

AFRY Finland Oy,
Ympäristötutkimus,
Elektroniikkatie 13
90590 OULU

Copyright © AFRY Finland Oy

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

1 Johdanto

1.1 Tavoitteet

Tämän työn tavoitteena oli selvittää Inkoon Norrfjärdenin alueelle suunnitellun terästehtaan rakentamiseen liittyvän sataman ruoppauksen aiheuttamaa samentuman kulkeutumista ruoppauspaikalta merialueelle. Työn sisältö oli seuraava:

- 1) Vedenlaatumallin laatiminen kohdealueelle.
- 2) Ruoppauksen aiheuttaman samentuman leviämisen laskenta

2 Laskentamalli

Vedenlaatulaskenta perustuu aikaisemmin alueelta laadittuun virtausmalliin, josta on tarkempi esitys raportissa "Lämpöpäästön mallinnus Inkoon merialueella" (AFRY 2024). Samentuman leviäminen laskettiin vedenlaatumallilla, joka käytti laskentaan virtausmallin tuottamia virtauskenttiä.

Samentuman leviäminen laskettiin sijoittamalla ruoppauspaikalle ruoppauksen aiheuttama kiintoainekuormitus. Tuloksena saadaan kiintoainepitoisuudet laskenta-alueen pisteistä. Pitoisuudet on tässä esitetty aikasarjoina ja keskiarvokenttinä.

3 Ruoppauksen aiheuttama kuormitus

Ruoppausmenetelmänä tässä arvioinnissa käytettiin imuruoppausta, joka läjitetään ruoppauspaikalla proomuun. Ruoppauspaikalla kiintoainekuormitusta syntyy pohjalle imuruoppaajan leikkuupäästä ja pinnalle proomuläjityksen ylivalumasta.

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 meriveden 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. Laskeutumisnopeutena ylemmissä vesikerroksissa käytetään tässä savihiukkasille 0,6 m/d ja sedimentoitumisnopeutena pohjaa lähimmässä vesikerroksessa 0,3 m/d, sekä silttihiukkasille 10,6 m/d ja 5,3 m/d. Laskeutumisnopeutta pienempi sedimentoitumisnopeus pohjakerroksessa sopii yleensä paremmin mittauksiin; sillä pyritään ottamaan huomioon lyhytaikaista resuspensiota.

Eri kokoisten partikkeleiden laskeutumisnopeuksien määrittäminen perustuu ns. Stokesin lakiin, jonka pohjalta voi arvioida partikkeleiden laskeutumisnopeuksia vedessä partikkeleiden ominaispainon ja koon perusteella. Savessa on <0,002 mm kokoluokan partikkeleita määritelmän mukaan vähintään 30%, loput ovat tätä suurempaa koko-

luokkaa. Stokesin lain mukaan 0,002 mm kokoluokan partikkeleille laskeutumisnopeus on noin 60 cm/d (veden lämpötilassa +20 °C).

Kiintoainekuormitus

Satamasta ruopattavan materiaalin kokonaismäärä on noin 240 000 m³kuutiota, josta noin 40000 m³kuutiota on louhittavaa kalliota. Ruopattava materiaali kuljetetaan läjityspaikalta 2000 m³ vetoisilla proomuilla 8 h välein. Proomussa materiaali on irtokuutiaina, joiden tilavuus oletetaan tässä olevan 2 x ruopattavan materiaalin kiintokuutiomäärä.

Ruoppausteho määräytyy tällöin proomukuljetuksen kapasiteetin perustella, eli on keskimäärin, 1000 m³kuutiota / 8 h = 125 m³kuutiota/h.

Ruopattava materiaali on meren pohjan tutkimustulosten mukaan savea ja liejusavea (GTK 2020), syvemmillä mahdollisesti moreenia. Ruopattavan materiaalin oletettiin tässä olevan savea, jolloin samentumalle saadaan yläarvio. Saven koostumuksen arvioitiin olevan 50 % savi-kokoluokan hiukkasia ja 50 % siltti-kokoluokan hiukkasia.

Imuruoppauksessa ja ylivirtaamassa irtotainetta yhteensä 15 kg/m³ (ruopattu kuutio, kiintokuutiota). Ruoppauksen kokonaiskiintoainekuormitus on siis eli 15*125 kg/h = 1875 kg/h tai 45000 kg/d. Tästä 1/3 (5 kg/m³) oletetaan irtovan pohjalla leikkuupään toiminnan johdosta 0–2 m pohjan yläpuoliseen kerrokseen, ja loput 2/3 kuormituksesta (10 kg/m³) tulee proomun ylivalumasta pinnalle 0–2 m kerrokseen. Kuormitus pinnalle on siis 30 000 kg/d, ja pohjalle 15 000 kg/d, josta 50 % savea ja 50 % silttiä.

