

# Påvirkes laksesmolt av aluminium i brakkvann? Telemtriundersøkelser Storelva i Holt, Aust-Agder, 2008





**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 <b>Påvirkes laksesmolt av aluminium i brakkvann? Telemtriundersøkelser Storelva i Holt, Aust-Agder, 2008</b>	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	6246	15. nov 2011
Forfatter(e) F. Kroglund, R. Høgberget, T. Haraldstad F. Økland, E. Thorstad (NINA) H.C. Teien, B.O. Rosseland, B. Salbu (UMB) T.O. Nilsen, S. Stefansson (Universitetet i Bergen) J. Guttrup (Tvedestrand kommune)	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-29446	69
Fagområde Sur nedbør	Geografisk område	Distribusjon
	AAG	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning (DN)	Oppdragsreferanse 05040029-6
--	---------------------------------

**Sammendrag**

Fangsten av laks i Storelva i Holt er lavere enn forventet. Flere hypoteser er forkastet. De senere årene har fokus vært på: *vil aluminium i brakkvann kunne hemme smoltens utvandring fra elv til hav?* I 2007 og 2008 er smoltvandringsundersøkelser gjennomført i fjordsystemet utenfor Storelva i Holt. Vandringsatferd er her knyttet opp mot tilførsel av aluminium fra elv til sjøvann, mobilisering av "giftige" Al-former i brakkvann og akkumulering av Al på gjeller til fisk eksponert i bur. Resultatene er deretter knyttet opp mot den variasjon i vandringsatferd som påvises innen og mellom år. Begge årene var det sterke tendenser til at smolt som opplevde aluminium i svakt brakkvann fikk en endret vandringsatferd. Aluminium i brakkvann kan således være årsaken til redusert overlevelse fra smolt til voksen laks.

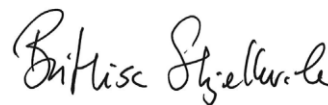
Fire norske emneord 1. Aluminium 2. Laks 3. Estuarier 4. Telemetri	Fire engelske emneord 1. Aluminum 2. Atlantic salmon 3. Estuaries 4. Telemetry
--	--



*Frode Kroglund*  
Prosjektleder



*Øyvind Kaste*  
Forskningsleder



*Brit Lisa Skjelkvåle*  
Forskningsdirektør

# **Påvirkes laksesmolt av aluminium i brakkvann?**

**Telemetriundersøkelser Storelva i Holt, Aust-Agder, 2008**

## Forord

Aluminium i brakkvann har tidligere vist seg å kunne forårsake dødelighet i oppdrettsanlegg. Økt dødelighet inntreffer når det påvises økt akkumulering av aluminium på fiskens gjeller. Ettersom oppdrettsfisk påvirkes, kan det ikke utelukkes at også smolt under utvandring påvirkes. Dette kunne være en av årsakene til utvikling i laksefisket i enkelte kalka elver, deriblant Storelva i Holt, er ”dårligere enn forventet”.

Direktoratet for naturforvaltning og Fylkesmannen i Aust Agder har i 2003, 2005, 2006, 2007 og 2008 støttet forskning på dette problemfeltet. Forsøkene som presenteres her er utført i Storelva i Holt og utenforliggende estuarier. Prosjektet er utført som et samarbeidsprosjekt mellom NIVA, NINA, UMB og Universitetet i Bergen.

Finn Økland har stått ansvarlig for telemetriprosjektet, Hans C. Teien for Al fraksjonering og gjelle-metall analyser, mens T.O. Nilsen og S. Stefansson har stått ansvarlig for gjelle- $\text{Na}^+\text{K}^+$ ATPase analyser. Jim Güttrup har driftet smoltfella og ellers koordinert mye av aktiviteten knyttet til de ulike deloppgavene. Frode Kroglund har koordinert alle delene av prosjektet.

Vi vil takke DN v/Roy Langåker for tilskudd til prosjektet. Selv om ikke alle spørsmål er besvart, kan vi fortsatt ikke utelukke at aluminium i brakkvann påvirker smoltens vandring.

Grimstad, nov 2011

*Frode Kroglund*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
<b>2. Materialet</b>	<b>11</b>
2.1 Lokalitetene	11
2.2 Teoretiske oppholdstider i innsjøer og Songevatn/Nævestadfjorden	15
2.3 Historisk vannkjemi og hydrologidata fra Storelva, 1999-2008	16
2.3.1 DN-vannkemikontroll (1999-2008)	16
2.3.2 Doseringskontroll (vannføring, pH og temperatur; 2003-2008)	16
2.3.3 Ny vannstandsmålestasjon (NVE)	16
2.3.4 Vannkjemi – overvåkingsdata (1999 til 2008)	17
2.4 Metode; vannkjemi og in situ fraksjonerings i ferskvann	18
2.5 STD målinger	19
2.6 Fisk	19
2.6.1 Fangst og forsøksmaterialet; smoltfella	19
2.6.2 Fiskematerialet	19
2.6.3 Slepekasse	20
2.6.4 Eksponeringsbur	21
2.7 El-fiske	22
2.8 Artsbestemmelse	22
2.8.1 Prøvetaking av blod og gjeller	22
2.9 Akkumulerings- og elimineringsrater; gjelle-metall	22
2.10 Lakselusovervåking	22
2.11 Radiomerking	22
2.11.1 Fangst og akustisk merking av laksesmolt	22
2.11.2 Registrering av merket smolt og bearbeiding av data	23
2.12 Rekkeviddetester	24
<b>3. Resultat - smoltfella</b>	<b>25</b>
3.1 Smoltutvandring i 2008 i relasjon til tidligere år	25
3.1.1 Størrelse til utvandrende laks og ørret	27
<b>4. Resultat - ferskvann</b>	<b>28</b>
4.1 Vannstand og vannføringsmålinger	28
4.1.1 Økning i vannføring fra Hauglandsfossen til Storelvas utløp	28
4.1.2 Vannføring beregnet for Storelvas utløp	28
4.2 Vanntemperatur; Hauglandsfossen	29
4.3 pH; Nes Verk og Hauglandsfossen	30
4.4 Generell ferskvannkjemi v/Nes Verk i 2008 i forhold til tidligere år	32
4.4.1 pH, Ca og ANC	32
4.4.2 TOC	33
4.4.3 Aluminium; overvåkingsdata	34
4.5 Storelva og Steaelva; vannkjemi i 2008	36
4.5.1 Tilførsel av Al til Songevatn våren 2007 og 2008	39
4.5.2 Konklusjon; vannkjemi i ferskvann	39

4.6 Fisk, gjelle-Al, Fe i ferskvann	40
4.6.1 Smoltfella og elv	40
4.6.2 Konklusjon; fisk i ferskvann	40
<b>5. Fjord, saltinnhold og kjemi</b>	<b>41</b>
5.1 Saltnivåer	41
5.1.1 STD data; dybdeplott	41
5.1.2 CTD data; isopletter av salt på 0,5 m dyp	45
5.1.3 Kontinuerlig saltmåling ved Doknes og Lagstrømmen	47
5.1.4 STD målinger Slepet	47
5.2 Fjordkjemi	48
5.2.1 Sammenhenger mellom saltinnhold og Al	48
5.3 Gjelle-Al, -Fe verdier i brakkvann	51
<b>6. Telemetri resultat</b>	<b>59</b>
6.1 Fordeling av laksesmolt merket med akustiske sendere	59
6.2 Vandringshastigheter og oppholdstider.	60
6.3 Vandring og kjemi	61
6.4 Diskusjon av vandring	66
6.4.1 Konklusjoner	67
<b>7. Referanser</b>	<b>68</b>
<b>Vedlegg A. Rapporter fra prosjektet</b>	<b>69</b>
<b>Vedlegg B. Fraksjoneringsmetoder <i>in situ</i> – Al</b>	<b>70</b>
<b>Vedlegg C. Stasjonskoder fiskebur i 2007</b>	<b>71</b>
<b>Vedlegg D. Aktivitetsliste</b>	<b>72</b>
<b>Vedlegg E. Lakselus</b>	<b>73</b>

---

## Sammendrag

Det ble i 2008 som i tidligere år fanget store mengder smolt i fella ved utløpet av Lundevatn. Hovedutvandringen var fra slutten av april til midten av mai. Feltforsøkene og dokumentasjon startet 1. uke av mai og ble således utført i en periode hvor smolten fra vassdraget var under vandring. Smolten i 2008 ble etter fangst i fella slept ut fjorden til Sandnes Camping.

Som i tidligere år ble det i 2008 observert økt akkumulering av aluminium (Al) på fiskegjeller fra smolt eksponert i bur på ulike stasjoner i Songevatn – Sandnesfjorden. Konsentrasjon på gjellene var relatert til saltnivå. Det var også tendenser til høyere konsentrasjoner i bur plassert på 1 m dyp enn i bur på 0,3 m dyp. Kalking av Storelva hindrer derfor ikke mobilisering av Al og økt konsentrasjon av gjellereaktivt Al i Sandnesfjorden. Mobilisering og fortykning av Al er avhengig av mengde saltvann som blandes inn. Konsentrasjon av Al på gjellene i fjordsystemet er derfor relatert til saltnivå.

Aluminium akkumuleres raskt på gjellene til fisk. Raskt i denne sammenheng innebærer en betydelig akkumulering i løpet av 6 timer. En form for likevekt mot kjemi ble oppnådd først etter ca 12 timer. Dette resultatet er i overensstemmelse med det som er sett tidligere i andre forsøk i brakkvann.

Fisk plassert i utløpet av Nævestadfjorden akkumulerte Al på gjellene til tross for at vannet var "aldret" ved et "lavt" saltnivå over lengre tid (aldring av vannet gjennom Songevatn og Nævestadfjorden) før saltnivået økte. Lang aldring av vannet ved lav salinitet motvirker således ikke mobilisering, men resultater fra Riggforsøket indikerer at konsentrasjonen av mobilisert og gjellereaktivt Al er lavere i vann etter gradvis innblanding enn ved direkte innblanding til samme salinitet. Selv om det var en betydelig Al-akkumulering på gjeller til fisk plassert i Doknes-Hopestranda 2008, er dette betydelig lavere nivåer enn hva som akkumulerte på fisk plassert i Songevatn i 2007, hvor saliniteten økte raskt til 4-8 ppt.

Økningen i gjelle-Al over tid nederst i Nævestadfjorden og Doknes fulgte samme mønster som fisk eksponert i overgangssonen mellom Songevatn/Nævestadfjorden, men akkumuleringsnivået var høyere på grunn av høyere saltnivåer. Gjelle-Al synes å øke med økende saltnivå frem til 4-6 ‰, for deretter å avta ned mot 10 ‰. Samtidig kunne det måles gjelle-Al nivåer oppunder 50 µg Al g<sup>-1</sup> tv selv om saltnivået var på 15 ‰. Inntil det er satt klare grenser for økologisk effekt i forhold til gjelle-Al i brakkvann må vi være forsiktige med å angi "trygge" områder i slike fjordsystemer. Data generert i 2007 og 2008 vil bidra til å sette slike grenser. Slik bearbeiding gjenstår å utføre.

Det ble utført telemetriundersøkelser også i 2008. Selv om Songevatn hovedsakelig hadde ferskvann i de øvre vannmasser i 2008, ble mye av smolten stående lenge i Songevatn, som i 2007. Noen fisk vandret videre og ble registrert i overgangen mot Nævestadfjorden for deretter å vandre tilbake til Songevatn. Noe i Songevatn synes å påvirke smoltvandringen negativt. I 2007 bestod Songevatn av brakkvann med betydelig konsentrasjon av gjellereaktivt Al i overflatevannet. I 2008 var konsentrasjonen av gjellereaktivt Al lav i overflatevannet. Aluminium var derfor trolig ikke årsaken til den lange oppholdstiden i Songevatn i 2008.

Mens deler av smoltpopulasjonen som ble merket vandret fra Songevatn og videre til Sandnesfjorden, vandret andre deler av populasjonen knapt i det hele tatt. Det var tendenser til at smolt som ikke vandret fra en sone til neste sone opplevde noe saltere vann enn fisken som vandret til neste sone. Denne fisken vil derfor ha fått en noe større belastning enn smolt som vandret. Smolt merket i April hadde bedre utvandring enn smolt merket i perioden 10. til 13. mai. Smolt merket i april møtte saltvannet først etter Lagstrømmen. Her vil det være kort vei til bedre vann, samt at det var betydelig bedre vann på 1 m dyp enn på 0,5 m dyp. Utover i mai ble vannet på denne stasjonen saltere og dermed mindre belastende for fisken. Smolt fra april-utsettingene som vandret raskt kan således ha

ankommet dette området og ikke nødvendigvis blitt hemmet i forhold til videre utvandring. Smolt satt ut i mai vil ha møtt saltgradienten i Nævestadfjorden. Denne saltgradienten kan være årsaken til at smolt fra andre utsetting hovedsakelig stanset opp i Nævestadfjorden. Basert på dette kan vi ikke forkaste at aluminium i brakkvann hemmer smoltvandring uten at vi kan forklare vandring til all fisk basert på årets data.



## Summary

Title: Are salmon smolt affected by aluminum in estuaries? Results from River Storelva, 2008.

Year: 2011

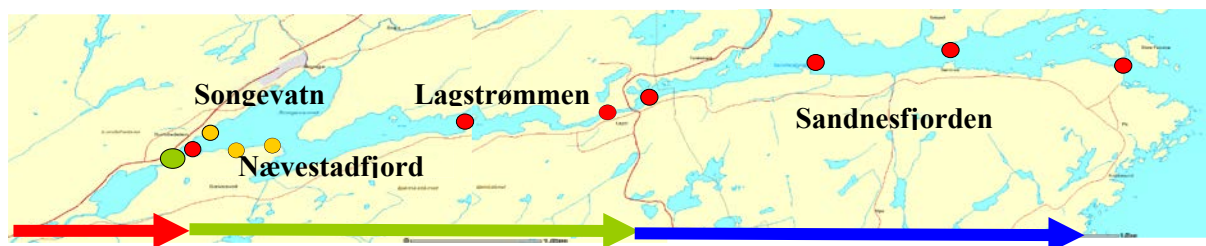
Author: F. Kroglund, R. Høgberget, T. Haraldstad, F. Økland, E. Thorstad, H.-C. Teien, B.O. Rosseland, B. Salbu, T.O. Nilsen, S. Stefansson, Å. Johansen and J. Guttrup.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5981-0

Storelva has been limed since 1996, but the expected increase in salmon catches following liming has not occurred. A program starting in 2003 concluded that the cause was not conditions within the river. There is no clear reason why seawater survival of salmon should be reduced in salmon from this river relative to neighboring rivers. Based on this we assumed that the cause might be found within the estuary.

Aluminum (Al) is known to be a threat to various seawater organisms. Aluminum is also known to kill salmon within net pens in estuaries. The source for Al is in the river Storelva. Upon mixing with seawater, the total concentration of Al decreases linearly with increased salinity. Cationic species however, will increase when salinity passes 1 ‰, to decrease when salinity approaches 15 ‰. The actual limits are yet to be defined. Within this salinity range, Al goes from not being accumulated onto fish gills to be accumulated. The hypothesis is that this accumulation results in physiological responses affecting post smolt migration.

The study area consists of a river (Storelva), a brackish lake (Songevatn), an intermediate lake-fjord system (Nævestadfjorden) which is connected to the proper fjord by a 1.5 km long channel (Lagstrømmen). The study site is illustrated below, where freshwater river is indicated by red arrow, area possibly affected by seawater (estuary) with green arrow and area normally having salinities > 20 ‰ with blue arrow. The green, red and orange dots represent sites we exposed fish in cages. We monitored smolt river migration (rotary smolt screw) and post smolt movements in the estuary using radio telemetry. Data was collected on water discharge, water quality and temperature and salinity together with in situ aluminum fractionation in the river and fjord.

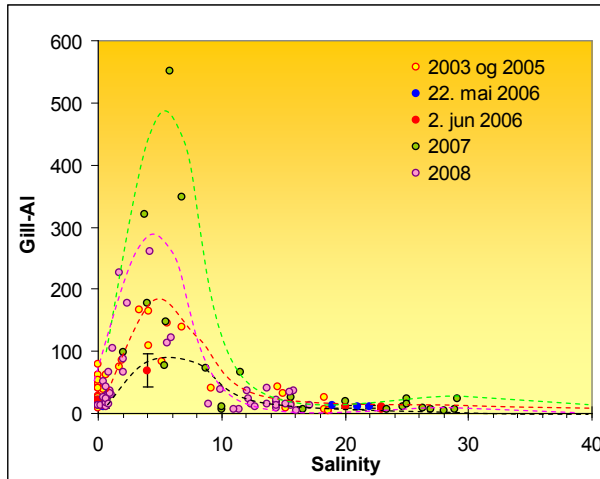


Most salmon smolt left the river late in April, with 25 % migration by 27<sup>th</sup> April, 50 % by 29<sup>th</sup> April and 90 % 15<sup>th</sup> May. The salinity in the inner fjord basin was 2 ‰ in the beginning of May and approached 6 ‰ by the end of May. Towards Lagstrømmen the salinities ranged from 5 to 12 ‰ over the same time span. In Sandnesfjorden salinities were always > 16 ‰ and normally > 20 ‰.

Al was accumulated onto the gills of fish exposed under estuarine conditions as expected. The concentrations measured in 2007 were higher than in the previous years.

Acoustic tagged smolt were released 5<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> of May (n=49). The majority of the smolt (63 %) had not left Songevatn or Nævestadfjorden by 27<sup>th</sup> June. A total of 31 % of the tagged smolt migrated out of Lagstrømmen, but only 18 % reached the outer parts of Sandnesfjorden. Migratory speed based on the fish that reached the outer parts of the fjord was 0.09 body lengths/sec. in

Songevatn increasing to 1.9 body lengths/sec. in Sandnesfjorden. The loss of smolt cannot be related to predatory fish in the area, but Al within the estuary can be the cause for impaired movements. The smolt entered the estuary at a time and at a salinity level when Al was on its most reactive form, resulting in high concentrations on the gills. The relationship between salinity and gill-Al is presented below.



Al within the estuary can be the cause for reduced post smolt survival, explaining the poor salmon catches in Storelva. It appears as though Al affects migratory behavior resulting in a low proportion of the smolt entering waters of higher salinities. The smolt that reached higher salinities changed from being slow movers to having a migratory speed more in the range of normal values. The conditions present in the estuary outside Storelva can also be representative for other rivers in Norway, possible being the cause for poor population status in some of the rivers.

# 1. Innledning

Forsøkene utført i Storelva i 2008 er en direkte oppfølging av aktivitetene i 2007. Hovedspørsmålet prosjektet skulle besvare er:

- Påvirkes laksesmolt av aluminium under utvandring i brakkvann?
- Hvilke mekanismer styrer tilgjengelighet av aluminium i brakkvann?
- Er dose/virknings-mekanismene tilstrekkelig godt beskrevet til at resultat kan generaliseres?

Det har pågått aktiviteter i området knyttet opp mot aluminium (Al) i brakkvann siden 2003. Det er samtlige år påvist at Al endrer tilstandsform når Al-forbindelsene som var til stede i ferskvannet møter saltere vann. Dette påvises bl.a. som økt konsentrasjon kationisk Al, samt økt gjelle-Al i brakkvann.

Til tross for systematiske og dokumenterbare endringer i metallenes reaktivitet var det ikke i de første eksponeringene med smolt i bur mulig å kople de observerte responsene til responser som kunne antas å ha en økologisk konsekvens. Selv om fisken akkumulerte Al på gjellene, var det ingen dødelighet eller negativ fysiologiske responser som tydet på skade. Observasjoner gjort i Songevatn våren 2005 tydet imidlertid på at fluktprespons kanskje var påvirket. Denne observasjonen initierte et atferdsstudium i 2007 som ble videreført i 2008. Denne rapporten er i hovedsak en datarapport, hvor viktige sammenhenger i resultatene fra 2008 diskuteres.

Viktige likheter/endringer i forsøksoppsett/forsøksbetingelsene fra 2007 til 2008 er:

<b>Smoltfelle;</b>	samme som tidligere smolt fanget i fella ble slept ut av fjorden (nytt i 2008)
<b>Smolt eksponert i bur;</b>	stasjonsplassering som før antall stasjoner utvidet bur utplassert på 2 dyp (0,2 og 1,0 m) på flere stasjoner
<b>Akkumuleringsrater - metaller</b>	utført i rigg og fjord
<b>Smolt merking;</b>	antall smolt merket er økt bruk av dybdesendere (nytt i 2008)
<b>Vannkjemi;</b>	som før
<b>Vannføring i Storelva;</b>	NVE har startet ny stasjon i Lundevatn
<b>Saltnivåene i fjordsystemet</b>	STD som i 2007

Samtidig med hovedaktiviteten i Storelva i 2008 ble det også utført en rekke forsøk på ulike tiltak. Med unntak av forsøk som inngår som element eller referanse til forsøkene på karakterisering av Al i brakkvann (rigg 1 og 2) rapporteres disse forsøkene særskilt.

## 2. Materialet

### 2.1 Lokaltetene

Vegårvassdraget (vassdrags id: 0.18) kommer fra heiområdene nord og nordøst for innsjøen Vegår, som ligger ca. 25 km nordøst for Tvedestrand (**Figur 1**). Vassdraget renner ut i Sandnesfjorden ved Tvedestrand. Vegår på 17,3 km<sup>2</sup> er feltets største innsjø og ligger i den store sørlandske rivningsbreksjen som strekker seg fra Kristiansand og 250 km mot nordøst. Breksjen har hatt stor betydning for utformingen av landskapet. De knuste bergartene forvitrer lett, og is og vann har derfor erodert betydelig i bergartene. Innsjøen Vegår ligger i denne svakhetssonen. Vassdraget for øvrig er dominert av gneis og granitt.

