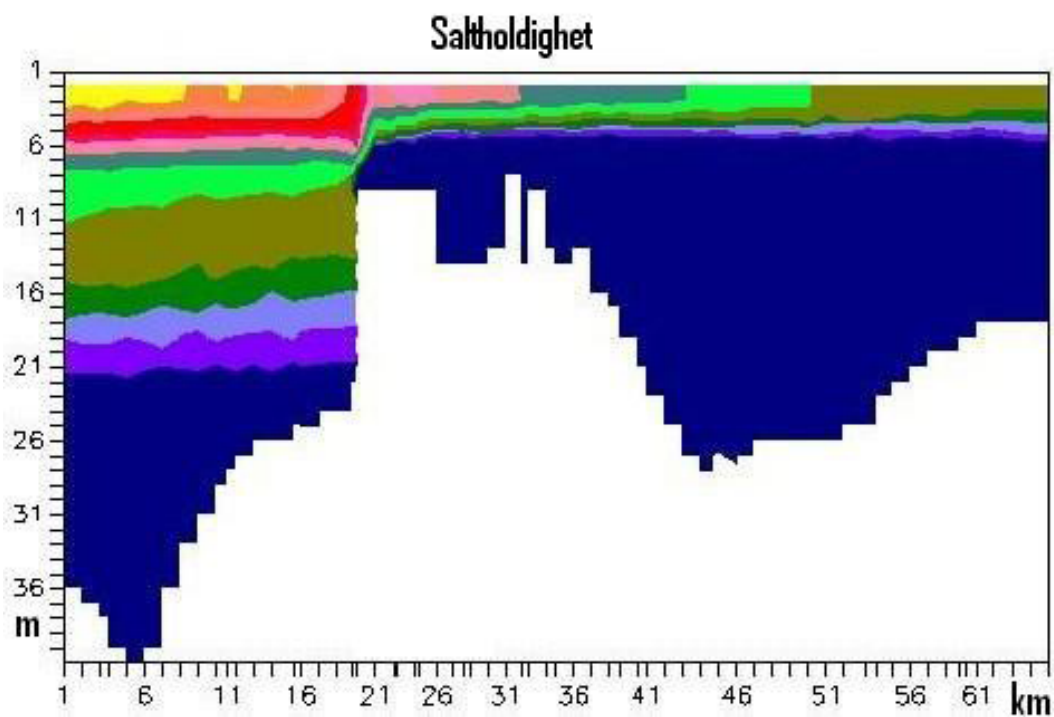


Modellering av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| Tittel Modellering av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør | Løpenr. (for bestilling) 6049-2010 | Dato 11.11.2010 |
| | Prosjektnr. Udemnr. 29137 3 | Sider Pris 31 |
| Forfatter(e) Torulv Tjomsland og Frode Kroglund | Fagområde Fisk og akvakultur | Distribusjon Fri |
| | Geografisk område Aust-Agder | Trykket CopyCat AS |

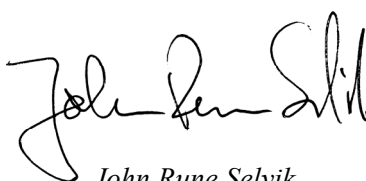
| | |
|---|-------------------|
| Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforskning | Oppdragsreferanse |
|---|-------------------|

Sammendrag
Målet var å beregne strøm, saltholdighet og temperatur i ulike deler av Sandnesfjorden inkludert Songevatn gjennom året. Vi ønsket også å beskrive spredningen av vann og dosert stoff fra Storelva innerst i fjorden. Utvandring av smolt er sterkt avhengig av saltholdigheten nær overflaten. Resultatene skulle benyttes som input til en modell som beskriver hvordan smolten vandrer fra Songevatn og ut fjorden.
Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier på prøvetakingsdagene i 2007 og 2008. Avvikene var sjelden større enn 1 ppt. Vi mener at simuleringene viste tilstrekkelig godt samsvar med observerte verdier med hensyn til saltholdighet til at resultatene kunne nyttes som inngangsdata til videre modellering av smoltutvandring.

| | |
|--|---|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modellering 2. Hydrodynamikk 3. Saltholdighet 4. Sandnesfjorden ved Risør | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modelling 2. Hydrodynamic 3. Salinity 4. Sandnesfjorden by Risør |
|--|---|



Torulv Tjomsland
Prosjektleder



John Rune Selvik
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Modellering av strøm og saltholdighet

i

Sandnesfjorden ved Risør

Forord

Aluminium i brakkvann kan være årsaken til redusert laksefangst i enkelte elver. Siden 2005 har Direktoratet for naturforvaltning støttet forskning på hvilken betydning aluminium i brakkvann kan ha på smoltens utvandringssatferd og overlevelse fra smolt til voksen laks. Fra prosjektets start til nå er innholdet i de årlige undersøkelsene endret. Mens fokus i starten var på å beskrive de kjemiske forandringene har fokus etter hvert blitt dreid mot tiltak. Frode Kroglund har ledet dette overordnede prosjektet.

Denne rapporten omhandler modellering av strøm, vannutskiftning, saltholdighet med mer i Sandnesfjorden ved Risør. Bidraget utgjør en del av det overordnede prosjektet. Modelleringene har blitt utført av Torulv Tjomsland i nært samarbeid med Frode Kroglund.

Modellen beregner strøm, saltinnhold m.m. i nesten 3 år med intervall på noen minutter. Kun et fåtall av disse situasjonene kunne fremstilles som figurer i denne rapporten. Det er derfor laget en CD med videoer av strøm, vannutskiftning, stofftransport, saltinnhold m.m. i ulike snitt av Sandnesfjorden for hele den aktuelle perioden.

Oslo, 11. november 2010

Frode Kroglund og Torulv Tjomsland

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| Summary | 8 |
| 1. Innledning | 9 |
| 1.1 Mål | 9 |
| 1.2 Områdebeskrivelse | 9 |
| 1.3 Metode | 13 |
| 2. Simuleringer | 14 |
| 2.1 Inputdata | 14 |
| 2.2 Resultater og diskusjon | 15 |
| 2.3 Hvor lang tid bruker vannet fra Songevatn til Lagstrømmen | 28 |
| 2.4 Fra simulering av salt til akkumulering av aluminium | 31 |
| 2.5 Konklusjon | 32 |

Sammendrag

Storelva, som renner ut innerst i Sandnesfjorden ved Risør i Aust-Agder, har vært kalket siden 1996. Mens det vannkjemiske målet er oppnådd, er utviklingen i fangst av laks langt dårligere enn forventet. Det er flere trusler. En av dem er at aluminium i brakkvannet reduserer antall smolt som når kyststrømmen. Dette synes å skje når saltinnholdet i overflaten er mellom 1 og 10 promille. Tiltak mot aluminium i brakkvann kan være bruk av natriumsilikat.

Målet var å beregne strøm, saltholdighet og temperatur i ulike deler av Sandnesfjorden inkludert Songevatn gjennom året. Vi ønsket også å beskrive spredningen av vann og dosert stoff fra Storelva. Disse resultatene skulle benyttes som input til en modell som beskriver hvordan smolten vandrer fra Songevatn og ut fjorden. Den mest interessante perioden for utvandring er april-juni, og i vannlag nær overflaten.

Hele vassdraget med direkte avrenning til Sandnesfjorden er på 551 km². Storelva, som renner inn i vestenden av Songevatn, bidrar til 74 % av dreneringsarealet til Sandnesfjorden.



Figur 1. Oversiktskart

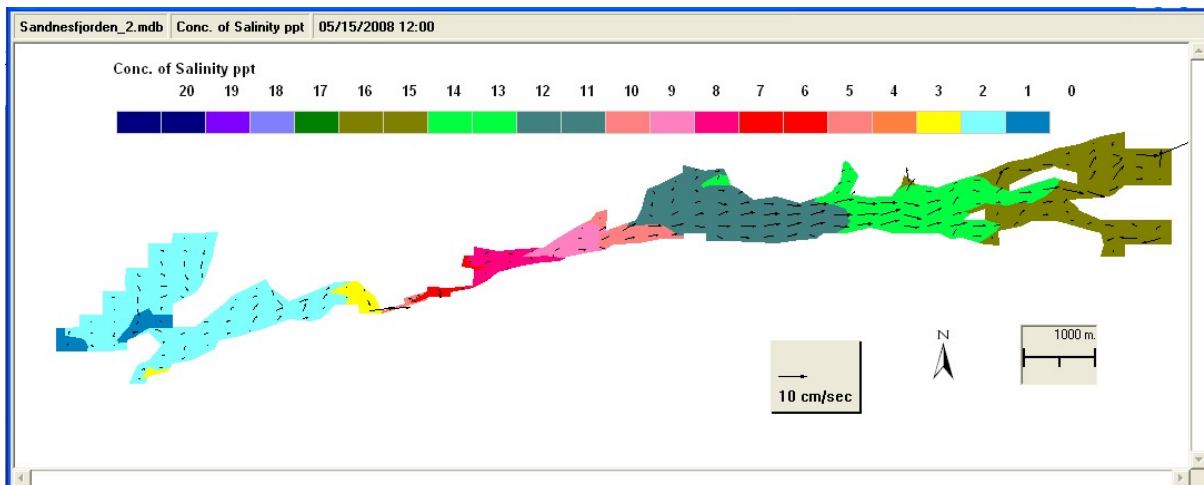
De aktuelle problemstillingene er simulert ved bruk av den matematiske modellen GEMSS. GEMSS er en pakke med modeller for beregning av hydrodynamikk og vannkvalitet i elver, innsjøer og estuarier. utviklet av ERM i USA (www.erm-smg.com). Modellen beregner strøm, temperatur og saltholdighet som funksjon av fjordens topografi, meteorologiske data, tilførsler av vann med kjent temperatur samt vannstand, temperatur og saltholdighet ved ytre ende av fjorden. Modellen er 3-dimensjonal.

Den viktigste beregningsvariabelen var saltholdighet. I tillegg ble det beregnet strømhastighet og temperatur. Det ble i modellen dosert et konservativt sporstoff fra Storelva slik at vi kunne studere hvordan dette vannet spredte seg utover i fjorden. Tilsvarende ble vannet som strømmet inn via den ytre enden av fjorden merket og fulgt innover.

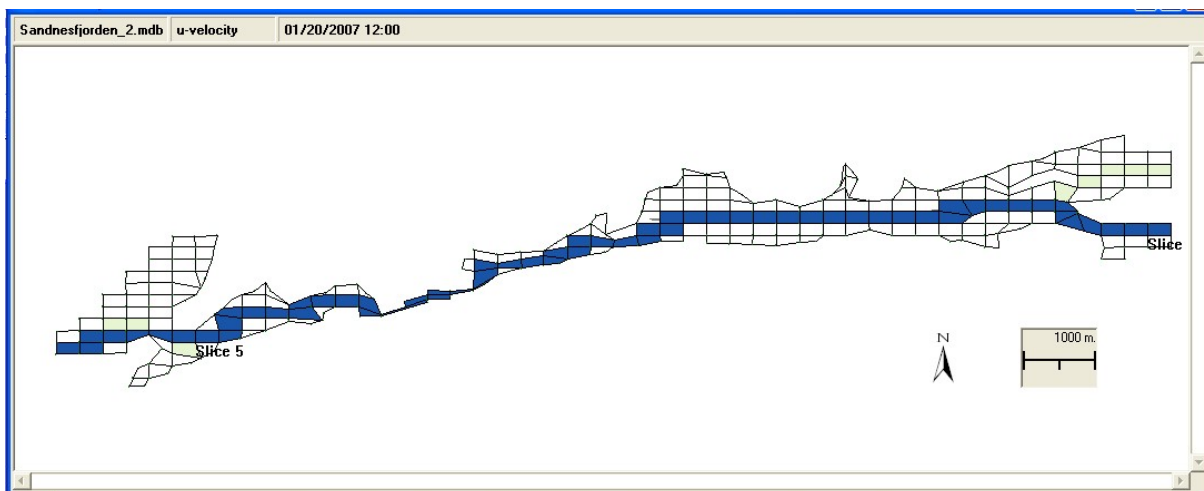
Vi simulerte perioden 1.1.2007 – 1.9.2009. Vår og sommer ble det utført målinger i felt.

På grunn av tidevannet strømmer vannet vekselvis innover og utover fjorden to ganger i døgnet. Tidevannets amplitude kan bli forsterket eller svekket av vind. Karakteristisk forskjell mellom lavvann og høyvann var under 1 meter. Maksimum forskjell i simuleringsperioden var 1,9 m.

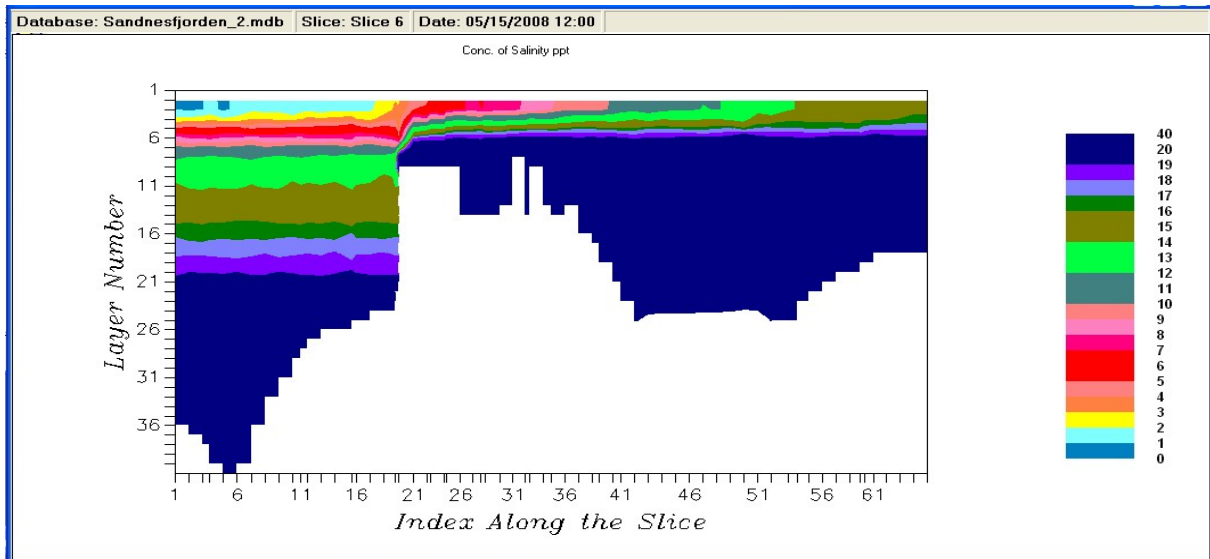
Det lettere ferskvannet som ble tilført via elvene la seg i stor grad på toppen av vannmassene og kunne forårsake en utoverrettet strøm i overflaten selv i perioder med netto innoverrettet vanntransport. Hovedtransporten innover foregikk da av mer saltholdig vann på større dyp. Saltholdigheten i Songevatn og Nævestadvatn økte fra nær null i overflaten til over 30 ppt (promille) på 50 meters dyp, se **Figur 2 - Figur 4**.