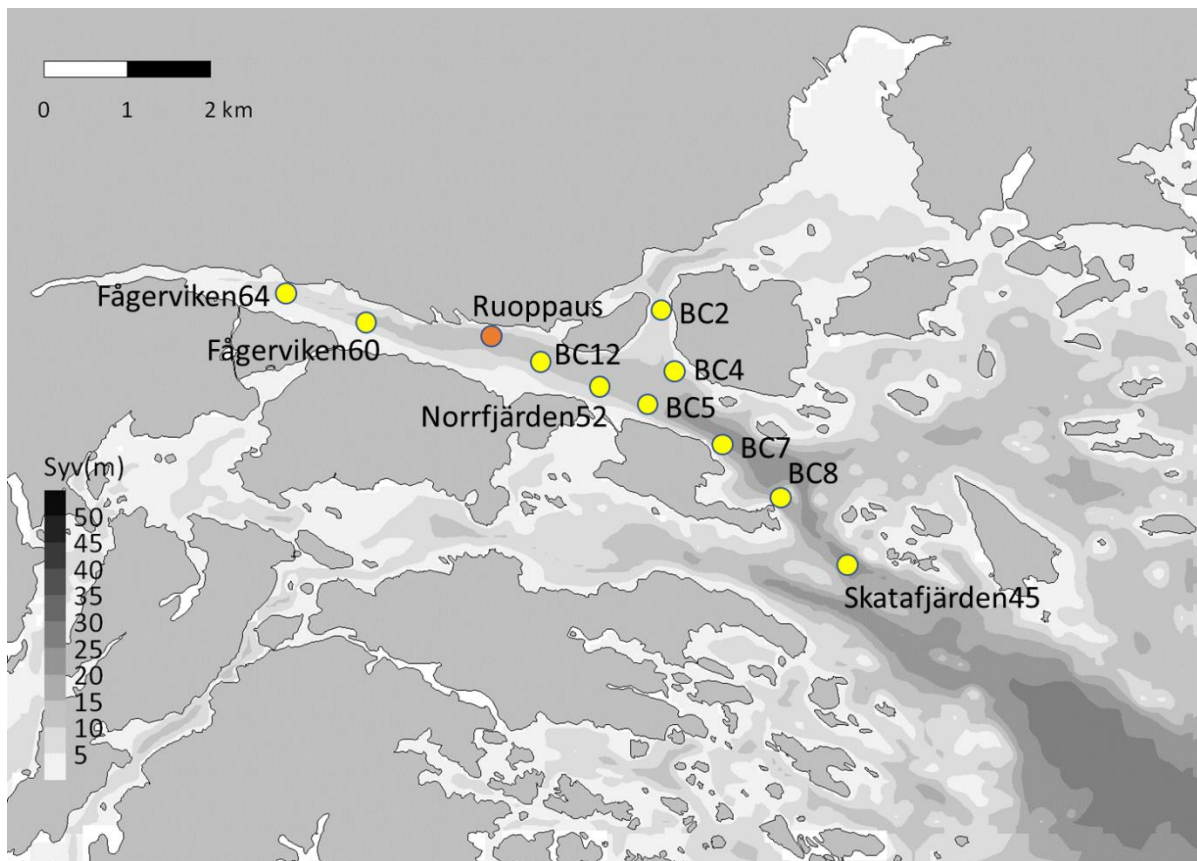
4 Skenaariolaskennat

4.1 Kiintoainepitoisuuden nousun aikasarjat

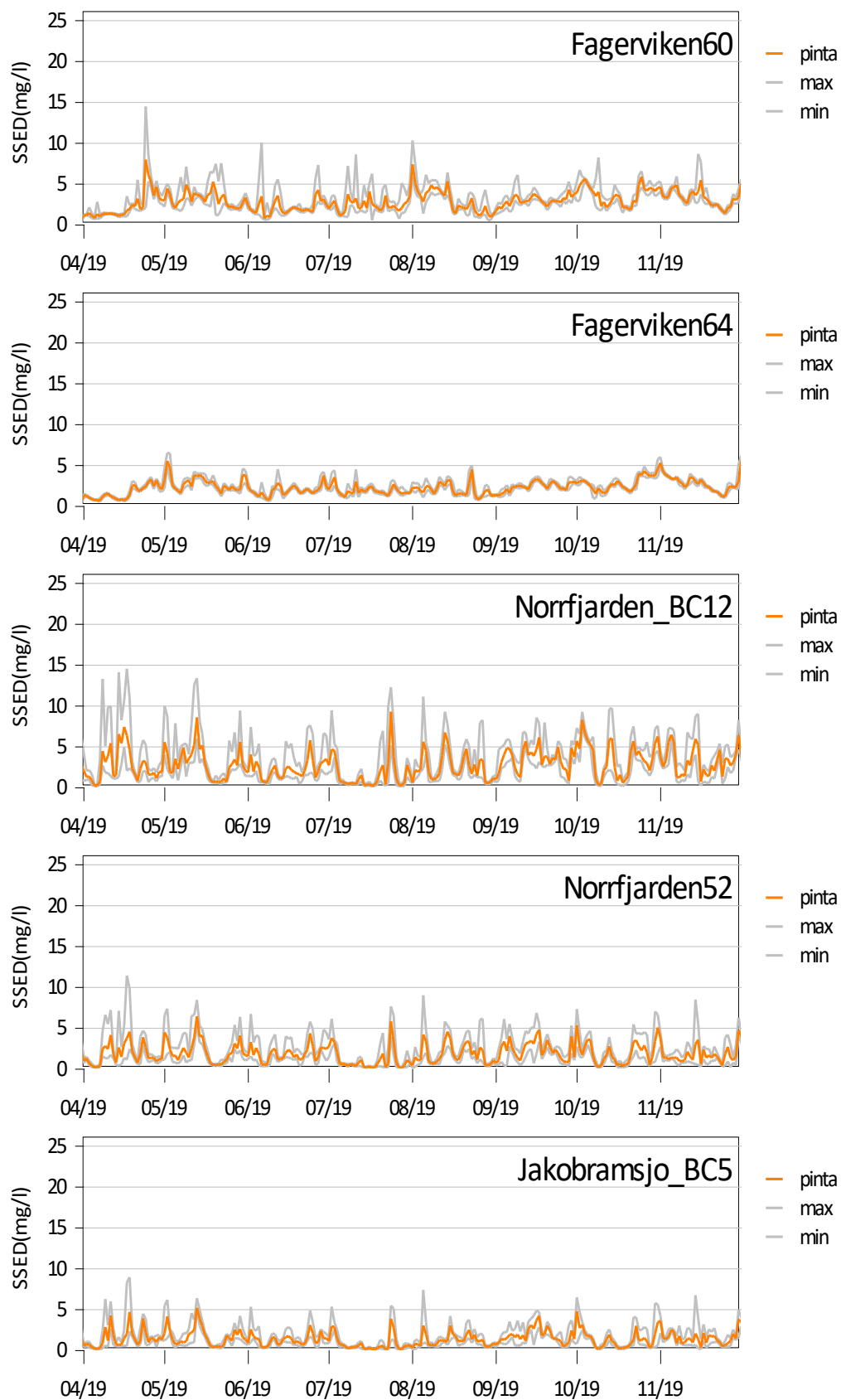
Kiintoainepitoisuuden nousua Norrfjärdenin alueella arvioitiin sijoittamalla ruoppauspaikalle jatkuva viikkokuormitus (ts. 5 päivää viikossa 24 h kuormitusta, sitten 2 päivää taukoa), ja laskemalla mallilla pidempi jakso pitäen kuormitus em. viikkokuormituksen mukaisena. Tällä tavalla laskettuna saadaan selvitettyä samentuman kulkeutuminen eri sääolosuhteissa. Laskennassa ei huomioitu taustapitoisuuksia (keskimäärin 2-3 mg/l), vaan laskettu arvo on pitoisuusnousu.

Ruoppauksen arvioitu kesto oli noin 70 d, eli käytännössä ruoppauksen kuormitus toteutuu noin reilun kahden kuukauden mittaisella aikajaksolla. Laskenta tehtiin avovesijaksolle, 04/2019-11/2019. Talvella jääpeitteisenä aikana ruoppauksia ei tyypillisesti tehdä.

