

Bilaga 11

Afry Finland Ab

Modellering av vattenkvaliteten i Ingå
havsområde. Grumlighet orsakad av muddring i
Blastr Green Steel-hamnen.

AFRY Finland Oy är inte ansvarig för eventuella avvikelser mellan översättningen och originalet. Originalet kommer alltid att ha företräde.

Modellering av vattenkvaliteten i Ingå havsområde
Grumlighet orsakad av muddring i Blastr Green Steel-hamnen
14.11.2024, v1

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
1.1	Mål	3
2	Beräkningsmodell	3
3	Belastning orsakad av muddring	3
4	Scenarieberäkningar	5
4.1	Tidsserier över ökningen av fastämneshalten	5
4.2	Månatliga genomsnittliga ökningen av fastämneskoncentration på kartan	11
4.3	Maximala dagliga genomsnittliga ökningen av fastämneskoncentrationen	14
5	Sammanfattning	17
6	Källteckning	17

AFRY Finland Ltd,
Miljöforskning
Elektroniikkatie 13
FI-90590 ULEÅBORG

Copyright © AFRY Finland Oy

Detta dokument eller någon del därav får inte kopieras eller reproduceras i någon form utan skriftligt tillstånd från AFRY Finland Oy.

1 Inledning

1.1 Mål

Syftet med detta arbete var att utreda den grumlighet som orsakas av muddringen av hamnen i samband med byggandet av ett stålverk vid Norrfjärden i Ingå och hur grumligheten sprids till havsområdet från muddringsplatsen. Arbetets innehåll var följande:

- 1) Utarbeta en vattenkvalitetsmodell för målområdet.
- 2) Beräkning av spridningen av grumlighet orsakad av muddring

2 Beräkningsmodell

Beräkningen av vattenkvaliteten baserar sig på en flödesmodell som tidigare utarbetats från området och som presenteras närmare i rapporten "Modellering av värmeutsläpp i Ingå havsområde" (AFRY 2024). Spridningen av grumlighet beräknades med hjälp av en vattenkvalitetsmodell som använde de flödesfält som flödesmodellen producerade för beräkningen.

Spridningen av grumlighet beräknades genom att placera den belastning av fasta ämnen som orsakas av muddring på muddringsplatsen. Som ett resultat erhålls koncentrationer av fasta ämnen från punkter i beräkningsområdet. Halterna presenteras här som tidsserier och medelvärden.

3 Belastning orsakad av muddring

Den muddringsmetod som användes vid denna bedömning var sugmuddring, och muddringsmassorna dumpas i en pråm på muddringsplatsen. På muddringsplatsen alstras belastning av fasta ämnen på botten från mudderverkets skärhuvud och på ytan från översvämning av pråmen.

Fraktioner av fasta ämnen och depositions-hastigheter

Silt och lera, baserat på deras kornstorlekar, är de material som, när de suspenderas i vatten, lägger sig långsammast till botten och samtidigt färdas längst. Sandpartiklar (0,06–2 mm i diameter) lägger sig snabbt till botten: för en sandpartikel med en diameter på 0,27 mm är den beräknade och uppmätta depositions-hastigheten i vatten cirka 4 cm/s (Ferguson & Church, 2004). Vid presenterad deposition hastighet och havsvattenflöde på 15 cm/s och vid ett falldjup på 10 m hinner partikeln mindre än 40 m från sin startpunkt innan den kolliderar med botten.

Endast den grumlighet och dispersion som orsakas av fina ämnen, det vill säga ler- och siltfraktioner, har beräknats. Depositionshastigheten i de övre vattenskikten är här 0,6 m/d för lerpartiklar och 0,3 m/d för sedimentation i vattenskiktet närmast botten, och 10,6 m/d och 5,3 m/d för siltpartiklar. En sedimentationshastighet som är lägre än depositions-hastigheten i vattenskiktet är vanligtvis lämpligare för mätningar. Syftet är att ta hänsyn till kortvarig resuspension.

Bestämningen av depositions-hastigheten för partiklar av olika storlek baseras på den så kallade Stokes lag, som gör att man kan uppskatta depositions-hastigheten för partiklar i

vatten baserat på deras specifika vikt och storlek. Lera innehåller partiklar av storleksklassen $<0,002$ mm, per definition minst 30 %, resten är av en större storleksklass. Enligt Stokes lag är depositions hastigheten för partiklar i storleksintervallet 0,002 mm cirka 60 cm/d (vid vattentemperatur $+20$ °C).

Belastning av fasta ämnen

Den totala mängden material som ska muddras från hamnen är cirka 240 000 m³kr, varav cirka 40 000 m³kr är berg som ska brytas. Materialet som ska muddras transporteras från deponeringsområdet på pråmar med en kapacitet på 2000 m³ var 8:e timme. I en pråm är materialet i lösa kuber, vars volym antas vara 2 x den fasta kubikvolymen av det material som ska muddras. I detta fall bestäms muddringskapaciteten på basis av pråmens transportkapacitet, dvs. i genomsnitt 1000 m³kr / 8 h = 125 m³kr/h.

Enligt forskningsresultaten från havsbotten är det lera och gyttjelera som ska muddras (GTK 2020), eventuellt morän djupare ner. Materialet som skulle muddras här antogs vara lera, vilket ger en övre uppskattning av grumligheten. Sammansättningen av lera uppskattades till 50 % lerstora partiklar och 50 % siltstora partiklar.

Totalt 15 kg/m³ (muddrad kub, fast mått) frigörs vid sugmuddringen och högvattenföringen. Den totala fasta belastningen vid muddring är därför $15 \cdot 125$ kg/h = 1875 kg/h eller 45000 kg/d. Av detta antas 1/3 (5 kg/m³) lossna i botten på grund av att skärhuvudet fungerar till lagret 0–2 m ovanför botten, och resterande 2/3 av lasten (10 kg/m³) kommer från pråmens överflöde till ett 0–2 m lager på ytan. Belastningen på ytan är därför 30 000 kg/d och på botten 15 000 kg/d, varav 50 % lera och 50 % silt.

4 Scenarieberäkningar

4.1 Tidsserier över ökningen av fastämneshalten

Ökningen av halten av fasta ämnen i Norrfjärdenområdet uppskattades genom att placera en kontinuerlig veckobelastning på muddringsplatsen (dvs. 5 dagar i veckan i 24 timmar, sedan en paus på 2 dagar) och beräkna en längre period med hjälp av modellen för att hålla lasten på tidigare nämnda veckovisa belastning. Beräknat på detta sätt är det möjligt att bestämma hur grumligheten rör sig under olika väderförhållanden. Bakgrundskoncentrationer (i genomsnitt 2-3 mg/l) beaktades inte i beräkningen, utan det beräknade värdet är koncentrationsökningen.