Figur 2. 15. mai 2008 kl. 12. Strømmene i overflaten var rettet utover fjorden



Figur 3. Horisontal markering av lengdeprofiler som er vist på figuren



Figur 4. Saltholdighet. Lengdeprofil

Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier på prøvetakingsdagene i 2007 og 2008. Det var sjelden mer enn 1 ppt i forskjell.

Vi mener at simuleringene viste tilstrekkelig godt samsvar med observerte verdier med hensyn til saltholdighet til at resultatene kunne nyttes som inngangsdata til videre modellering av smoltutvandring.

Summary

Title: Modelling of current and salinity in the fiord Sandnesfjorden by Risør, S Norway

Year: 2010

Author: Torulv Tjomsland and Frode Kroglund

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5784-7

River Storelva has been limed since 1996. The river has outlet in the inner part of the fiord Sandnesfjorden near Risør in Aust-Agder. The expected increase in salmon catches after liming has not occurred. One of the hypotheses has been that toxic aluminum species in brackish water reduces smolt mitigation from the river through the fiord to the ocean. The main problems seemed to occur with salinity in the surface water between 1 and 10 ppt.

The objective of this study was to calculate water currents, salinity and temperature in the fiord Sandnesfjorden during the year. We also needed to simulate the dispersion of water or added matter in this water from the main river Storelva. The migration of smolt is strongly dependent of the salinity in the uppermost layers of the fiord. The results should be used as input to a model describing migration of smolt from the river through the fiord to the ocean.

There was good accordance between simulated and measured salinity on days with measurements during 2007 and 2008. The deviations were seldom more than 1 ppt. The modeled results were assumed to be acceptable as input to the migration model.

1. Innledning

Storelva i Aust-Agder har vært kalket siden 1996 (Kroglund mfl. 2010). Selv om det vannkjemiske målet er oppnådd, er utviklingen i fangst av laks langt dårligere enn forventet. Det er flere trusler. Det er estimert at turbinene i kraftveket samt predasjon av gjedde kan desimerer smoltbestanden med ca 30 %. Aluminium i brakkvann reduserer antall smolt som når kyststrømmen med et tilsvarende nivå. Dette synes å skje når saltinnholdet i overflaten er mellom 1 og 10 promille. Dermed blir antall smolt som når kyststrømmen for lavt til at gytebestandsmål kan oppnås, selv med en høy sjøoverlevelse. Det er mulig å gjennomføre tiltak på kraftverket. Det er også mulig å gjennomføre tiltak mot aluminium i brakkvann. Tiltak mot aluminium i brakkvann kan være bruk av natriumsilikat, men kan også være å transportere smolten forbi de områdene som er belastende. En relativt god smoltproduksjon opprettholdes i Storelva i dag på grunn av lav fangsttinningsgrad på laks. Gytebestandsmålet vil ikke nås så lenge produksjonen hemmes av de truslene som er identifisert.

1.1 Mål

Målet for det overordnede prosjektet er å foreslå tiltak for å opprettholde en bærekraftig laksestamme i Sandnesfjorden og Storelva. Denne rapporten er et bidrag for å studere hvordan saltinnholdet varierer gjennom året og dermed danne grunnlag for gjøre tiltak mot uønskede aluminiumkonsentrasjoner i Sandnesfjorden.

Målet med dette delprosjektet var å modellere saltholdighet og temperatur i ulike deler av Sandnesfjorden inkludert Songevatn gjennom året. Vi ønsket også å beskrive spredningen av vann/dosert stoff fra Storelva. Dette ga et grunnlag for å modellere:

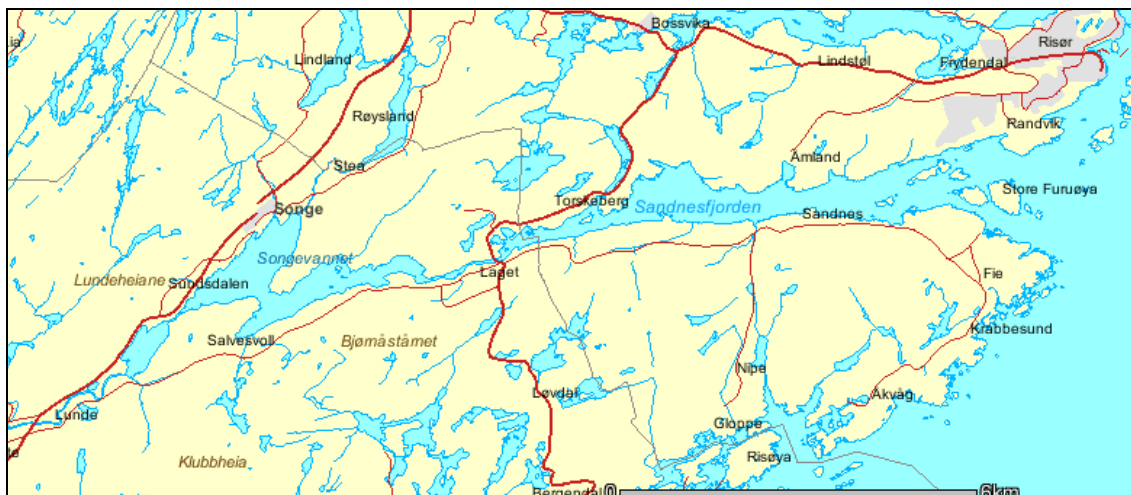
- 1) Endringer i mobilisering av aluminium; hvor og når påvirkes smoltvandring?
- 2) Spredning av natriumsilikat for å oppnå rett effekt på rett sted til rett tid

Disse resultatene skulle benyttes som input til en modell som beskrev hvordan smolten vandret fra Songevatn og ut fjorden. Den mest interessante perioden for utvandring var april-juni, og nær overflaten.

1.2 Områdebeskrivelse

Forsøksområdet strekker seg fra elvemunningen av Storelva i vest og ut til de ytterste øyene i Sandnesfjorden i øst, **Figur 5**.

Hele vassdraget inklusivt direkte avrenning til Sandnesfjorden er på 551 km². Storelva bidrar til 74 % av dreneringsarealet til Sandnesfjorden. De viktigste områdene som kommer i tillegg til Storelva drenerer inn i nordsiden av Songevann (Steavassdraget) De lokale nedbørfeltene omkring Sandnesfjorden bidrar kun med 4 % av landarealet.



Figur 5. Oversiktskart over forsøksområdet, fra Songevann i vest til munningen av Sandnesfjorden i øst.

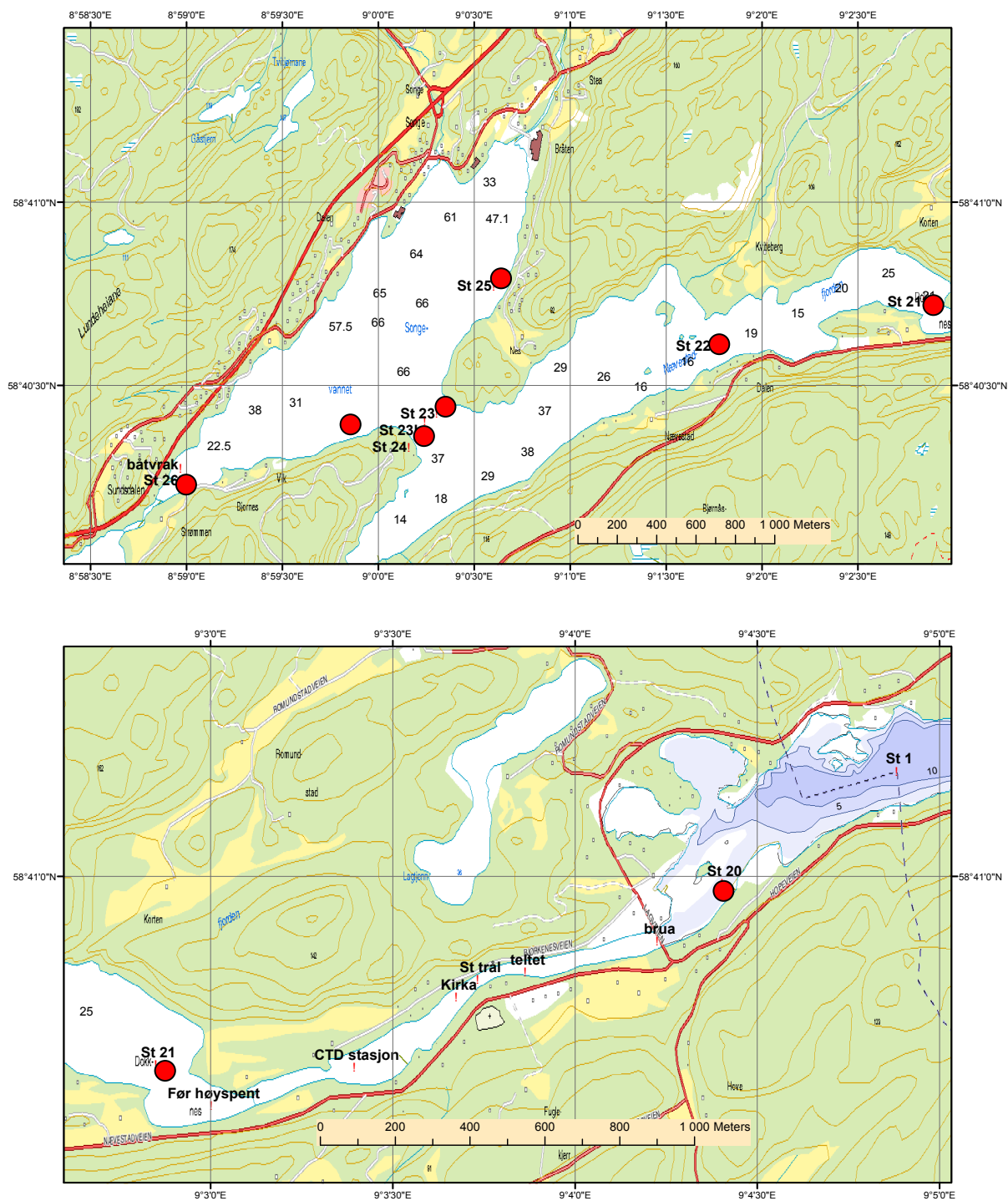
Storelva munner ut i Songevann, **Figur 6**. Songevann munner ut i Nævestadfjorden. Disse to bassengene er forbundet med et 230 m bredt sund uten noen terskel, dvs. at det er åpent ned til 40-45 m. Oppholdstiden i de respektive bassengene avhenger av ferskvannstilførsel, men også av saltvannstilførsel. For prosjektet var det viktig å få fastslått hvilke forhold som bestemte saltvannstilførselen og saltinnholdet i Songevann og Nævestadfjorden. Noen nøkkelopplysninger om topografien er gitt i **Tabell 1**. For de innerste bassengene er volumer anslått ut fra oppmålte dyp under feltarbeidet i 2007. For Sandnesfjorden er volumer beregnet ut fra sjøkart.

Nævestadfjorden står i forbindelse med Sandnesfjorden utenfor gjennom Lagstrømmen. Lagstrømmen er en ca. 1,5 km lang "kanal", hvor bredden varierer fra 100 til 20 m, **Figur 6**. Terskeldyp er ca. 3 m dypt bedømt ut fra måledyp fra STD-profiler i strømmen. Det begrensende strømtverrsnitt er omkring 40 m². Dette er ikke kartlagt nøyaktig. Overflatearealet av Lagstrømmen er ca. 0,06 km².

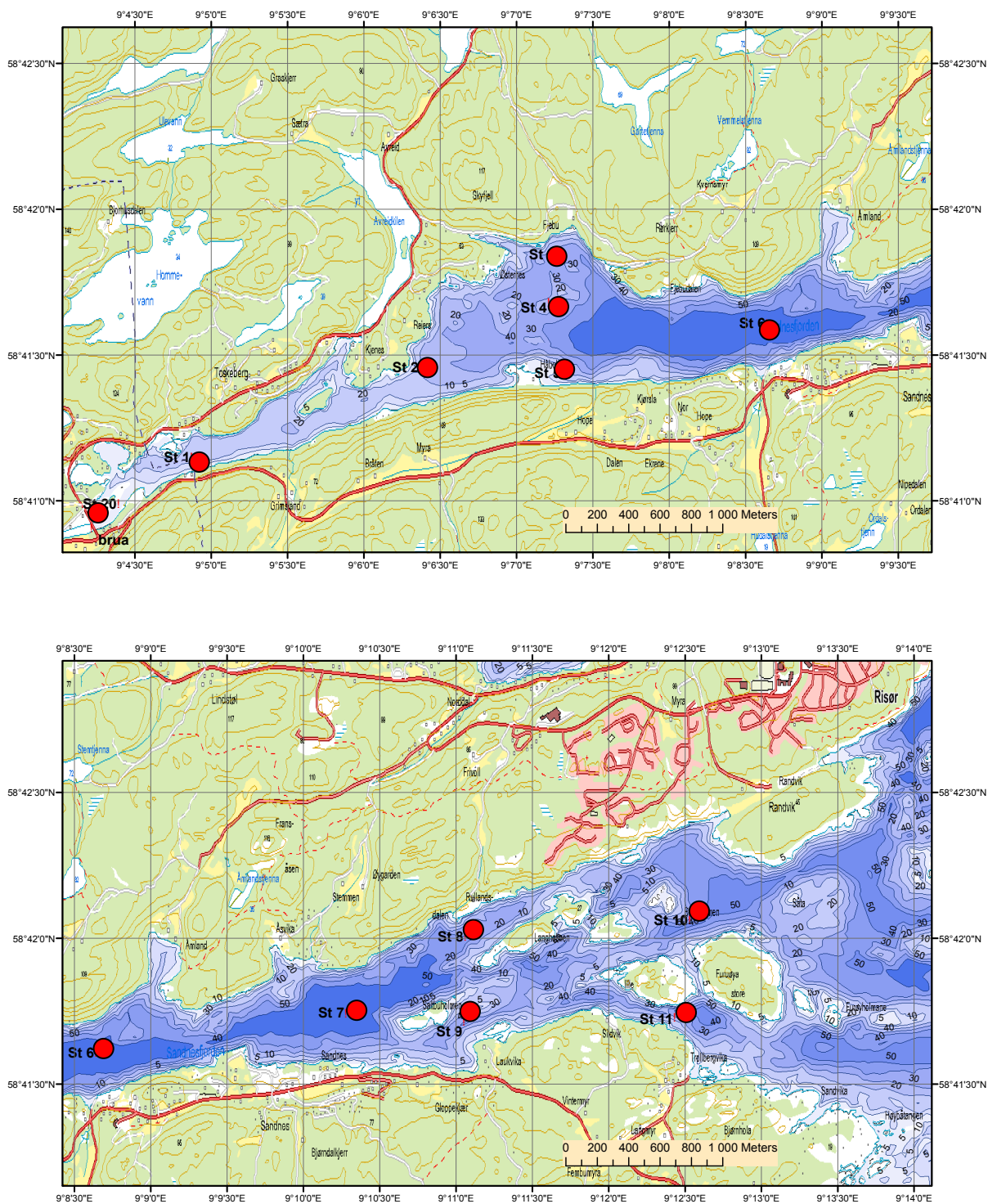
Sandnesfjorden starter på utsiden av Lagstrømmen. Dette er en langstrakt fjordarm med største dyp på 65-70 m, **Figur 7**. I den ytre delen rett sør for Risør, er det et grunnere område med flere øyer, den dybeste forbindelsen ut til kystvannet ligger på sørsiden av øyene og har et terskeldyp 25-30 m.