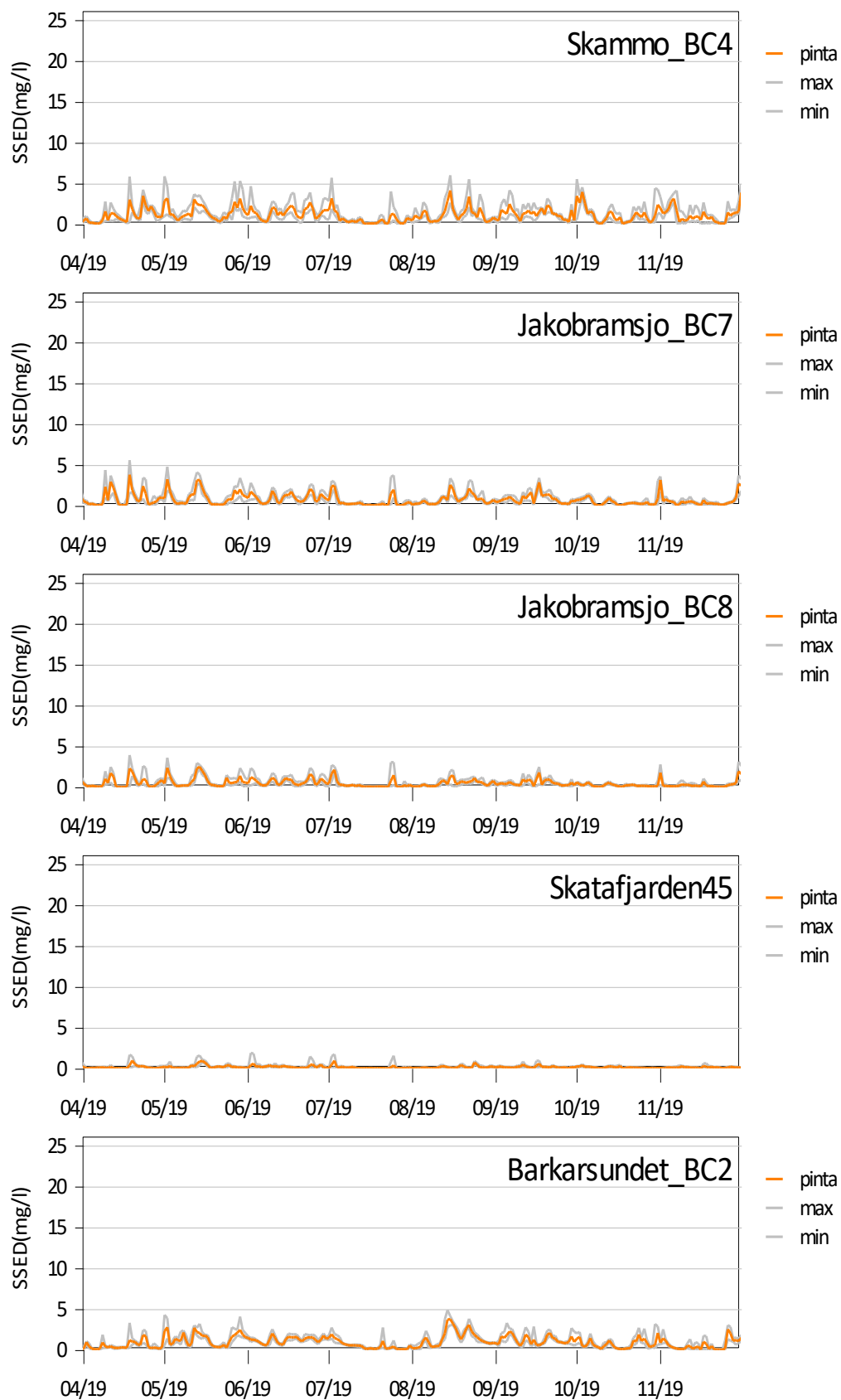
Lasketut kiintoainepitoisuuden nousun aikasarjat eri skenaariolla on esitetty valituille aikasarjapisteille kuvissa 2-5 ja lasketut kuukausittaiset pitoisuusnousun keskiarvot samoille pisteille on esitetty taulukossa 1. Pisteiden paikat on esitetty kuvassa 1. Aikasarjakuviin on piirretty kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvo ja tuntipitoisuuksista lasketut päivän minimi- ja maksimipitoisuusnousut.



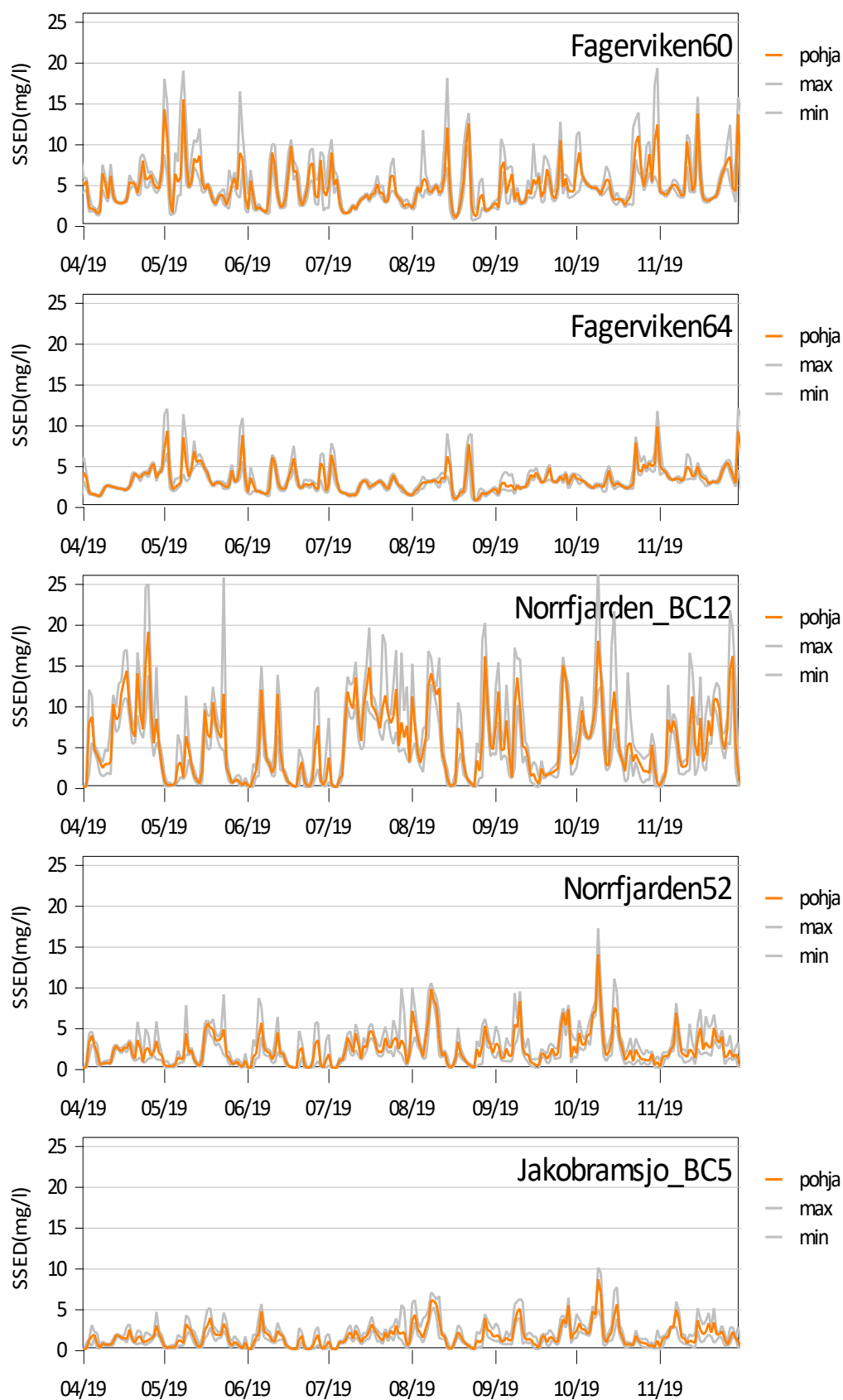
Kuva 1. Ruoppauspaikka ja seurantapisteiden sijainti