Beräknad muddringstid var cirka 70 dagar, vilket innebär att muddringslasten i praktiken kommer att realiseras under en period på drygt två månader. Beräkningen är gjord för öppet vatten-perioden, 04/2019-11/2019. På vintern, under den istäckta perioden, utförs vanligtvis inte muddring.

De beräknade tidsserierna för ökningen av halten av fasta ämnen med ett annat scenario presenteras för de valda tidsseriepunkterna i bilderna 2-5 och de beräknade månadsmedelvärdena för ökningen av koncentrationerna för samma punkter presenteras i tabell 1. Placeringen av punkterna visas i bild 1. Tidsserierna visar den dagliga genomsnittliga ökningen av fastämneshalten och de dagliga minimi- och maximikoncentrationerna beräknade utifrån timmedelvärdena.

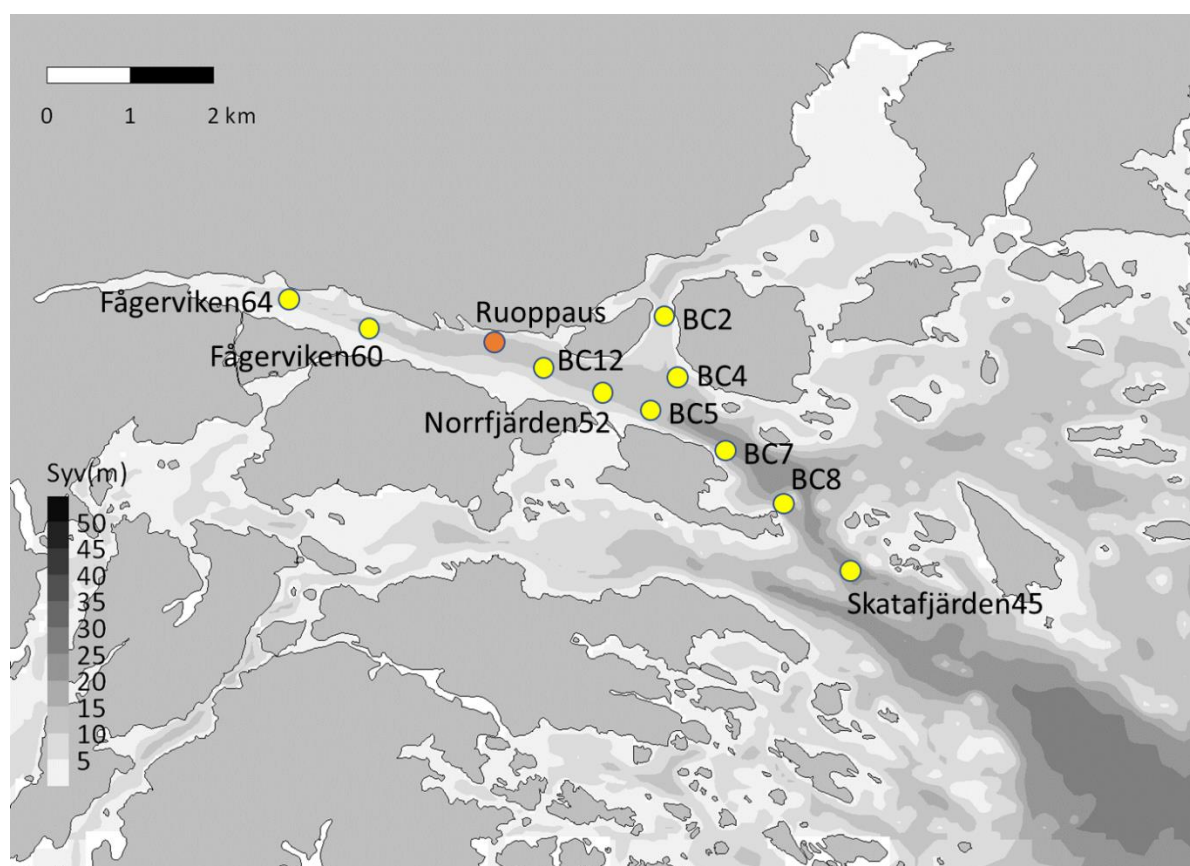


Bild 1. Muddringsplats och placering av mätpunkter

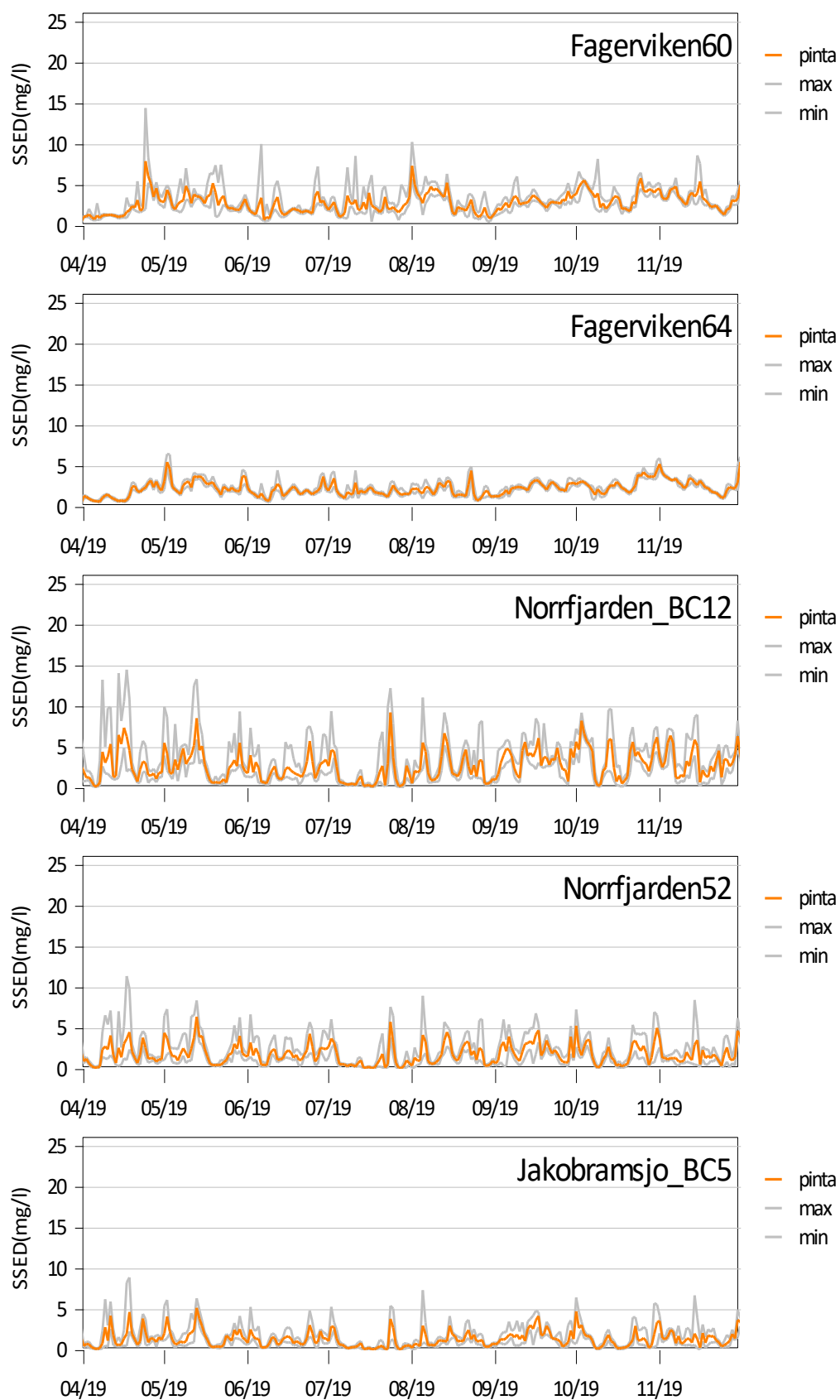


Bild 2. Daglig genomsnittlig ökning av koncentrationen av fasta ämnen och dagliga ökningar av lägsta och högsta koncentration med olika scenarier vid utvalda beräkningspunkter, ytskikt.

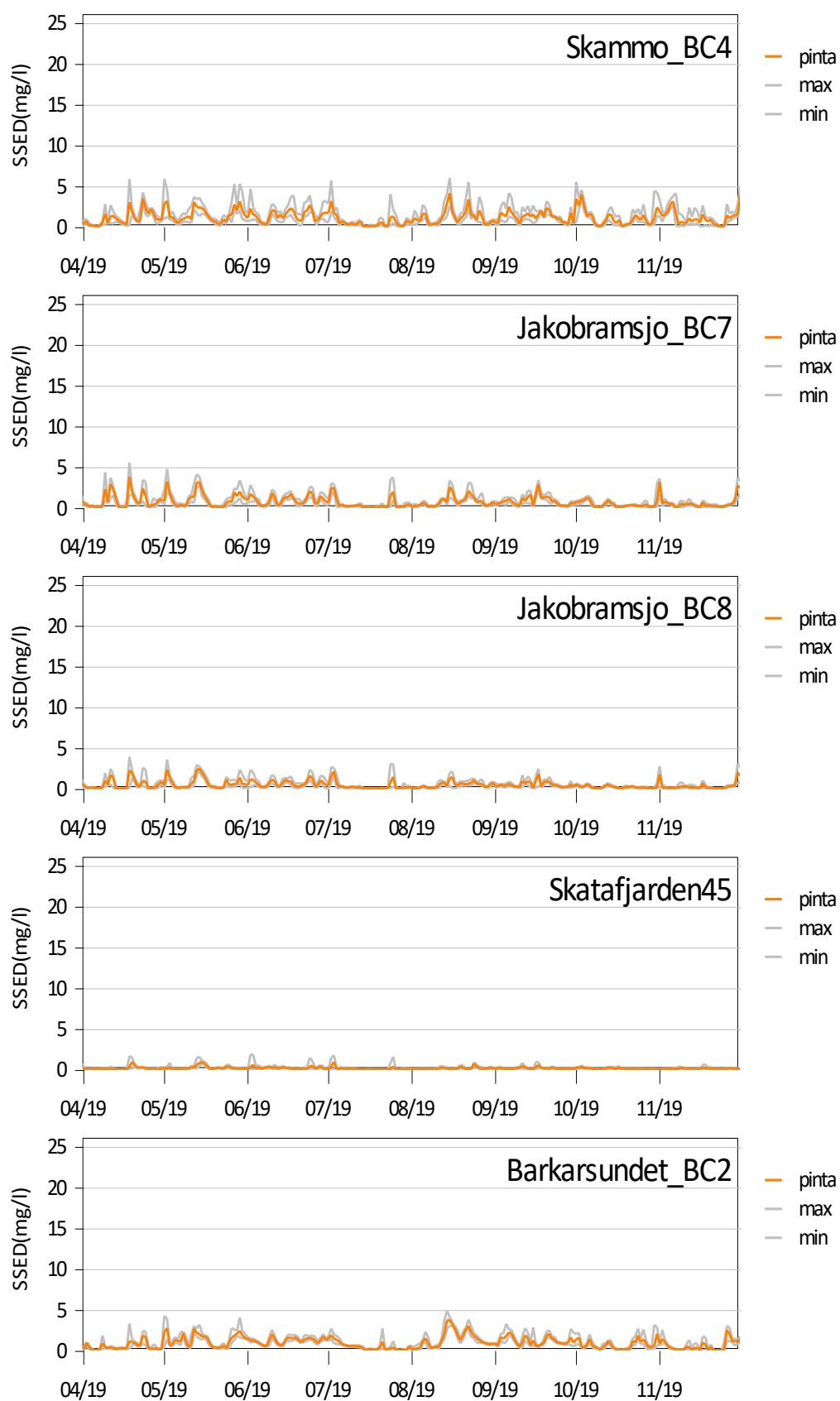


Bild 3. Daglig genomsnittlig ökning av koncentrationen av fasta ämnen och dagliga ökningar av lägsta och högsta koncentration med olika scenarier vid utvalda beräkningspunkter, ytskikt.