Tabell 1. Noen nøkkelopplysninger om topografien i Songevann, Nævestadfjorden og Sandnesfjorden.

| | | Songevann | Nævestad- fjorden | Sandnesfjorden |
|----------------------|--------------------|-----------|----------------------|----------------|
| Overflateareal | (km ²) | 1.25 | 1.2 | 4.3 |
| Maksimalt dyp | (m) | 66 | 38 | 65 – 70 |
| Volum 0 til 5 m dyp | (mill.m3) | 6 | 5 | |
| Volum 0 til 10 m dyp | | 11 | 10 | |
| Totalt volum | | 42 | 19 | |



Figur 6. a) Kart over Songevann og Nævestadfjorden med oppmålte dyp (m) og hovedstasjoner for hydrografi. b) Kart over Lagstrømmen med alle målestasjoner..



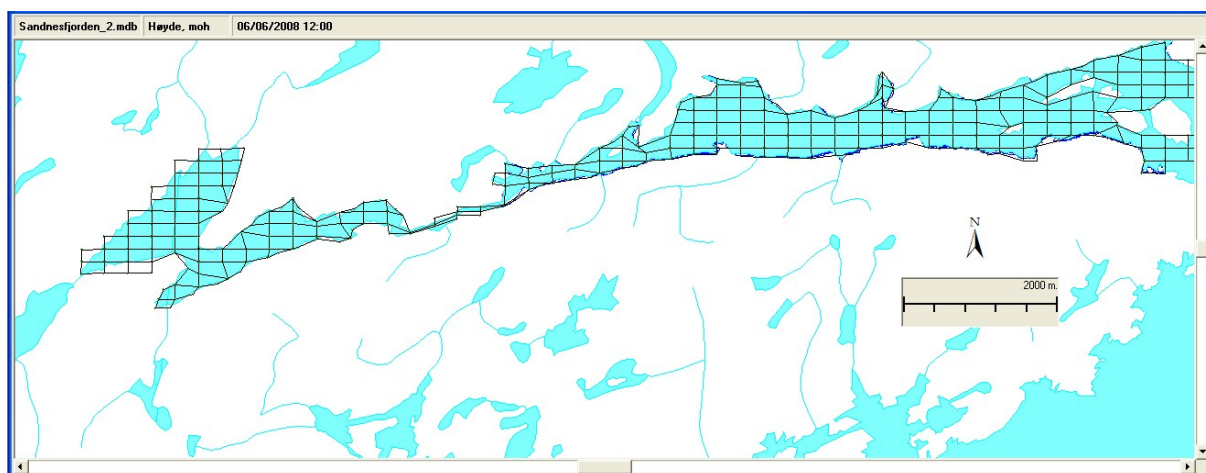
Figur 7. Kart over Sandnesfjorden med alle målestasjoner for hydrografi.

1.3 Metode

De aktuelle problemstillingene simulert ved bruk av den numeriske modellen GEMSS. GEMSS er en pakke med anerkjente modeller for beregning av hydrodynamikk og vannkvalitet i elver, innsjøer og estuarier. Modellpakken er utviklet av ERM i USA (www.erm-smg.com). Modellen beregner strøm, temperatur, saltholdighet som funksjon fjordens topografi, meteorologiske data, tilførsler av vann med kjent temperatur samt vannstand, temperatur, saltholdighet ved ytre ende av fjorden. I tillegg kan modellen beregne diverse vannkvalitetsvariable som ikke ble benyttet ved denne anledningen. Modellen er 3-dimensjonal.

Sandnesfjorden inkludert Songevatn ble delt inn i beregningsceller. Disse var i horisontalplanet overveiende $150 \text{ m} \cdot 300 \text{ m}$, **Figur 8**. Den vertikale utstrekningen var 1 m. For hver celle ble resultatene beregnet skrittvis fremover i tid med et par minutters intervall. Vi simulerte perioden 1. januar 2007 – 1. august 2009.

Resultatene fra strøm- og spredningssimuleringene, hvor saltholdighet var spesielt viktig, ble benyttet som input til en modell som beskrev utvandring av smolt.



Figur 8. Sandnesfjorden ble delt inn i beregningsceller, overveiende med størrelsen: $150 \cdot 300 \cdot 1 \text{ m}$.

2. Simuleringer

2.1 Inputdata

Dybdekartet som ble benyttet ved modelleringen ble laget på grunnlag av offentlige dybdekart utenfor Laget og diverse dybdelodder innenfor, **Figur 9**.

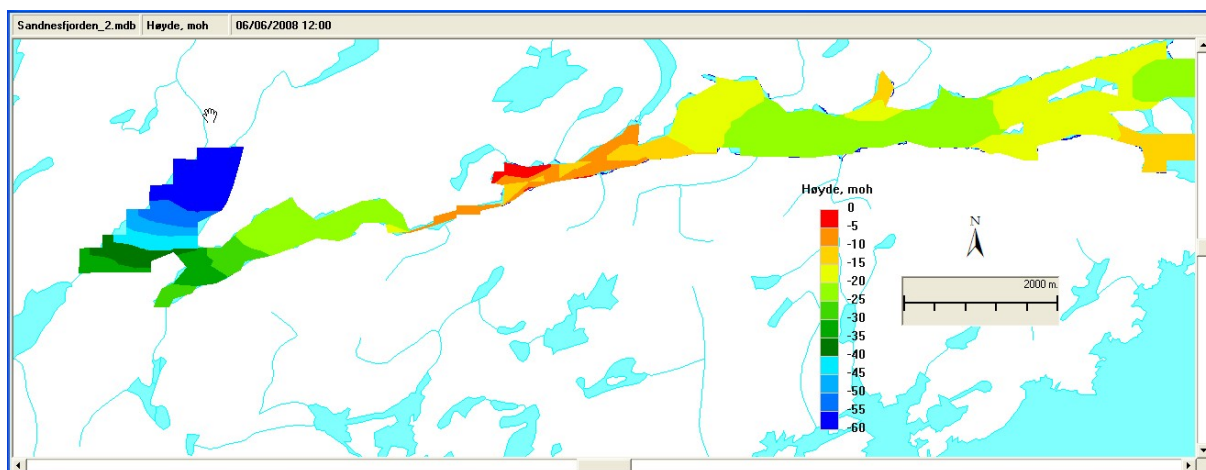
Meteorologiske data ble registrert ved de nærmest liggende stasjonene til Det norske meteorologisk institutt. Lufttemperatur, duggpunkttemperatur, vindstyrke og vindretning ble observert ved Lyngør og solarstråling i Grimstad. Verdiene ble registrert ca. hver 6. time.

Vannføringene i Storelva, som renner ut i Songevatn, ble beregnet ut fra vannføringer på NVEs stasjoner ved Lundevatn og Hauglandsfossen, **Figur 10**. Tilførselene til resten av Songevatn, Nævestadvatn og Sandnesfjorden ble skalert ut fra vannføringen i Storelva i forhold til nedbørfeltens størrelse. Perioden mai-juni var preget av lave vannføringer. For øvrig var vannføringene som oftest betydelig høyere.

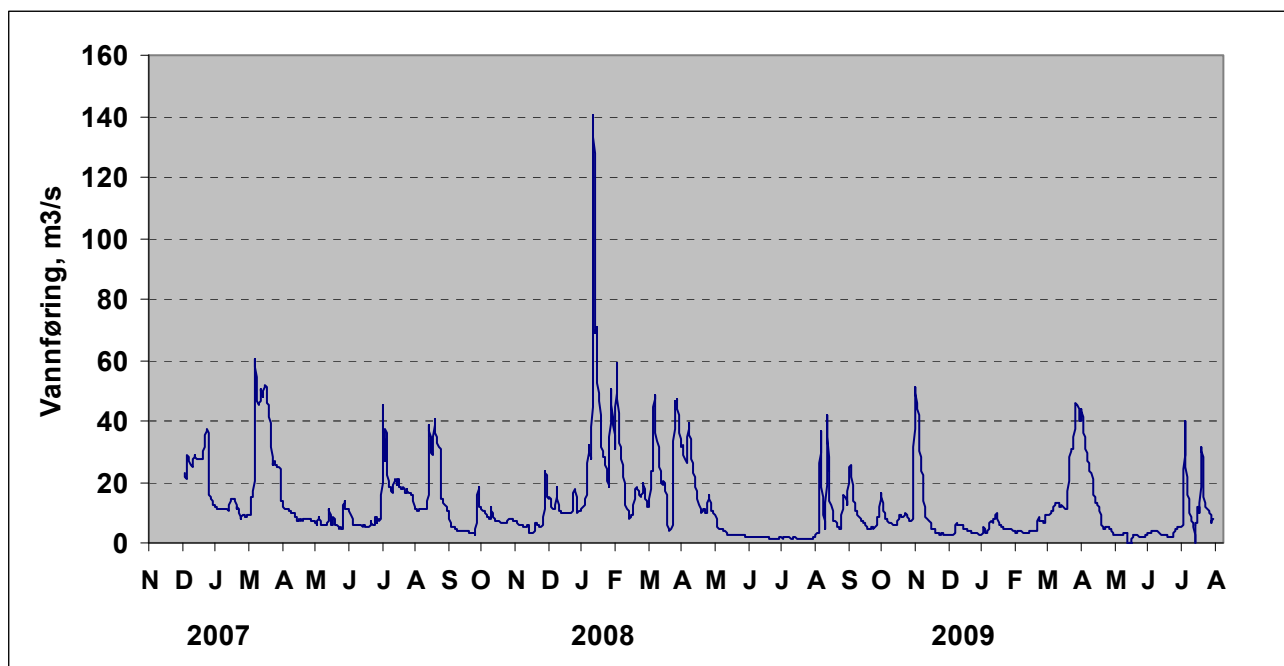
Det ble gjort innledende simuleringer for å finne vanntemperaturen i disse tilførselene. Temperaturene ble antatt å være i likevekt med de klimatiske forhold.

Vannstanden ytterst i Sandnesfjorden ble hentet fra Kystverkets registreringer ved Helgeroa. Vannstand ble registrert hver time. Temperatur og saltholdighet ble stipulert ut fra observasjoner i de ytterste delene av Sandnesfjorden innen prosjektet. Dette var overveiende manuelle målinger tatt på dager med innsamling av vannprøver for kjemiske og biologiske analyser. Disse verdiene representerte følgende karakteristiske middelverdier for en lengre periode.

Det fantes observerte data for kalibrering og kontroll av modellen. Disse ble fortrinnsvis samlet inn i perioden april – juni i årene 2007-2009.



Figur 9. Dybdekart



Figur 10. Vannføring i Storelva ved utløpet til Songevatn.

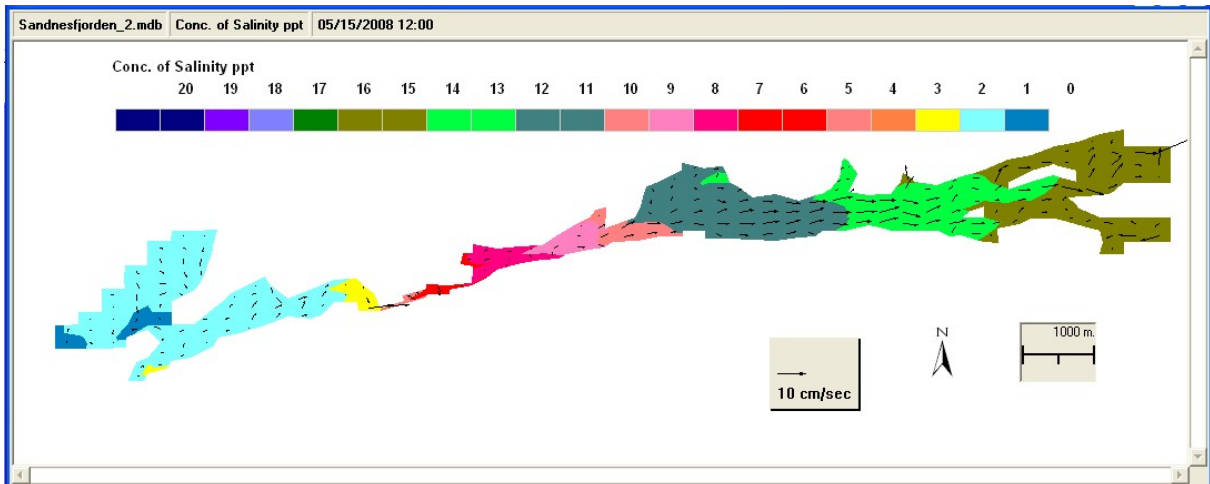
2.2 Resultater og diskusjon

Den viktigste beregningsvariabelen var saltholdighet. I tillegg ble det beregnet strømhastighet og temperatur. Det ble i modellen dosert et konservativt sporstoff fra Storelva slik at vi kunne studere hvordan dette vannet spredte seg utover i fjorden.