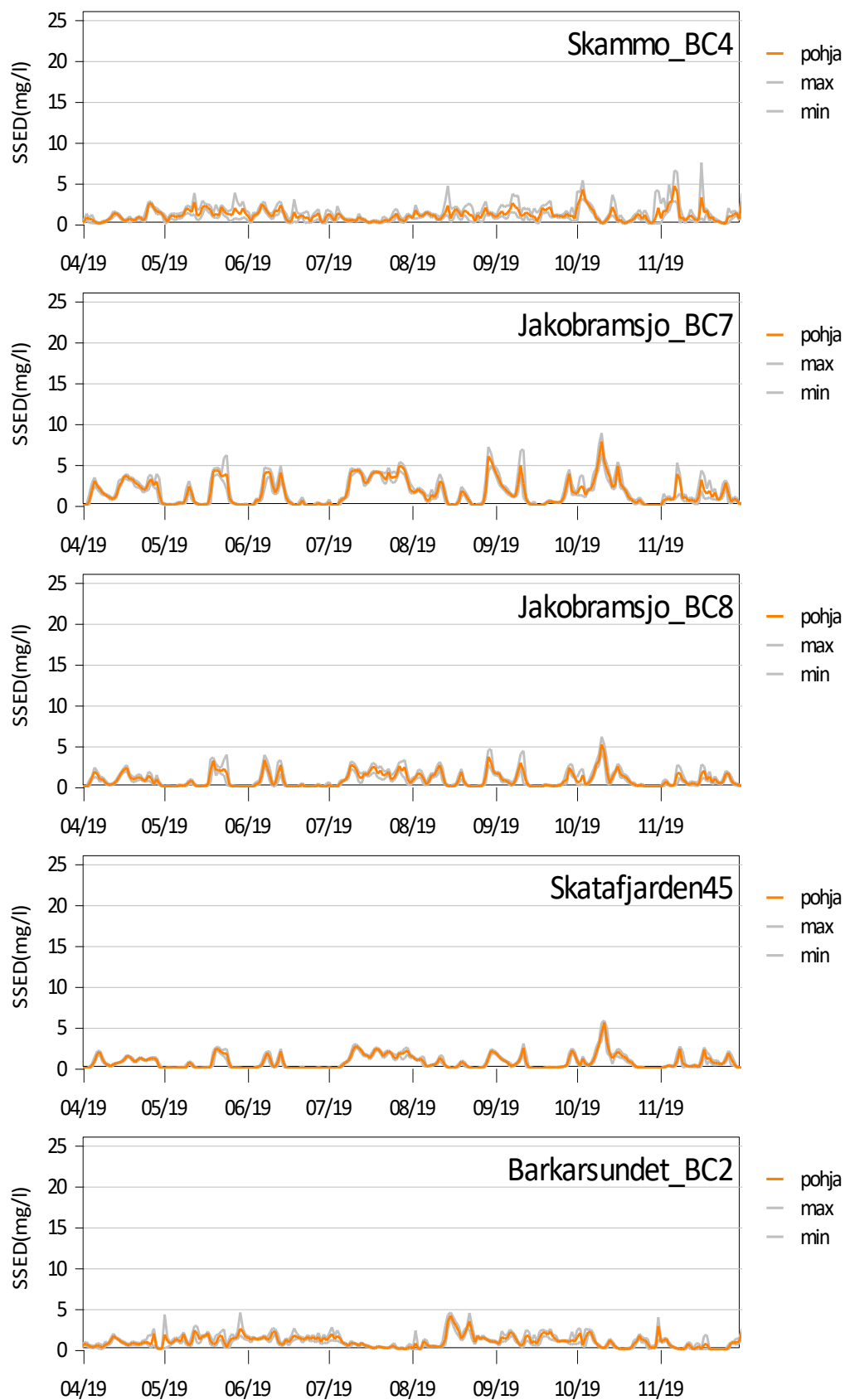
Kuva 2. Kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvo ja päivittäiset minimi- ja maksimipitoisuusnousut eri skenaarioilla valituissa laskentapisteissä, pintakerros.



Kuva 3. Kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvo ja päivittäiset minimi- ja maksimipitoisuusnousut eri skenaarioilla valituissa laskentapisteissä, pintakerros.



Kuva 4. Kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvo ja päivittäiset minimi- ja maksimipitoisuusnousut eri skenaarioilla valituissa laskentapisteissä, pohjakerros.



Kuva 5. Kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvo ja päivittäiset minimi- ja maksimipitoisuusnousut eri skenaarioilla valituissa laskentapisteissä, pohjakerros.

Taulukko 1. Kiintoainepitoisuuden nousun keskiarvot ja päiväkeskiarvojen maksimit 2019 laskentajaksolle. Yli 10 mg/l pitoisuusnousut vaalean harmaalla pohjalla.