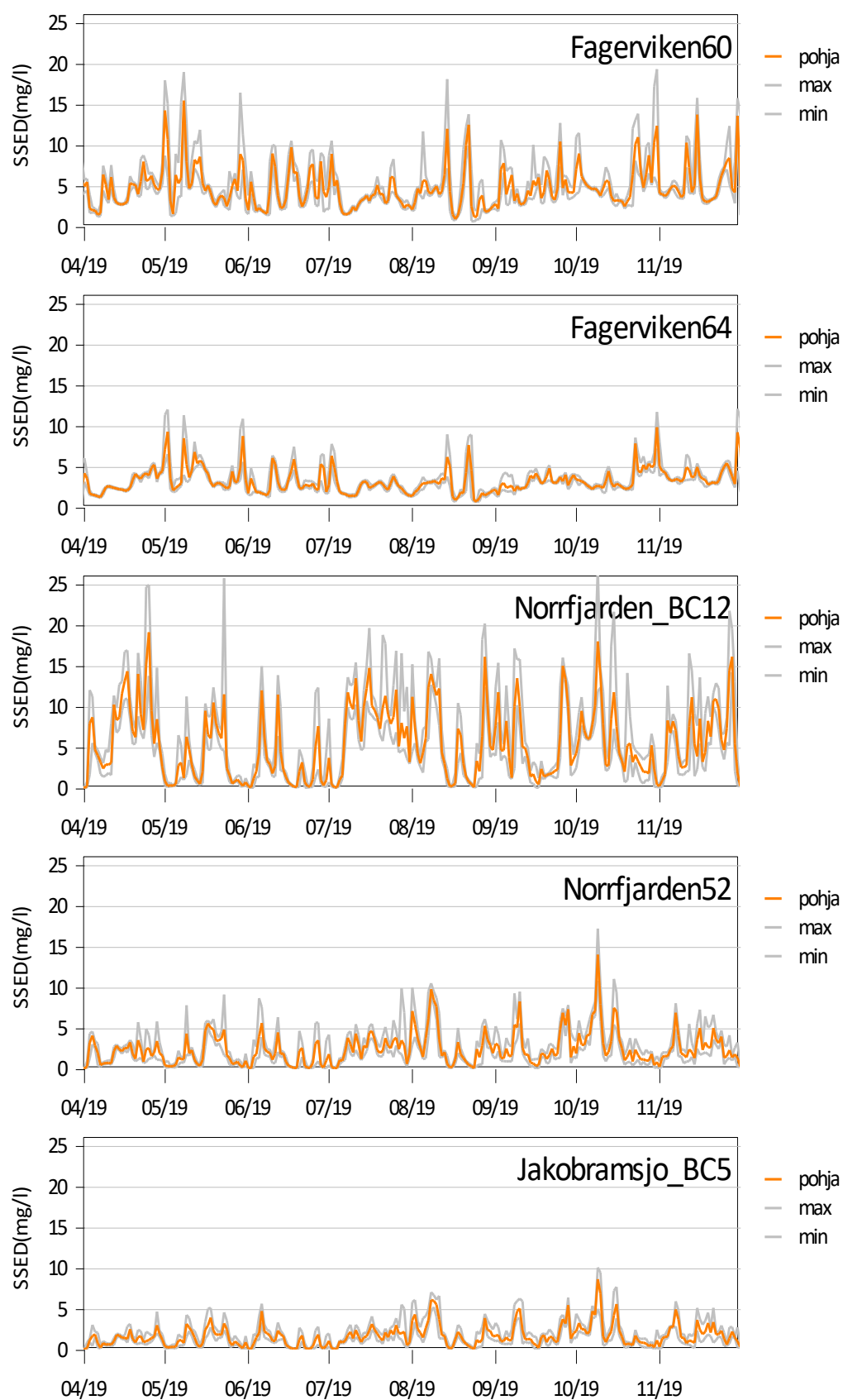


Bild 4. Daglig genomsnittlig ökning av koncentrationen av fasta ämnen och dagliga öökningar av lägsta och högsta koncentration med olika scenarier vid utvalda beräkningspunkter, bottenskiktet.

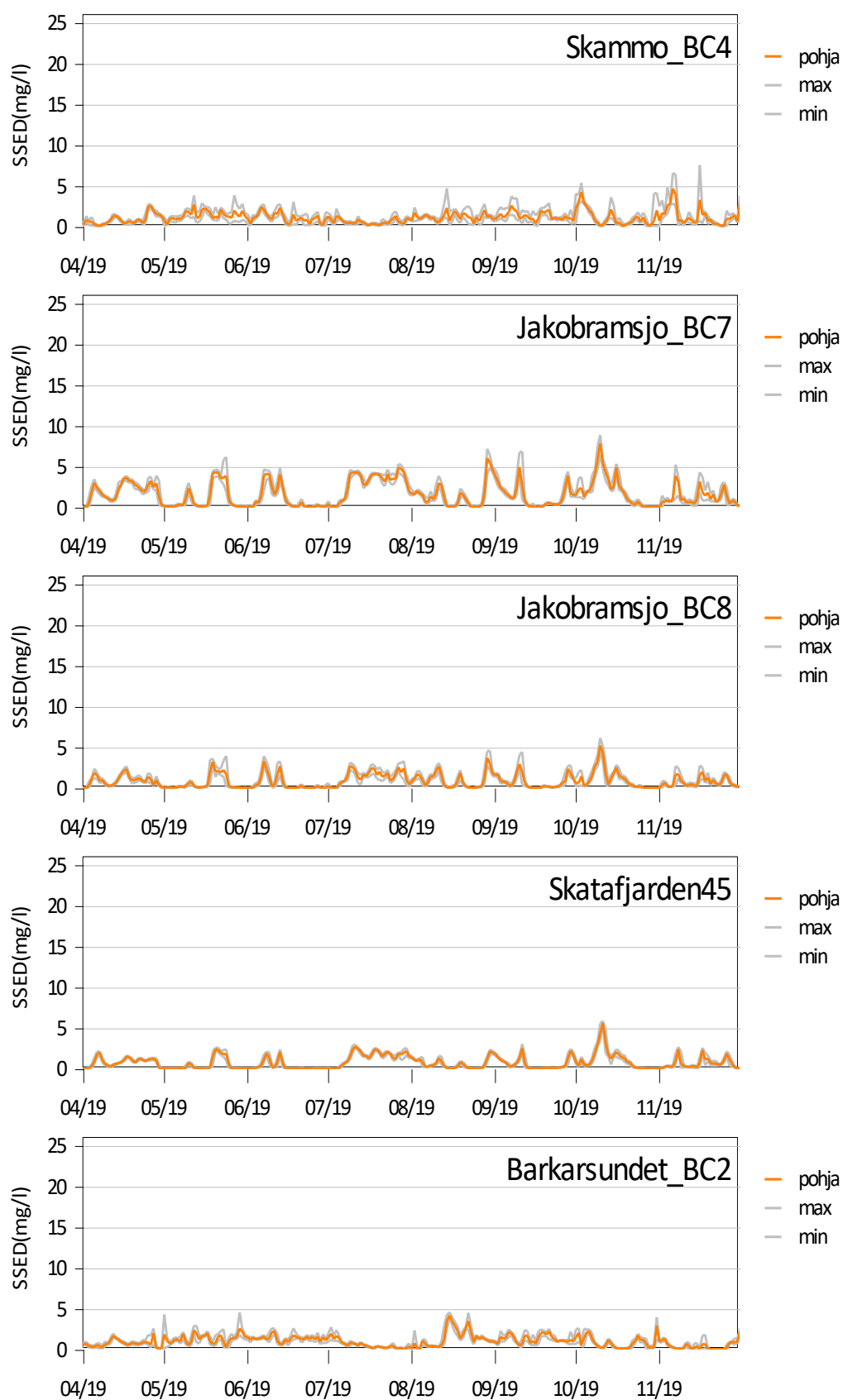


Bild 5. Daglig genomsnittlig ökning av koncentrationen av fasta ämnen och dagliga ökningar av lägsta och högsta koncentration med olika scenarier vid utvalda beräkningspunkter, bottenskiktet.