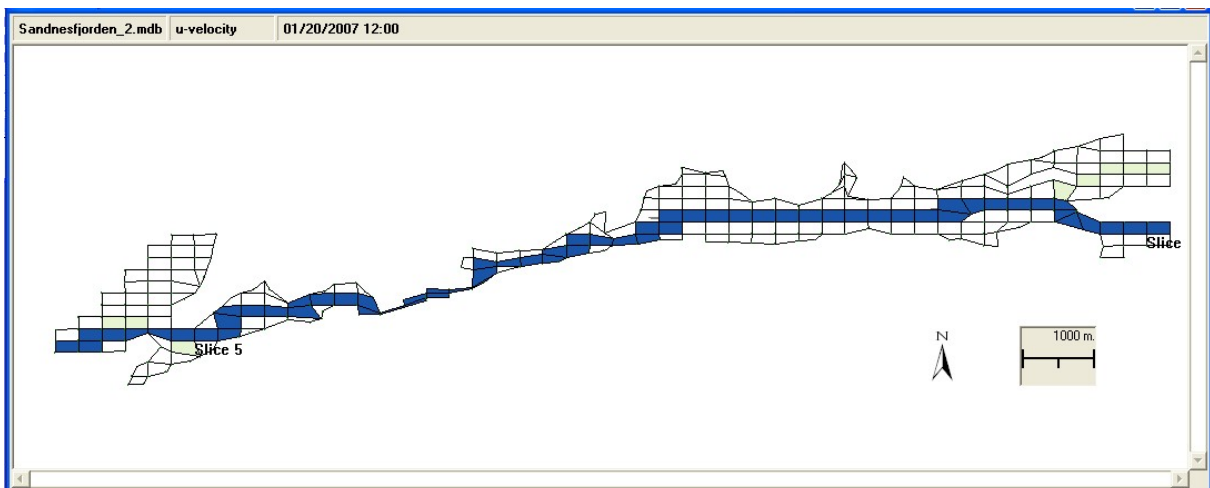
Vi simulerte perioden 1.1.2007 – 1.9.2009. Vår og sommer ble det utført målinger i felt.

På grunn av tidevannet strømmer vannet vekselvis innover og utover fjorden to ganger i døgnet. Tidevannets amplitude kan bli forsterket eller svekket av vind. Karakteristisk forskjell mellom lavvann og høyvann var under 1 meter. Maksimum forskjell i simuleringsperioden var 1,9 m.

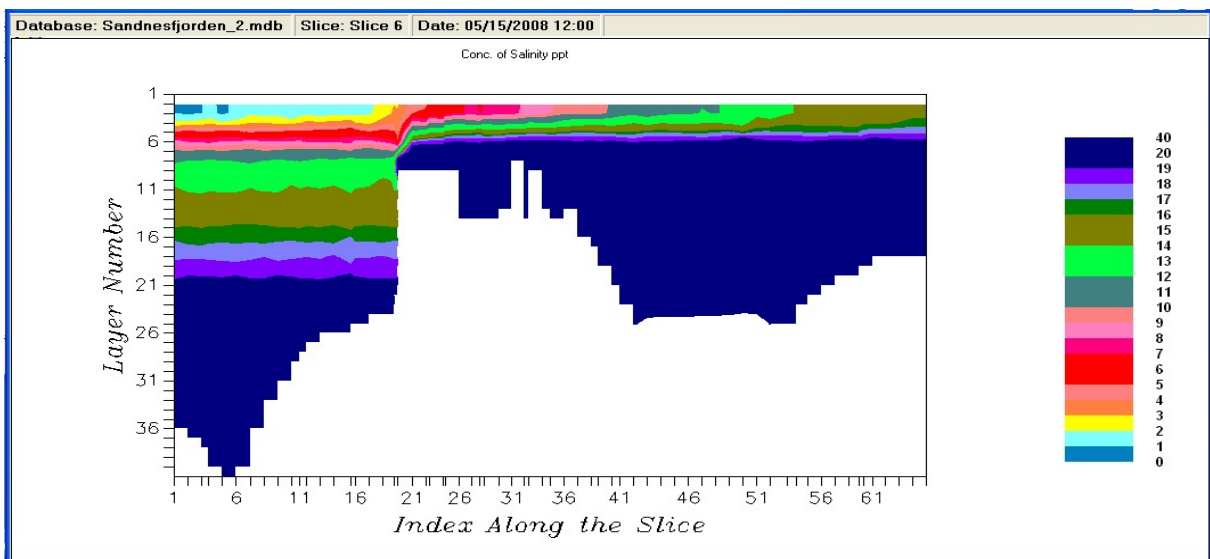
Det lettere ferskvannet som ble tilført via elvene la seg i stor grad på toppen av vannmassene og kunne forårsake en utover rettet strøm der selv i perioder med netto innovettrettet vanntransport. Hovedtransporten foregikk da av mer saltholdig vann på større dyp. Saltholdigheten i Songevatn og Nævestadvatn økte fra nær null i overflaten til over 30 ppt å 50 meters dyp, se **Figur 11 - Figur 15**.



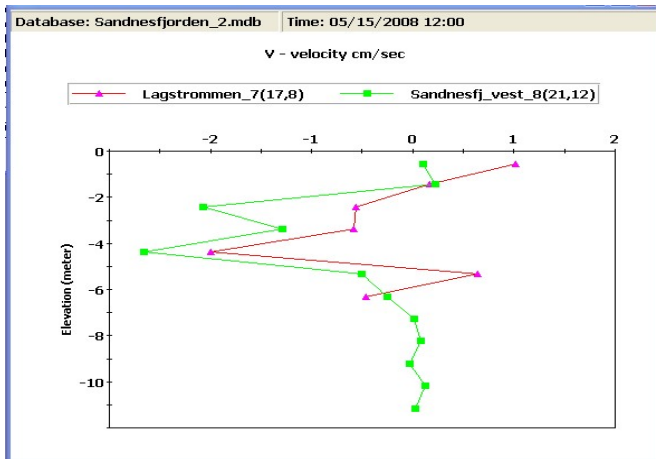
Figur 11. 15. mai 2008 kl. 12. Strømmene i overflaten var rettet utover fjorden



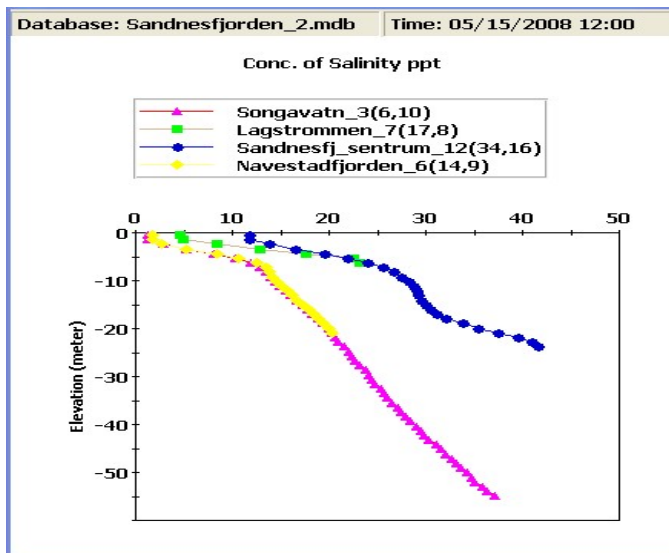
Figur 12. Horizontal markering av lengdeprofiler som er vist på figurene



Figur 13. Saltholdighet. Lengdeprofil



Figur 14. 15. mai 2008 kl. 12. Strømmene i overflaten var rettet utover fjorden, mens det på dypere vann var en motsatt retning

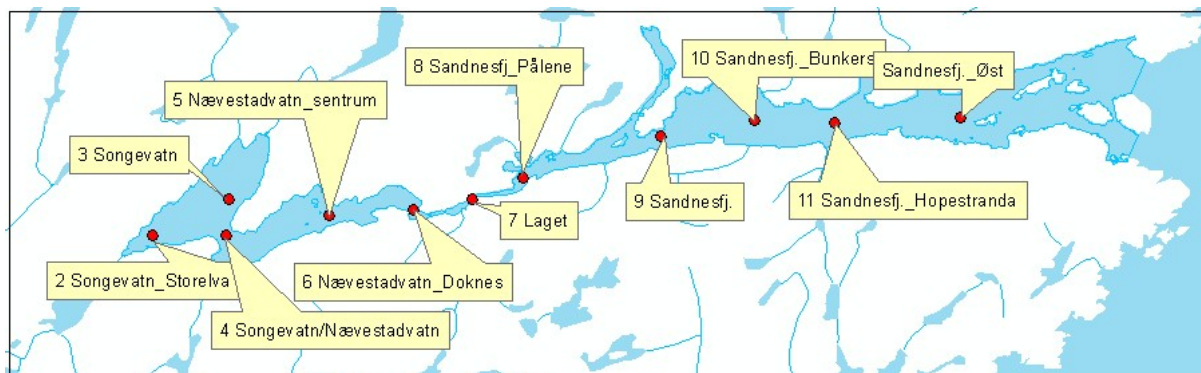


Figur 15. 15. mai 2008 kl. 12. Saltholdighetens dybdeprofiler

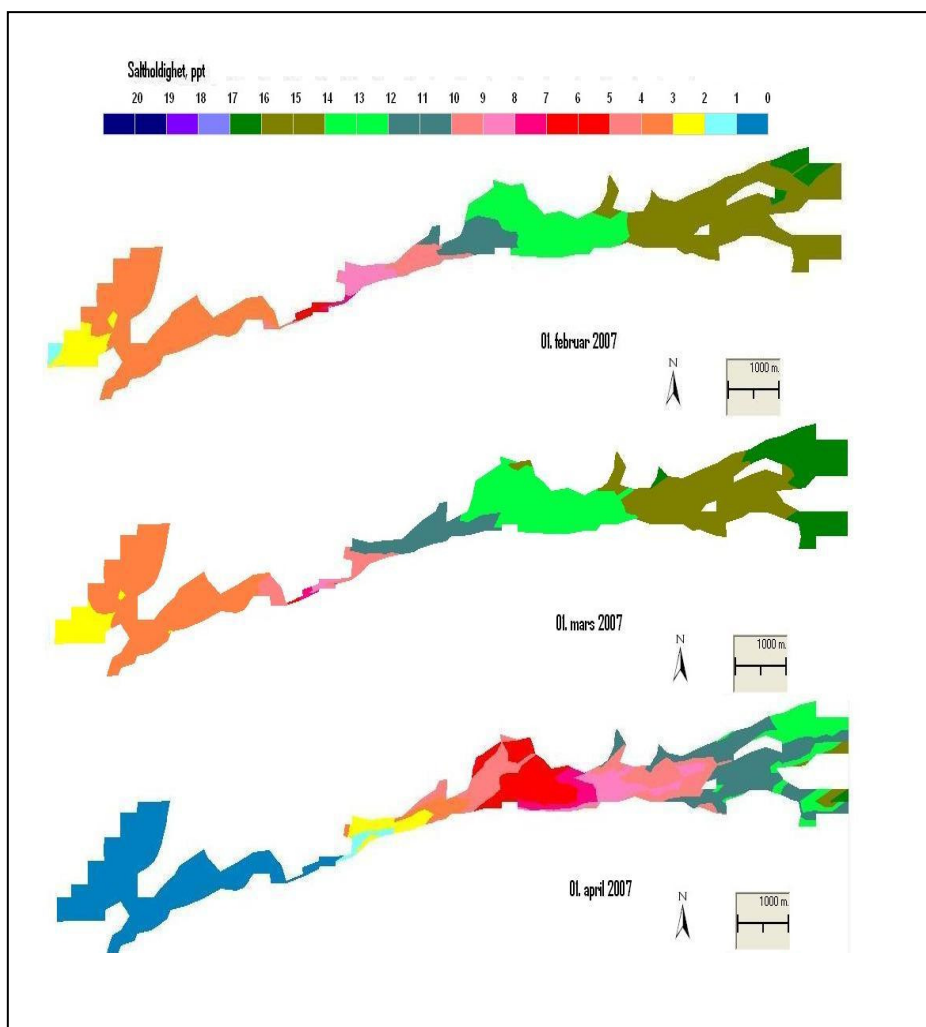
Saltholdigheten i overflaten avtok fra omkring 15 ppt ytterst i fjorden til under 5 ppt innerst i Songevantn. I perioder med stor vannføring i elvene ble konsentrasjonene under 1 ppt,

Figur 17 - Figur 20. Det var en spesiell stor konsentrasjonsgradient i Lagstrømmen.

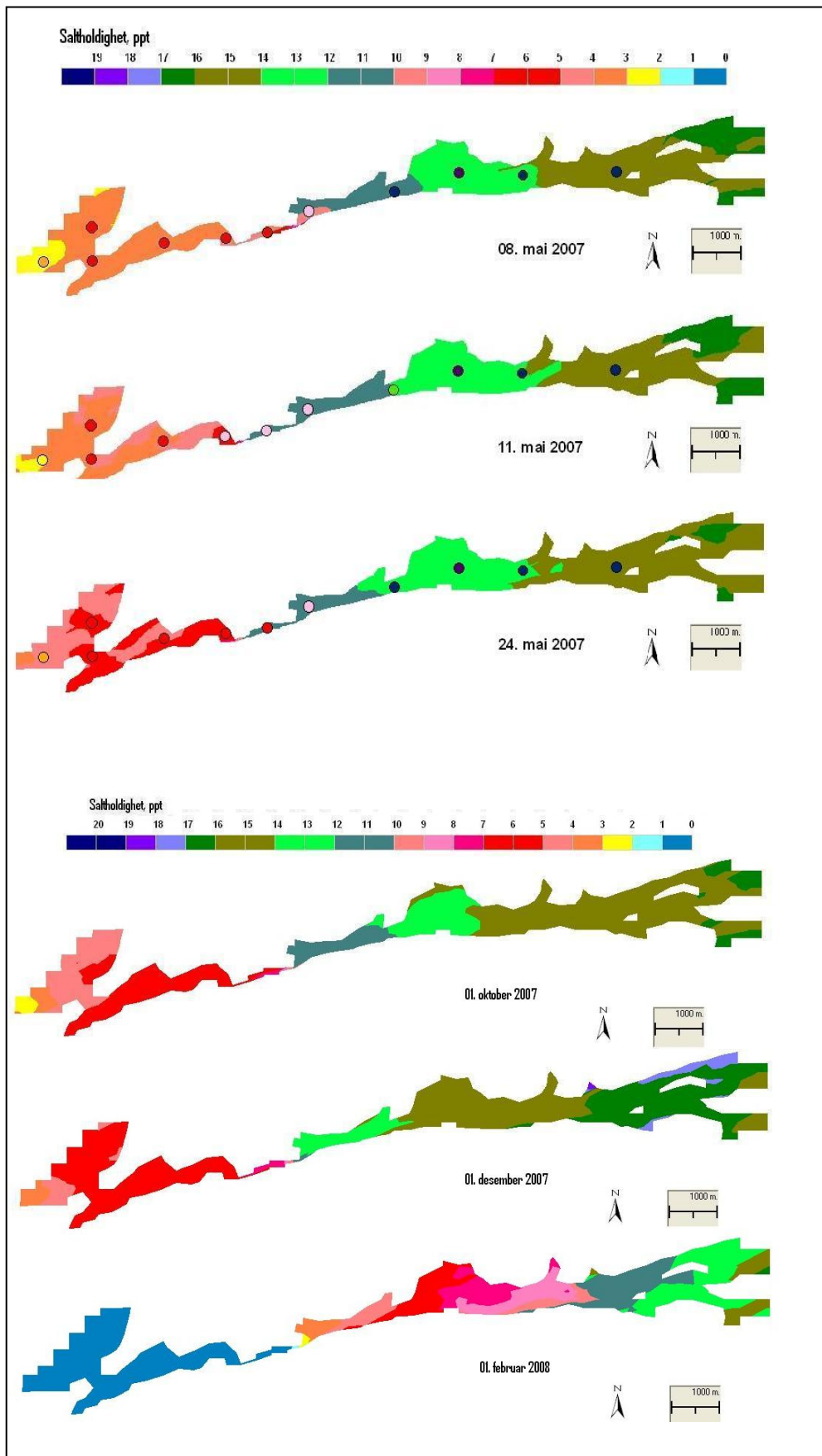
Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier på prøvetakingsdagene i 2007 og 2008. Det var sjeldent mer enn 1 ppt i forskjell. I Nævestadvannet og i Songevannet var det en tendens til at simulerte verdier var 1 ppt for høy.