Lave, småkuperte heier dominerer landskapet. Heioverflaten stiger jevnt fra kysten og innover i landet. daler er utviklet i svakhetssoner, men breksjen bryter dette mønsteret. Nord for breksjen følger elvene klare dalfører, mens dalførene er uregelmessige sør for denne. Vassdraget har sparsomt med morenemateriale, men noen betydelige breelvavsetninger. Avsetningen ved Holt kirke når opp til 82 moh, det tilsvarer høyeste marin grense i området. Terrassene i nedre del når også opp til denne høyden. Dalstrekningen fra Ubergsvatnet til utløpet har betydelige mengder leire.

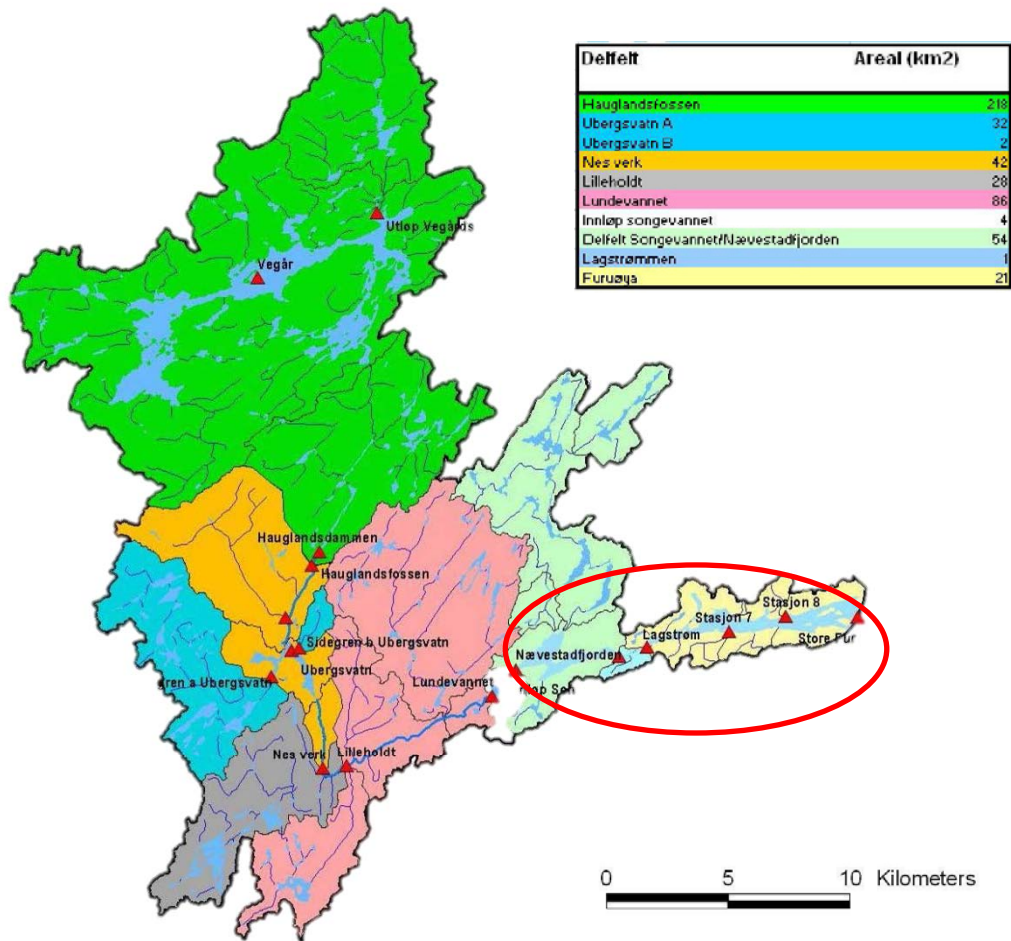
Botanisk har hele nedbørfeltet et oceanisk preg. Den varmekjære og til dels rike vegetasjonen i den mest kystnære delen skiller seg imidlertid sterkt fra de mer ensformige områdene innenfor. Songevatn nederst i vassdraget er influert av Sandnesfjorden, og har et dyplag av saltvann. Vegetasjonen er dominert av barskog med granskog i dalsøkkene og furuskog på tørrere grunn. Ut mot kysten forekommer også noe edellauvskog. Vassdraget har tidligere vært regulert for fløtningsformål. Reguleringen nyttes fortsatt, men nå ut fra andre interesser.

Storelva munner ut i Songevatn ved Lundestrømmen (**Figur 1**). Lundestrømmen ble utvidet i 1870. Songevatn munner ut i Nævestadfjorden. Disse to "innsjø" 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 har det vært viktig å få fastslått hvilke forhold som bestemmer saltvannstilførselen til og saltinnholdet i Songevatn og Nævestadfjorden. Dette ble gjennomført i 2007 (**Kroglund mfl. 2011**). I generelle trekk er det konkludert med at sjøvann har liten inntrenging i disse indre bassengene når vannføringen i Storelva er høy (>30 m<sup>3</sup> sek<sup>-1</sup>), mens sjøvann trenger inn med flo/fjære og havklima/vind når vannføringen er lav (<20 m<sup>3</sup> sek<sup>-1</sup>). I praksis innebærer dette at overflatevannet i Songevatn/Nævestadfjorden blir ferskere når vannføringen er høy, saltere når den er lav. Det kan være år til år variasjoner i grensene knyttet til klima, men variasjonen vil også være knyttet til dybden på salinoklinen.

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 gjennom Lagstrømmen. Lagstrømmen er en ca. 1,5 km lang "kanal", hvor bredden varierer fra 100 til 20 m (**Figur 1**). Terskeldyp er ca. 3 m dypt bedømt ut fra måledyp fra STD-profiler i strømmen. Denne kanaliseringen skjedde i 1862. Det begrensende strømtverrsnitt er omkring 40 m<sup>2</sup>. Dette er ikke kartlagt nøyaktig. Overflatearealet av Lagstrømmen er ca. 0,06 km<sup>2</sup>.

Sandnesfjorden starter på utsiden av Lagstrømmen. Dette er en langstrakt fjordarm med største dyp på 65-70 m. (**Figur 1**) I den ytre delen rett sør for Risør, er det et grunnere område med flere øyer, den dypeste forbindelsen ut til kystvannet ligger på sørsiden av øyene og har et terskeldyp 25-30 m.



**Figur 1.** Vegårvassdraget. Brakkvannsområdene er innsirklet.

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

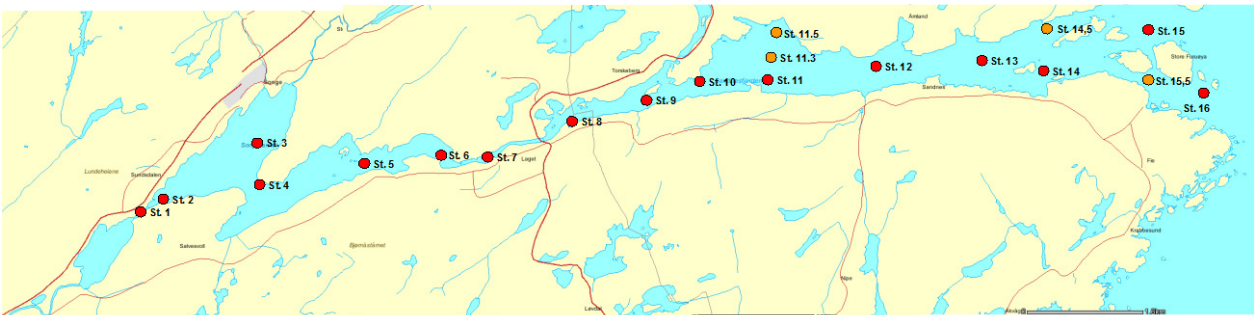
		Songevatn	Nævestadfjorden	Sandnesfjorden
Overflateareal	(km <sup>2</sup> )	1.25	1.2	4.3
Maksimalt dyp	(m)	66	38	65 – 70
Volum 0 til 5 m dyp		6	5	
Volum 0 til 10 m dyp	(mill.m3)	11	10	
Totalt volum		42	19	

I hovedsak foregikk all aktivitet knyttet til fisk og kjemi på de samme stasjonene som tidligere år, men aktivitetene i 2008 var utvidet for å ta hensyn til kunnskap ervervet tidligere i prosjektet. Bur og fiskestasjoner er avmerket på KART 1, STD stasjoner for salt og temperatur på KART 2 og stasjoner for lytteutstyr (telemetri) på KART 3. Nye stasjoner omtales direkte i resultatkapitlene (**Figur 2-5; Tabell 2**).





**Figur 2.** KART 1: Eksponeringsbur fisk og kjemi. Fisk ble eksponert på 2 dyp; 0,2 og 1,0 m fra overflata. I 2007 var enkelte stasjoner plassert for dypt og under det vannlag som inneholdt vannkjemi som påvirket fisken (dypere enn der smolten går). Kart fra NVE-Atlas.



**Figur 3.** KART 2: STD målinger. Målingene ble utført med en CTD/STD av merke SAIV. Foruten trykk (dybde), saltinnhold, og temperatur logges turbiditet, fluorescens og oksygen. Kart fra NVE-Atlas.

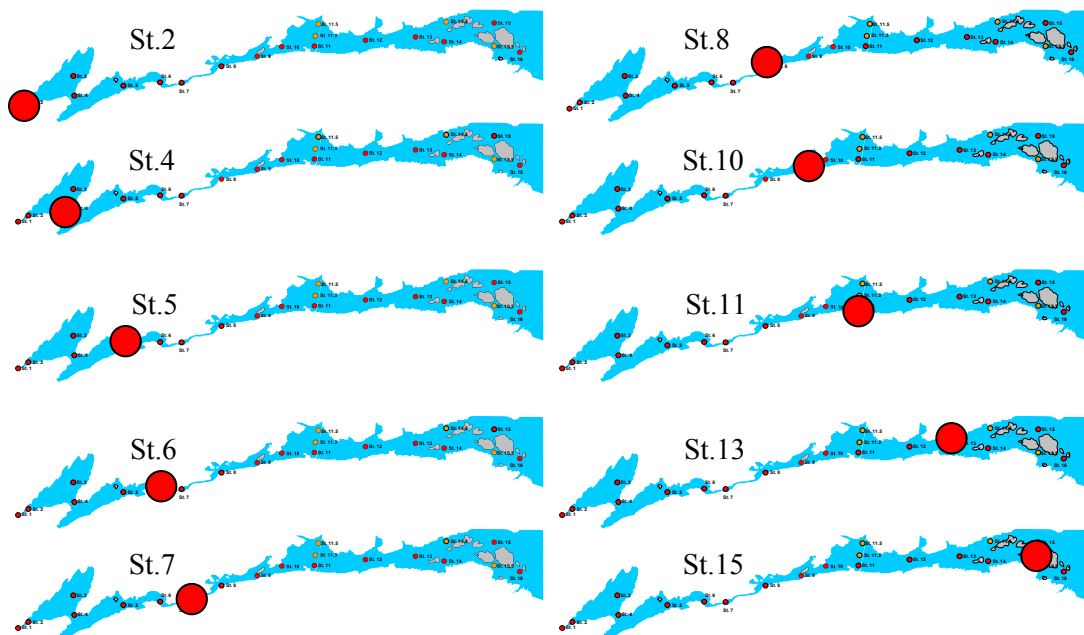


**Figur 4.** KART 3. Lokalisering av VR2 lyttebøyer i 2008. Det ble benyttet flere stasjoner i 2008 enn i 2007.



**Tabell 2.** Stasjonsplassering for fisk eksponert i bur, STD og vannkjemi. Plasseringene er illustrert i kartene nedenfor.

	St. nr	ØV	NS	Fisk i bur	STD	Salt Logg
Lilleholt	1b			X		
Skjerka	1c			X		
Fella	2	58.40.214	008.58.945	X		
Songevt. Nord	3	58.40.768	009.00.205		X	
Song/Næv overgang	4	58.40.438	009.00.306	X	X	
Nævestadfj.	5	58.40.611	009.01.734	X	X	
Doknes	6	58.40.714	009.02.868	X	X	X
Strandane	7	58.40.728	009.03.422	X	X	X
Pålane	8	58.41.069	009.04.615	X	X	
Sand 1 basseng	9	58.41.276	009.05.686			
slutt 1 basseng	10	58.41.465	009.06.365			
Hopestranda	11	58.41.501	009.07.275	X	X	
Hopestranda	11.3					
Hopestranda	11.5					
Sand.Camp.	12	58.41.662	009.08.761	X		
Saltbuholmen Ø	13	58.41.784	009.10.127		X	
Saltbuholmen V	14	58.41.774	009.11.105		X	
	14.5					
St.Furuøy	15	58.42.145	009.12.772	X	X	
	15.5					
Utaskjærs	16	58.41.545	009.14.1042		X	

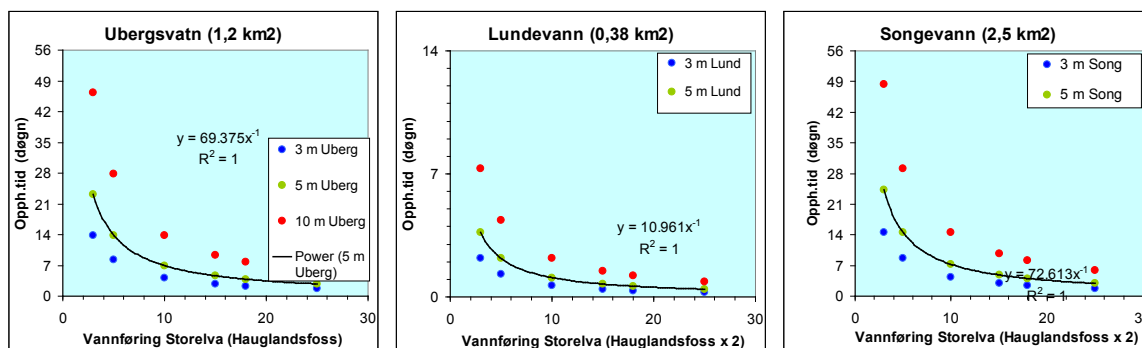
**Figur 5.** Stasjonsnummer og stasjonsplassering for fisk eksponert i bur, STD og vannkjemi i 2008.

## 2.2 Teoretiske oppholdstider i innsjøer og Songevatn/Nævestadfjorden

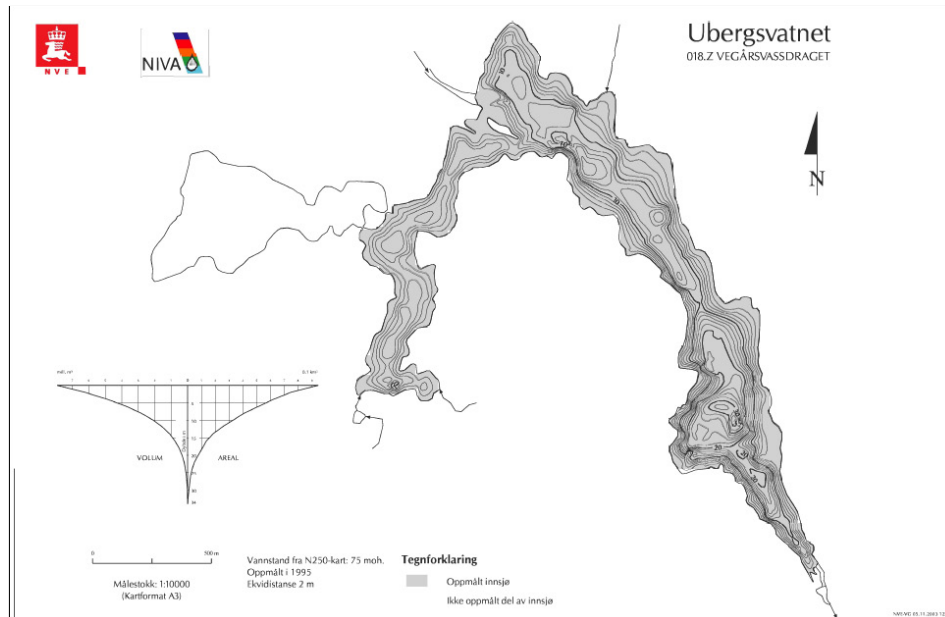
Vannkjemien i både elv og fjord vil variere over tid. Denne endringen kan være knyttet til endringer i vannføring. Mens en endring i vannføring kan forplante seg raskt gjennom en innsjø/fjord som en trykkbølge, vil endringer i kjemi først inntreffe når vannet fysisk har forflyttet seg fra et sted til neste sted. Ved å estimere oppholdstid i innsjøer og fjord får man et inntrykk av hvor lang tid det tar før endringer i vannkjemi vil registreres på nedenforliggende stasjoner. Denne beregningen er mer komplisert for en fjord da man både har en ferskvannstilførsel og en saltvannstilførsel. Oppholdstidene i fjorden er kun basert på ferskvannstilførselen. Dette innebærer at oppholdstidene i praksis vil være kortere enn det som antydes i **Figur 5**. Alle beregninger her vil være usikre da det ikke er tatt hensyn til faktisk sirkulasjonsdyp. Dette vil variere gjennom våren med endringer i temperatur, men ved å anta sirkulasjonsdyp kan innsjøvolum estimeres. Ved å anta at vann sirkulerer ned til 3, 5 eller 10 m får man et inntrykk av variasjonsbredden med hensyn til oppholdstid.

Det er 2 innsjøer i Storelva (Ubergsvatn og Lundevatn). For Ubergsvatn er oppholdstider beregnet ut fra vannføringen målt ved Hauglandsfossen. Ubergsvatn er relativt dypt, men ca. ½ volumet er grunnere enn 5 m (**Figur 6**). For Lundevatn er vannføringen satt lik Hauglandsfossen x 2 for å korrigere for arealøkning på strekningen. Ved lave vannføringer er oppholdstiden i Ubergsvatn lang (uker). Når vassdraget har "flom" ( $>20 \text{ m}^3 \cdot \text{sek}^{-1}$ ) er oppholdstiden  $< 1$  uke. Lundevatn har liten betydning for vannalder med unntak av ved meget lave vannføringer.

Gjøres samme øvelse for Songevatn/Nævestadfjorden er oppholdstiden ca. 14 dager når Storelva går "tørr", 1 uke når vannføringen er på  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{sek}^{-1}$  eller på 2-3 dager når vannføringen er  $> 20 \text{ m}^3 \cdot \text{sek}^{-1}$ . Tas det samtidig hensyn til saltvannstilførsler avtar oppholdstiden ytterligere. I 2007 ble det beregnet en oppholdstid basert på et sirkulasjonsdyp ned til 1.5 m. Sirkulasjonsdypet var mer sannsynlig ned mot 5 m i 2008 uten at betydningen av variasjon i salt ovenfor dette skarpe sjiktet er vurdert i år.



**Figur 6.** Oppholdstider estimert i Ubergsvatn og Lundevatn og i Songevatn/Nævestadfjorden. For Songevatn/Nævestadfjorden tas det ikke her hensyn til saltvannstilførsler. Overflatearealer er hentet fra NVE-innsjødatabase. Vannføring er hentet fra driftskontrollen ved Hauglandsfossen. Sirkulasjonsdyp er ukjent. Det er utført beregninger basert på at vann sirkulerer ned til 3, 5 og 10 m.



Figur 7. Dybdekart over Ubergsvatn. Kilde: NVE.

## 2.3 Historisk vannkjemi og hydrologidata fra Storelva, 1999-2008

Historiske data fra vassdraget er inkludert i denne og tidligere rapporter for å kunne inkludere langtidstrender i vurderingene og for å kunne vurdere årets vannkjemi i forhold til tidligere år. Mens vi i våre undersøkelser kan knytte vannkjemi og fisk for enkeltår, vil langtidstrendene kunne indikere om tilsvarende vannkvaliteter forekom tidligere år eller ikke. Ettersom fangst av laks i Storelva har vært svak hele tiden, også etter at vassdraget ble fullkalket i 1996, må påvirkningsfaktoren(e) være tilstede tilnærmet hvert år.

### 2.3.1 DN-vannkemikontroll (1999-2008)

Det foreligger data på pH, konduktivitet og kalsium siden 1999. Data fra alle årene er sammenstilt for å se på endringer over tid. Dataene er analysert av ulike laboratorier i løpet av denne perioden. Vi antar at alle laboratoriene har utført analysene etter tilnærmet like metoder, slik at mellom- lab variasjoner ikke er årsak til eventuelle trender.

### 2.3.2 Doseringskontroll (vannføring, pH og temperatur; 2003-2008)

Data fra driftskontrollen 2003-2008 er vist i rapporten. Data fra Hauglandsfossen inngår i den løpende driftskontrollen, men eventuelle feil blir ikke alltid korrigert i den "historiske" databasen. Disse dataene må således brukes med forsiktighet, men er likevel viktige da de angir en mer "ukalket" tilstand enn stasjonene nedenfor kalkdoseringsanlegget. Stasjonen er imidlertid påvirket av kalkingen i innsjøen Vegår.

Hittil er vannføring ut av Storelva estimert til å være 2x vannføringen ved Hauglandsfossen. Denne "forenkla" modellen kan nå testes mot NVEs nyopprettede vannføringsstasjon ved utløpet av Lundevatn (se nedenfor).

### 2.3.3 Ny vannstandsmålestasjon (NVE)

NVE har igangsatt en målestasjon i Lundevatn i november 2007 (ID:18.5.0). Vannføringskurve er ikke ferdig utarbeidet.

NVE har også etablert en vannstandsstasjon i Songevatn. Målestasjonen i Songevatn er tenkt som en midlertidig stasjon for å se om tidevannet ved visse vannstander kan ha en påvirkning i Lundevatn. Kontaktperson ved NVE er Vibeke Svenne.