Tabell 1. Medelvärden för ökning av fastämneshalten och maximivärdena för dygnsmedelvärden för beräkningsperioden 2019. Koncentrationsökningar över 10 mg/l på en ljusgrå bakgrund.

Punkt	nivå	04/2019		05/2019		06/2019		07/2019	
		Avg	Max	Avg	Max	Avg	Max	Avg	Max
Fagerviken60	yta	2.2	14.4	3.1	7.5	2.1	10.0	2.3	8.5
Fagerviken64	yta	1.5	3.5	2.8	6.4	1.8	4.5	1.8	4.4
Norrkfjärden_BC12	yta	2.6	14.4	3.0	13.3	2.2	7.5	1.6	12.2
Norrkfjärden52	yta	1.7	11.3	2.2	8.3	1.8	6.6	1.1	7.6
Jakobramsjö_BC5	yta	1.4	8.9	1.7	6.3	1.2	5.2	0.7	5.4
Skammo_BC4	yta	1.0	5.8	1.5	5.8	1.4	4.6	0.6	5.7
Jakobramsjö_BC7	yta	0.9	5.5	1.1	4.7	1.0	2.8	0.4	3.7
Jakobramsjö_BC8	yta	0.5	3.9	0.7	3.6	0.7	2.3	0.3	3.0
Skatafjärden45	yta	0.1	1.6	0.2	1.6	0.2	1.9	0.1	1.7
Barkarsundet_BC2	yta	0.5	3.3	1.3	4.3	1.2	2.5	0.5	2.7
Fagerviken60	botten	4.3	8.7	5.9	19.0	4.5	10.5	3.6	10.5
Fagerviken64	botten	3.0	6.0	4.3	12.0	3.0	7.4	2.6	7.8
Norrkfjärden_BC12	botten	7.5	24.9	3.3	25.7	2.7	14.9	7.6	19.6
Norrkfjärden52	botten	2.0	5.8	1.9	9.1	1.6	8.6	2.5	9.9
Jakobramsjö_BC5	botten	1.2	4.6	1.4	5.1	1.1	5.6	1.6	5.5
Skammo_BC4	botten	0.9	2.8	1.4	3.8	1.1	3.0	0.6	2.2
Jakobramsjö_BC7	botten	2.0	3.9	1.1	6.2	1.0	4.9	2.9	5.3
Jakobramsjö_BC8	botten	0.9	2.7	0.6	4.0	0.5	3.9	1.4	3.3
Skatafjärden45	botten	0.8	2.1	0.5	2.6	0.3	2.4	1.5	3.0
Barkarsundet_BC2	botten	0.7	2.6	1.4	4.5	1.4	2.6	0.6	2.8

Punkt	nivå	08/2019		09/2019		10/2019		11/2019	
		Avg	Max	Avg	Max	Avg	Max	Avg	Max
Fagerviken60	yta	3.0	10.2	2.9	6.0	3.6	8.2	3.2	8.6
Fagerviken64	yta	2.0	4.9	2.3	3.5	2.7	5.7	2.7	5.9
Norrkfjärden_BC12	yta	2.4	11.0	3.4	8.5	3.6	9.6	3.2	8.9
Norrkfjärden52	yta	1.8	8.9	2.3	6.8	1.9	7.2	1.6	8.4
Jakobramsjö_BC5	yta	1.2	7.3	1.7	4.8	1.3	6.4	1.4	6.6
Skammo_BC4	yta	1.2	6.0	1.3	4.1	1.1	5.5	1.1	4.1
Jakobramsjö_BC7	yta	0.8	3.3	0.8	3.4	0.4	3.0	0.5	3.7
Jakobramsjö_BC8	yta	0.5	2.1	0.5	2.4	0.2	0.7	0.3	3.1
Skatafjärden45	yta	0.1	0.9	0.2	0.9	0.1	0.5	0.1	0.6
Barkarsundet_BC2	yta	1.4	4.8	1.2	3.3	0.7	3.1	0.6	3.0
Fagerviken60	botten	4.2	18.1	4.7	12.7	5.8	19.3	5.5	15.8
Fagerviken64	botten	2.7	8.9	3.1	5.2	3.7	11.7	4.0	12.1
Norrkfjärden_BC12	botten	5.7	20.2	5.3	17.1	5.7	27.0	6.4	21.7
Norrkfjärden52	botten	3.0	10.5	2.7	9.5	3.4	17.2	2.5	8.0
Jakobramsjö_BC5	botten	2.1	7.0	1.9	6.4	2.2	10.1	1.9	5.9
Skammo_BC4	botten	1.2	4.7	1.3	3.7	1.1	5.4	1.3	7.5
Jakobramsjö_BC7	botten	1.5	7.2	1.4	6.8	2.1	8.9	1.2	5.2
Jakobramsjö_BC8	botten	1.0	4.6	0.8	4.4	1.1	6.1	0.7	2.7
Skatafjärden45	botten	0.6	2.3	0.6	3.0	1.2	5.9	0.7	2.7
Barkarsundet_BC2	botten	1.4	4.6	1.3	2.5	0.9	4.0	0.4	1.8

Den månatliga genomsnittliga ökningen av fastämneshalten till följd av muddring överstiger inte nivån på 10 mg/l i ytskiktet. I dygnsmedelvärden överskrids ökningen på

10 mg/l vid de punkter som ligger närmast muddringsplatsen, oftast vid punkt Norrfjärden_BC12.

I bottenskiktet överskrids gränsen för koncentrationsökning på 10 mg/l vid punkterna Fagerviken_60 och Norrfjärden_BC12 nästan varje månad under minst en dag. En koncentrationsökning på mer än 20 mg/l sker då och då i bottenskiktet, i ytskiktet förblir den största dagliga koncentrationsökningen under 15 mg/l nivån i de undersökta punkterna.