Piste	taso	04/2019		05/2019		06/2019		07/2019	
		avg	max	avg	max	avg	max	avg	max
Fagerviken60	pinta	2.2	14.4	3.1	7.5	2.1	10.0	2.3	8.5
Fagerviken64	pinta	1.5	3.5	2.8	6.4	1.8	4.5	1.8	4.4
Norr fjarden_BC12	pinta	2.6	14.4	3.0	13.3	2.2	7.5	1.6	12.2
Norr fjarden52	pinta	1.7	11.3	2.2	8.3	1.8	6.6	1.1	7.6
Jakobramsjö_BC5	pinta	1.4	8.9	1.7	6.3	1.2	5.2	0.7	5.4
Skammo_BC4	pinta	1.0	5.8	1.5	5.8	1.4	4.6	0.6	5.7
Jakobramsjö_BC7	pinta	0.9	5.5	1.1	4.7	1.0	2.8	0.4	3.7
Jakobramsjö_BC8	pinta	0.5	3.9	0.7	3.6	0.7	2.3	0.3	3.0
Skatafjarden45	pinta	0.1	1.6	0.2	1.6	0.2	1.9	0.1	1.7
Barkarsundet_BC2	pinta	0.5	3.3	1.3	4.3	1.2	2.5	0.5	2.7
Fagerviken60	pohja	4.3	8.7	5.9	19.0	4.5	10.5	3.6	10.5
Fagerviken64	pohja	3.0	6.0	4.3	12.0	3.0	7.4	2.6	7.8
Norr fjarden_BC12	pohja	7.5	24.9	3.3	25.7	2.7	14.9	7.6	19.6
Norr fjarden52	pohja	2.0	5.8	1.9	9.1	1.6	8.6	2.5	9.9
Jakobramsjö_BC5	pohja	1.2	4.6	1.4	5.1	1.1	5.6	1.6	5.5
Skammo_BC4	pohja	0.9	2.8	1.4	3.8	1.1	3.0	0.6	2.2
Jakobramsjö_BC7	pohja	2.0	3.9	1.1	6.2	1.0	4.9	2.9	5.3
Jakobramsjö_BC8	pohja	0.9	2.7	0.6	4.0	0.5	3.9	1.4	3.3
Skatafjarden45	pohja	0.8	2.1	0.5	2.6	0.3	2.4	1.5	3.0
Barkarsundet_BC2	pohja	0.7	2.6	1.4	4.5	1.4	2.6	0.6	2.8

Piste	taso	08/2019		09/2019		10/2019		11/2019	
		avg	max	avg	max	avg	max	avg	max
Fagerviken60	pinta	3.0	10.2	2.9	6.0	3.6	8.2	3.2	8.6
Fagerviken64	pinta	2.0	4.9	2.3	3.5	2.7	5.7	2.7	5.9
Norr fjarden_BC12	pinta	2.4	11.0	3.4	8.5	3.6	9.6	3.2	8.9
Norr fjarden52	pinta	1.8	8.9	2.3	6.8	1.9	7.2	1.6	8.4
Jakobramsjö_BC5	pinta	1.2	7.3	1.7	4.8	1.3	6.4	1.4	6.6
Skammo_BC4	pinta	1.2	6.0	1.3	4.1	1.1	5.5	1.1	4.1
Jakobramsjö_BC7	pinta	0.8	3.3	0.8	3.4	0.4	3.0	0.5	3.7
Jakobramsjö_BC8	pinta	0.5	2.1	0.5	2.4	0.2	0.7	0.3	3.1
Skatafjarden45	pinta	0.1	0.9	0.2	0.9	0.1	0.5	0.1	0.6
Barkarsundet_BC2	pinta	1.4	4.8	1.2	3.3	0.7	3.1	0.6	3.0
Fagerviken60	pohja	4.2	18.1	4.7	12.7	5.8	19.3	5.5	15.8
Fagerviken64	pohja	2.7	8.9	3.1	5.2	3.7	11.7	4.0	12.1
Norr fjarden_BC12	pohja	5.7	20.2	5.3	17.1	5.7	27.0	6.4	21.7
Norr fjarden52	pohja	3.0	10.5	2.7	9.5	3.4	17.2	2.5	8.0
Jakobramsjö_BC5	pohja	2.1	7.0	1.9	6.4	2.2	10.1	1.9	5.9
Skammo_BC4	pohja	1.2	4.7	1.3	3.7	1.1	5.4	1.3	7.5
Jakobramsjö_BC7	pohja	1.5	7.2	1.4	6.8	2.1	8.9	1.2	5.2
Jakobramsjö_BC8	pohja	1.0	4.6	0.8	4.4	1.1	6.1	0.7	2.7
Skatafjarden45	pohja	0.6	2.3	0.6	3.0	1.2	5.9	0.7	2.7
Barkarsundet_BC2	pohja	1.4	4.6	1.3	2.5	0.9	4.0	0.4	1.8

Ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousun kuukausikeskiarvo ei ylitä pintakerroksessa 10 mg/l tasoa. Päiväkeskiarvoissa 10 mg/l nousu ylittyy ruoppauspaikka lähimmissä pisteissä, useimmin pisteessä Norrfjärden_BC12.