<u>Stasjon</u>		<u>UTM - koordinater</u>
	Lundevatn ndf	Sone : 32
Stasjonens h.o.h	0.0m	Øst : 499000
Kartblad (N50-serien)	1612-II	Nord : 6503320

### **2.3.4 Vannkjemi – overvåkingsdata (1999 til 2008)**

Inntil juni 2007 ble den vannkjemiske overvåkingen (effektkontroll av kalkingstiltak) utført av NIVA. Etter dette tidspunktet er overvåkingen utført av Aquateam. Data fra den regulære overvåkingen fra juni 2007 er stilt til rådighet for oss av Mona Weideborg, Aquateam. Alle kationer og anioner analyseres av Aquateam, mens aluminium fortsatt analyseres ved NIVA.

## 2.4 Metode; vannkjemi og in situ fraksjoneringer i ferskvann

I prosjektet benyttes både egne vannprøver, samt vannprøver innsamlet for kalkingsovervåkingen samt DN-vannkjemikontroll. Alle hovedioner er analysert i henhold til akkrediterte protokoller ved de respektive analyseinstitusjoner.

Kalkingsovervåkingen (til juni 2007): NIVA

Kalkingsovervåkingen (fra juni 2007): Aquateam (Al analyseres fortsatt ved NIVA)

DN-vannkjemikontroll: 2008 data

2008-enkeltdata samt Al fraksjoner: UMB

Som følge av flere dataleverandører er det i prosjektet benyttet flere metoder for bestemmelse av Al og dets fraksjoner. I ferskvann er Al fraksjonert ved bruk av PCV metoden (pyrekatekolviolett; standard metode ved NIVA). Total-Al ble bestemt ved bruk av ICP etter protokoller satt opp for henholdsvis ferskvann og sjøvann. Al fraksjoner kan ikke fastsettes i sjøvann med de tradisjonelle lab-metodene som benyttes ved NIVA (se vedlegg A).

For å få informasjon om ulike Al og DOC-fraksjoner og endringer i fordeling av Al- og DOC-fraksjoner etter innblanding av sjøvann i ferskvannet ble det i 2008 benyttet *in situ* metoder utviklet ved UMB. Denne består i en *in situ* størrelse- og ladningsfraksjonering av vann (Teien et al., 2006a). For å få informasjon om ulike størrelsesfraksjoner, ble det benyttet *in situ* 0.45µm membranfiltre og 10kDa ultrafiltre (Amicon H1P10-20 hullfibre) og for å få informasjon om reaktivitet og ladning av Al ble det benyttet *in situ* ionekromatografi (Chelex 100) og *at site* ekstraksjon (8-hydroxyquinoline). For å få informasjon om konsentrasjonen av ulike Al fraksjoner /fordeling av ulike Al-tilstandsformer ble det utført *in situ* fraksjonering av vann på tre tidspunkt i fjordsystemet to tidspunkt i tilknytning til prøvetaking av fisk (**Tabell 3**). I tilknytning til *in situ* fraksjonering ble samtidig målt pH, saltholdighet og temperatur (WTW multi 340i, polylyte lab pH elektrode og TetreCon 325 konduktivitetsprope) på 0,5 og 1,5 m dyp. Alle fraksjoneringsprotokollene er gitt i Vedlegg A. *In situ* fraksjonering er illustrert i **Figur 7**.



**Figur 8.** Bilder av *in situ* fraksjonering av Al fra båt.

**Tabell 3.** Lokaltid og dato hvor Al og TOC er fraksjonert *in situ* i ferskvann og i brakkvann i 2008.

2007 Stasjonsliste	St. kode	<i>In situ</i> fraksjonering
Utløp Storelva		10, 11, 12, 14, 20, 21, 22 mai
Utløp Steaelva		12, 22 mai
Sandnesfjorden		10, 12, 21 mai

## 2.5 STD målinger

Til beskrivelse av hydrografiske forhold er det benyttet en multifunksjonslogger (STD) av type SAIV, som registrerer tid, vanddybde over måleren (som trykk), temperatur, saltholdighet og turbiditet, samt fluoresens som et mål på klorofyll i planteplankton. I rapporteringen for 2008 er det lagt vekt på dybde (0-5 m) og på å generere horisontale profiler (geografisk variasjon) og vertikale profiler (variasjon med dyp og tid på en stasjon). Dataene som presenteres er ikke korrigert i forhold til forskjeller i logging mellom senke og hevefase mm (jfr diskusjon i 2007-datarapport). I tabellene er STDs egen tabellgenerator benyttet.

## 2.6 Fisk

### 2.6.1 Fangst og forsøksmaterialet; smoltfella

Fella ble som i tidligere år røktet av Jim Güttrup, Tvedestrand kommune. Det ble i 2008, som i tidligere år benyttet en smoltfelle av type smolthjul (**Figur 8**). Fella ble satt ut 15. april 2008 på utløpet av Storelva. Fella måtte i 2008 slippes lengre inn i Songevatn på grunn av høy vannføring i elva. Fella ble trukket oppover mot elva etter hvert som vannføringen avtok. Det ble fanget smolt først etter 5 dager. Fella kom således ut før smoltutvandringen i 2008. Fangsten ble artsbestemt og talt opp. I motsetning til i tidligere år ble ikke fisken sluppet ut, men plassert i en slepekasse. Denne ble slept til ytterst i Sandnesfjorden. Ca en gang i uka ble det tatt ut fisk for analyse av gjelle-metall og gjelle-ATPase.

### 2.6.2 Fiskematerialet

I alle utlegg av fisk ble det benyttet villfanget smolt fra Storelva. Fisk ble utplassert i Storelva (2 stasjoner) og i fjordene utenfor. I motsetning til tidligere år ble det på flere stasjoner eksponert fisk på 2 dyp, utlagt på 0,2-0,8 m og 1,0-1,6 m (øverste, nederste dyp i buret). Utsetningsdatoer og dyp er angitt i **Tabell 4**.

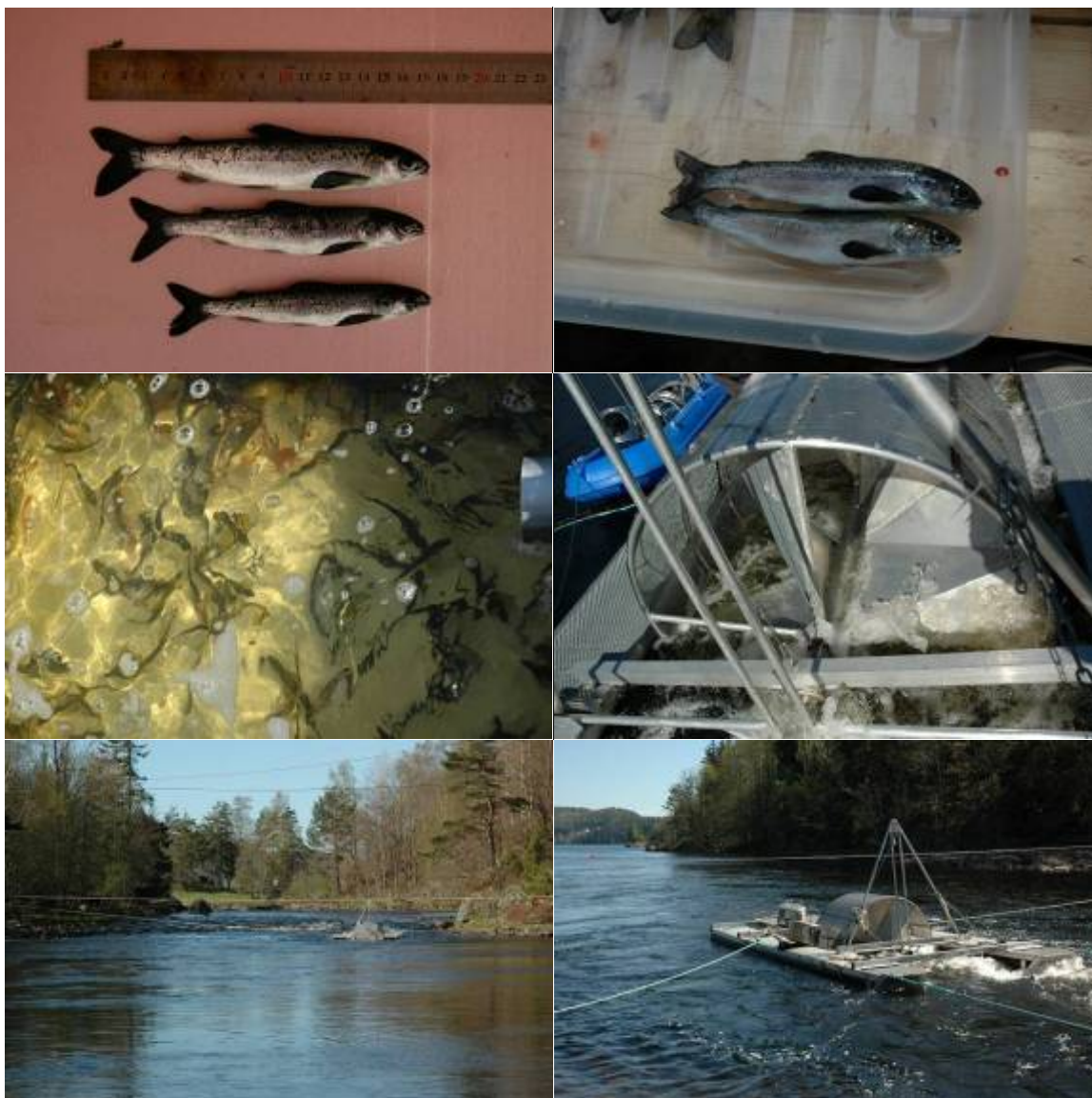
**Tabell 4.** Datoer smolt ble plassert i eksponeringsbur.

Kl:	5 tillegg	4 tillegg	Doknes	Strandene	Pålene	3 tillegg	Hopestr	Sand Camp	St Furøy
9-10							6. mai	6. mai	6. mai
12-14			7. mai	7. mai	7. mai	7. mai			
13-13	14. mai	14. mai							
15-15			20. mai		20. mai	20. mai	20. mai		
18-18	21. mai (0.2m dyp)	21. mai (0.2m dyp)	21. mai (1 m dyp)						

I akkumuleringsforsøket utført i Lagstrømmen etter 20. mai ble det benyttet anleggsproduisert laksesmolt fra NINAs forskningsstasjon, Ims.

I telemetristudiene ble det kun benyttet laksesmolt fanget i smoltfella.





**Figur 9.** Bilder av smolt og smoltfelle i 2008, smolt fanget i smoltfella, smolt og sørv i fangstkammeret, fangstkammer og plassering av fella (foto: F. Kroglund).

### 2.6.3 Slepekasse

Smolt ble slept ut av Songevatn/Nævestadfjorden flere ganger i mai. Slepertok ca 4 timer. Dette gir en midlere fart på ca 4 knop timen. Ved Store Furøy ble fisken holdt i slepekassa over natta og først sluppet ut dagen derpå. Dette ble gjort for at fisken i størst mulig grad skulle være tilpasset sjøvannet før utsetting. Bilder av slep og kasse er gitt i **Figur 9**.



**Figur 10.** Bilder av slepekassa benyttet i 2008 (foto: F. Kroglund).

#### 2.6.4 Eksponeringsbur

Eksponeringsburene var lik de benyttet tidligere år. I år var burene utplassert på både 0,2 og 1,0 m dyp. Antall stasjoner var utvidet i forhold til tidligere år. Burene er illustrert i **Figur 10**.



**Figur 11.** Bilde av eksponeringsbur benyttet i 2008 samt tidligere år (foto: F. Kroglund).

## 2.7 El-fiske

Det ble ikke utført el-fiske i 2008 grunnet for høy vannføring i Storelva.

## 2.8 Artsbestemmelse

Laks og ørretsmolt er skilt fra hverandre ut fra morfologiske kriterier. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det i en elv med svak bestand kan forekomme hybridavkom mellom disse artene. Hybridene kan ligne på og forveksles med laksesmolt. Vi har ikke selv undersøkt fisken i Storelva for andel hybrider. Dette bør gjøres da det må utelukkes at vandringsmønsteret som påvises i fjordsystemet er basert på laks og ikke hybrider.

### 2.8.1 Prøvetaking av blod og gjeller

Det er tatt ulike typer prøver av fisken i de ulike delprosjektene (**Tabell 5**). Mens all fisk i smoltfella er artsbestemt og talt, er det tatt ut gjelleprøver fra 10 laksesmolt i uka. Disse er analysert for metall og Na<sup>+</sup>.K<sup>+</sup>-ATPase. ATPase verdiene er ikke inkludert i denne rapporten.

Fra smolt eksponert i bur i elvene og i fjorden er det kun tatt ut prøver for gjelle metall. I begge forsøksriggene ble det tatt ut prøver for gjelle-metall samt blodparametere.

Alle prøver er tatt etter at fisken ble avlivet med et slag til hodet. All prøvetaking fulgte standard protokoll benyttet i tilsvarende forsøk.

**Tabell 5.** Prøver tatt av fisk i de ulike delprosjektene.

	Lengde, vekt, K-faktor	Gjelle metall	Gjelle Na <sup>+</sup> ,K <sup>+</sup> -ATPase	Blod	Laksestamme
Elv	+	+	+		Storelva
Smoltfelle	+	+	+		Storelva
Burfisk	+	+			Storelva
Akkumuleringsrater i fjordbur	+	+			Storelva

## 2.9 Akkumulerings- og elimineringsrater; gjelle-metall

Det er tatt prøver for å fastslå akkumuleringsrater i begge forsøksriggene samt i smolt eksponert i bur i Sandnesfjorden. Mens smolt i riggene ble eksponert under ”stabile” forhold, er smolt i fjorden eksponert under dynamiske og variable forhold.

## 2.10 Lakselusovervåking

Sandnesfjorden inngår fra 2008 i den nasjonale lakselusovervåkingen. Data herfra rapporteres ikke her. Under dette prøvefisket ble det bl.a. målt saltinnhold og temperatur på 0,5m dyp. Disse dataene er gitt i vedlegg C.

## 2.11 Radiomerking

### 2.11.1 Fangst og akustisk merking av laksesmolt

Til sammen 99 smolt ble merket med små akustiske sendere (diameter 7,3 mm, lengde 18 mm, vekt i luft 1,9 g og vekt i vann 1,2 g, THELMA, Norge) for å studere vandringer og geografisk fordeling (**Figur 11**). I tillegg ble 9 laksesmolt merket med 9 mm akustiske dybdesendere (VEMCO Inc.,



Canada) som registrerer svømme-dybden til fisken. All merket smolt var vill laksesmolt fra Storelva. Smolten ble merket fra 28.4.2008 til og med 15.5.2008. All smolt merket med dybdesendere ble satt ut der elva fra Lundevatn renner ut i Songevatn. Smolten merket med vanlige akustiske sendere ble først satt ut i elva nedenfor Lundevatn (fisk merket 28.4, 29.4 og 30.4) og senere på samme sted som smolten med dybdesendere (fisk merket 10.5, 11.5 og 13.5). All smolt ble fanget i et smolthjul der elva fra Lundevatn renner inn i Songevatn. Et smolthjul er normalt en svært skånsom fangstmetode der den utvandrende smolten stenges inne i et fangstkammer.

Etter fangst ble smolten oppbevart i bur ute i elva i 0-4 dager før merking. Total kroppslengde for merket smolt var 13,6 – 19,8 cm for smolt merket med de minste senderne og 18,2-20,2 cm for smolten merket med dybdesendere.

Hos villsmolt merket med de minste senderne var senderens vekt i vann gjennomsnittlig 3,9 % (fra 2,1 til 6,3 %) av fiskens vekt på land. Tilsvarende tall for smolt merket med dybdesendere var 6,4 % (fra 5,5 til 8,1 %).

Senderne ble operert inn i bukhulen på fisken gjennom et kirurgisk snitt i buken. Før inngrepet ble fisken plassert i et bedøvelsesbad (2 phenoxy-ethanol EEC No 204 589-7, ca 0,7 ml per l vann) i 3 minutter. Etter at fisken var bedøvet ble den lagt i en krybbe og dekket til med en våt mikrofiber klut slik at kun stedet der operasjonen ble utført var blottlagt. Senderne ble lagt inn gjennom ca 10 mm langt snitt i bakre del av bukhulen på høyre side ca 5 mm fra midtlinjen. Operasjonssåret ble lukket med to separate sting med spunnet permanent silke (Etichon 5/0). Fisken ble også lengdemålt (total lengde) og veid. Etter at operasjonen var ferdig, ble fisken satt tilbake i oppbevaringskarret i 1-36 timer før den ble satt ut i elva. All fisken våknet raskt etter operasjonen og var i fin form ved utsetting.

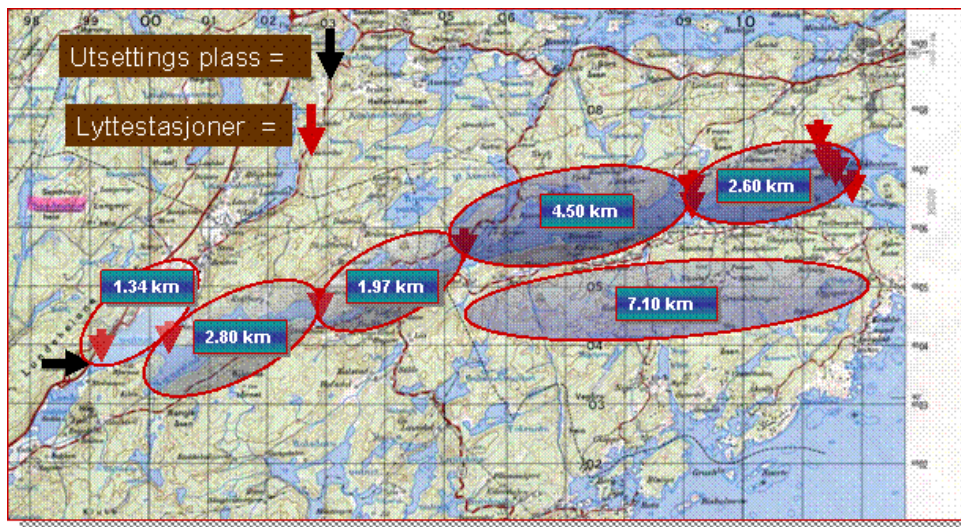
### 2.11.2 Registrering av merket smolt og bearbeiding av data

Etter utsetting ble fisken registrert av automatiske lyttestasjoner (VR2, VEMCO Inc. Canada). Automatiske lyttebøyer ble satt ut på 6 steder langs smoltens utvandnings rute fra utsettingsplassen til havet (**Figur 12**). I tillegg ble ekstra stasjoner satt ut i Songevatn, Nævestadfjorden og Sandnesfjorden (totalt 19 stasjoner) for lettere å kunne tolke bevegelsene. Dette gjorde at vandringshastigheten hos utvandrende smolt kunne beregnes nøyaktig for fem ulike soner, Songevatn, Nævestadfjorden, Lagstrømmen, indre del av Sandnesfjorden og ytre del av Sandnesfjorden. Lengden på sonene varierte fra 1,3 til 4,5 km (figur 1). Lyttebøyene ble festet ca 3 m under overflaten i Songevatn, 2 meter under overflaten i Nævestadfjorden og mellom 3-4 m dyp i Sandnesfjorden. Dybden ble bestemt etter hvor eksponert for sjø de ulike utleggene var.

På skjermede utlegg forventes rekkevidden å være best nær overflaten. Lyttebøyene ble satt ut i sjøen 5. april 2008 og tatt opp 27. august 2008.



**Figur 12.** Bilder av smoltmerking i 2008 (foto: F. Kroglund).



**Figur 13.** Laksesmoltens utvandningsrute ble delt inn i fem soner ved å plassere automatiske lyttestasjoner på seks forskjellige steder. Smoltens fordeling og tid i de ulike sonene kan da beregnes for hver enkelt fisk.

## 2.12 Rekkeviddetester

Rekkevidde-tester ble utført i Songevatn i 2007 for å finne ut hvor langt unna lyttebøyene fisken kunne bli registrert. Under testen varierte vinden fra nesten vindstille til frisk bris. Bølgehøyden økte fra ca 15 cm til ca 0,9 m med hvite skumtopper. Det var ingen forskjell mellom de to typene sendere (9 mm og 7,3 mm). Begge sendermodellene ble registrert opp til 750 m unna med mottakeren plassert på 2 m dyp og senderne på 1,5 m dyp. Etter som vinden økte ble rekkevidden redusert til ca 200 m.

Rekkeviddetester ble utført i Nævestadfjorden den 11. mai 2008. Bølgehøyden var 5-15 cm, med VR2 plassert på 2 m dyp og senderne på 1,5 m dyp. Rekkevidder mellom 650 m og 1150 m ble registrert. Rekkeviddetester ble også utført ytterst i Sandnesfjorden den 16.mai 2008. Rekkevidden til de minste senderne varierte mellom 100 m og 227 m og fra 180 m til 290 m for 9 mm dybdesendere. Bølgehøyden var mindre enn 5 cm med til dels kraftig strøm utover i sundet mellom øyene. Alle tester er utført ved å la båten drive gradvis vekk fra lyttebøyen, en såkalt kontinuerlig test.

## 3. Resultat - smoltfella

### 3.1 Smoltutvandring i 2008 i relasjon til tidligere år

Smoltutvandring er undersøkt i 2005, 2006, 2007 og 2008. I fangstene inngår også ørret, sik og sørv. Data på disse artene er samlet i vedlegg C.