4.2 Genomsnittlig månatlig ökning av fastämneskoncentration på kartan

Bilderna 6 och 7 visar på kartan den beräknade genomsnittliga ökningen av halten av fasta partiklar som orsakas av muddring för olika månader i ytskiktet och i det 9–10 m djupa lagret.

Beräkningarna visar att den genomsnittliga haltökningen som överstiger 2 mg/l i ytskiktet inte rör sig öster om Fjusö. En ökning av koncentrationerna på mer än 5 mg/l i ytskiktet är begränsad till en radie på mindre än 1 km från muddringsplatsen, ibland genom att korsa viken till den motsatta stranden. Den genomsnittliga koncentrationsökningen över 10 mg/l är begränsad till området nära muddringsplatsen.

I 9-10 m-skiktet går koncentrationsökningen något längre än i ytskiktet, men ökningen i halter på mer än 2 mg/l är begränsad till väster om Fjusö.

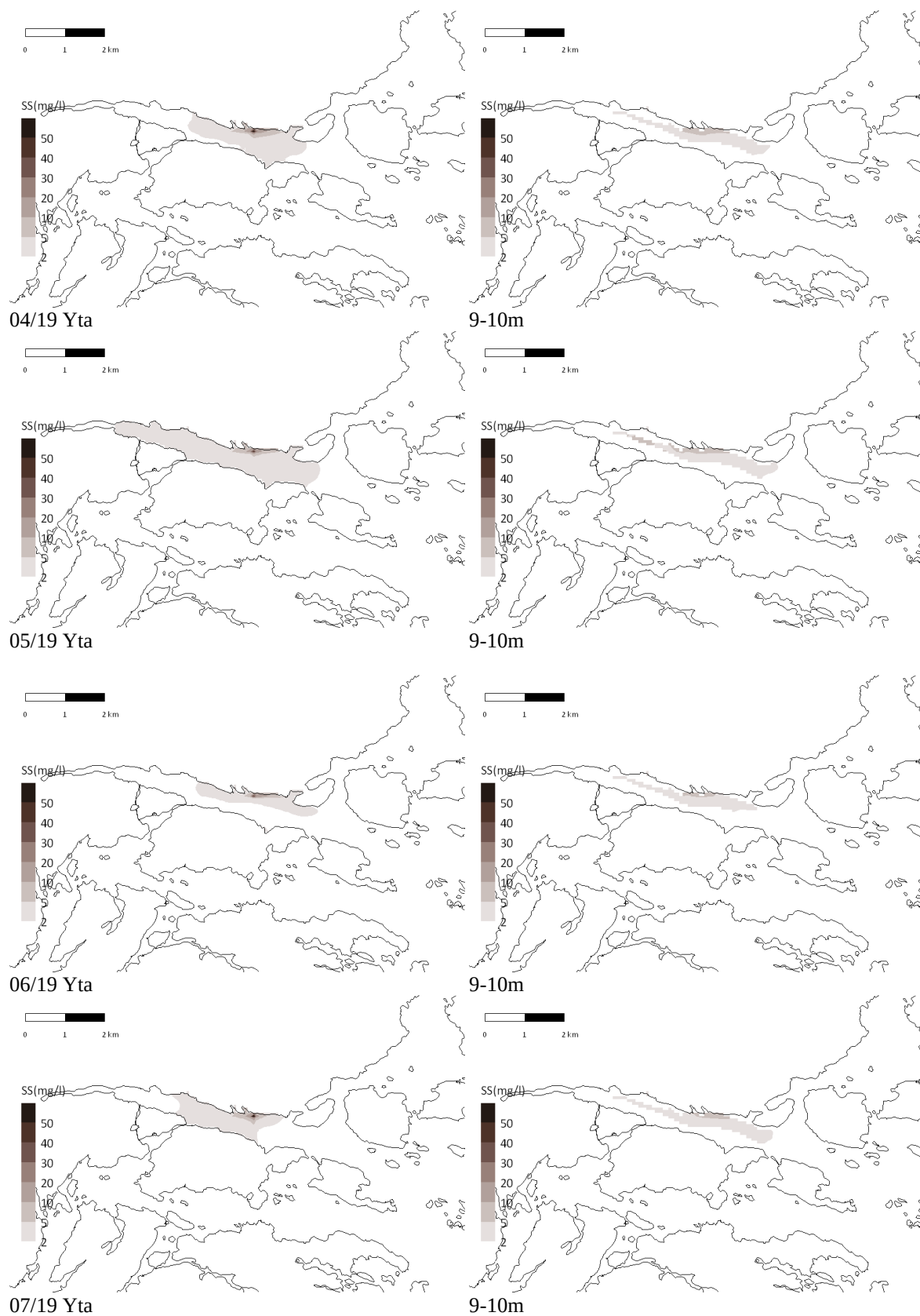


Bild 6. Medelvärde av ökningen av fastämneshalten under olika månader, yta och 9-10 m lager.