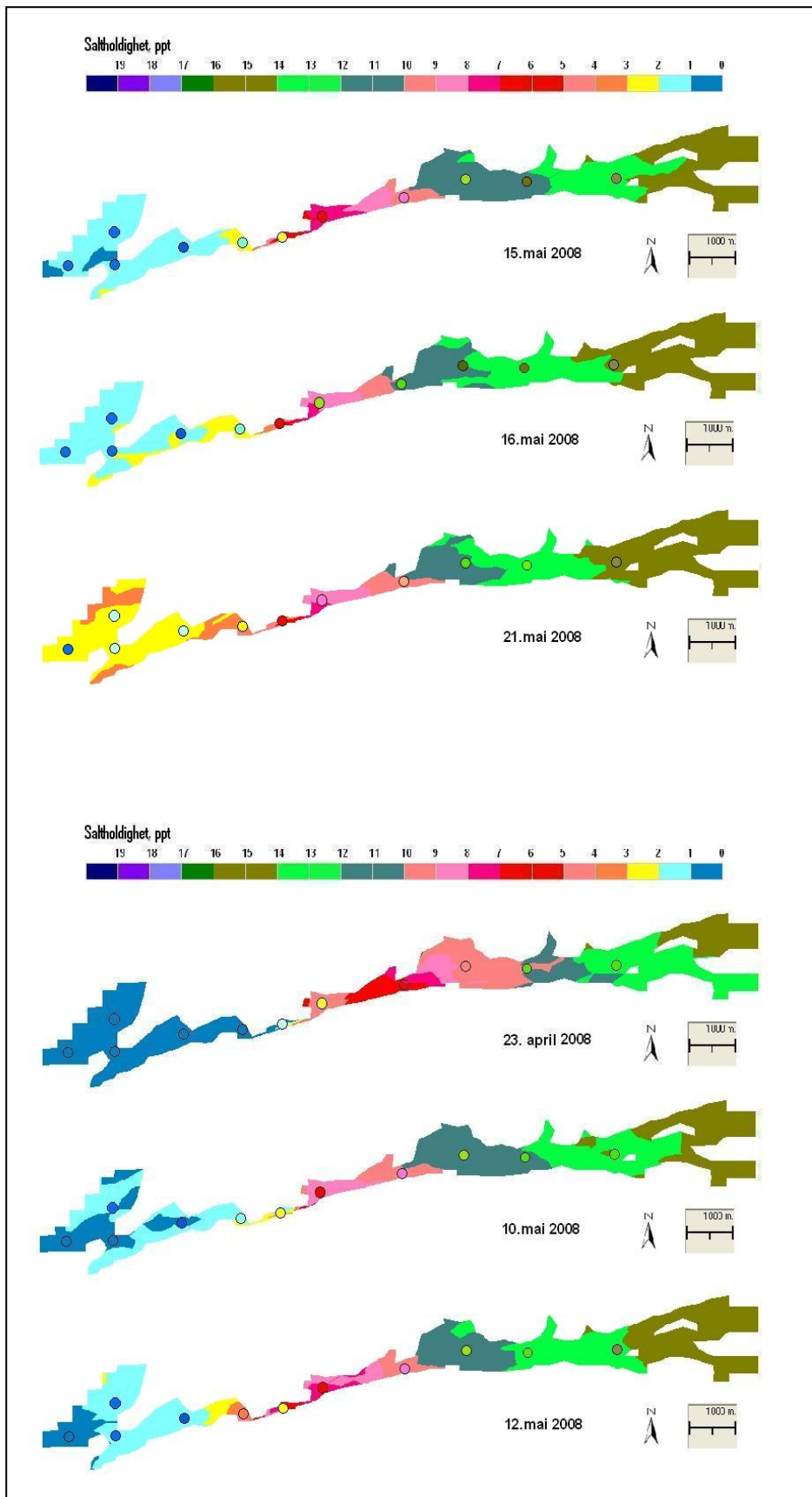
Figur 16. Stasjoner med observasjoner



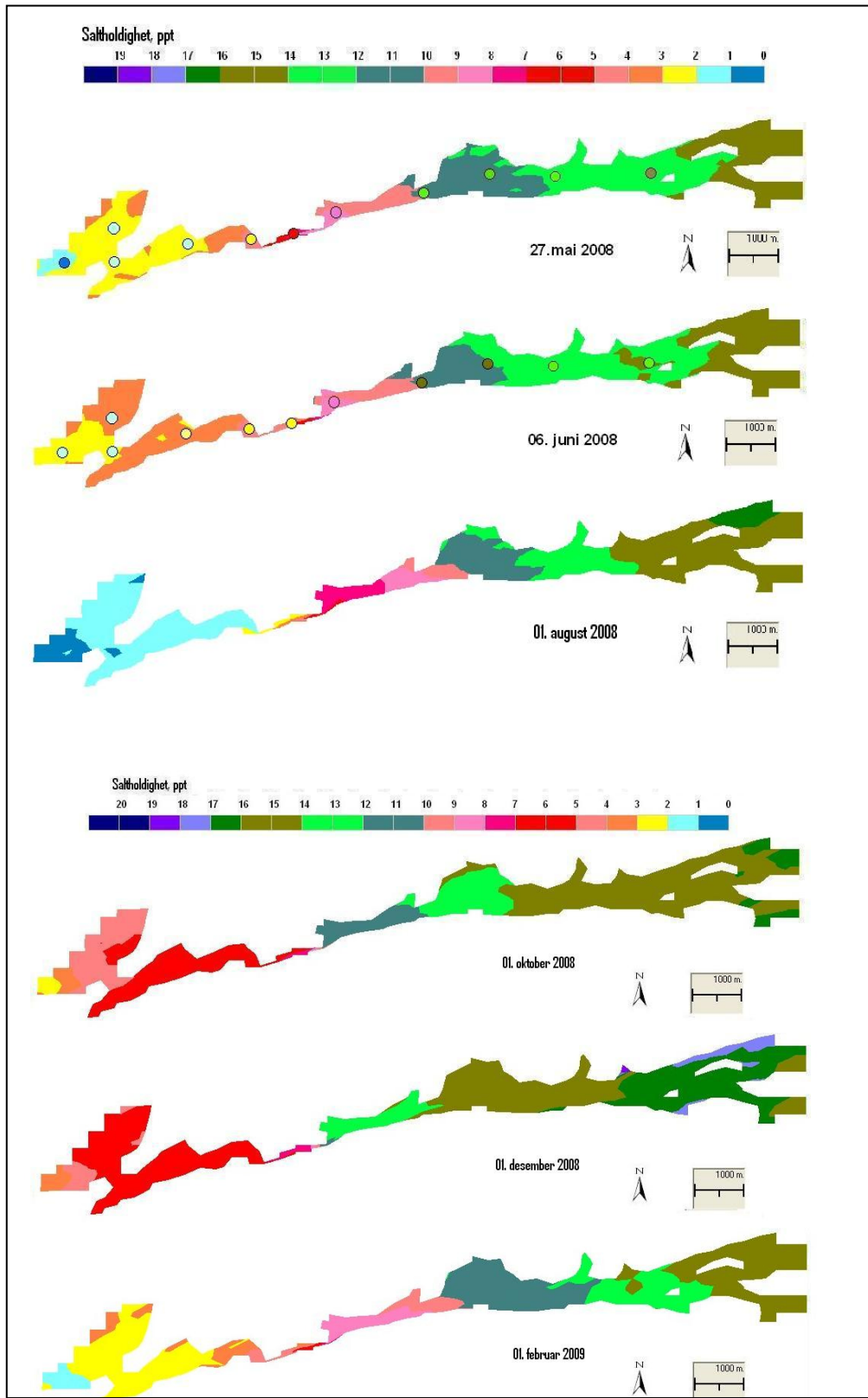
Figur 17. Simulert saltholdighet i overflaten



Figur 18. Simulert og observert (punkter) saltholdiget i overflaten

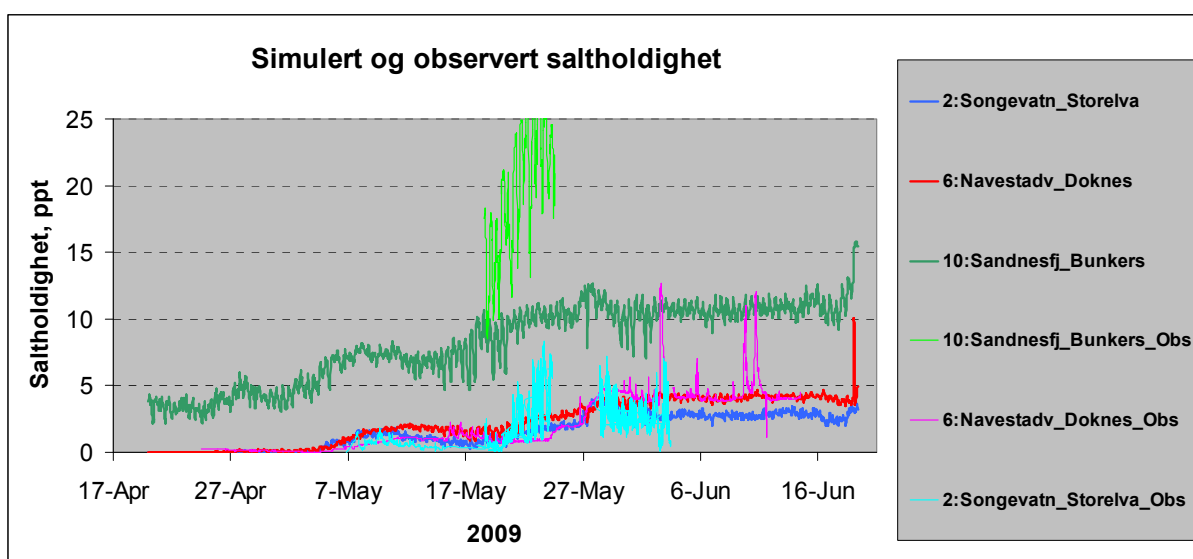


Figur 19. Simulert og observert (punkter) saltholdiget i overflaten

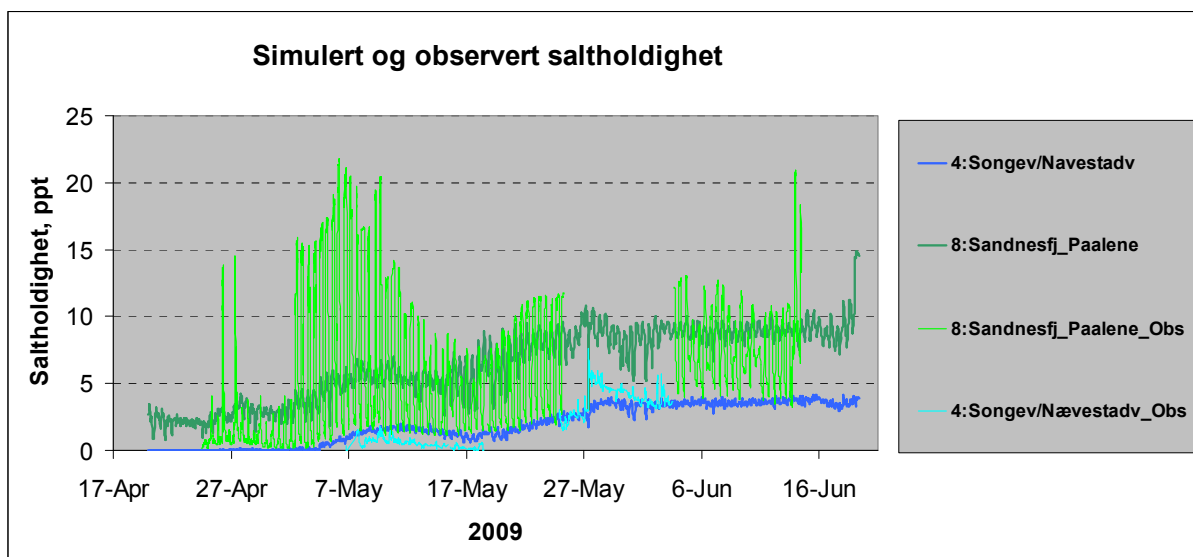


Figur 20. Simulert og observert (punkter) saltholdiget i overflaten

I 2009 ble det registrert kontinuerlig saltholdighet i ulike deler av fjorden. Det var godt samsvar mellom simulerte og observerte verdier, **Figur 21** og **Figur 22**. Vi merker oss at det var større variasjoner i observert saltholdighet enn simulert. Dette skyldtes at vi som input i modellen måtte benytte midlere verdier på det innstrømmende vannet ytterst i fjorden. Vi gikk dermed glipp av kortvarige konsentrasjonsendringer slik det går fram av registreringene våren 2009. Variasjonene avtok betydelig innenfor Laget. Dette variasjonsmønsteret gir en indikasjon på hvor representative verdier av enkeltstående prøver er. Simulerte verdier på observasjonsdagene utenfor Laget lå godt innenfor normalt variasjonsbredde av observerte verdier. I Songevatn var simulerte verdier ca. 1 ppt for lav i mai. I resten av observasjonsperioden var det simulerte verdier meget lik observerte middelverdier.