Fella ble satt ut 15.april i 2008. Det ble ikke fanget laksesmolt før 5 dager senere (**Figur 13**). Fella ble således utplassert tidsnok i 2008 i motsetning til i 2007 og 2005 hvor det var en betydelig fangst allerede 1. natt. I 2006 gikk det 4 dager fra fella ble satt ut til første 1. smolt ble fanget. Det er tidligere antydnet at smoltutvandringen i Storelva synes å starte når vanntemperaturen overstiger 8-10 °C (målt ved Hauglandsfossen). Denne "grenseverdien" synes også å gjelde for 2008. Smoltutvandringen skjer på stigende temperatur alle år. Vannføringen kan være svært variabel.

I 2008 ble det fanget ca 2900 smolt. I 2007 var fangsten ca 1400 smolt, ca 4500 smolt i 2006 og ca 600 smolt i 2005. Fangstene angir imidlertid ikke smoltproduksjonen i vassdraget. Fangstene vil bl.a. avhenge av hvor stort areal fella dekker av elveløpet, vannføring mm. I motsetning til i tidligere år ble all fisk fanget i fella i 2008 slept vekk fra Songevatn og sluppet ut først utenfor Sandnesfjorden. Eventuell refangst av samme smolt synes derfor lite sannsynlig i 2008. Tidligere år kan vi ikke utelukke at smolt vandrer med bakevja i fangstområdet og således kunne ha blitt fanget flere ganger.

For å antyde fangsteffektivitet på smoltfella ble til sammen 237 laks og 192 ørret fra smoltfella fettfinneklipt og satt ut i elva like nedstrøms Lundevatn i 2008 (**Tabell 7**). Dette merkeprogrammet ble igangsatt først når ca 90 % av smolten var utvandret, eller helt på tampen av sesongen. Fra disse utsettingene ble henholdsvis 19,4 og 20,3 % gjenfanget i smoltfella. De siste fiskene ble fanget 10 dager etter siste merkedato. Noe av fisken brukte således mange dager på å vandre 250 m mellom utsettingspunkt og fangstpunkt. Hvis gjenfangstnivåene antyder noe om faktisk tetthet i elva synes produksjonen å være 5 ganger større enn det som ble fanget (i 2008). Det er uklart om dette estimatet vil gjelde tidligere i utvandringsperioden på grunn av høyere vannføring på det tidspunktet. Aksepteres anslaget utvandret det ca 14.300-15.000 laksesmolt fra vassdraget. Anslaget gjelder kun laks ettersom fangsteffektivitet ikke er undersøkt for ørret.

Det ble observert mindre vakende laksesmolt rundt fella i 2008 enn i 2007. Dette kan skyldes at smolttettheten i området var redusert på grunn av bort slepingen av smolt. Hvis utvandringen var 5 ganger større enn fangsten (som ble slept ut) burde ikke slepet resultere i stor reduksjon i vaking.

Utvandringen i 2008 var minst 1 uke seinere enn i 2007, men ca 2 uker tidligere enn i 2006. I 2006 var vanntemperaturen lav ut 1. uka av mai. Utvandringen i 2008 nådde 75 % registrert fangst i fella i en periode da vannføringen var 11.5 m<sup>3</sup> og avtagende. Temperaturen var da ca 15 °C. Utvandringen i 2007 nådde 75 % registrert i fella i en periode da vannføringen var ca 7 m<sup>3</sup> sek<sup>-1</sup> og avtagende. Over samme periode steg temperaturen fra 10 til 15 °C. I 2006 vandret fisken først på økende vannføring, for å fortsette å vandre selv om vannføringen avtok. Utvandringen i 2005 fulgte samme mønster. Dersom 8 °C er en indikator for når smoltutvandringen starter, kan utvandringen ha startet ca 14. april 2007 eller ca 12 dager før fella ble satt i drift (**Tabell 6**). Dato med maksimal fangst kan også gi en pekepinn på år til år variasjon i utvandringsperiode og tidspunkt. I 2005 var det en klar "topp" 11. mai. De resterende årene har det vært tendenser til 2 "topper" hvor disse inntraff i perioden 17.-25. mai i 2006, 27.-30. april i 2007 og 3.-6. mai i 2008. Alle dataene tyder på at tidspunktet for utvandring i Storelva varierer mellom år, som for andre elver (Orkla, Suldalslågen, Mandal, Tovdal, Otra, Imsa m.fl.).

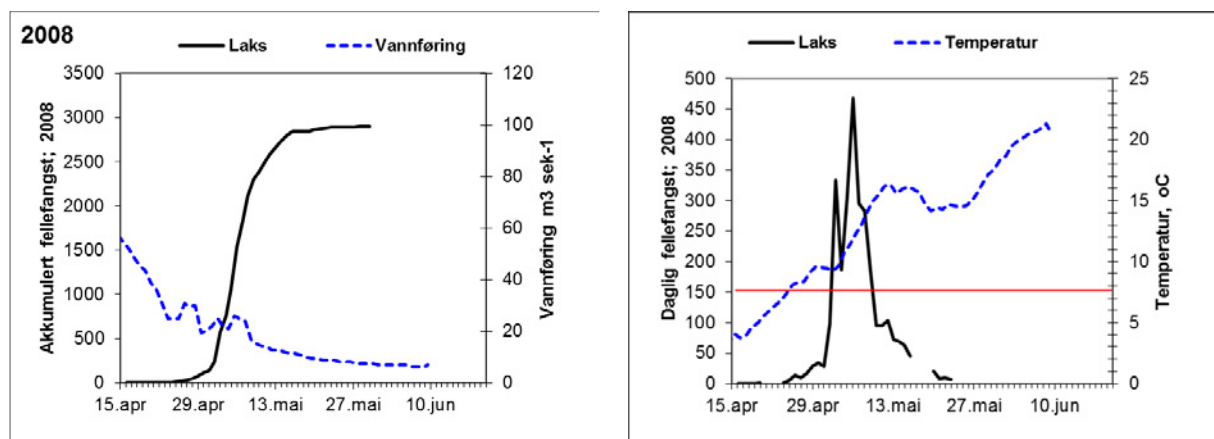


**Tabell 6.** Dato for når vanntemperaturen passerte 8 og 10 °C, oppstart av fellefangst og for 25, 50, 75 og 90 % akkumulert smoltfangst. Datoer med maksimal fangst er angitt. Varigheten av utvandring er beregnet som antall dager det tok fra fangsten økte fra 25 til 90 %. Disse beregningene er usikre ettersom fella mest sannsynlig ikke fanget de første smoltene som vandret i 2005 og 2007.

	2005	2006	2007	2008
Temp > 8 °C fra:	22. april	10. mai	14. april	25. april
Temp > 10 °C fra:	28. april	11. mai	24. april	4 mai
Fella satt ut: dato	3. mai	2. mai	26. april	15. april
1.smolt fanget	3. mai	6. mai	26. april	20. april
Dag med maks fangst	11. mai	17. og 25. mai	27. og 30. april	3. og 6. mai
25 % fangst	10. mai	18. mai	27. april	4. mai
50 % fangst	11. mai	24. mai	29. april	6. mai
75 % fangst	12. mai	28. mai	3. mai	9. mai
90 % fangst	13. mai	2. juni	15. mai	13. mai
Ant. Dager 25-90 %	3	15	18	9

**Tabell 7.** Gjenfangst av smolt fanget i smoltfella som etter fangst ble fettfinneklippa for så å bli satt ut i Storelva 250 m oppstrøms fella. Disse gjenfangstforsøkene ble utført i perioden etter at 90 % av smoltvandringen var registrert i 2008.

Dato	Antall fettfinneklipp fisk som er satt ut i elva overfor smoltfelle.		Antall fettfinneklipp fisk gjenfanget i fella	
	Laks	Ørret	Gjenfangst Laks	Gjenfangst Ørret
14.05.2008	142	119		
15.05.2008	34	27	29	19
16.05.2008	40	27	5	6
20.05.2008	21	19	6	10
21.05.2008			1	
22.05.2008			3	
28.05.2008			1	3
30.05.2008			1	1
Sum ant	237	192	46	39
% av utsett			19.4	20.3



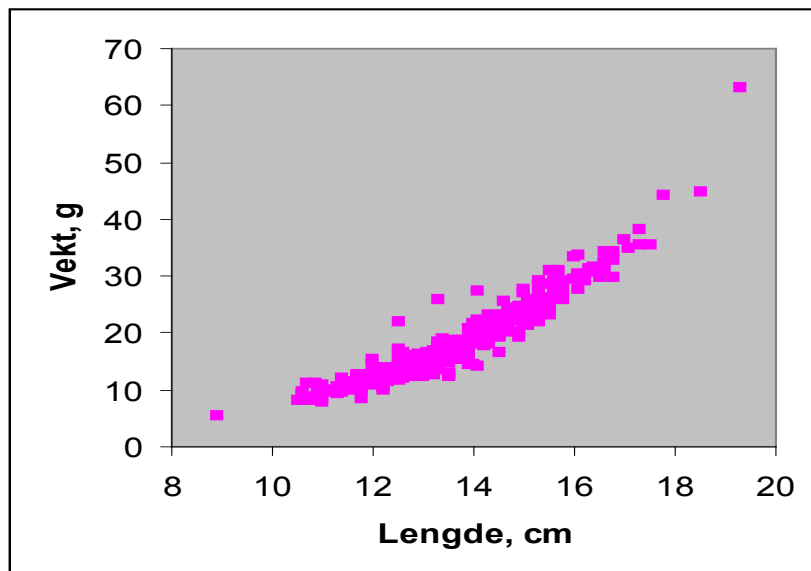
**Figur 14.** Akkumulert (venstre kolonne) og daglig (høyre kolonne) smoltfangst i smoltfella plassert på utløpet av Storelva i 2008. Vannføring er inkludert (stiplet linje) i figurene til venstre. Temperatur er inkludert (stiplet linje) i figurene til høyre. Horisontal strek angir temperatur på 8 °C.

### 3.1.1 Størrelse til utvandrende laks og ørret

Det ble brukt et større antall villsmolt fra Storelva i Riggforsøk 1. Denne fisken er smolt som nedvandret før 11. mai 2008. Hovedmengden fisk var i størrelsesgruppene 12 til 15 cm (**Figur 14** og **Tabell 8**). I underkant av 5 % av fisken var >16 cm. De aller største fiskene er underrepresentert da disse ble brukt til telemetri. Inkluderes disse fiskene (n= ca 30) bidrar disse til 5-8 % av fangsten i dette tidsrommet. K-faktoren til smolten varierte hovedsakelig innenfor området 0,6 til 0,8.

**Tabell 8.** Antall laks tilhørende ulike lengdegrupper fanget i smoltfella i dagene før 11. mai 2008.

Lengde	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	Sum
Antall	11	47	119	159	94	49	20	6	1	1	507
Bidrag i %	2,2	9,3	23,5	31,4	18,5	9,7	3,9	1,2	0,2	0,2	100



**Figur 15.** Sammenhenger mellom lengde og vekt r til smolt fanget i smoltfella i Storelva før 11. mai 2008.

## 4. Resultat - ferskvann

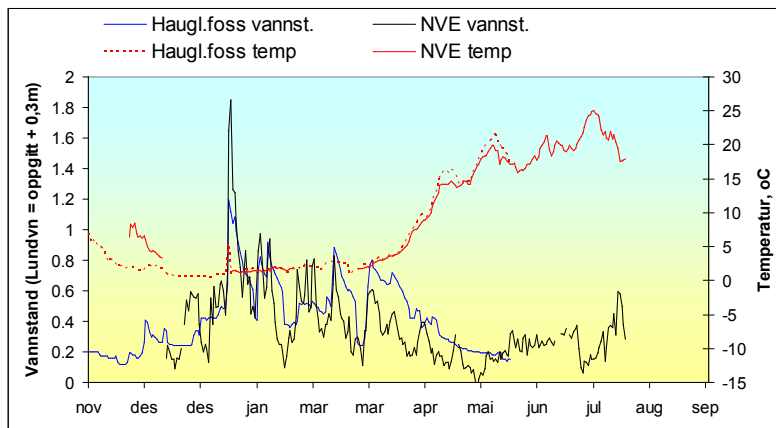
### 4.1 Vannstand og vannføringsmålinger

#### 4.1.1 Økning i vannføring fra Hauglandsfossen til Storelvas utløp

Det foreligger siden desember 2007 vannstands- og temperatur data fra munningsområdet til Storelva (**Figur 15**). Vannstandsverdiene (NVE) er ikke kvalitetssikret samt at de det pr nå ikke foreligger noen formel for å omgjøre dette til vannføring. For å antyde mulige samvariasjoner er data på vannstand og temperatur sammenlignet med tilsvarende data fra Hauglandsfossen.

Det var ingen vesentlig temperaturforskjell mellom datasettene. Dette tyder på at det ikke er noen vesentlig temperaturendring fra Hauglandsfossen til utløpet av Storelva.

Vannstandsvariasjonen samvarierte også. Det synes likevel å ha vært noen "episoder" med økt vannstand i for eksempel februar, mars, april og mai nederst i Storelva som ikke fremkommer like tydelig ved Hauglandsfossen (stor variasjon fra dag til dag i munningsområdet, mer "flate" kurver ved Hauglandsfossen)

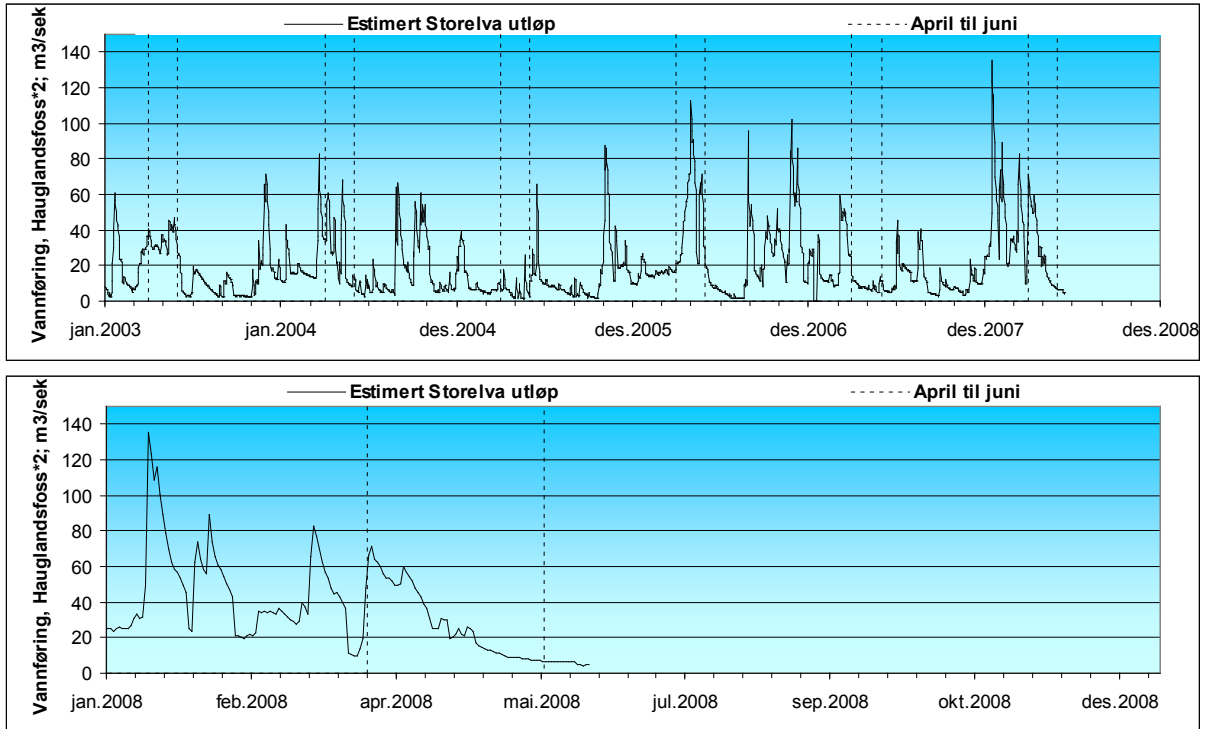


**Figur 16.** Vannstand og temperatur målt i ny NVE stasjon ved Lundevatn samt ved Hauglandsfossen.

#### 4.1.2 Vannføring beregnet for Storelvas utløp

Storelva er oppgitt å ha gjennomsnittlig vannføring  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Flerbruksplan Vegårshei kommune 1999). Vannføringen kan variere fra 4 til over  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Det har vært stor fra år til år variasjon i hvor stor vannføringen har vært i den mest aktuelle vandringsperioden for smolt (**Tabell 9**).

I 2008 var vannføringen variabel høy, men avtagende hele perioden fra januar til april (**Figur 16**). Fra starten av april var vannføringen på omkring  $50 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ , for å avta jevnt ut måneden. I mai ble vannføringen redusert ytterligere og var lavere enn  $10 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$  fra 10. mai. Det var ingen nedbørsepisoder i mai som resulterte i økt vannføring.



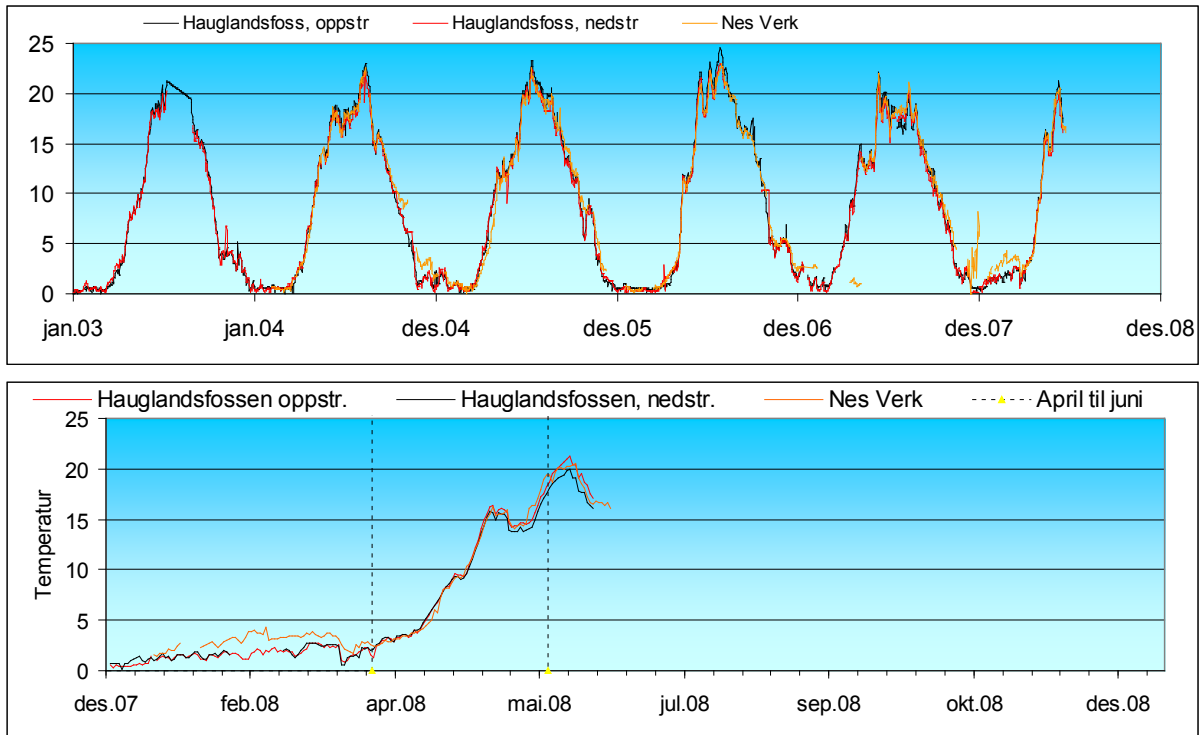
Figur 17. Dag til dag variasjon i vannføring logget ved dosereren ved Hauglandsfossen.

Tabell 9. Midlere ( $\pm 1$  SD) vannføring i mai 2003 til 2007 estimert for utløpet av Storelva.

	April	Mai	Endring i perioden april til mai	
	Middelvannføring m <sup>3</sup> sek <sup>-1</sup>	Middelvannføring m <sup>3</sup> sek <sup>-1</sup>		
Vannføring mai 2003	32,0 $\pm$ 3,7	36,7 $\pm$ 5,9	30-45	og svakt økende
Vannføring mai 2004	35,4 $\pm$ 14,4	23,4 $\pm$ 19,2	60-10	og avtagende
Vannføring mai 2005	6,4 $\pm$ 3,7	5,8 $\pm$ 5,5	10-20	og økende
Vannføring mai 2006	43,4 $\pm$ 20,3	57,2 $\pm$ 27,9	20-60	og økende
Vannføring mai 2007	9,2 $\pm$ 1,8	7,3 $\pm$ 2,2	10	og stabil
Vannføring mai 2008	45,3 $\pm$ 14,8	13,2 $\pm$ 6,2	60-10	og avtagende

## 4.2 Vanntemperatur; Hauglandsfossen

Temperatur er målt en rekke steder i vassdraget. Fra Fosstveit foreligger det målinger fra 1989 til 2006 (Figur 17). Det var liten variasjon mellom temperaturen her og ved Nes Verk i 2004 og 2005. Dette tyder på at data fra begge stasjonene kan sammenskjøtes til en felles serie. Det var også liten forskjell mellom temperatur ved Hauglandsfossen og Nes Verk. Noe variasjon i desember 2007 til mai 2008 skyldes sannsynligvis at dataene ikke er kvalitetssikret. Selv med dette avviket synes ikke temperaturen å endres vesentlig fra Hauglandsfossen til vassdragets munning (her ved Fosstveit). Smoltvandring er tidligere knyttet opp mot temperaturen ved Hauglandsfossen. Basert på disse dataene kan dette forsvares ettersom det er liten til ingen forskjell mellom stasjonene.