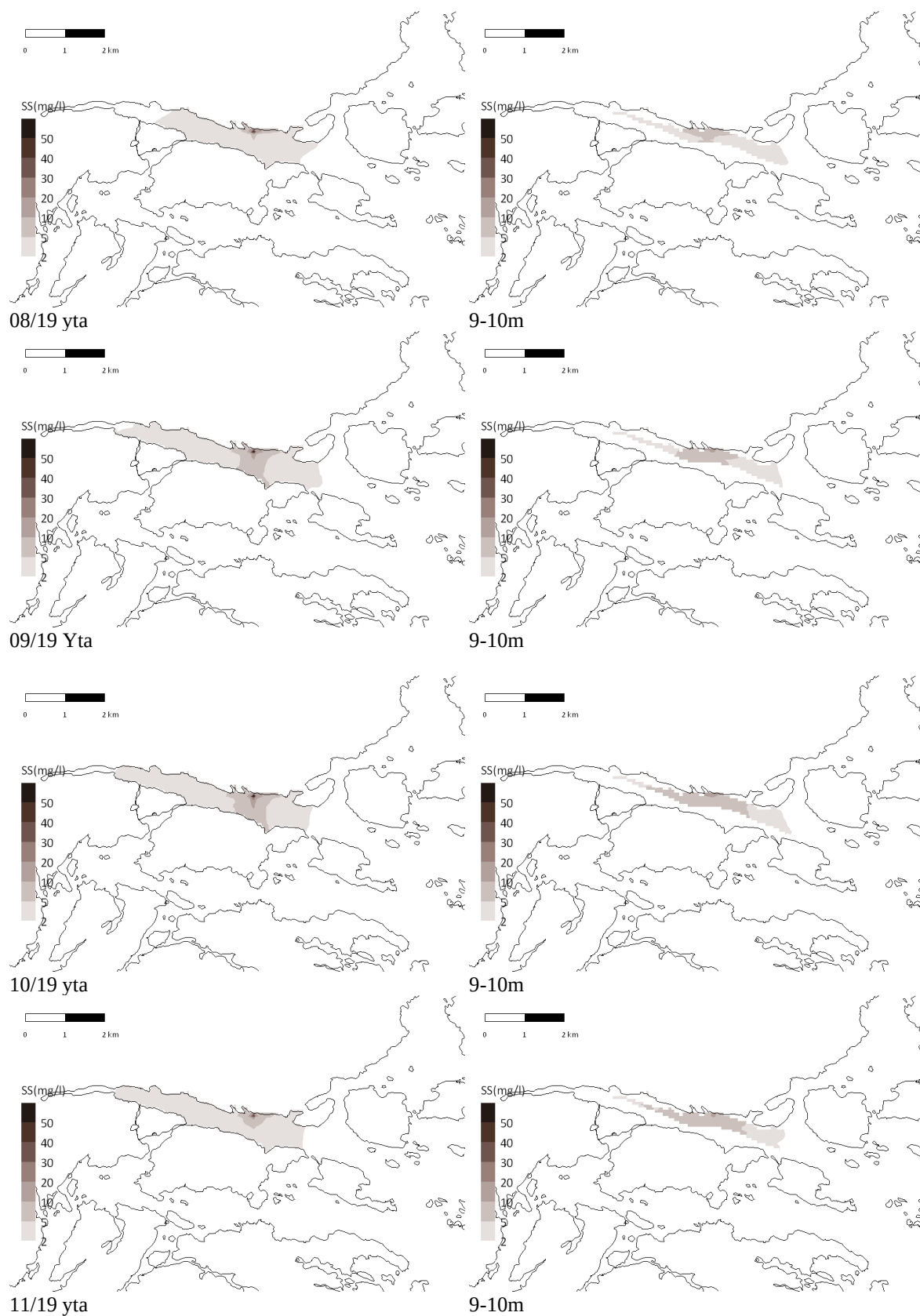


Bild 7. Medelvärde av ökningen av fastämneshalten under olika månader, yta och 9-10 m lager.

4.3 Maximal genomsnittlig daglig ökning av fastämneskoncentrationen

Figurerna 8 och 9 visar den beräknade maximala dygns-genomsnittliga ökningen av fasta ämnen orsakad av muddring under olika månader i ytskiktet och i det 9–10 m djupa lagret. Med andra ord innebär värdet på den koncentrationsökning som visas i kartmallen att den dagliga genomsnittliga haltökningen under den presenterade månaden har varit minst en dag i enlighet med den haltnivå som visas på kartmallen, och denna koncentrationsökning är den högsta som har uppnåtts vid den tidpunkten under den presenterade månaden. Kartbilden avbildar alltså inte någon enskild tidpunkt, utan är en sammansatt bild av de dagliga medelvärdena för den ökade koncentrationen som beräknats för månaden.

I ytskiktet når halter över 2 mg/l till Skämmö och rör sig tidvis norrut längs sundet mellan Skämmö och Fjusö. En eventuell ökning av halter över 5 mg/l är begränsad till väster om Fjusö. En eventuell ökning av koncentrationen över 10 mg/l är begränsad till en radie av cirka 1 km från muddringsplatsen och riktas främst österut och västerut längs strandlinjen, men ibland även över viken söderut.

Djupare i 9-10 m skiktet rör sig inte de maximala koncentrationerna betydligt längre än i ytskiktet, dvs. varje ökning av koncentrationen över 2 mg/l är begränsad till Skämmö.