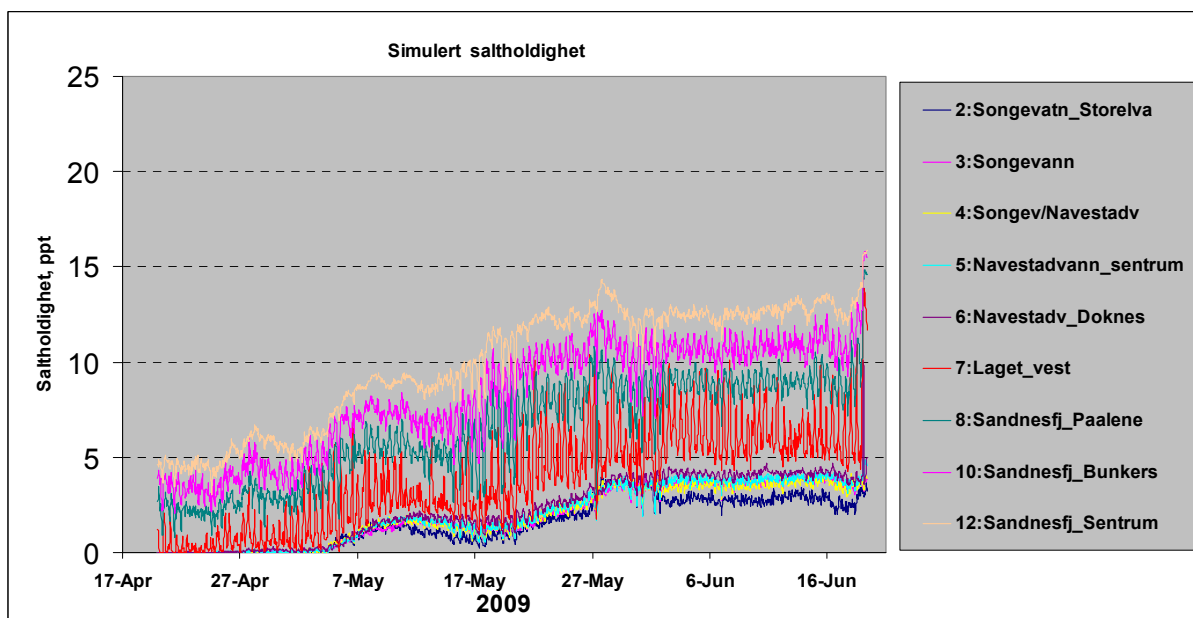
Figur 21. Simulert og observert saltholdighet 2009 i overflaten, tidsserie



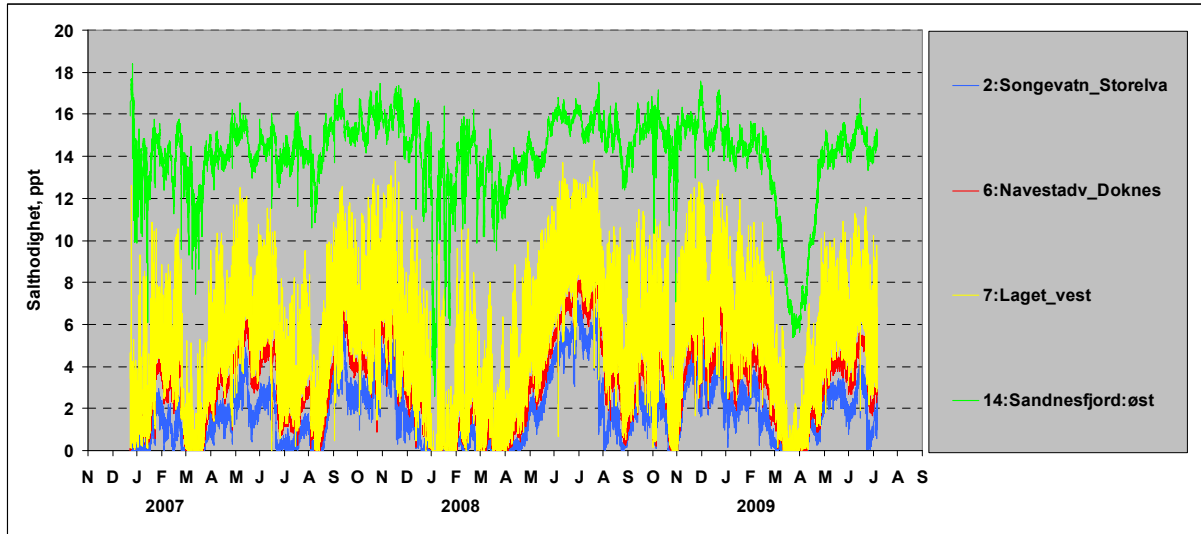
Figur 22. Simulert og observert saltholdiget 2009 i overflaten, tidsserier

De simulerte verdiene hadde størst variasjon i Lagstrømmen, noe som skyldtes vekslende sterk påvirkning av saltvann og ferskvann ved inn- og utgående tidevannstrøm, **Figur 23** og **Figur 24**.

I Songavann og helt ut til Laget ble simulerte saltholdighet i overflaten nær null i enkelte perioder, **Figur 24**. Disse periodene samsvarer med perioder med høye store elvtilførsler, **Figur 10**.

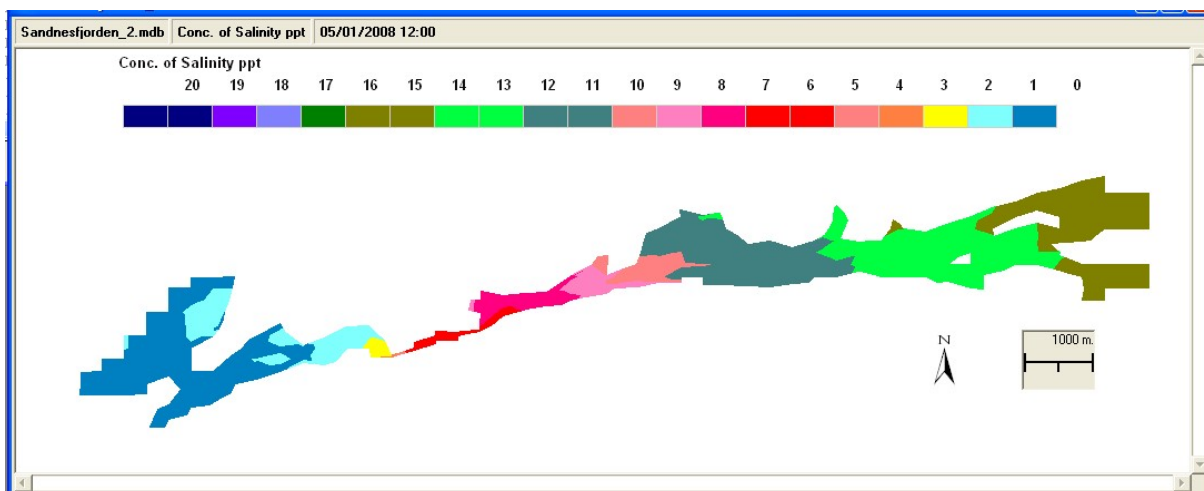


Figur 23. Simulert saltholdiget 2009 i overflaten, tidsserie

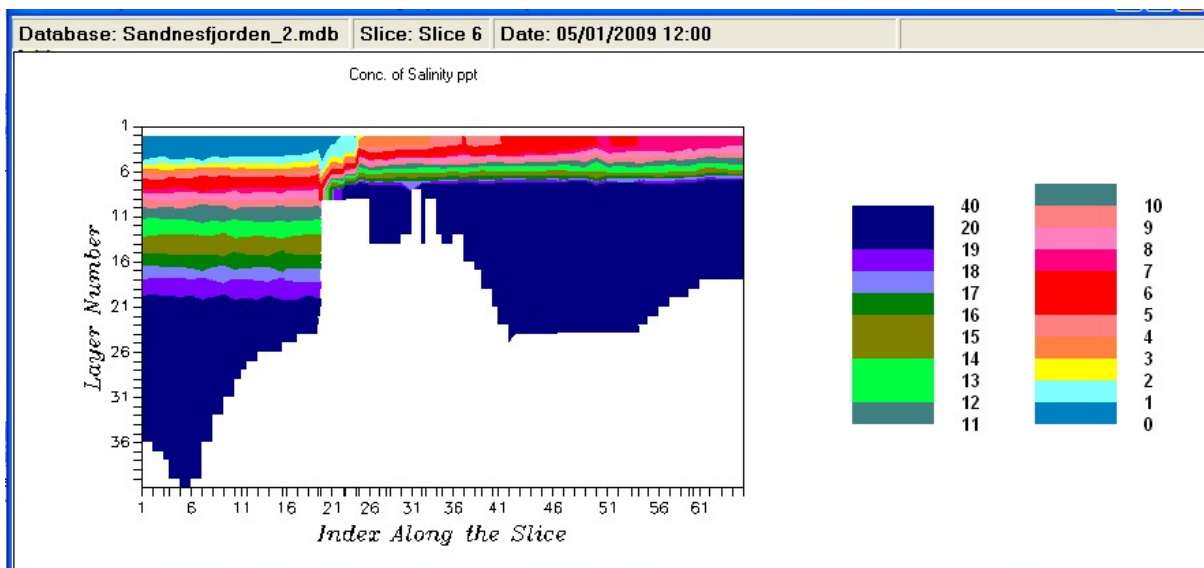


Figur 24. Simulert saltholdiget 2009 i overflaten, tidsserie

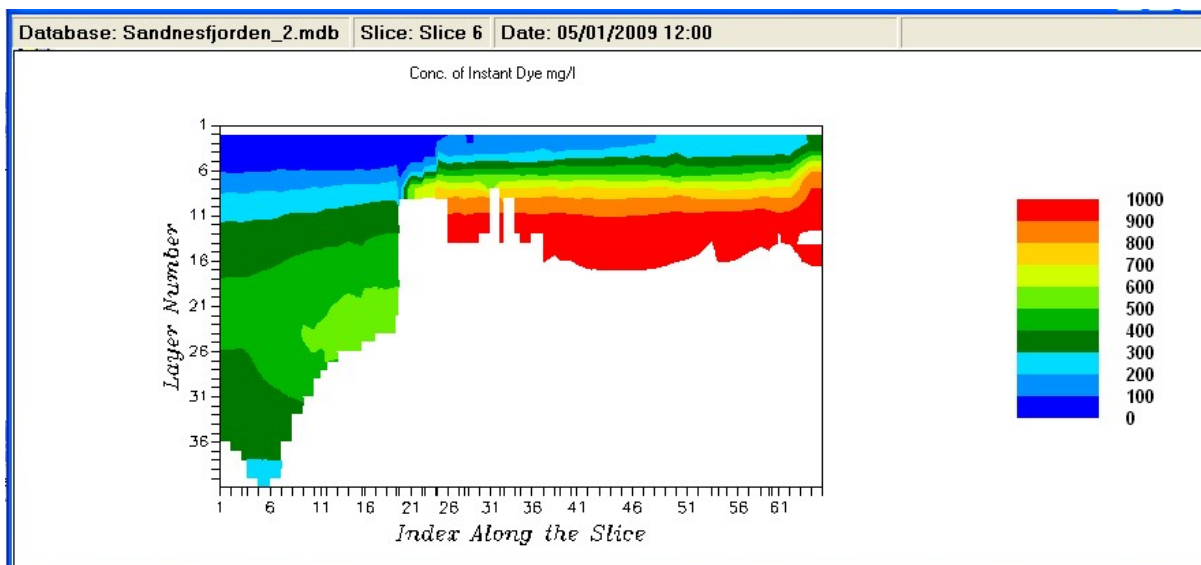
Saltholdigheten, særlig i overflaten, var avhengig av ferskvannstilførslene. Etter en periode på to måneder med høye ferskvannstilførsler ble saltholdigheten i overflaten nær under 1 ppt i Songevatn og Nævestadvatn, **Figur 25** og **Figur 26**. Sjøvannet som trengte inn via den ytre enden av fjorden ble i simuleringsperioden fra 1.1.2007 merket som et konservativt stoff. Tilført sjøvann var dominerende utenfor Laget. Innefor Laget ble opp til halvparten av vannet byttet ut med sjøvann, **Figur 27**. Tilsvarende viser **Figur 28** hvordan vann fra Storelva påvirker fjorden. Nær utløpet av Storelva besto over 90 % av vannet av vann fra Storelva i de øverste 5 meterene. Denne andelen avtok utover Sandnesfjorden. Ytterst besto over 40 % av fjordvannet av vann tilført via Storelva. Andel vann fra Storelva ble raskt redusert med økende dyp.