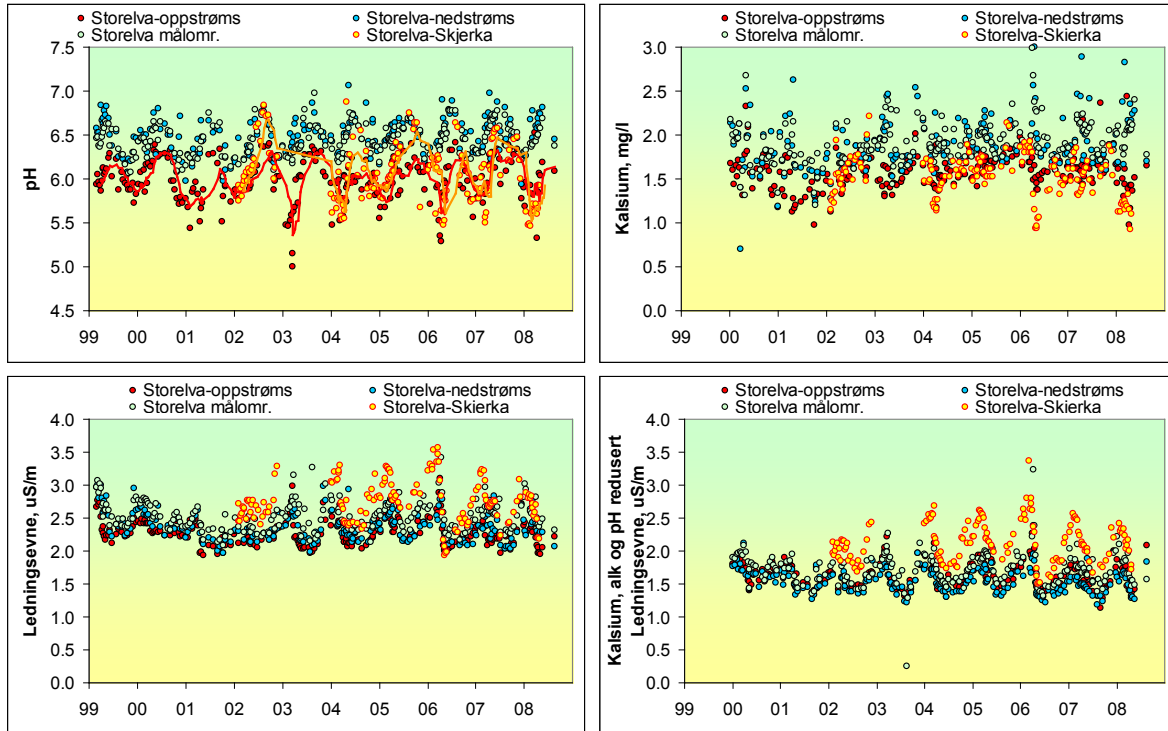


**Figur 18.** Dag til dag variasjon i temperatur logget oppstrøms og nedstrøms doserereren ved Hauglandsfossen samt ved Nes Verk.

### 4.3 pH; Nes Verk og Hauglandsfossen

Storelva inngår i DN-vannkjemikontroll. Det foreligger prøver på pH, konduktivitet og kalsium siden 1999 (Figur 18). Dette materialet er sammenstilt for å studere variasjon i disse variablene over tid.

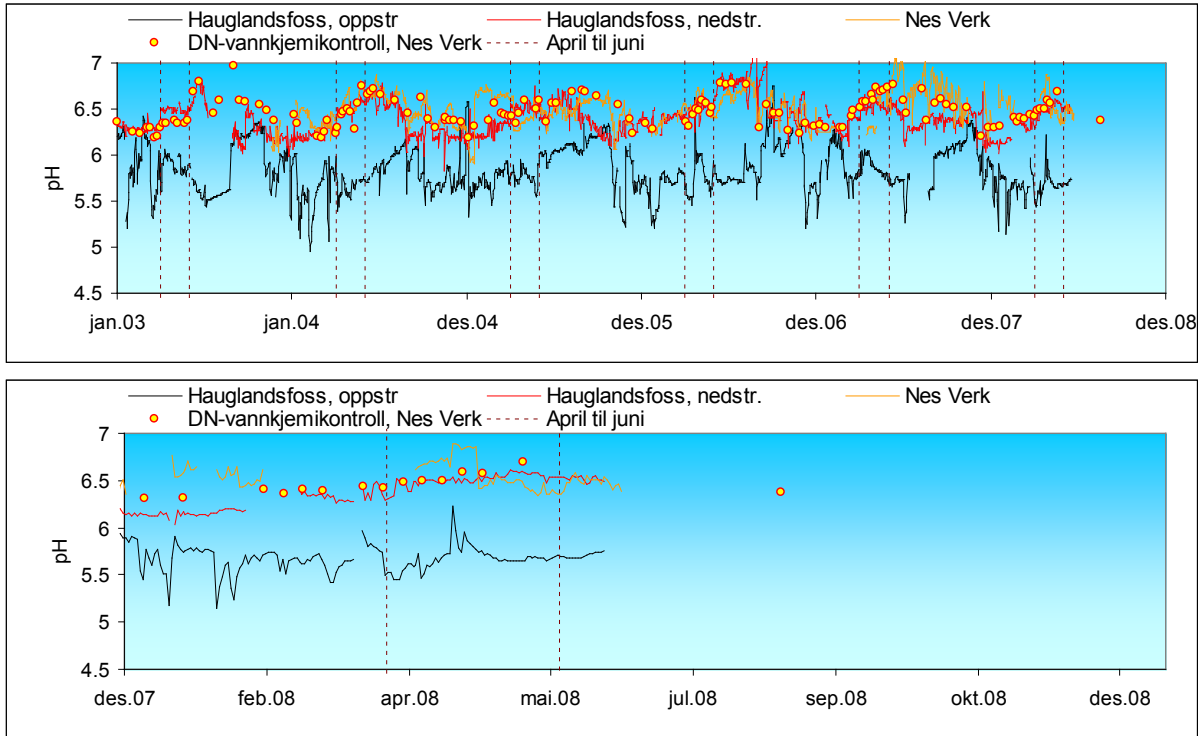
pH målt oppstrøms Hauglandsfossen vil være påvirket av kalkingen av Vegår. pH verdiene oppstrøms doserereren ved Hauglandsfossen representerer således ikke en referansetilstand. Samtidig er heller ikke Skjerkavassdraget et nødvendigvis egnet referansevasdrag. Uansett hvor uegnet disse dataene er for fastsettelse av referansetilstand, påvises det årlige (i februar til mai) episoder hvor pH reduseres til verdier lavere enn 5,7. Såfremt disse lave pH-verdiene følges av økt LAI-konsentrasjon vil vannkjemien fortsatt være giftig for laksesmolt, men ikke nødvendigvis for lakseparr. Nedstrøms kalkdosereren var pH tilfredsstillende eller noe høy. Dette siste har større betydning for økonomi enn økologi. Kalsiumøkningen fra oppstrøms Hauglandsfossen til målområdet ved Nes Verk er på 0,5 til 1,0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $0,64\pm 0,22$ ) første halvår 2008. Økningen var størst når pH-målet var 6,4. Målt ledningsevne var høyest i Skjerka. Selv om ledningsevne korrigeres for pH og Ca, bidrar Skjerka med mer ioner enn selve Storelva oppstrøms samløpet.



**Figur 19.** pH, kalsium, konduktivitet og konduktivitet fratrukket bidrag fra H<sup>+</sup> og kalsium målt i vannkjemikontrollen til DN.

pH er målt kontinuerlig oppstrøms Hauglandsfossen og ved Nes Verk siden 2003 (**Figur 19**). Det er en relativt god sammenheng mellom pH målt ved Nes Verk for DN-vannkjemikontroll og i driftskontrollen. pH nedstrøms Hauglandsfossen er i perioder noe lavere enn det som måles i målområdet (Nes verk). Årsaker til dette omtales i driftskontrollen og ikke her. Til tross for at pH målt oppstrøms Hauglandsfossen er påvirket av kalking ved Vegår, er pH i perioder betydelig lavere enn det som er akseptabelt for laks. Årlig måles det pH-verdier lavere enn 5,5.



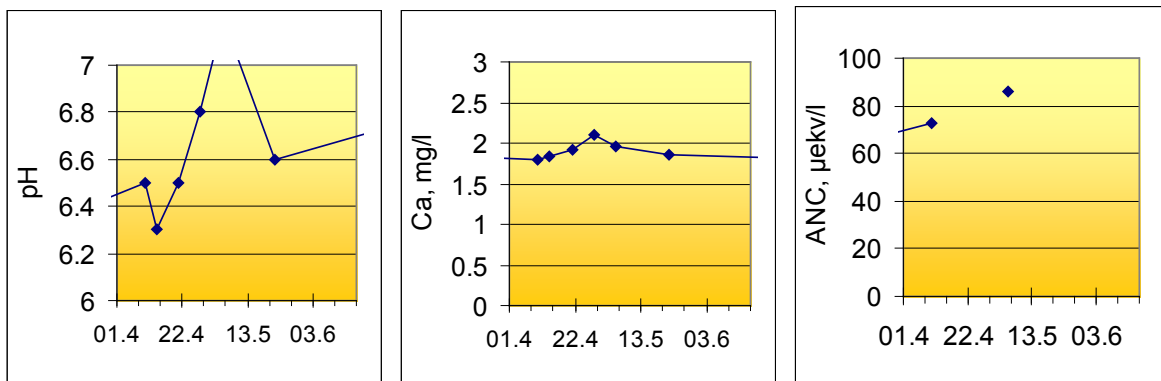


**Figur 20.** Dag til dag variasjon i pH logget oppstrøms og nedstrøms dosereren ved Hauglandsfossen samt ved Nes Verk. Prøver fra DN-vannkjemikontroll er inkludert som sirkler.

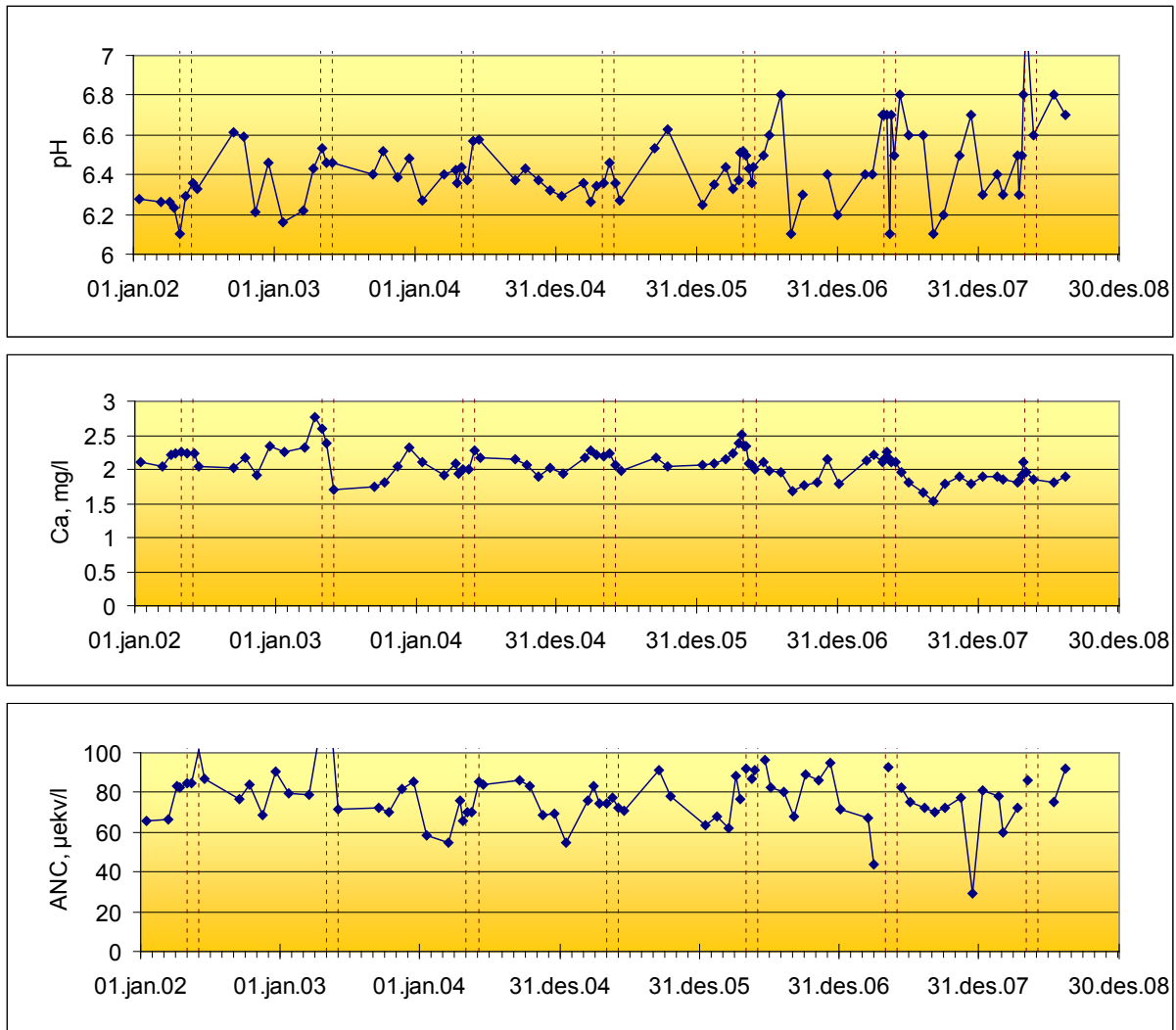
## 4.4 Generell ferskvannkjemi v/Nes Verk i 2008 i forhold til tidligere år

### 4.4.1 pH, Ca og ANC

Data for pH, kalsium og ANC er vist i **Figur 20** og **Figur 21**. Det ble målt noe lavere pH i 2006 enn de tidligere årene. I 2008 var pH høyere enn det som normalt er målt. Samtidig var det en svak nedgang i Ca, fra nivåer  $> 2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  i 2002 til nivåer  $< 2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  i 2008. Kalkingen av Vegårvatn er redusert, men reduksjonen ved Nes Verk må også skyldes redusert kalking ved dosereren. Høye pH-verdier i 2008 er derfor overraskende. Det har ikke vært noen entydig endring i ANC gjennom perioden.



**Figur 21.** pH, Ca og ANC verdier for Nes verk i Storelva for perioden april til juni 2008.

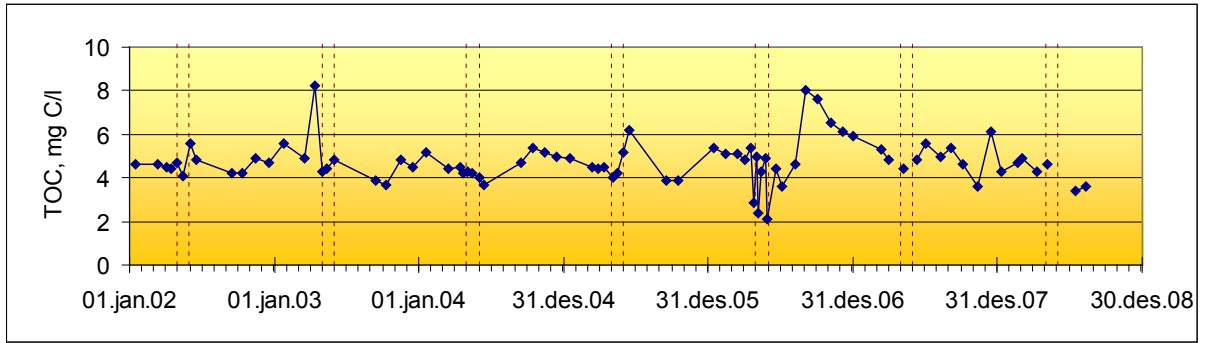


**Figur 22.** pH, Ca og ANC verdier for Nes verk i Storelva for perioden 2003 til 2008.

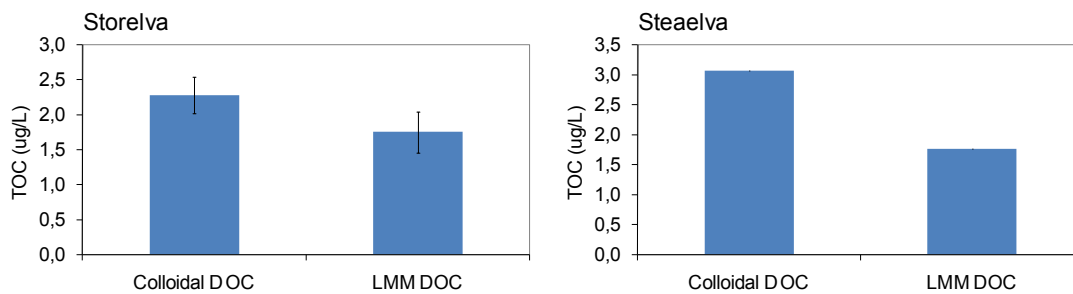
#### 4.4.2 TOC

I Storelva var konsentrasjonen av TOC ca  $4 \text{ mg C}\cdot\text{L}^{-1}$  våren 2008 (**Figur 22**). Innenfor året og mellom år kan konsentrasjonen variere mer enn dette. Våren 2008 avvek som våren 2006, ved at det var lavere TOC-konsentrasjoner i forhold til andre år. Konsentrasjonen av TOC var noe høyere i Steaelva ved målte tidspunkt ( $4,8 \text{ mg C}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

Størrelsesfraksjonering viste at konsentrasjonen av kolloidalt organisk materiale i Storelva var  $2,2 \text{ mg C}\cdot\text{L}^{-1}$  og relativt stabil gjennom perioden 10-22 mai. (**Figur 23**). Konsentrasjonen av LMM DOC var noe lavere ( $1,8 \text{ mg C}\cdot\text{L}^{-1}$ ) og relativt stabil gjennom perioden. Konsentrasjonen av kolloidalt DOC var noe høyere i Steaelva ( $3,1 \text{ mg C}\cdot\text{L}^{-1}$ ), mens konsentrasjonen av LMM DOC var tilsvarende den i Storelva.



**Figur 23.** Total organisk karbon ( $\text{mg C}\cdot\text{L}^{-1}$ ) verdier for Nes verk i Storelva for perioden 2003 til 2008.

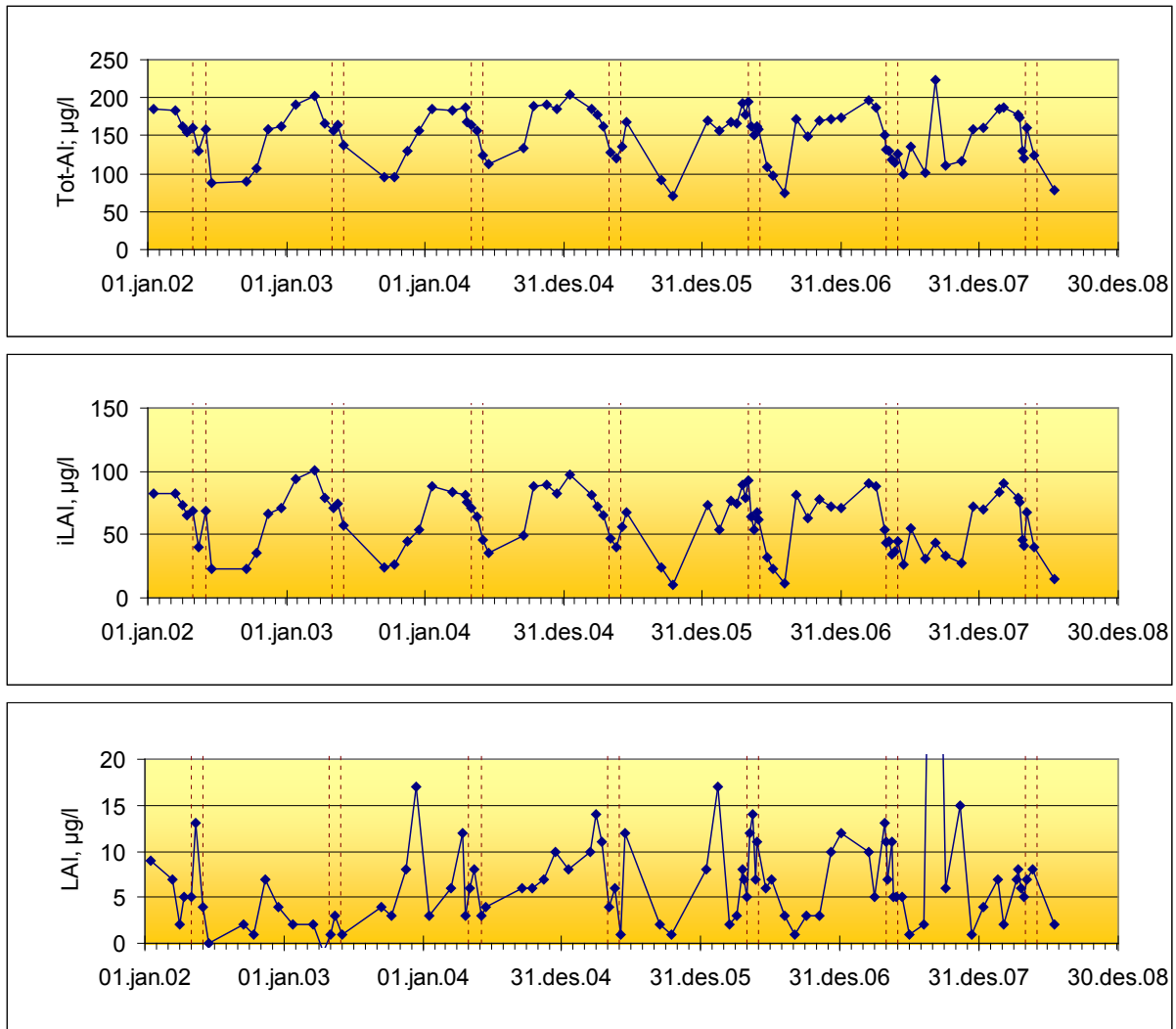


**Figur 24.** Størrelsesfordeling av organisk materiale gjennom forsøksperioden.

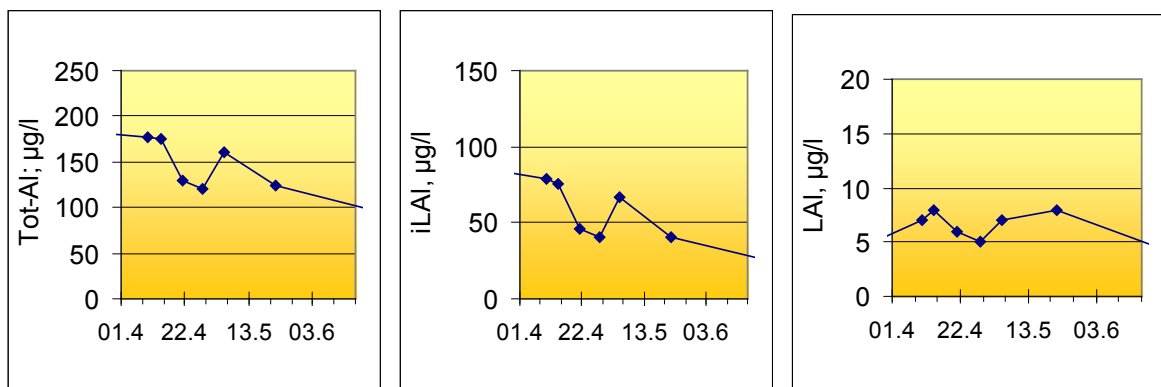
#### 4.4.3 Aluminium; overvåkingsdata

Konsentrasjon av total-Al i Storelva (Nes verk) avtar noe utover våren (**Figur 25a**). Sesongvariasjonen med avtak gjennom våren og økning utover høsten er forventet ut fra de geokjemiske faktorer som styrer mobilisering og transport av Al fra land til vann. Alle prøver tatt i mai ( $n=5$ ) 2008 angir total-Al til verdier mellom 120 og 180  $\mu\text{g Al}\cdot\text{L}^{-1}$ . Denne "stabiliteten" i nivå gjør at det ikke er grunn til å forvente at konsentrasjonen av Al i Storelva avvek vesentlig fra dette nivået i løpet av forsøksperioden i 2008 (**Figur 24**).