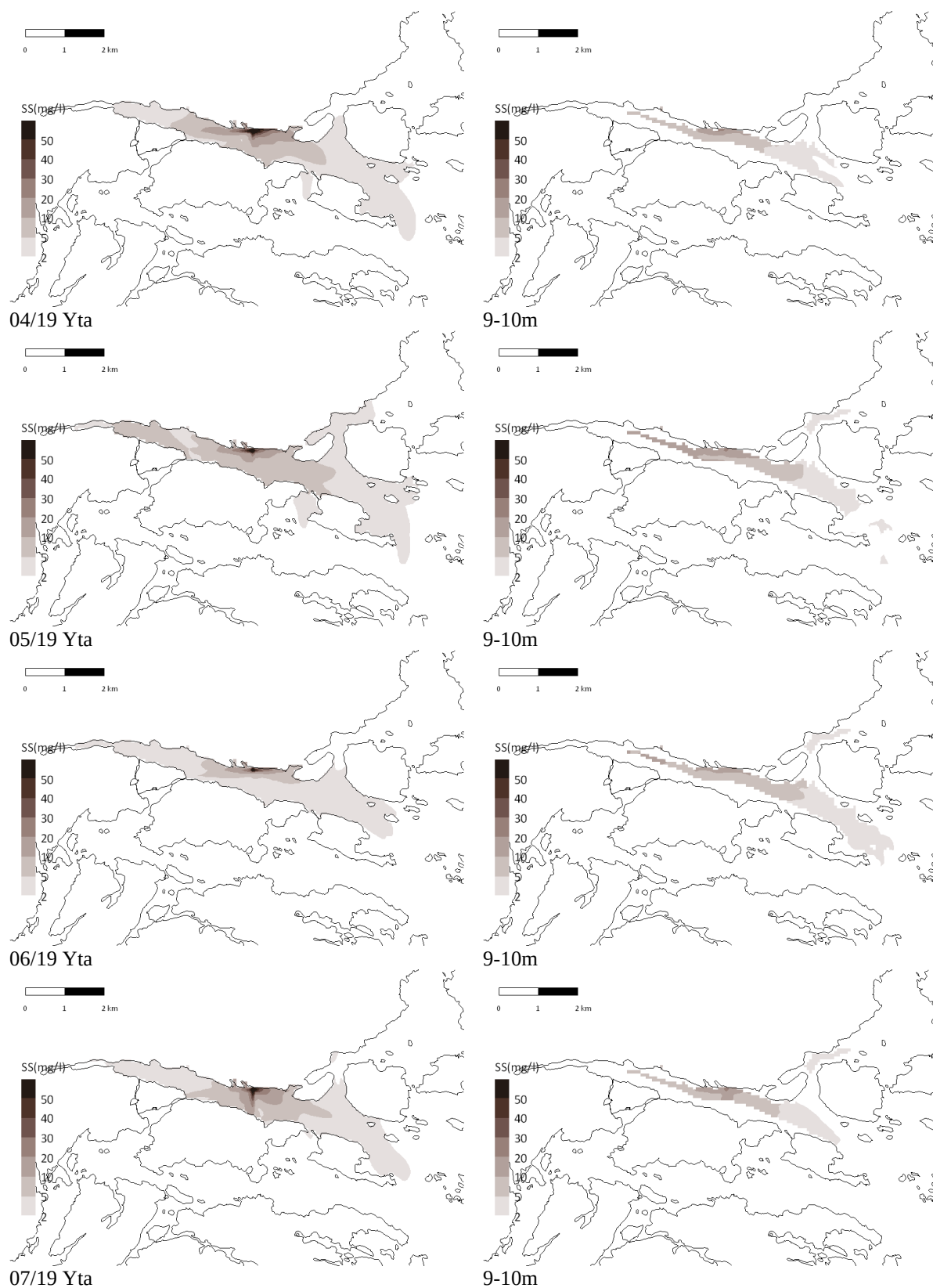


Bild 8. Det maximala värdet för den dagliga genomsnittliga ökningen av fastämneshalten under olika månader, yta och 9-10 m lager.

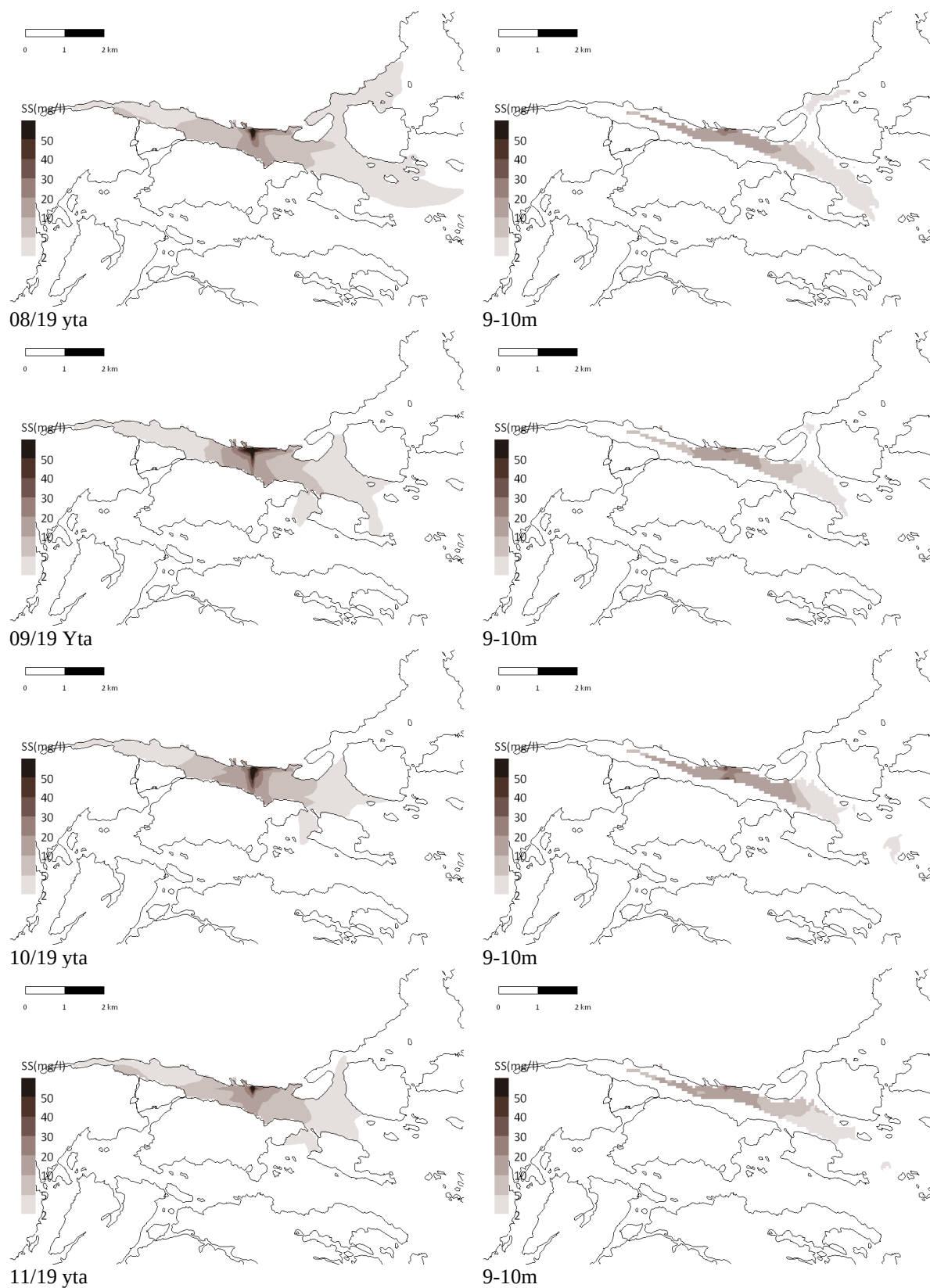


Bild 9. Det maximala värdet för den dagliga genomsnittliga ökningen av fastämneshalten under olika månader, yta och 9-10 m lager.

5 Sammanfattning

I rapporten bedöms spridningen av grumlighet som orsakas av den planerade muddringen i Norrfjärden i Ingå.

Sugmuddring används som muddringsutrustning och muddringsmassorna dumpas på en pråm på muddringsplatsen, varifrån de transporterades vidare till deponeringsområdet. Muddringskraften bestämdes på basis av pråmens transportkapacitet.

Resultatet av beräkningen visade den ökning av koncentrationen som orsakades av fastämnesbelastning orsakad av muddringsarbetet. Här presenterades beräkningsresultaten för den beräknade dagliga genomsnittliga koncentrationsökningen från utvalda tidsserierpunkter, samt de månatliga medelvärdena för koncentrationsökningen och den maximala dagliga genomsnittliga koncentrationsökningen på kartan för perioden med öppet vatten 2019.

Enligt beräkningarna överskred den dygns-genomsnittliga ökningen av halten av fasta ämnen i ytskiktet till följd av muddring tidvis nivån på 10 mg/l inom en radie av cirka 1 km från muddringsplatsen, längre bort var ökningen av halterna mindre. De månatliga medelvärdena för koncentrationsökningen var klart lägre, koncentrationsökningen på mer än 10 mg/l överskreds endast i närheten av muddringsplatsen (på ett avstånd av <100 m).

6 Källteckning

AFRY 2024, Lämpöpäästön mallinnus Inkoon merialueella, Blaistr 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 Hämmäläinen, 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.