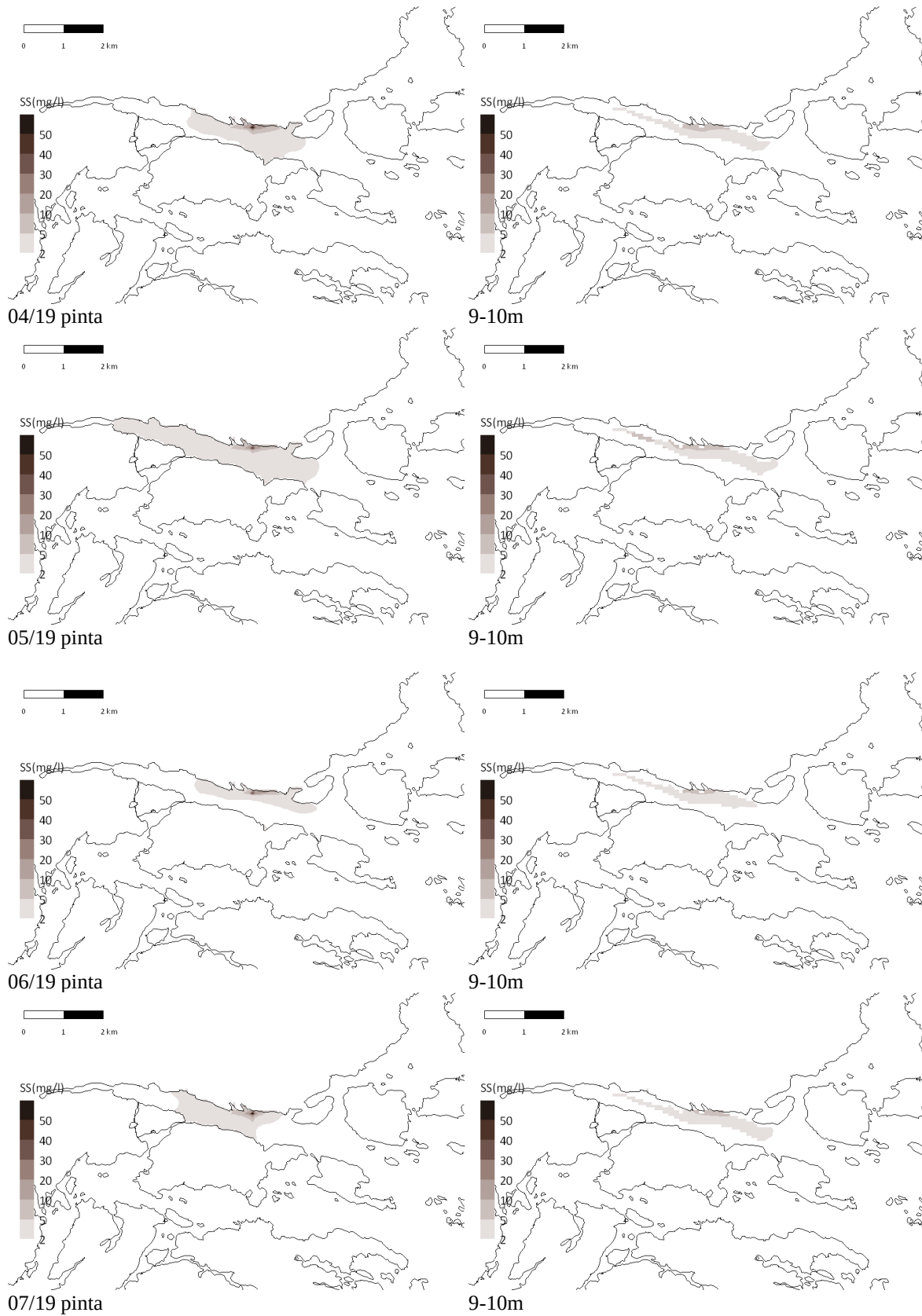
Pohjakerroksessa 10 mg/l pitoisuusnousun raja ylittyy pisteissä Fagerviken_60 ja Norrfjärden_BC12 lähes joka kuukausi vähintään yhtenä päivänä. Yli 20 mg/l pitoisuusnousua esiintyy ajoittain pohjakerroksessa, pintakerroksessa suurin päivittäinen pitoisuusnousu jää tarkastelluissa pisteissä alle 15 mg/l tason.

4.2 Kiintoainepitoisuusnousun kuukausikeskiarvot kartalla

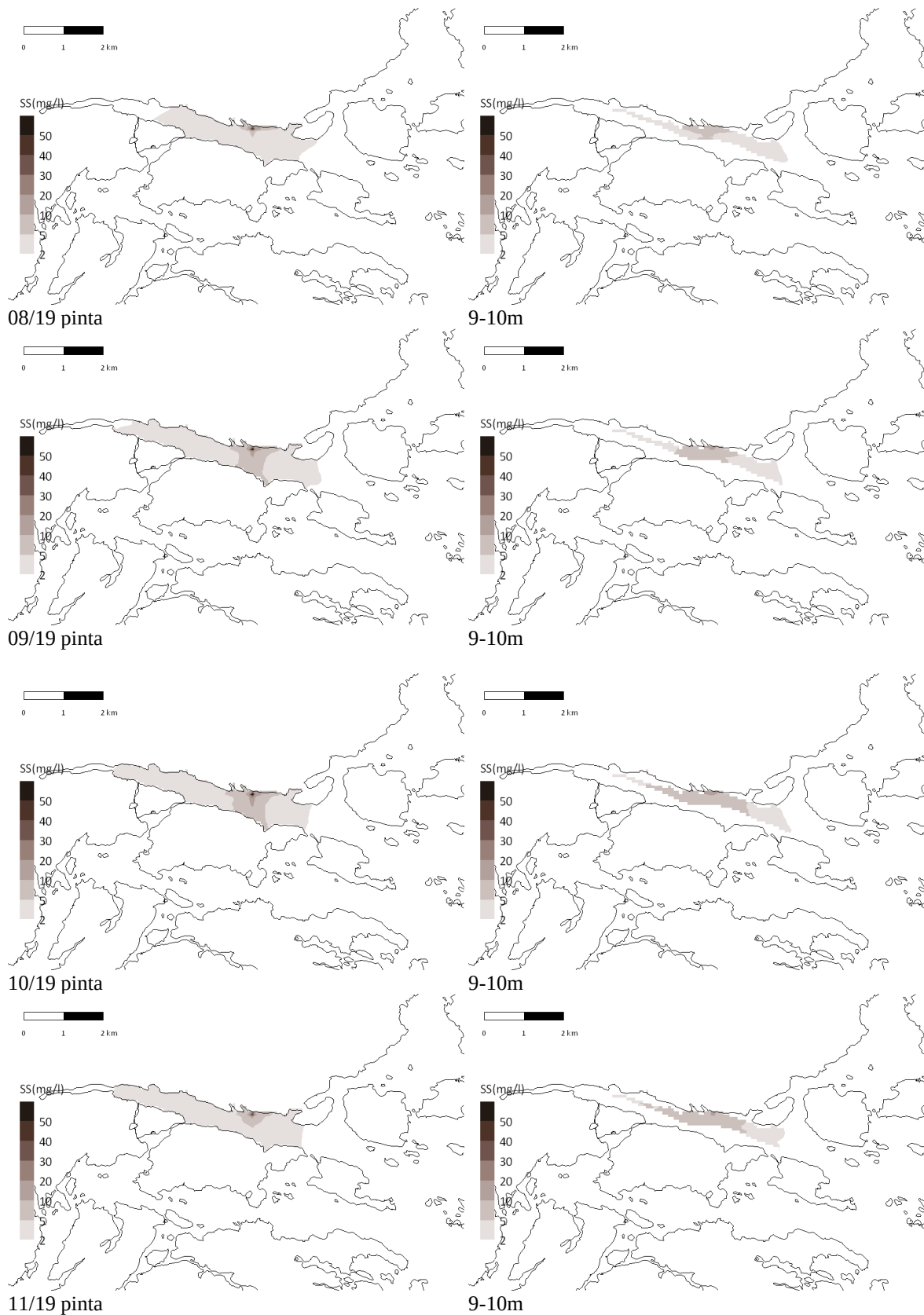
Kuvissa 6 ja 7 on esitetty lasketut ruoppauksen aiheuttaman kiintoainepitoisuuden nousun keskiarvo karttapohjalla eri kuukausille pintakerroksessa ja 9-10 m syvyyskerroksessa.