Konsentrasjonen av ILAl (bl.a. humusbundet Al) varierte som total-Al (**Figur 25b**). Konsentrasjonen var relativt stabil i forsøksperioden. Konsentrasjonen av LAI i 2008 var  $<10 \mu\text{g Al}\cdot\text{L}^{-1}$  (**Figur 25c**). Dette er lavere enn for 2007 hvor konsentrasjonen var  $>10 \mu\text{g Al}\cdot\text{L}^{-1}$ .



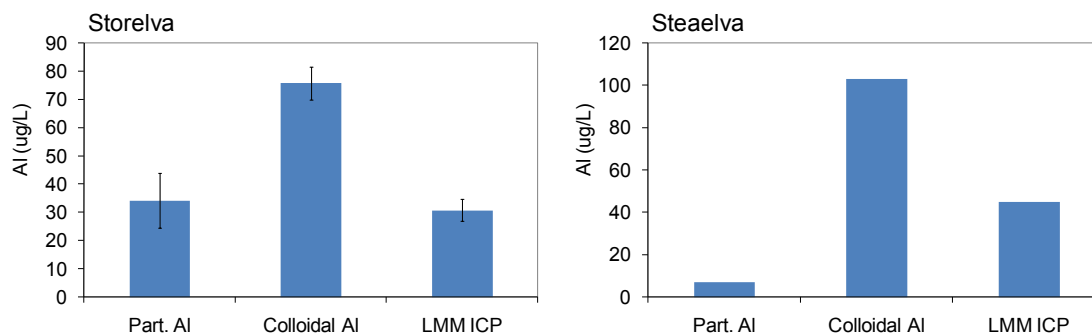
**Figur 25.** Total-Al og fraksjonene iLAI og LAI analysert ved Nes verk i perioden 2003 til 2008.



**Figur 26.** Vannprøver analysert ved Nes verk i perioden april til juni 2007.

## 4.5 Storelva og Steaelva; vannkjemi i 2008

Hovedioner målt i Storelva og Steaelva er vist i henholdsvis **Tabell 10** og **Tabell 11**. Under forsøksperioden våren 2008 økte pH fra 6.4 til 6.8 mot slutten av mai og konsentrasjonen av totalt Al avtok fra 180 til 120  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Basert på størrelsesfraksjonerte prøver forelå 22 % som partikulært Al, 56 % som kolloidalt Al og 22 % som LMM Al (**Tabell 12**). Reduksjonen av Al gjennom forsøksperioden ble hovedsakelig gjenfunnet som mindre partikulært Al gjennom perioden, trolig som følge av redusert vannføring og redusert erosjon av sedimenter. Kolloidalt Al var den dominerende Al fraksjonen, noe som antyder at en betydelig andel av Al er bundet til kolloidalt organisk materiale i Storelva. Konsentrasjonen av Ali var lav (14  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) hvor 9  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  forelå som LMM Ali (**Figur 26**).



**Figur 27.** Fordeling av Al fraksjoner i Storelva gjennom forsøksperioden.

Konsentrasjonene av Al i Steaelva var i samme størrelsesorden som i Storelva, men konsentrasjon av partikulært Al var betydelig lavere og konsentrasjonen av kolloidalt Al høyere (**Tabell 13**). Konsentrasjonen av Ali var også høyere enn i Storelva. Steaelva bidrar således med Al til Songevatn, selv om vannføringen kun er  $\frac{1}{4}$  av Storelva.

Ikke alle former av Al representerer kilde til gjelle akkumulert Al i brakkvann. Variasjon i konsentrasjon og mengdefordeling mellom tilstandsformene innebærer at belastningen i Songevatn vil variere gjennom forsøksperioden. Fra tidligere forsøk er det vist at partikulært og kolloidalt Al bidrar i liten grad til akkumulering av Al på gjeller til fisk i ferskvann, men ved innblanding av sjøvann kan partikulært og kolloidalt Al mobiliseres (spesielt fra organisk kolloidalt materiale) og bidra til gjellereaktivt Al som akkumulerer på gjeller til fisk i brakkvann (Teien et al., 2006). I Storelva har en betydelig andel kolloidalt Al assosiert til organisk materiale, som kan bidra til gjellereaktivt Al ved innblanding av sjøvann. Samtidig vil positivt ladd Al (Ali) som akkumulerer på gjeller til fisk i ferskvann også akkumulere på gjeller til fisk etter innblanding av sjøvann. Konsentrasjonen av Ali i Storelva er lav og bidrar i mindre grad til gjellereaktivt Al i Storelva (se 5.3) og derfor også ved innblanding av sjøvann.



Tabell 10. Vannkjemi målt i Storelva

	10.5.08	11.5.08	12.5.08	13.5.08	14.5.08	20.5.08	21.5.08	22.5.08	Mid P1	Mid P2	Hele perioden
pH	6,52		6,65	6,24	6,43	6,74	6,87	6,67	6,4	6,8	6,5
temp	14,7		14,4	16,5	16,6	14,8	15,3	15,8	15,6	15,3	15,4
kond	27		28	32	29	28	28	29	29,0	28,3	28,7
F	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
Cl	3,2	3,3	3,4		3,3	4,1	3,5		3,3	3,8	3,5
NO3-	0,2	0,2	0,2		0,2	0,2	0,1		0,2	0,1	0,2
SO4	2,5	2,5	2,5		2,5	2,6	2,6		2,5	2,6	2,5
Ca	2,1	2,1	2,4		2,1		2,7	2,5	2,2	2,6	2,3
K	0,4	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3
Na	3,2	2,2	2,3		2,3	2,5	2,4		2,5	2,5	2,5
Si	2,4	2,4	1,9		2,3	1,6	2,0		2,2	1,8	2,1
Si-reaktiv	1,1	1,2	0,9	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	1,1	0,9	1,0
Mg	0,5	0,4	0,4		0,4	0,4	0,4		0,4	0,4	0,4
Fe	0,14	0,15	0,15		0,03	0,10	0,10	0,13	0,1	0,1	0,1
Fell						0,01	0,01	0,02		0,0	0,0

Tabell 11. Vannkjemi målt i Steaelva

	10.5.08	11.5.08	12.5.08	13.5.08	14.5.08	20.5.08	21.5.08	22.5.08	Mid P1	Mid P2	Hele perioden
pH			6,39					6,52	6,4	6,5	6,5
temp			15,7					12,5	15,7	12,5	14,1
kond			24					30	24,0	30,0	27,0
F			0,0					0,0	0,0	0,0	0,0
Cl			3,5					3,8	3,5	3,8	3,7
NO3-N			0,1					0,1	0,1	0,1	0,1
SO4			2,4					2,4	2,4	2,4	2,4
Ca			1,0						1,0		1,0
K			0,2						0,2		0,2
Na			2,3						2,3		2,3
Si			1,8						1,8		1,8
Si-reaktiv			1,0					1,0	1,0	1,0	1,0
Mg			0,4						0,4		0,4
Fe			0,10						0,1		0,1
Fell							0,01			0,0	0,0

Tabell 12 TOC (mg/L) og Al fraksjoner (µg/L) målt i Storelva

	10.5.08	11.5.08	12.5.08	13.5.08	14.5.08	20.5.08	21.5.08	22.5.08	Mid P1	Mid P2	Hele perioden
TOC	4,104	4,111	4,094		3,967	3,976	3,912		4,10	3,94	4,03
Colloidal DOC	2,214	2,16	2,369		2,641	1,869	2,414		2,25	2,14	2,28
LMM DOC	1,89	1,951	1,725		1,326	2,107	1,498		1,86	1,80	1,75
tot Al	157	140	148				115	120	148	117	136
Part. Al	40	39	42				32	18	40	25	34
Colloidal Al	82	68	78					75	76	75	76
LMM Al	35	33	28					27	32	27	31
0.45µm Ala	61	63	52	56	50	46	46	46	58	46	52
0.45 µm Alo	45	42	92	48	42	38	27	40	57	35	47
0.45 µm Ali	16	16	16	8	7	8	19	19	14	15	14
LMM Ali	7	12	5	7	4	8	5	22	8	12	9

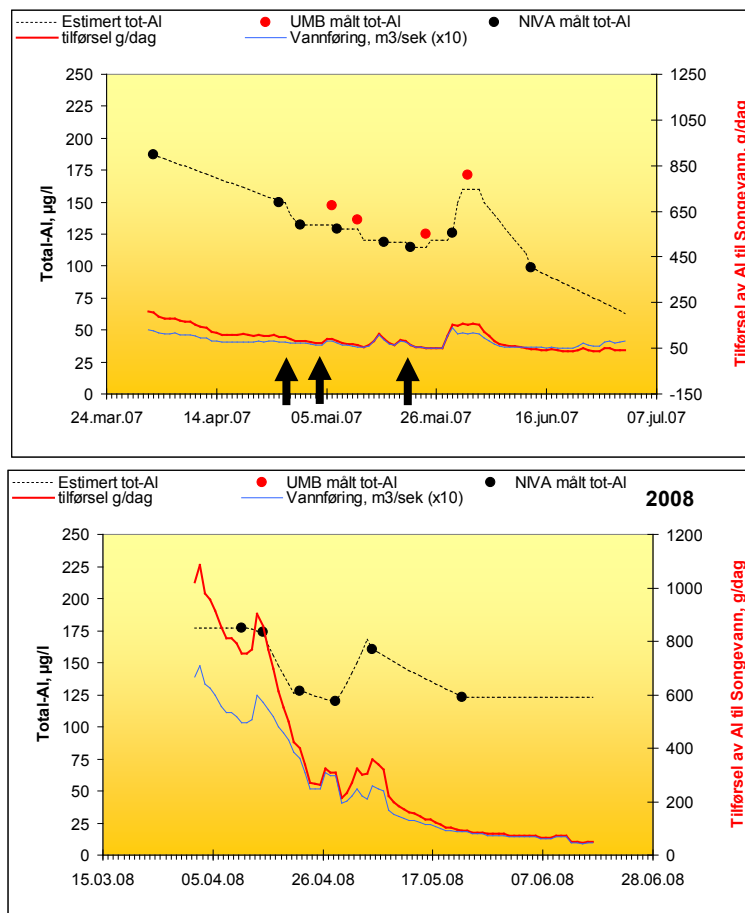
Tabell 13. TOC (mg/L) og Al fraksjoner (µg/L) målt i Steaelva

	10.5.08	11.5.08	12.5.08	13.5.08	14.5.08	20.5.08	21.5.08	22.5.08	Mid P1	Mid P2	Hele perioden
Colloidal DOC			4,8					4,8	4,83	4,76	4,79
LMM DOC			3,1						3,07		3,07
tot Al			1,8						1,76		1,76
Part. Al			155						155		155
Colloidal Al			7						7		7
LMM Al			103						103		103
0.45µm Ala			45						45		45
0.45µm Alo			62					44	62	44	53
0.45µm Ali			29					36	29	36	33
LMM Ali			34					8	34	8	21

#### 4.5.1 Tilførsel av Al til Songevatn våren 2007 og 2008

Basert på konsentrasjonen av total-Al og vannføring kan tilførsel av Al til Songevatn i 2007 og 2008 beregnes (**Figur 27**). Daglig variasjon i konsentrasjonen av total-Al i Storelva ble beregnet ved å interpolere mellom prøvedatoer (målte og estimerte verdier gitt i figuren). Total-Al samvarierte med vannføringen, med økt Al transport under høy vannføring i forhold til lav vannføring.

Foruten bidrag fra Storelva, bidrar også Steaelva med Al til Songevatn. Dette sidevassdraget bidrar med ca. 25 % av vanntilførselen til Songevatn. Elva hadde en total-Al konsentrasjon  $>200 \mu\text{g Al}\cdot\text{L}^{-1}$  eller 30 % mer enn Storelva på 2 tidspunkt i mai. Bidragene fra Steaelva kan således være betydelige til Songevatn. Vi har for lite data (kjemi og vannføring) til at bidraget fra Steaelva kan estimeres.



**Figur 28.** Estimert tilførsel av Al til Songevatn i 2007 og 2008. I figuren er interpolerte og målte total Al verdier (både NIVA og UMB målinger) samt vannføring vist. Piler angir tidspunkt merket smolt ble satt ut.

#### 4.5.2 Konklusjon; vannkjemi i ferskvann

Alle datasettene benyttet i denne undersøkelsen konkluderer med at konsentrasjonen av Al i ferskvann avtok fra tidlig mot slutten av mai. Det var liten forskjell i mengdefordelingen mellom de ulike formene til Al gjennom forsøksperioden. Konsentrasjonen av total-Al i mai 2008 var på om lag samme nivå som i 2007, mens konsentrasjonen av ILAl i mai 2008 var lavere enn i 2007,

## 4.6 Fisk, gjelle-Al, Fe i ferskvann

### 4.6.1 Smoltfella og elv

Gjelle-Al var lav på alle uttak utført i fella fra slutten av april og ut mai (**Tabell 14**). Nivåene var lavere enn nivå hvor skader på smolt er påvist. Det samme gode resultatet ble målt på burfisk eksponert ved henholdsvis Lilleholt og nedstrøms Skjerka. Moderat forhøyde verdier ved Lilleholt 20. mai kan ikke forklares, men bekrefter inntrykket fra tidligere år om at enkeltfisk kan ha forhøyde verdier, uten at denne økningen kan forklares verken med stasjons-spesifikke eller vannkjemiske forhold.

Jerninnholdet på gjellene varierte mellom 250 og 400 µg Fe•g gjelle tv. Dette er ikke nivåer som assosieres med skade. Konsentrasjonen av kopper var lavere enn 2 µg Cu•g gjelle tv, mangan var i området 40 til 90 µg Mn•g gjelle tv. Fisken hadde fra 1 til 25 µg Si•g på gjellene. Dette vil være referanseverdier i forhold til renneforsøkene.

**Tabell 14.** Gjelle Al, jern, mangan og silisium målt på fisk fanget i smoltfella i Storelva i 2008 samt i smolt eksponert i bur ved Lilleholt og nedstrøms Skjerka.

St		Startdato	Prøvedato	Al	Fe	Mn	Si
Lilleholt	Bur	06.mai	18.mai	9.3±2.8	390.6±37	36.5±7.6	6.1±3.1
Lilleholt	Bur	20.mai	28.mai	45.2±19	287.5±72	86.9±35.9	14.2±7.2
Neds. Skjerka	Bur	06.mai	20.mai	10.6±2.3	288.2±18.4	40±8.7	7.1±3.2
Neds. Skjerka	Bur	20.mai	28.mai	12.1±2.8	350.2±56.8	85.9±32.4	9.9±4.1
Strømmen	Felle		29.apr	12.4±4	276.9±71.4	51.4±13.1	0.9±1.5
Strømmen	Felle		13.mai	13.6±3.4	275.6±63.7	55.2±13.8	7.3±2.3
Strømmen	Felle			12.6±5.2	250.2±72.4	44.9±14.1	3.7±3.4
Smoltfelle	Felle		20.mai	14.4±3.3	331±70.5	54.6±28.1	25.7±6.8
Smoltfella	Felle		28.mai	28.9±10.4	394.6±99.9	88.6±38.8	11.5±5.3

### 4.6.2 Konklusjon; fisk i ferskvann

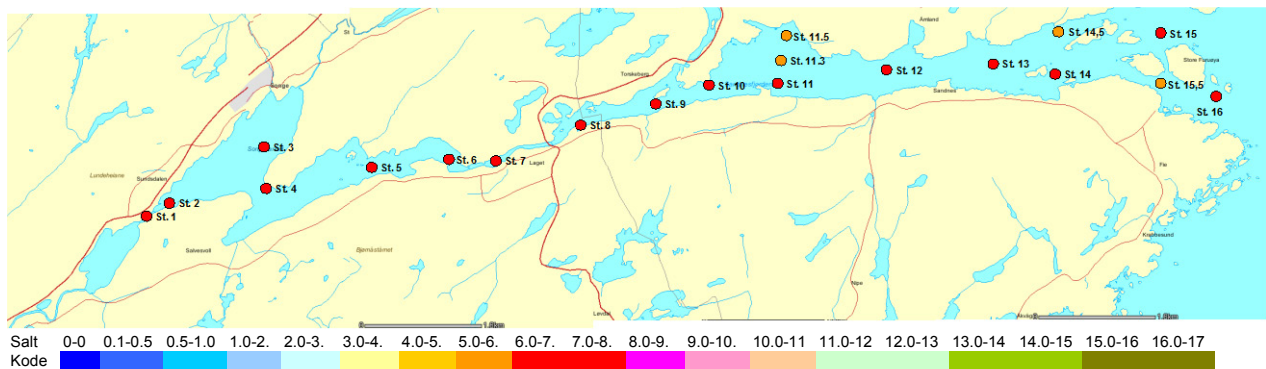
Fisk prøvetatt fra Storelva hadde som tidligere år lave gjelle-Al konsentrasjoner. Verdier for Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase rapporteres separat. Det er ingen grunn ut fra det foreliggende materialet å forvente helseskader på fisken i Storelva.

## 5. Fjord, saltinnhold og kjemi

### 5.1 Saltnivåer

#### 5.1.1 STD data; dybdeplott

STD målinger ble tatt meget regelmessig fra slutten av april og utover juni. Data fra september 2008 presenteres ikke her. Det er laget tids-isoplettplott for hver stasjon for dypene 0 til 3,5 m (**Figur 29**). Disse plottene er benyttet til å tolke endringer i gjelle-Al hos fisk eksponert i bur samt til å vurdere hvilken vannkjemi utvandrende smolt kan ha opplevd. Alle målte datoer har hvit bakgrunn i datofeltet. Saltnivåer for mellomliggende datoer er anslått ved bruk av lineær regresjon mellom datoene. Saltnivåene er fargelagt i henhold til fargeskalaen nedenfor. Figurene er beregnet ut fra det datamaterialet som fremkommer på prøvetidspunktet den aktuelle toktdagen. På stasjon Doknes hvor CTD loggerne ble hengt på fiskeburene, ble det logget salt kontinuerlig på ca 0,3 til 0,5 m dyp (**Figur 31**). Denne loggingen viste at fisk vil ha opplevd betydelig større variasjon i salt enn det vi måler på de enkelte toktdatoene. I fremtiden bør kontinuerlig logging av salt vurderes på hver fiskestasjon. Målestasjonene er angitt i **Figur 28**.