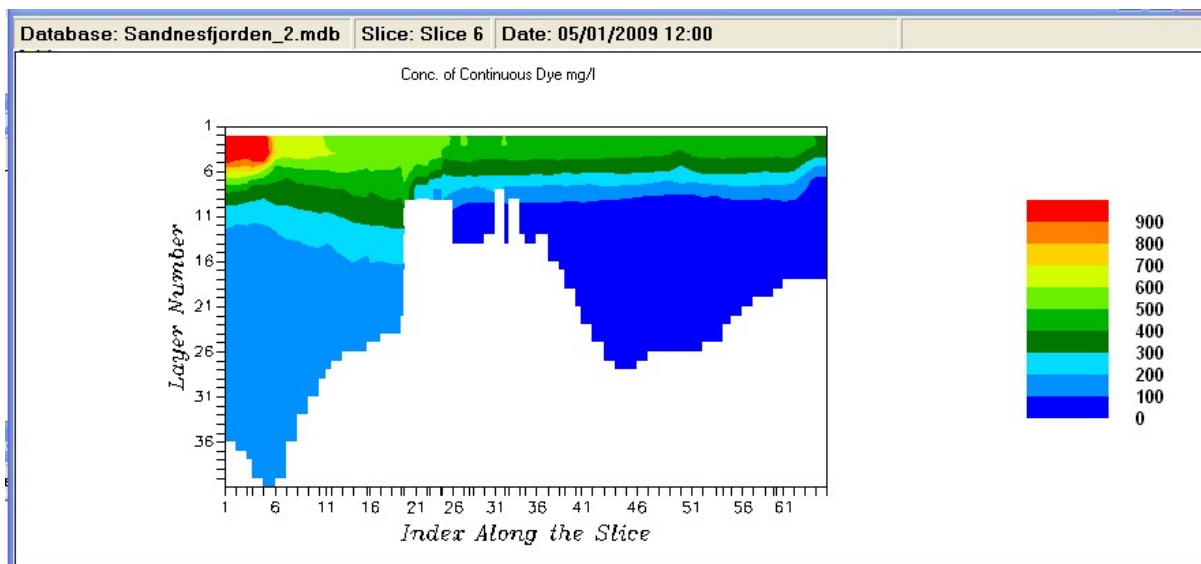
Figur 25. 1.mai 2008. Saltholdighet i overflaten etter en periode med store ferskvannstilførsler



Figur 26. 1.mai 2008. Lengdeprofil. Saltholdighet etter en periode med store ferskvannstilførsler

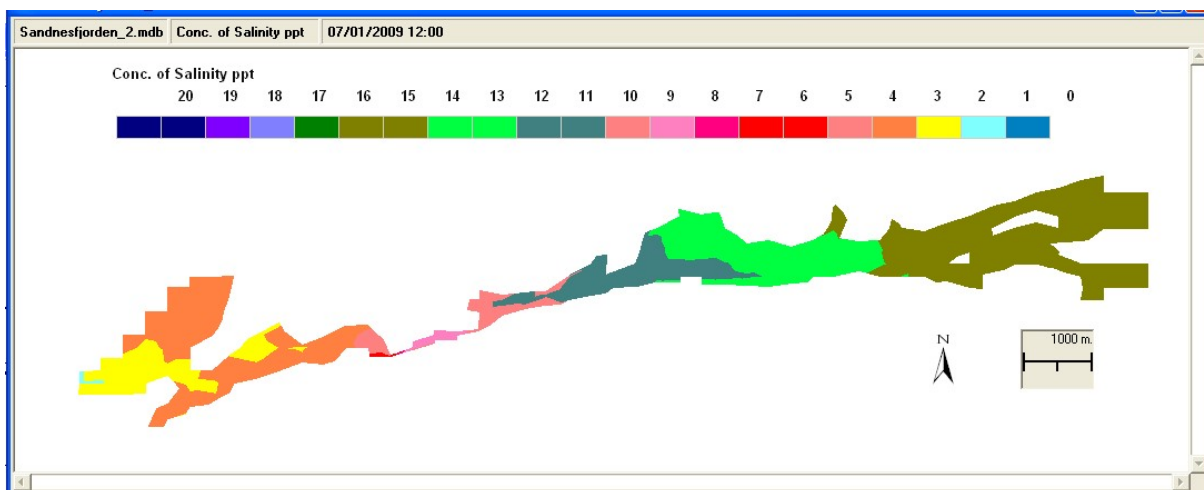


Figur 27. 1.mai 2008. Lengdeprofil. Andel sjøvann (ppt) etter en periode med store ferskvannstilførsler. (Andelen lik 0 ved simuleringsperiodens start 1.1.2007)

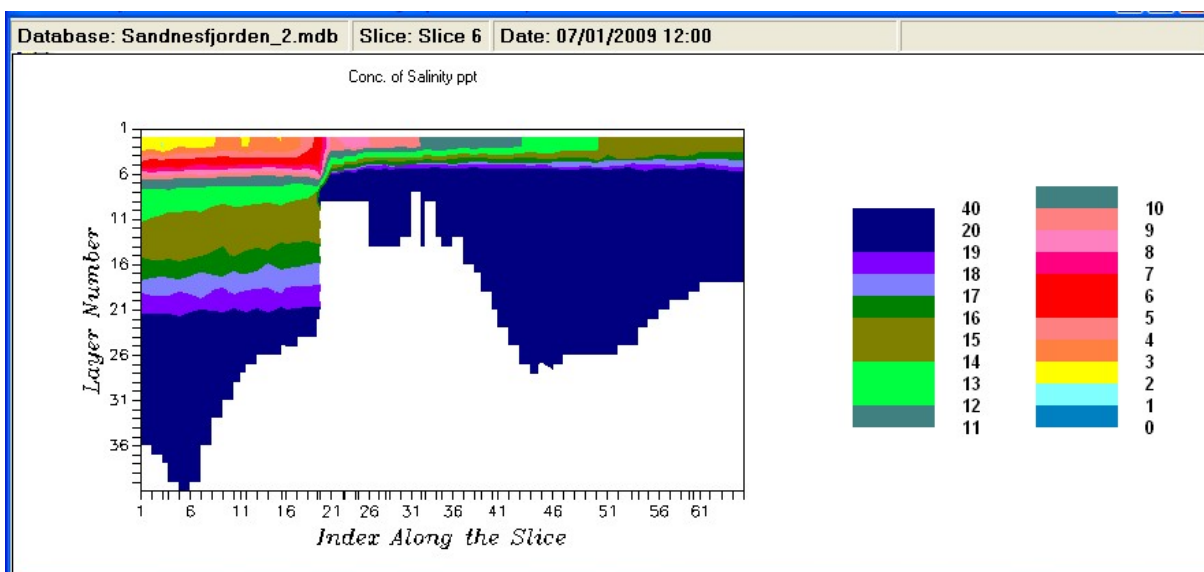


Figur 28. 1.mai 2008. Lengdeprofil. Andel vann (ppt) fra Storelva etter en periode med store ferskvannstilførsler. (Andelen lik 0 ved simuleringsperiodens start 1.1.2007)

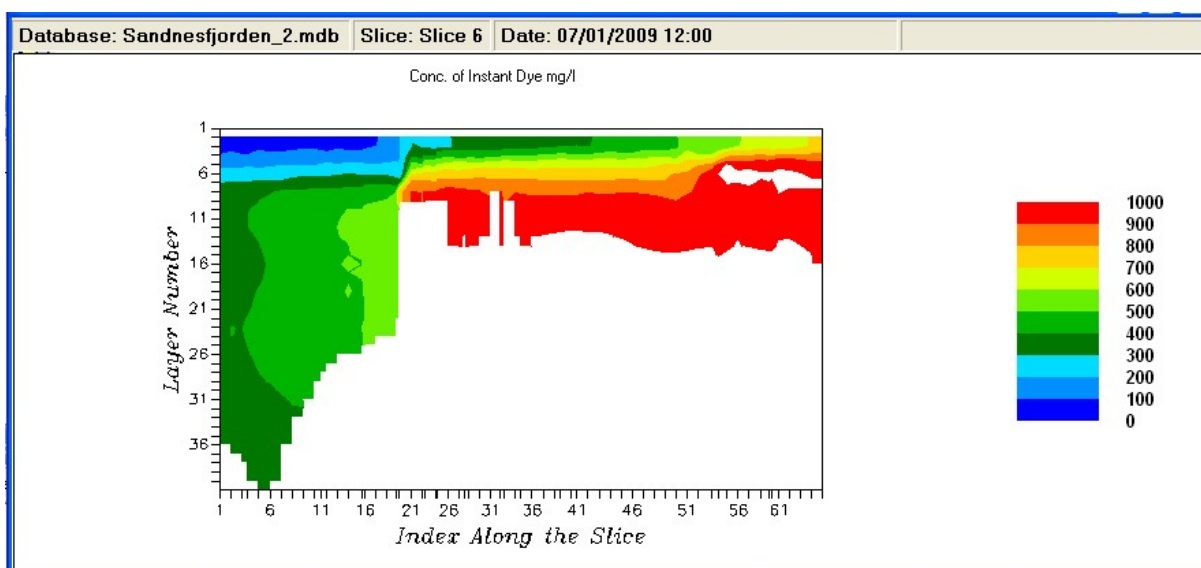
Etter en periode på to måneder med lave ferskvannstilførsler ble påvirkningen av vann fra Storelva betydelig redusert i forhold til i eksempelet foran der vannføringene var høye. Saltholdigheten i Songevatn og Nævestadvatn økte til mellom 2 og 5 ppt i overflaten, **Figur 29 - Figur 30**. Andelen vann fra Storelva avtok utover Sandnesfjorden til under 10 % ytterst, **Figur 31 og Figur 32**.



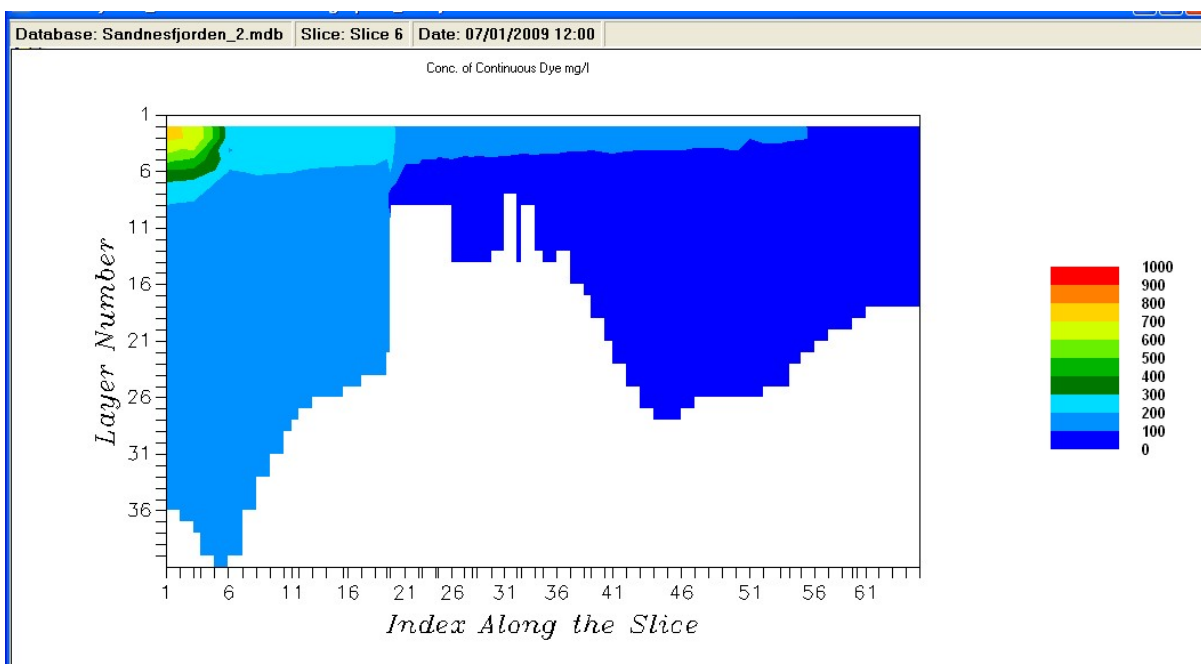
Figur 29. 1.juli 2009. Overflate. Saltholdighet etter en periode med små ferskvannstilførsler



Figur 30. 1.juli 2009. Lengdeprofil. Saltholdighet etter en periode med små ferskvannstilførsler



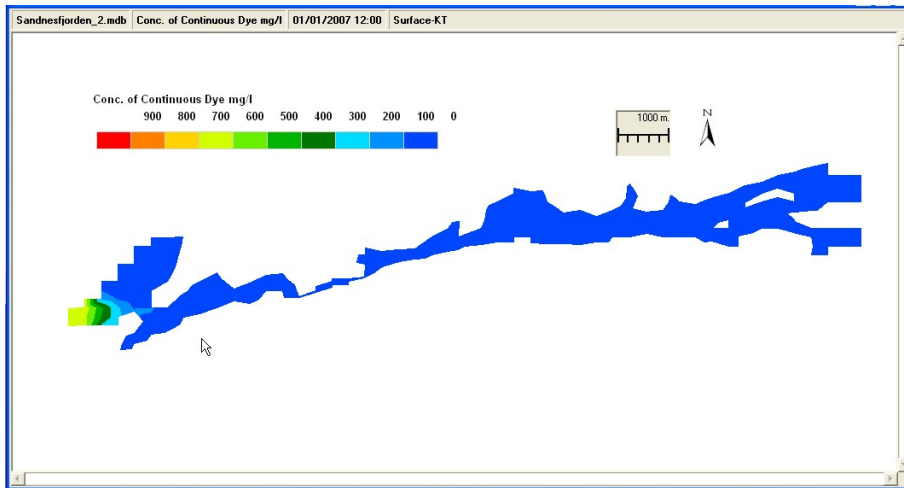
Figur 31. 1.juli 2009. Lengdeprofil. Andel sjøvann (ppt) etter en periode med små ferskvannstilførsler. (Andelen lik 0 ved simuleringsperiodens start 1.1.2007)



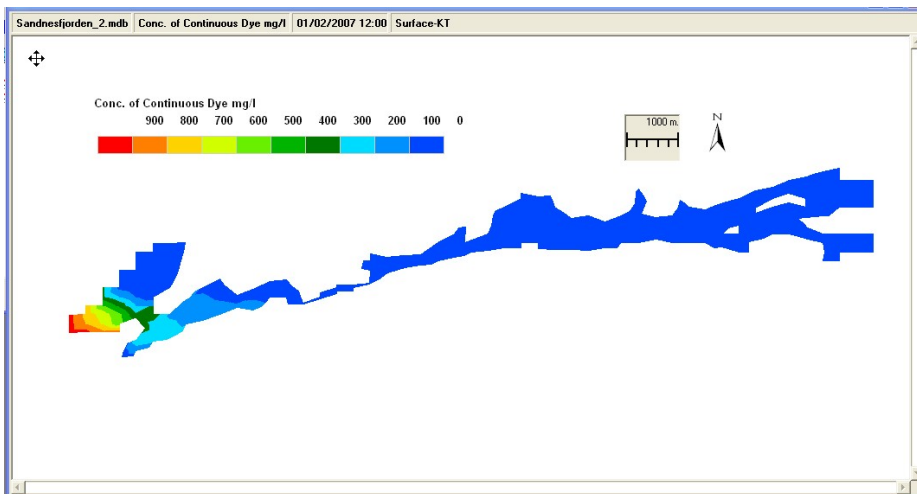
Figur 32. 1.juli 2009. Lengdeprofil. Andel vann (ppt) fra Storelva etter en periode med små ferskvannstilførsler. (Andelen lik 0 ved simuleringsperiodens start 1.1.2007)

2.3 Hvor lang tid bruker vannet fra Songevatn til Lagstrømmen

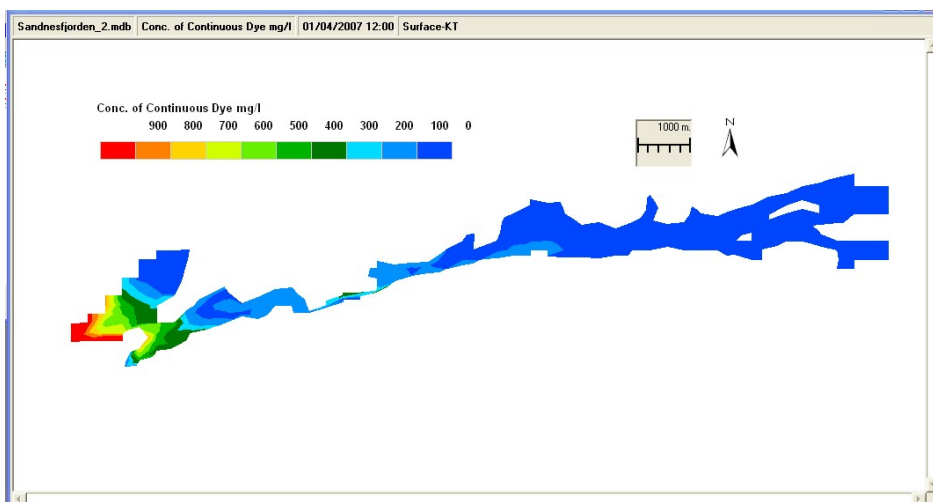
Vi laget et scenarium hvor det ble dosert et konservativt stoff i Storelva. Vannføringen var ca. $25 \text{ m}^3/\text{s}$. Konsentrasjoner over 200 mg/l , dvs. $1/5$ av utgangskonsentrasjonen, fant sted i Lagstrømmen etter 3-4 dager. I løpet av en uke økte denne konsentrasjonen til over 400 mg/l . Ved lengre varighet holdt konsentrasjonene seg omkring dette nivået. Kortvarige forskjeller skyldtes endringer i strømforholdene som følge av tidevann og vind, **Figur 33** og **Figur 34**.