Pintakerroksessa yli 2 mg/l ylittävä keskimääräinen pitoisuusnousu ei laskentojen perusteella kulkeudu Fjusön tason itäpuolelle. Yli 5 mg/l pitoisuusnousu rajoittuu pintakerroksessa alle 1 km säteelle ruoppauspaikalta, yltäen ajoittain kuitenkin lahden yli vastarannalle. Yli 10 mg/l keskimääräinen pitoisuusnousu rajoittuu ruoppauspaikan lähialueelle.

9-10 m kerroksessa pitoisuusnousu kulkeutuu hieman kauemmas kuin pintakerroksessa, mutta yli 2 mg/l pitoisuusnousu rajoittuu kuitenkin Fjusön tason länsipuolelle.



Kuva 6. Kiintoainepitoisuuden nousun keskiarvo eri kuukausina, pinta ja 9-10m kerros.



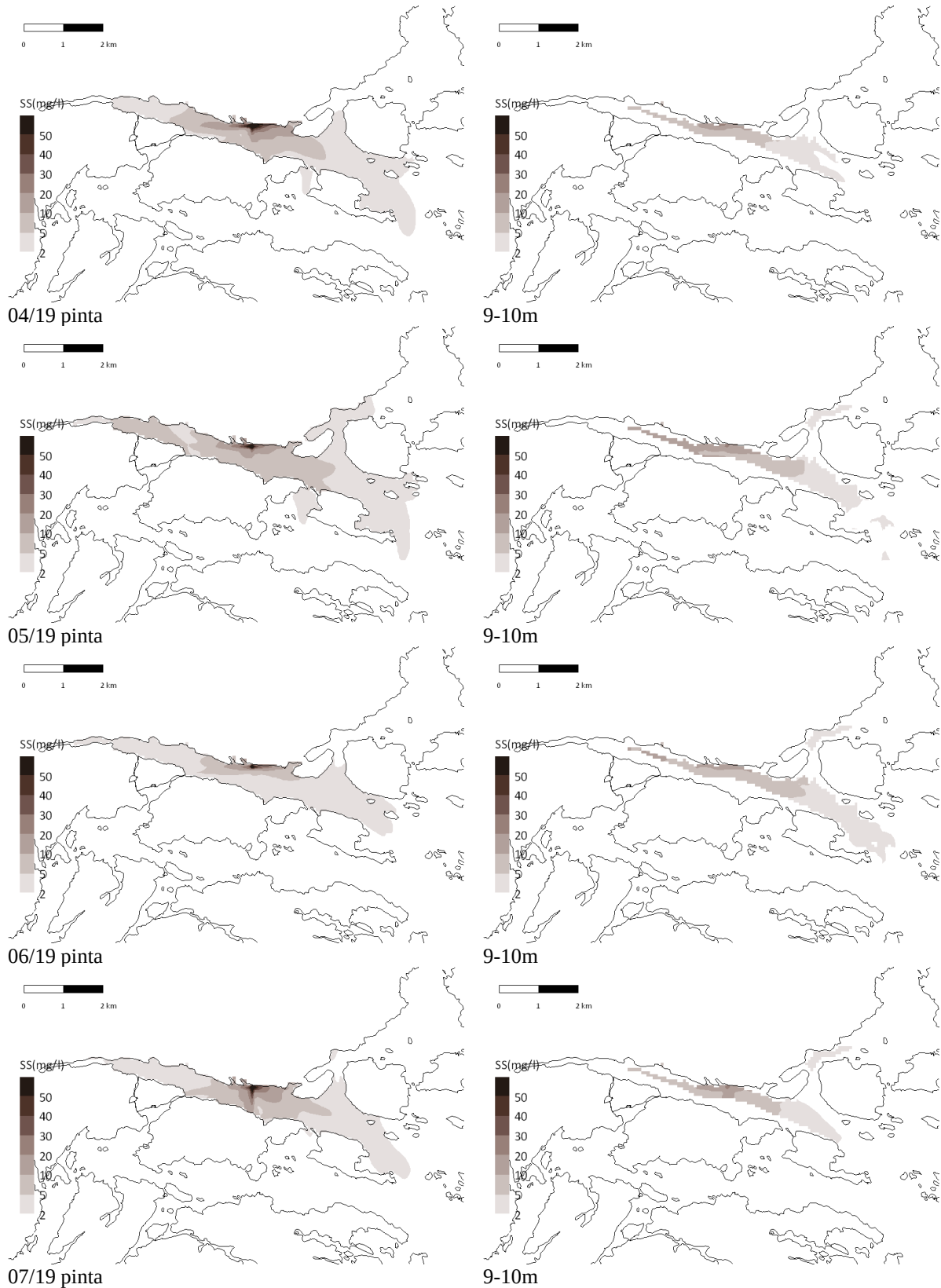
Kuva 7. Kiintoainepitoisuuden nousun keskiarvo eri kuukausina, pinta ja 9-10m kerros.