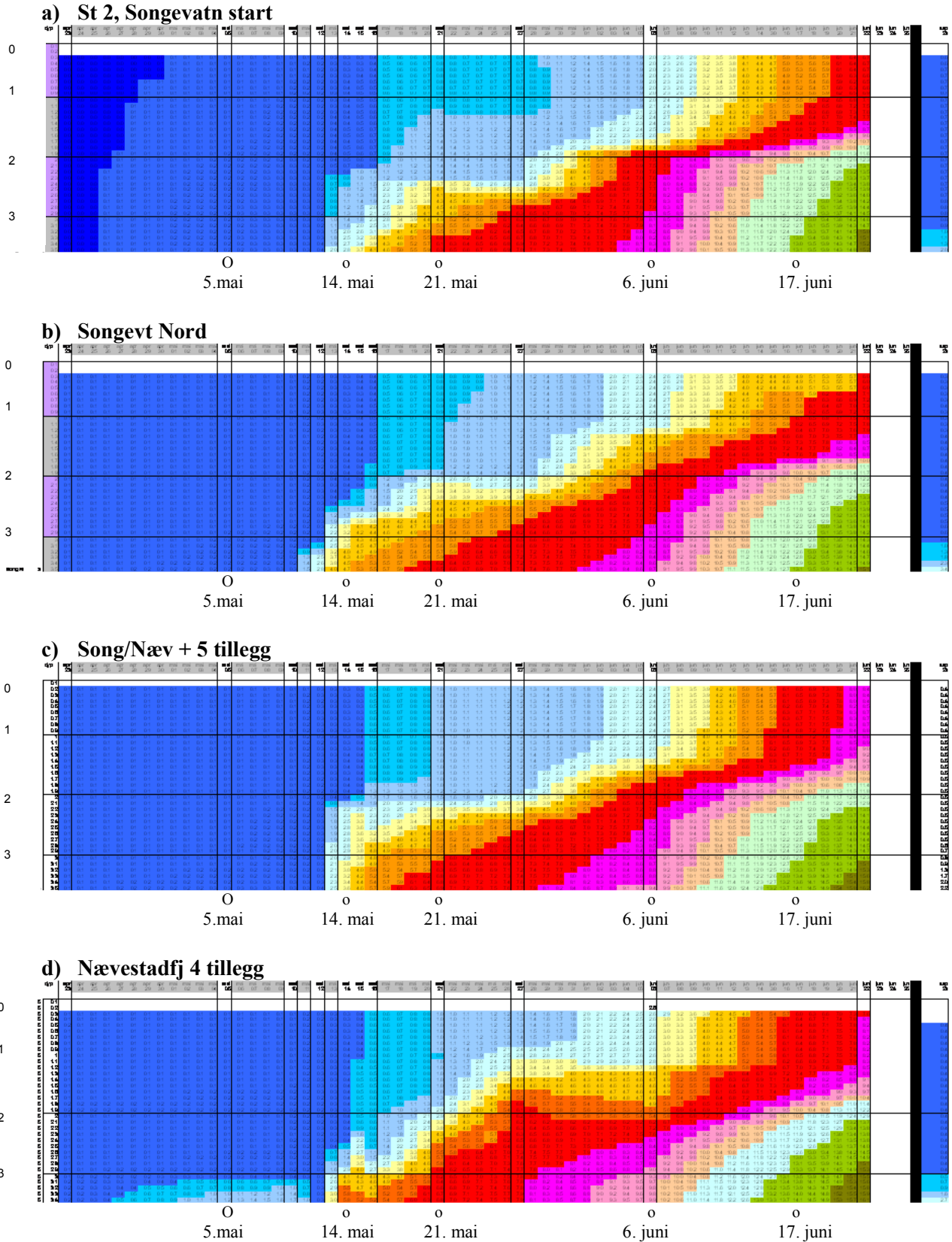


**Figur 29.** Målepunkter for saltprofiler. Saltnivåene er angitt med en fargeskala angitt ovenfor. Kart fra NVE-Atlas.

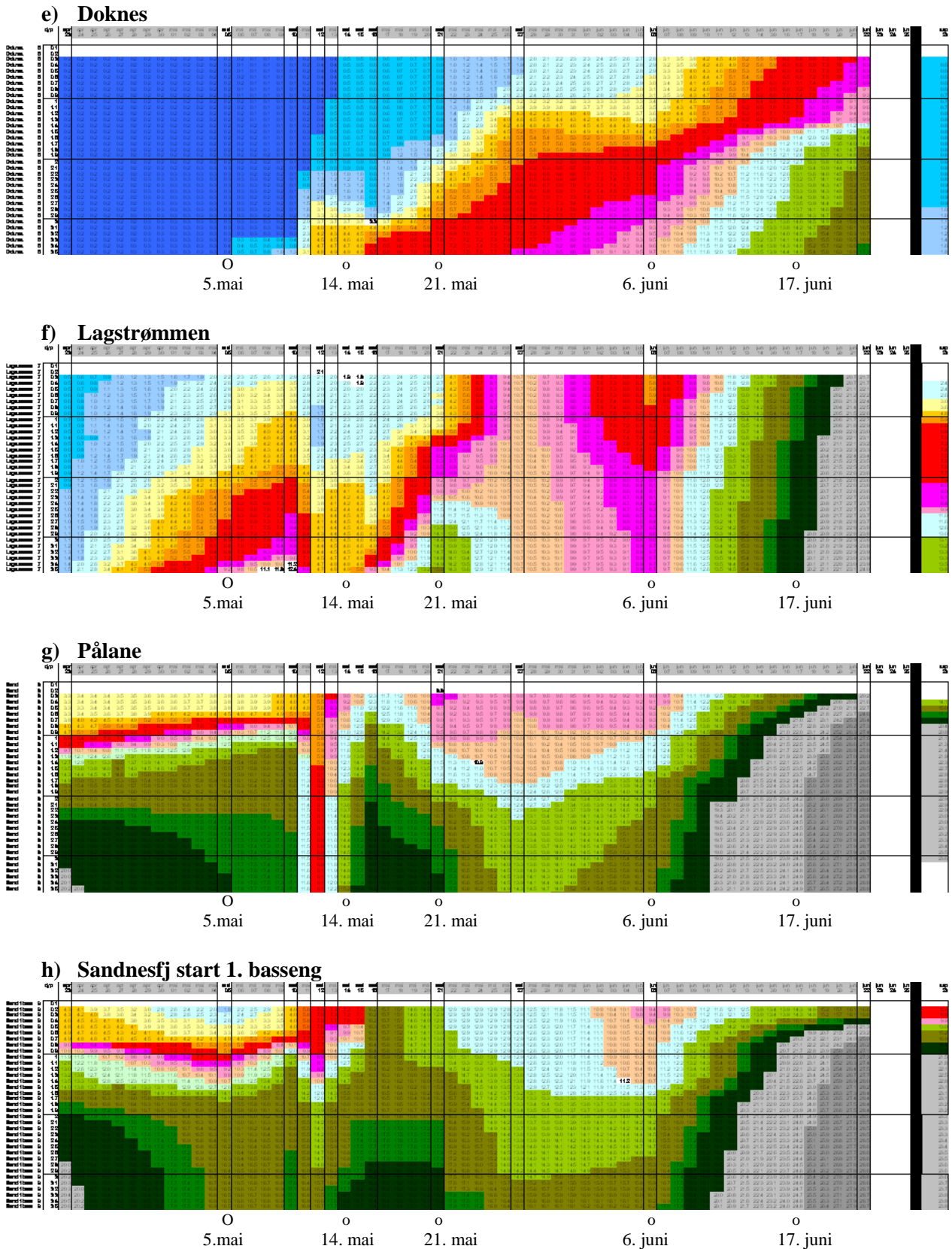
Ferskvann nådde ned til ca 4 m dyp i Songevatn tidlig i mai. Etter hvert som mer og mer salt trengte inn i fjordbassenget, ble det omkring 1. juni etablert en saltgradient på ca. 2 m dyp. Saltnivået passerte 1 promille først i slutten av mai, for så å øke til nivåer > 6 promille mot slutten av juni. Radiomerket smolt ble sluppet 28. til 30. april og 10. til 13. mai. Disse utsettingene foregikk i en periode Songevatn besto av ferskvann.

Hele Songevatn og Nævestadfjorden var dominert av ferskvann fra til ca 20. mai. Etter dette tidspunktet økte saltnivået raskt på alle stasjoner. Innerst i Sandnesfjorden var saltnivået omkring 3 promille tidlig i mai for å øke til nivåer omkring 10 promille fra ca 20. mai. Saltnivået i hele Sandnesfjorden var lavere enn det vi har målt tidligere år.

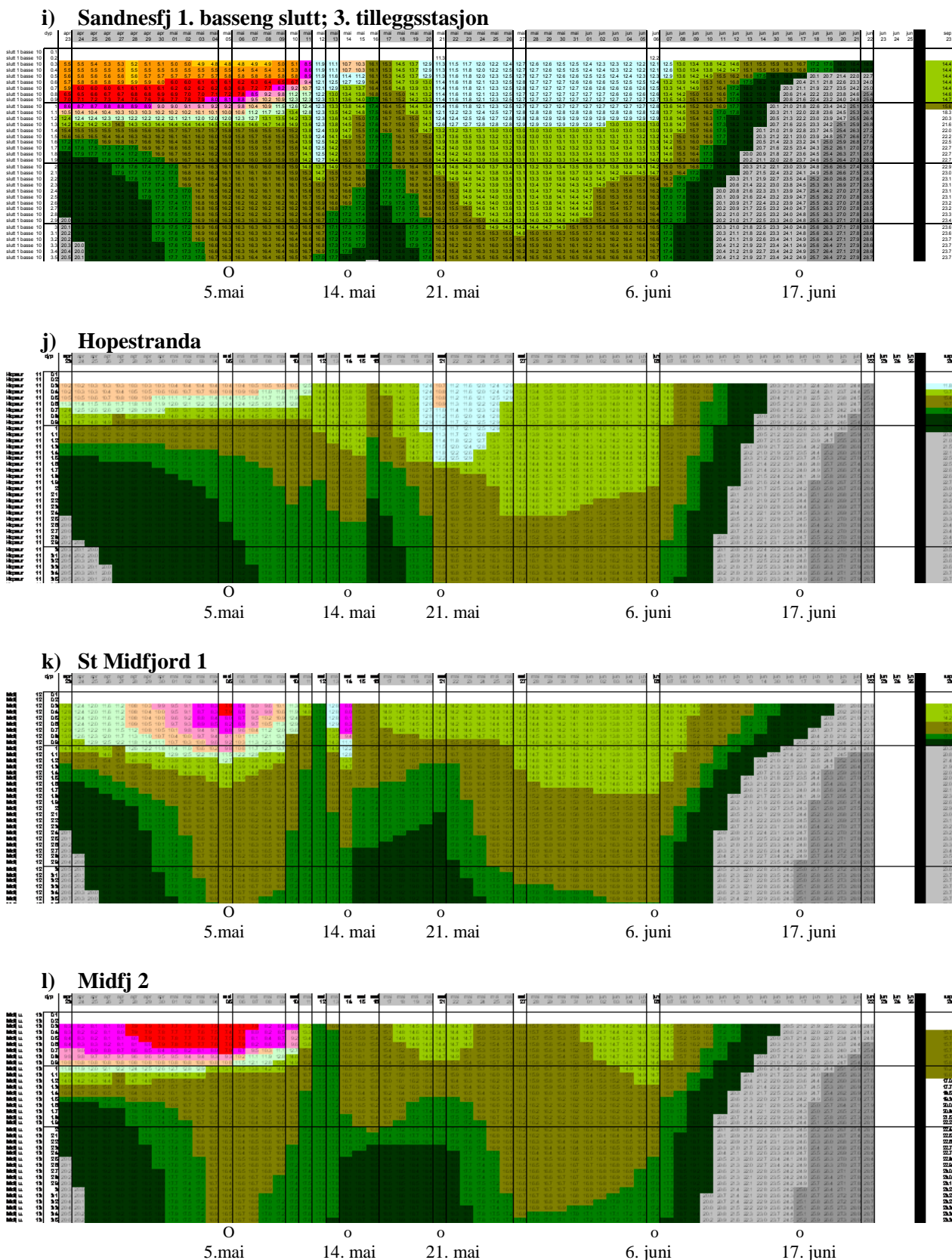




**Figur 30.** Isoplet-diagrammer over endringer i salt fra slutten av mai og inn i juni 2008 for dyp mellom 0 og 3,5 m på alle stasjoner prøvetatt våren 2008. For å forenkle lesing er enkelte dator angitt med punkt nedenfor hver figur. Figuren fortsetter neste side.

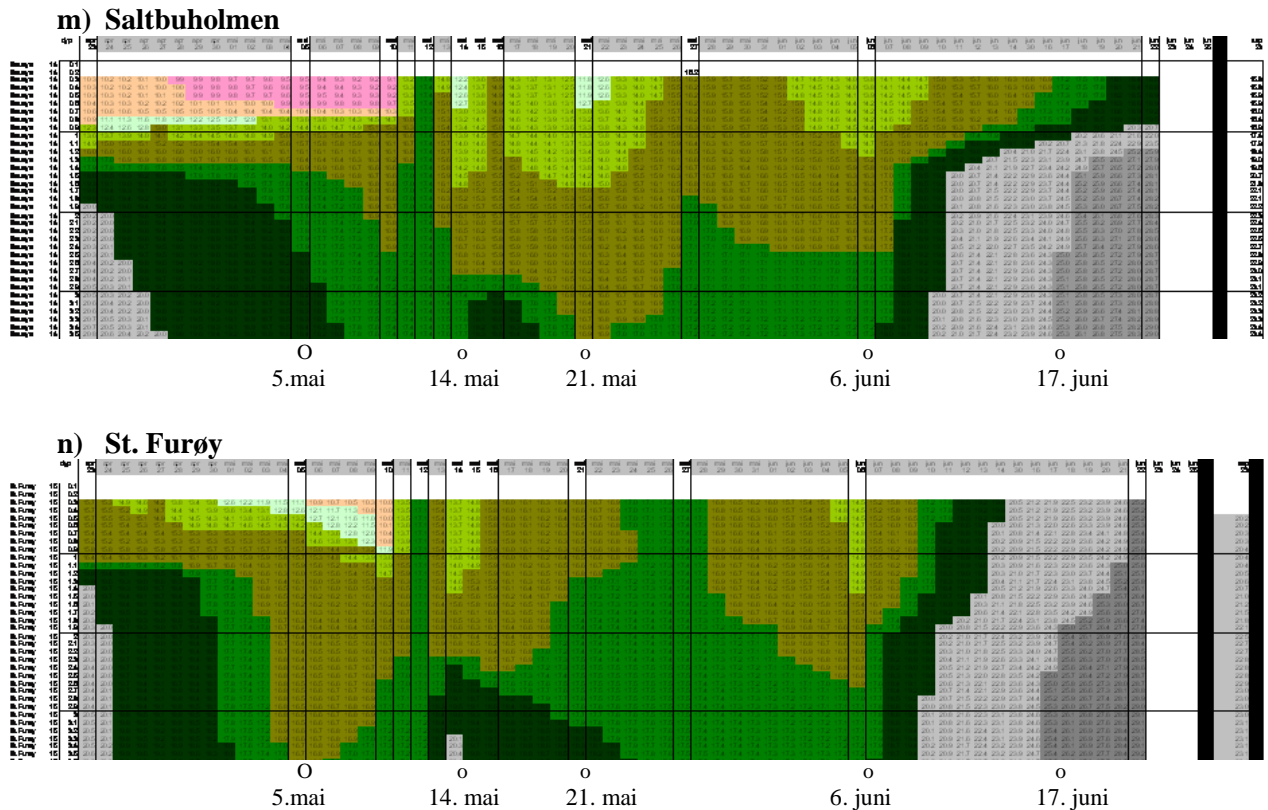


**Figur 30 forts.** Isopleth-diagrammer over endringer i salt fra slutten av mai og inn i juni 2008 for dyp mellom 0 og 3,5 m på alle stasjoner prøvetatt våren 2008. For å forenkle lesing er enkelte datar angitt med punkt nedenfor hver figur. Figuren fortsetter neste side.



**Figur 30 forts.** Isopleth-diagrammer over endringer i salt fra slutten av mai og inn i juni 2008 for dyp mellom 0 og 3,5 m på alle stasjoner prøvetatt våren 2008. For å forenkle lesing er enkelte dator angitt med punkt nedenfor hver figur. Figuren fortsetter neste side.



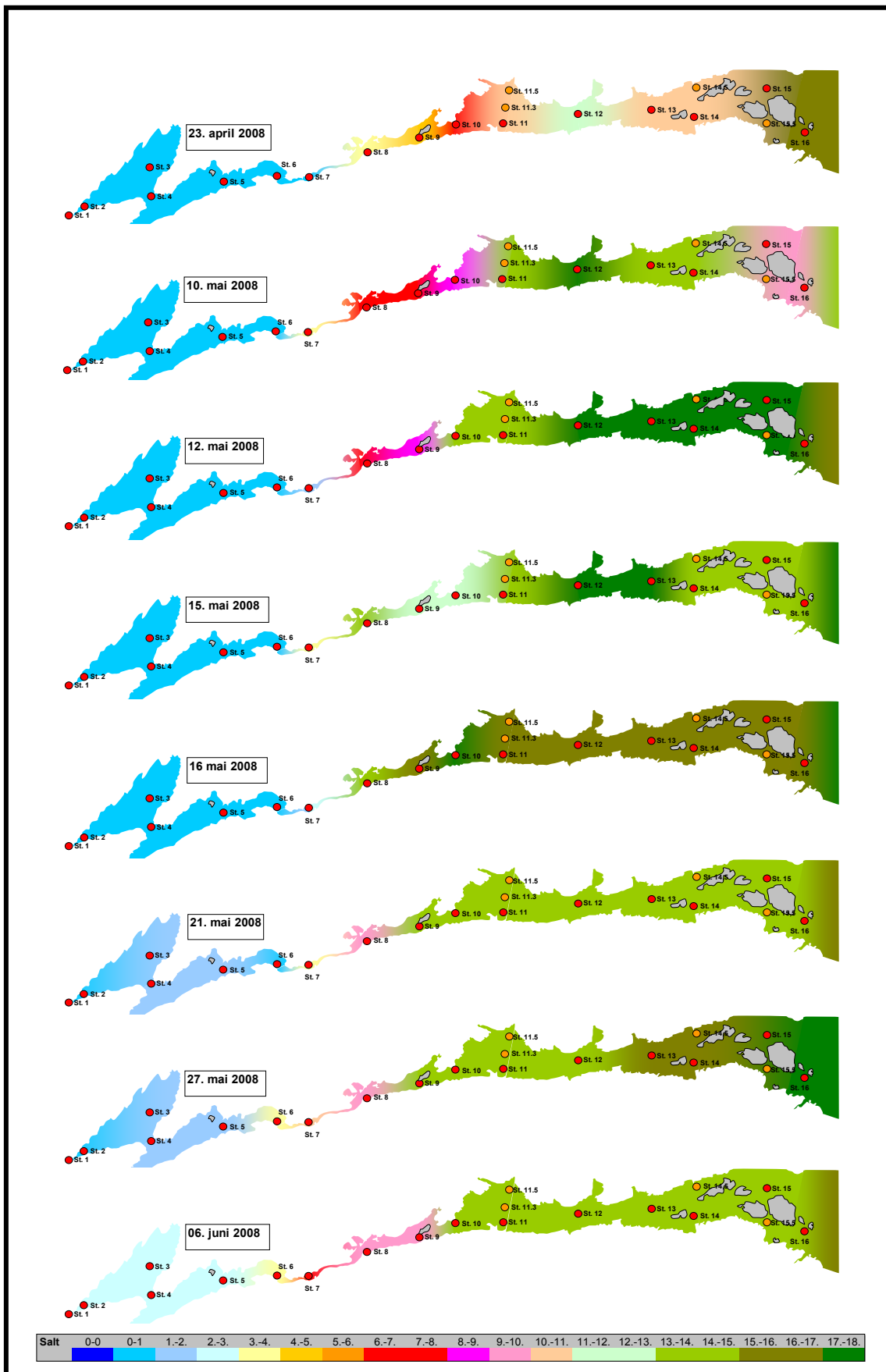


**Figur 30 forts.** Isopleth-diagrammer over endringer i salt fra slutten av mai og inn i juni 2008 for dyp mellom 0 og 3,5 m på alle stasjoner prøvetatt våren 2008. For å forenkle lesing er enkelte dator angitt med punkt nedenfor hver figur.

### 5.1.2 CTD data; isopleter av salt på 0,5 m dyp

For å gi et inntrykk av hvordan saltnivået varierte fra dato til dato i overflata ble det laget isoplethdiagrammer for saltnivå på 0,5 m dyp (**Figur 30**). Nivåene er fargelagt i henhold til en skala gjengitt i **Figur 28**. Fargene vil være riktig for den enkelte prøvestasjon, men endringene mellom stasjonene er basert på en lineær endring i saltnivå.

Mens relativt mer ferskt brakkvann dominerte utenfor Lagstrømmen i slutten av april forflyttet dette saltnivået seg innover og mot Doknesområdet mot slutten av mai. Både dybde-dataene og overflatedataene viser at det inntreffer en endring i hvor saltgradienten øker fra april og til juni. Hvis smolt reagerer negativt på aluminium og salt kan benyttes som surrogat for dose vil det geografiske sted smolten opplevde aluminium ha gått fra starten av Sandnesfjorden tidlig i mai til Doknes/Nævestadfjorden fra midten av mai.



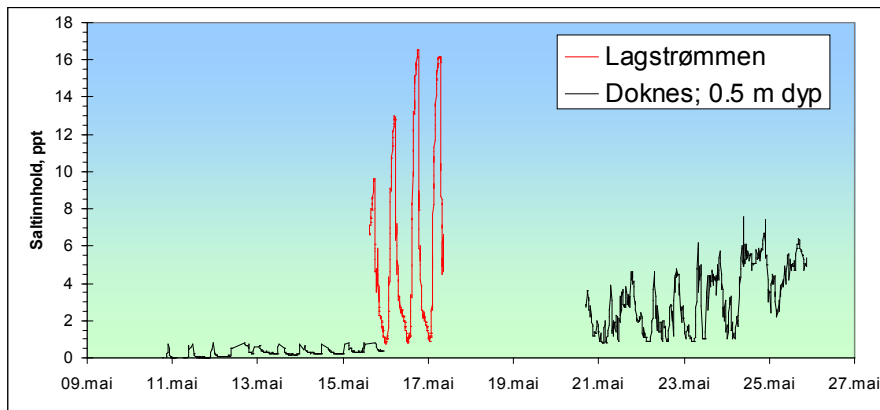
**Figur 31.** Isolinjer for saltinnhold fra Songevatn til Sandnesfjordens utløp på 8 datoer i april til juni 2008.