1 dag

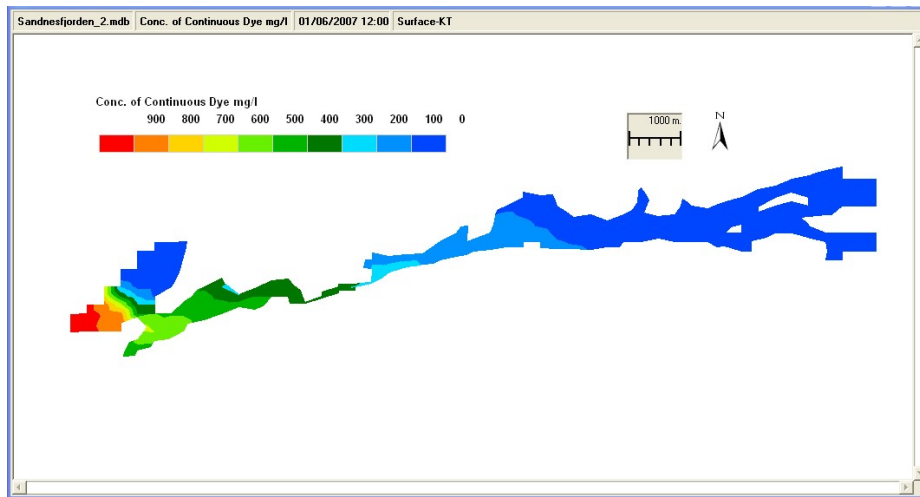


2 dager

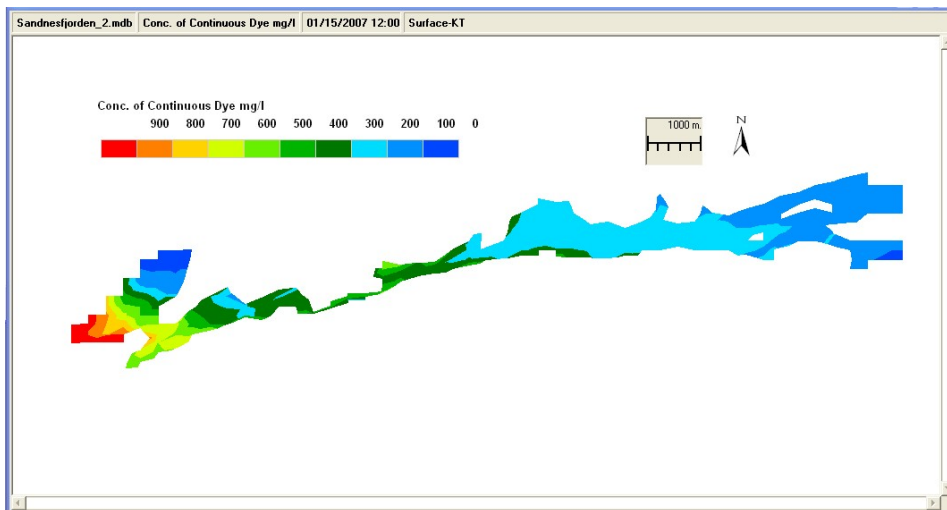


4 dager

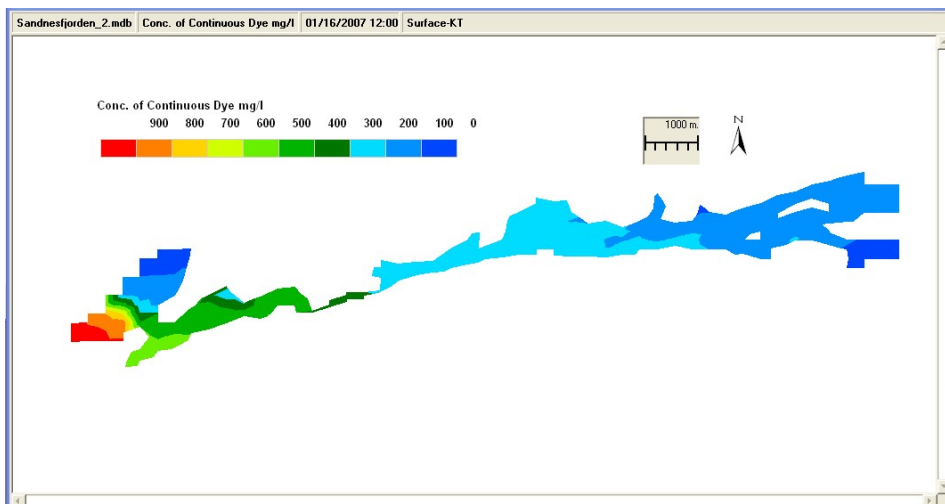
Figur 33. Konstant vannføring 25 m³/s av et konservativt stoff med konsentrasjon 1000 mg/l. Konsentrasjoner etter dosering i 6, 15 og 16 dager



6 dager



15 dager



16 dager

Figur 34. Konstant vannføring 25 m³/s av et konservativt stoff med konsentrasjon 1000 mg/l. Konsentrasjoner etter dosering i 6, 15 og 16 dager

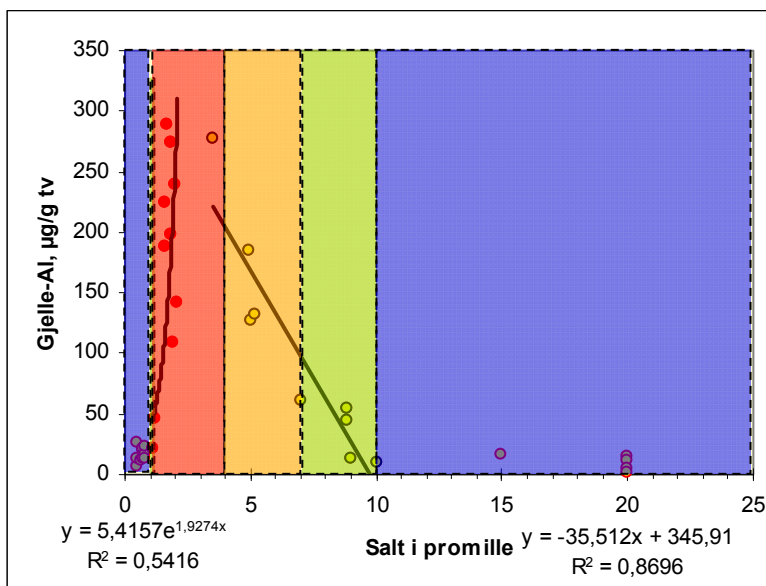
2.4 Fra simulering av salt til akkumulering av aluminium

Det er påvist en empirisk sammenheng mellom tilførsel av aluminium og endringer i saltnivå og endringer i gjellereaktivitet til aluminium. Denne kan illustreres med sammenheng mellom salt og gjelle-Al i 2009, **Figur 35**. Mens det var en rask mobilisering av gjelle-reaktivt Al når saltnivået passerte 1 promille, observeres det et mer gradvis avtak når saltnivået passerte 4 promille, hvor akkumuleringen synes fraværende når saltnivået var >10 promille. Sammenhengen mellom gjelle-reaktivitet til Al og salt synes ikke betinget av vannalder når man utelukker kinetikk knyttet til det "øyeblikket" ferskvann innblandes med saltvann. Mens dette øyeblikket har varighet på minutter bruker vann fra Songevatn til Lagstrømmen mange dager til uker avhengig av bl.a. vannføring og tilførsel av saltvann.

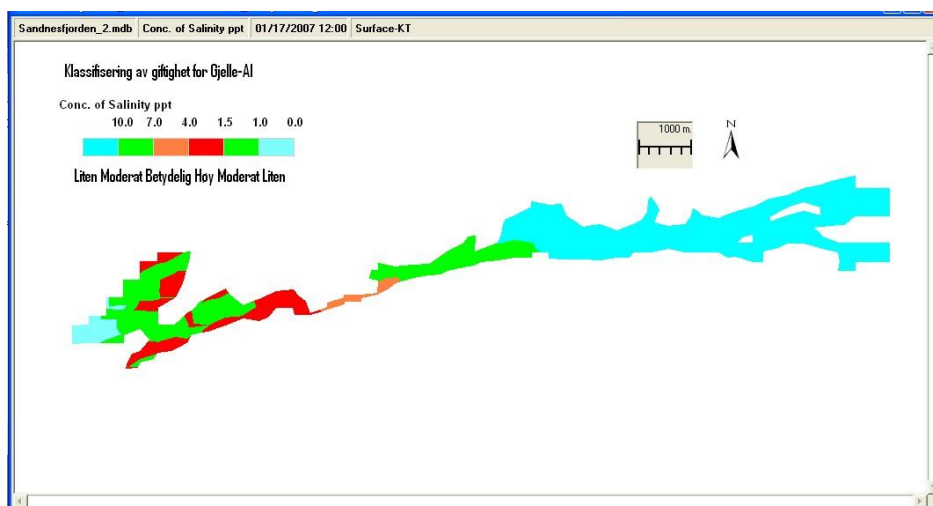
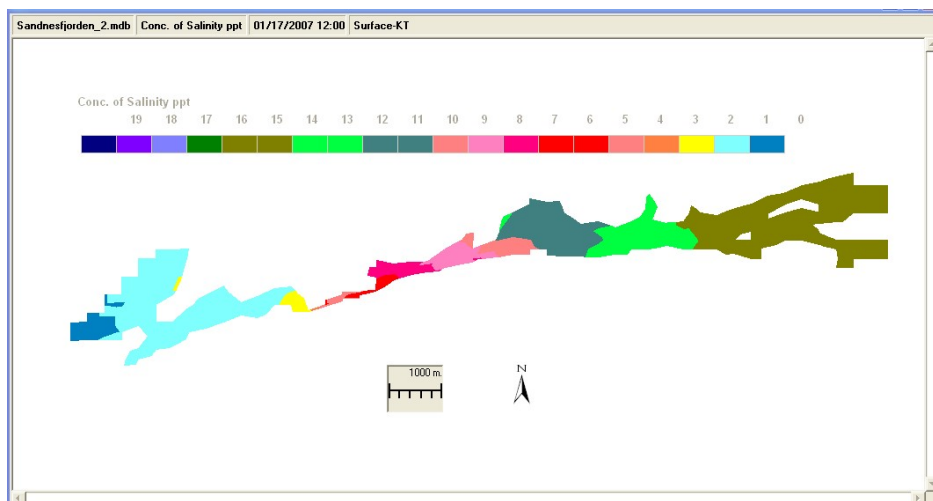
Når det er en kopling mellom endringer i salt og endringer i gjelle-Al og når akkumulering ikke endres over tid kan endringer i salt omgjøres til endringer i akkumulering av Al på gjeller som igjen kan benyttes til å angi endringer i giftighet. Simuleringene av saltholdighet i perioden 2007-2009 gir dermed også informasjon om giftighet. Studie av video med daglige utskrifter gir oversiktlig informasjon om endringer av denne tilstanden. Eksempel på dette er vist i **Figur 36**.

Saltnivåene:

- <1 promille; gjelle Al normalt <25 µg Al/g gjelle tv. Klassetilstand ingen til ubetydelig akkumulering
- 1-1,5 promille; gjelle-Al konsentrasjon raskt økende Klassetilstand moderat akkumulering
- 1,5-4 promille; Klassetilstand høy akkumulering
- 4-7 promille; Klassetilstand betydelig akkumulering
- 7-10 promille; Klassetilstand moderat akkumulering



Figur 35. Sammenhenger mellom salt og gjelle-Al områdene fra Songevatn til Sandnesfjorden i 2009. Når saltnivået passerer ca 1 promille økes gjelle-Al konsentrasjonen eksponensielt. Når saltnivået passerte ca 4 promille avtok nivået gradvis. Relasjoner er vist i figuren.



Figur 36. Begge figurene viser saltholdighet på samme tidspunkt. Den øverste figuren er fargekoden gitt på vanlig måte for stigende verdier. I den nederste figuren er ulike saltholdighet gitt fargekode etter antatt giftighet med hensyn til Gjelle-Al.

2.5 Konklusjon

Vi mener at simuleringene viste tilstrekkelig godt samsvar med observerte verdier med hensyn til saltholdighet til at resultatene kunne nyttes som inngangsdata til videre modellering av smoltutvandring, samt som modell som sikrer at eventuelle tiltak igangsettes til rett tid slik at tiltaker virker på rett sted før smolten ankommer området og påvirkes.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • NO-0349 Oslo, Norway
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no