4.3 Kiintoainepitoisuusnousun päiväkeskiarvon maksimi

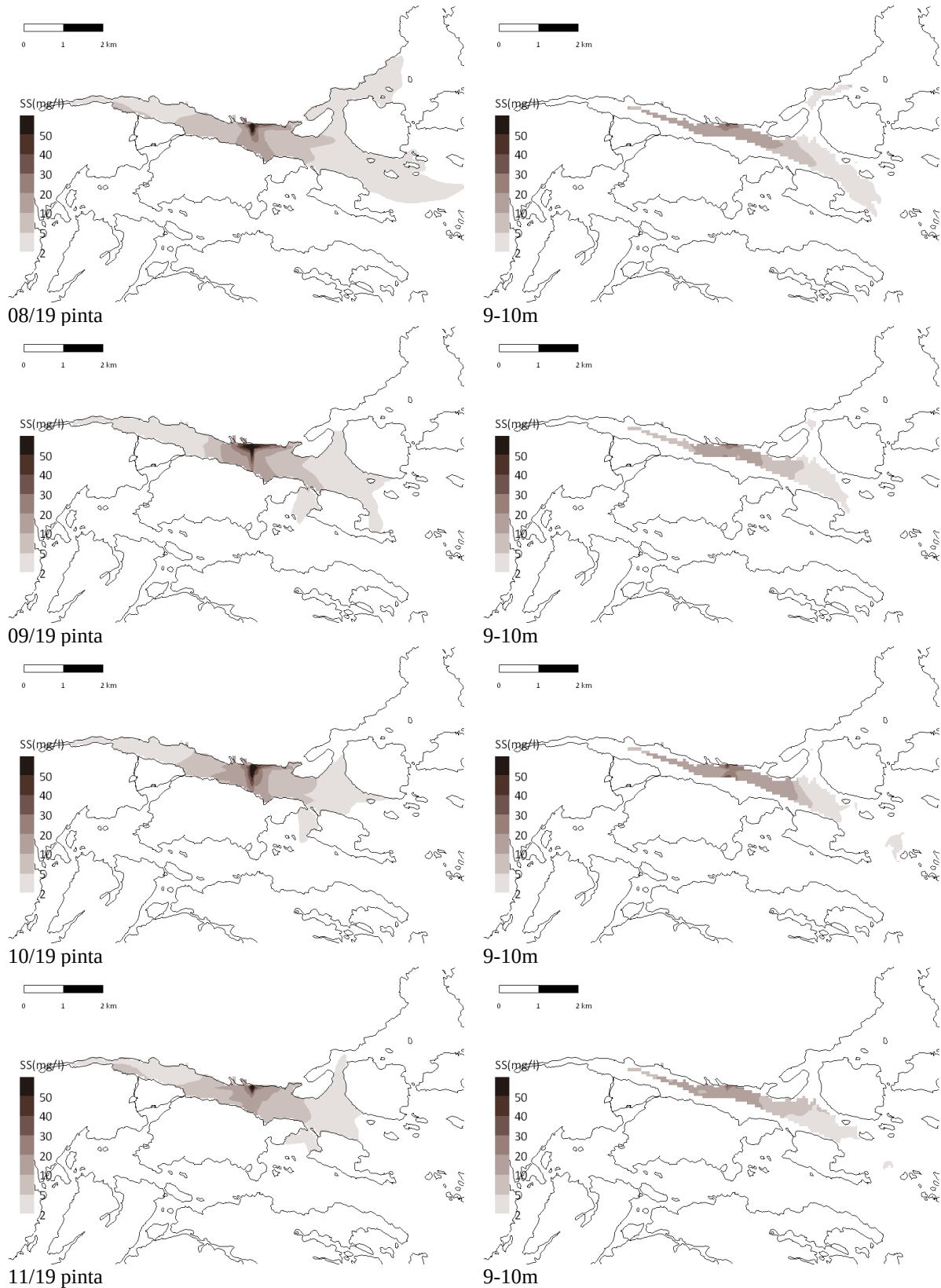
Kuvissa 8 ja 9 on esitetty lasketut ruoppauksen aiheuttaman kiintoainepitoisuuden nousun suurin päiväkeskiarvo eri kuukausille pintakerroksessa ja 9-10 m syvyyskerroksessa. Toisin sanoen karttapohjalla näkyvä pitoisuusnousun arvo tarkoittaa, että pitoisuusnousun päiväkeskiarvo on esitetyn kuukauden aikana ainakin yhtenä päivänä ollut karttapohjalla näkyvän pitoisuustason mukainen, ja tämä pitoisuusnousu on suurin, mitä esitetyn kuukauden aikana on kyseisessä pisteessä saavutettu. Karttakuva ei siten kuvaa mitään yksittäistä ajankohtaa, vaan on yhdistelmäkuva kuukauden ajalle lasketuista pitoisuusnousu päiväkeskiarvoista.

Pintakerroksessa yli 2 mg/l ylittävä pitoisuusnousu yltää Skammön tasalle ja kulkeutuu ajoittain myös Skammön ja Fjusön välistä salmea pohjoiseen. Yli 5 mg/l pitoisuusnousu rajoittuu Fjusön tason länsipuolelle. 10 mg/l tason ylittävä pitoisuusnousu rajoittuu noin 1 km säteelle ruoppauspaikasta, ja suuntautuu useimmiten rantaviivaa seuraten itään ja länteen, mutta ajoittain myös lahden poikki etelään.

Syvemmillä 9-10m kerroksessa enimmäispitoisuudet eivät kulkeudu merkittävästi pidemmälle kuin pintakerroksessa, ts. 2 mg/l ylittävä pitoisuusnousu rajoittuu Skammön tasalle.



Kuva 8. Kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvon maksimi eri kuukausina, pinta ja 9-10 m kerros.



Kuva 9. Kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvon maksimi eri kuukausina, pinta ja 9-10 m kerros.

5 Yhteenveto

Raportissa on arvioitu Inkoon Norrfjärdenin alueelle suunnitellun ruoppauksenn aiheuttaman samentuman leviämistä.

Ruoppauskalustona käytettiin tässä imuruoppausta, ja ruoppausmassat läjitettiin proomuun ruoppauspaikalla, josta ne kuljetetaan edelleen läjityspaikalle. Ruoppausteho määritettiin proomukuljetuksen kapasiteetin perusteella.

Laskennan tuloksena saatiin ruoppaustöiden aiheuttaman kiintoainekuormituksen aikaansaama pitoisuusnousu. Tässä laskentatuloksista esitettiin lasketut pitoisuusnousu päiväkeskiarvo valituista aikasarjapisteistä, sekä lisäksi pitoisuusnousun kuukausikeskiarvot ja pitoisuusnousu päiväkeskiarvon maksimit karttapohjalla vuoden 2019 avovesijaksolle.

Laskentojen mukaan ruoppauksen aiheuttama kiintoainepitoisuuden nousun päiväkeskiarvo pintakerroksessa ylitti ajoittain 10 mg/l tason noin 1 km säteellä ruoppauspaikasta, kauempana pitoisuusnousu jäi pienemmäksi. Pitoisuusnousu kuukausikeskiarvot jäivät selvästi pienemmiksi, yli 10 mg/l pitoisuusnousu ylittyi ainoastaan ruoppauspaikan lähialueella (<100m etäisyydellä)

6 Lähdeluettelo

AFRY 2024, Lämpöpäästön mallinnus Inkoon merialueella, Blastr Green Steel jäähdytysvaihtoehtojen arviointi virtausmallin avulla, 24.4.2024, v4.

Ferguson R.I., Church M., 2004, A simple universal equation for grain settling velocity, Journal of Sedimentary Research, vol 74, no 6, November 2004, pp 933-937.

GTK 2020, Sataman luotaustyö ja sedimenttitutkimus, Inkoon Laiturihanke, Jyrki Hämäläinen, Geologian Tutkimuskeskus, Ympäristöratkaisut, Espoo, 31.3.2020.

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

Vemala, 2024, Suomen Ympäristökeskuksen VEMALA vesistömallijärjestelmä, 3-jakovaiheen valuma-alueiden lasketut virtaamat ja kuormitukset, ostopalvelu. Tiedot haettu 09/2024.