### 5.1.3 Kontinuerlig saltmåling ved Doknes og Lagstrømmen

Ved Doknes var det kun små variasjoner i saltnivå på 0,5 m dyp fra 11. til 16. mai (**Figur 31**). Saltnivået varierte daglig mellom 0,1 og 0,9 ppt. Etter 21. mai var bildet endret og det var til dels store variasjoner i salt på dette dypet. Mens minimums-nivåene var ned mot 1 ppt fram til 24. mai, var maks-nivået økende gjennom perioden fra nivåer omkring 3 ppt 21. mai til nivåer omkring 6 ppt 26. mai. Denne endringen i saltinnslag skyldes endringer i vannføring fra Storelva.

Loggeren ble plassert ved Strømmen i Lagstrømmen i perioden 15. til 17. mai. Denne loggeren sto fast på bunnen på ca 1 m dyp. Målingene viser stor variasjon i saltnivå på denne dybden. Samme variasjon ble ikke fanget opp ved Doknes. Dette kan skyldes at det saltere vannet sank ned i Nævestadfjorden og er kilden til saltøkningen som påvises i hele det indre fjordsystemet utover mai.

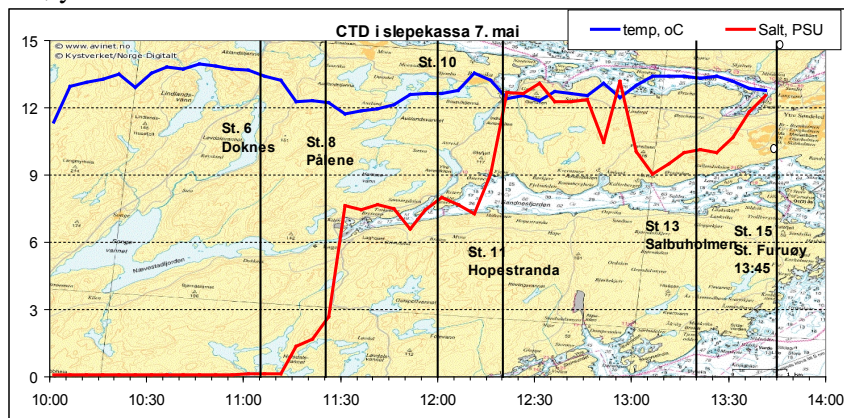
Begge loggstasjonene viser at det kan ha vært betydelig døgnvariasjon i saltnivå på enkelte stasjoner. Det bør derfor utføres kontinuerlig logging av salt på flere stasjoner for å påvise denne daglige variasjonen i saltnivå.



**Figur 32.** WTW logger plassert ved Doknes (8sort strek) eller ved Strømmen i Lagstrømmen i mai 2008.

### 5.1.4 STD målinger Sleppe

STD sonden ble plassert i slepekassen 7. mai. Denne logget temperatur og salt på 0.7 m dyp (**Figur 32**). Saltnivået økte først når man kom til Lagstrømmen (ca 6 ppt) for å øke ytterligere i starten av Sandnesfjorden (12 ppt). Deretter avtok nivået til verdier i området 9 til 10 ppt før saltinnholdet igjen økte mot Store Furøy.



**Figur 33.** STD logget salt (rød strek) og temperatur (blå strek) under smoltslepet utført 7. mai. Kartet illustrerer sånn ca hvor endringene i saltnivåer inntraff.



## 5.2 Fjordkjemi

### 5.2.1 Sammenhenger mellom saltinnhold og Al

Kilden til Al i brakkvannet er ferskvannet. Konsentrasjonen av Al i utløpet av fjorden (St.Furøy) var 15 % av det som ble målt i tilført ferskvann (Storelva og Steaelva) 12 mai. Innblanding av saltvann resulterer således i en fortykning av Al fra elva. Al-konsentrasjonen i brakkvann avtar lineært med økende saltholdighet (**Figur 33.**). Dette er observert alle år. I 2008 kan vi ikke utelukke at deler av Sandnesfjorden også var påvirket av ferskvann fra andre vassdrag nord for Risør.

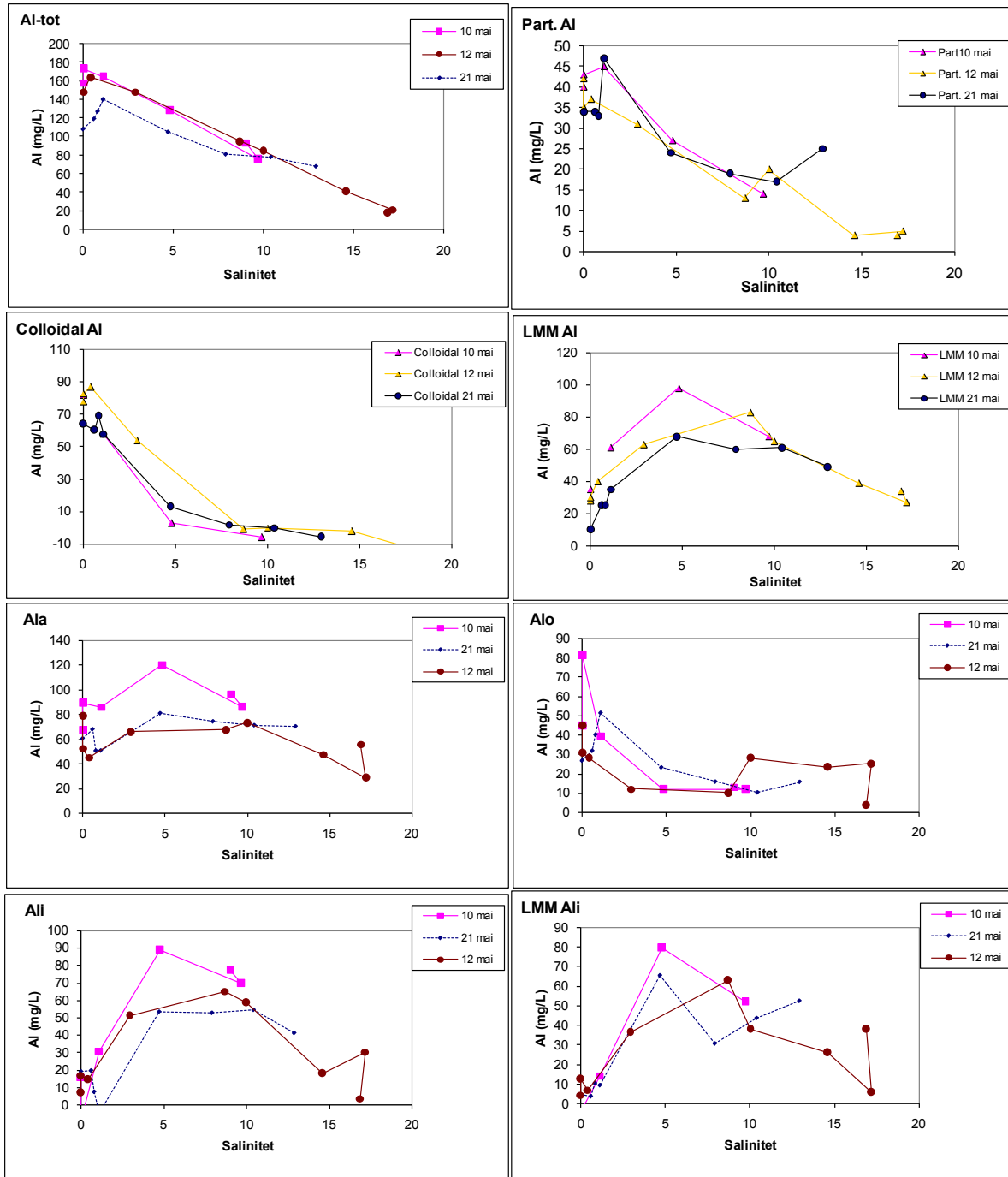
Prøver tatt 21. mai 2008 skiller seg ut fra prøver innsamlet tidligere ved at Al konsentrasjonen øker ved økende salinitet fra 0 til 1 ppt. Dette skyldes redusert konsentrasjon av Al i elvevannet 21. mai i forhold til tidligere i mai og at vann i fjordsystemet har lang oppholdstid slik at Al i fjorden gjenspeiler Al konsentrasjonene som forelå på et tidligere i elvevannet. 2008 skiller seg ikke fra 2007 mhp fortykning ved økende sjøvannsinnblanding. Partikulært Al avtar også lineært med økende innblanding av sjøvann. Resultatene indikerer således at konsentrasjonen av partikulært Al er styrt av fortykning og bidrar lite til andre Al tilstandsformer i brakkvannet (**Figur 34a**)

I fjordsystemet avtar konsentrasjonen av kolloidalt Al mer enn det fortykning skal tilsi (**Figur 34b**). Samtidig øker konsentrasjonen av LMM Al til tross for at konsentrasjonen av totalt Al avtar. Resultater viser at det er en endring i størrelsesfordelingen av Al-tilstandsformer i fjordsystemet sett i forhold til ferskvannet og at det er en økende fraksjon av LMM Al til >80 % av Al. Al assosiert med kolloidalt materiale transformeres til LMM Al tilstandsformer etter innblanding av sjøvann (**Figur 35**). I ferskvannet foreligger en betydelig andel av kolloidalt Al assosiert til organisk materiale. Økt konsentrasjon av LMM Al kan være et resultat av at Al reversibelt assosiert med kolloidalt materiale (organisk) mobiliseres etter innblanding av sjøvann og ionebytting med Ca, Mg og Na. Dette er i samsvar med tidligere observerte Al-transformasjoner ved innblanding av sjøvann i ferskvann (Teien et al., 2006).

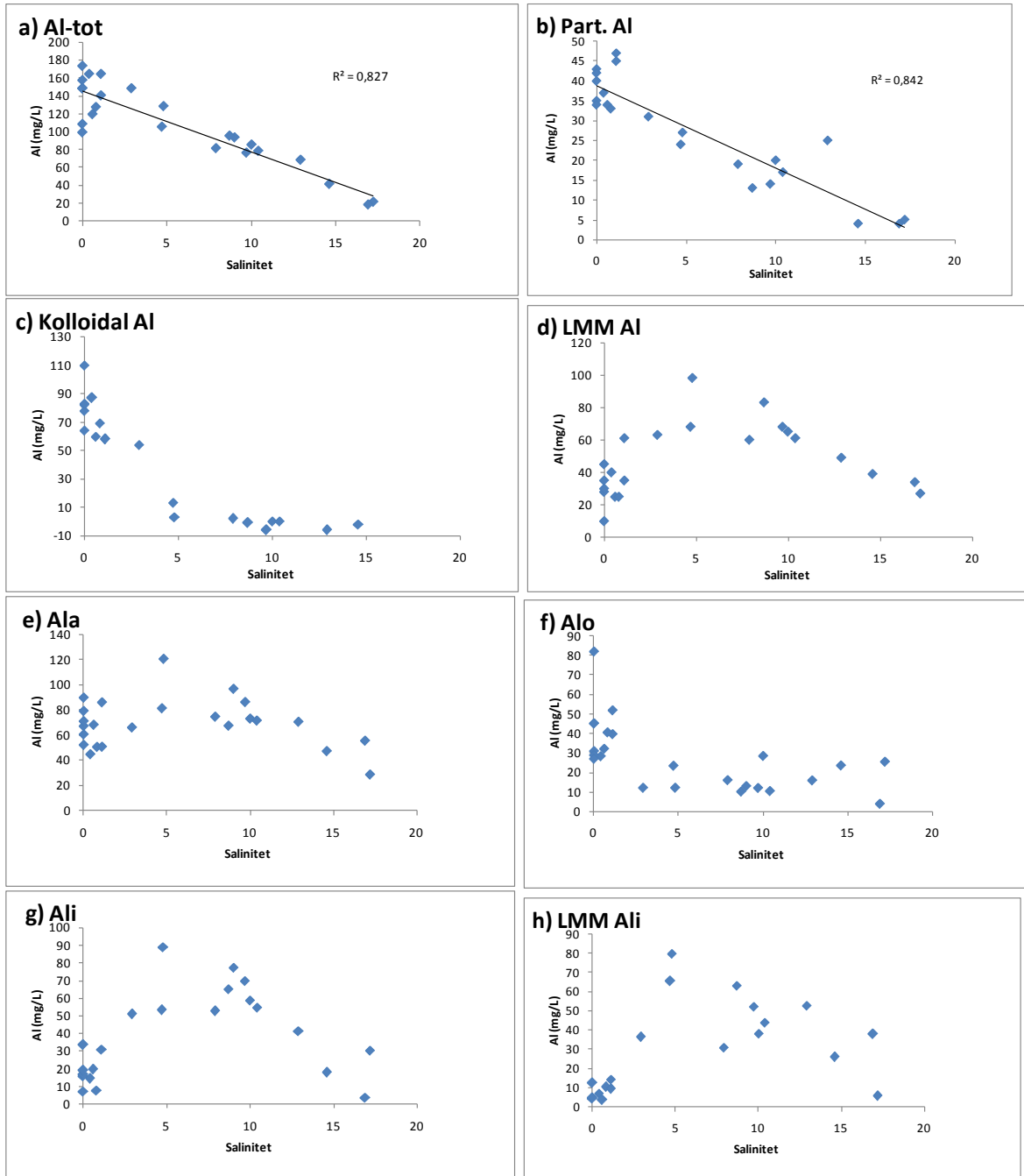
Konsentrasjonen av Ali økte også etter innblanding av sjøvann og den totale konsentrasjonen av Alo avtok etter innblanding av sjøvann. Al assosiert med organisk materiale vil i liten grad bli sittende i en ionebytter og vil derfor inngå i Alo fraksjonen. Resultater viser at reaktiviteten til Al-tilstandsformene endres etter innblanding av sjøvann og konsentrasjonen av Al som er reaktivt for en ionebytter (Ali, positivt ladd) øker i brakkvannet. Konsentrasjonen av Ali økte med økende innblanding av sjøvann fra 0 til 5 ppt, var høyest i vann med salinitet 5-10 ppt og konsentrasjonen av Ali avtok med ytterligere økende innblanding av sjøvann fra 10 til 17 ppt, mens økt konsentrasjon av Ali i vannet forklares med redusert konsentrasjon av Alo.

Konsentrasjonen av LMM Ali øker tilsvarende som totalt Ali med økende salinitet fra 0 til 5 ppt. Dette antyder at økningen i totalt Ali skyldes økning i LMM Ali. Konsentrasjonen av LMM Ali er høyest i brakkvann med salinitet 5-10 ppt, og avtar raskt med økende salinitet i vannet fra 10 til 17 ppt.

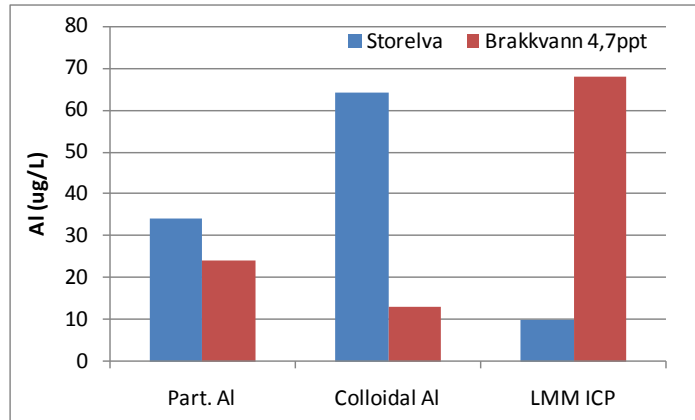
Resultatene indikerer at partikulært Al avtar som følge av fortykning med sjøvann og at Al assosiert med partikulært materiale i liten grad er assosiert med organisk materiale siden konsentrasjonen av partikulært organisk materiale er svært lav. Al assosiert med kolloidalt materiale i Storelva består trolig av en betydelig andel Al assosiert med organisk materiale. Al assosiert med kolloidalt materiale mobiliseres ved innblanding av sjøvann og det er en økende mobilisering med økende konsentrasjon av basekationer i brakkvannet som bidrar til økende ionebytting av Al assosiert med det elvetransportert kolloidale materialet. Mobilisering av Al reversibelt bundet til kolloidalt uorganisk og organisk materiale bidrar til økt konsentrasjon av LMM Ali som har en positiv ladning (reaktivt for ionebytter Chelex 100).



**Figur 34.** Variasjon i konsentrasjonen av Al fraksjoner i brakkvann med økende salinitet basert på tre tidspunkt for innsamling våren 2008. A) totalt Al, B) partikulært Al, C) kolloidalt Al, D) LMM Al, E) Ala, F) Alo, G) totalt Ali og F) LMM Ali.



**Figur 35.** Variasjon i konsentrasjonen av Al fraksjoner i brakkvann med økende salinitet basert på alle prøver innsamlet våren 2007. A) totalt Al, B) partikulært Al, C) kolloidalt Al, D) LMM Al, E) Ala, F) Alo, G) totalt Ali og H) LMM Ali.



**Figur 36.** Konsentrasjonen av partikulært, kolloidalt og LMM Al i Storelva og på en gitt lokalitet i fjordsystemet. Endring i fordeling skyldes transformering av Al mellom ulike tilstandsformer.

### 5.3 Gjelle-Al, -Fe verdier i brakkvann

Smolt ble plassert ut i eksponeringsbur som tidligere år. I år ble det på flere stasjoner satt ut fisk på 0,3-0,7 og på 1,0-1,4 m dyp. Det var betydelig forskjell i akkumuleringer over tid på enkelte stasjoner (**Tabell 15**).

**5. tillegg Songevatn:** Konsentrasjonene var lave fram til 18. mai. Mellom 18. og 21. mai økte konsentrasjonen på begge dyp noe. Mellom 21. og 27. mai var det en kraftig økning i konsentrasjon. Dette samsvarer med inntrenging av salt til området. Det var kun fisk på begge dypene på de første uttakene. Det var tendenser til høyere konsentrasjoner på 1 m dypet enn på 0,3 m dypet.

**4. tillegg Nævestadfjorden:** Konsentrasjonene var lave fram til 18. mai. Mellom 18. og 21. mai økte konsentrasjonen på begge dyp noe. Mellom 21. og 27. mai var det en kraftig økning i konsentrasjon. Dette samsvarer med inntrenging av salt til området. Det var kun fisk på begge dypene på de første uttakene. Det var tendenser til høyere konsentrasjoner på 1 m dypet enn på 0,3 m dypet.

**Doknes:** Det var tydelige forskjeller i konsentrasjon med dyp. Fisk på 0,3 m dypet hadde til dels betydelig lavere konsentrasjoner enn fisken som sto på 1 m dypet. I overflata var konsentrasjonene lave fram til 21. mai. Mellom 21. og 27. mai økte konsentrasjonen kraftig. På 1 m dypet var endringene som i overflata, men nivåene var betydelig høyere.

**Strandane Lagstrømmen:** Det var høye verdier både 12. og 18. mai.

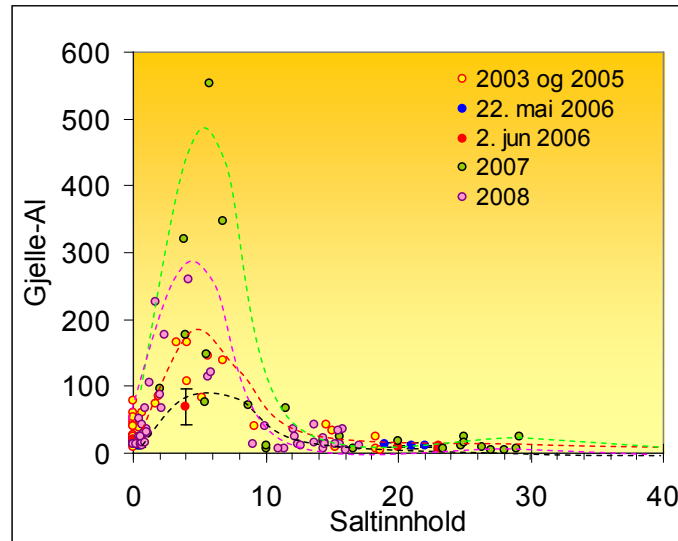
**Pålene:** Mens det i Songevatn og Nævestadfjorden var høyere gjelle-Al på 1 m dyp enn i overflata var dette mindre klart ved Pålene. Det var høye konsentrasjoner av gjelle-Al 12. mai. Konsentrasjonen økte på 0,3 m til 18. mai, men avtok betydelig på 1 m dypet. Den 21. og 28. mai ble det kun tatt prøver fra 0,3 m dypet. Nivåene da var fra lave til moderate. Resultatet tyder på at vannkvaliteten ved Pålene ble mindre belastende utover perioden.

**Sandnesfjorden 1. basseng; 3. tillegg:** Alle gjelle-Al verdier var lave. Dette antyder en kraftig endring i vannkjemi fra Pålene til denne stasjonen, eller over en avstand på under 1,5 km.

**Hopestranda:** Det ble målt noe høyere verdier ved Hopestranda en på 3. tillegg. Dette var særlig merkbart 1 m dypet. Prøver tatt i overflata var alltid lave. Denne endringen kan ikke tilskrives en kontaminering, men kan skyldes strømningsforholdene.

**Sandnes Camping og Store Furøy:** Verdiene var lave.

Det var en klar sammenheng mellom saltnivå og gjelle-Al basert på fisk prøvetatt i bur (**Figur 41**). Konsentrasjonen på gjellene synes å øke når saltnivået øker forbi 1 ppt, for å nå høye verdier i saltområdet 2 til 6 ppt for så å avta når saltnivået øker mot 10 ppt. Ved 15 ‰ kunne Al fortsatt akkumuleres, men nivåene her var klart lavere enn ved 10 ‰.

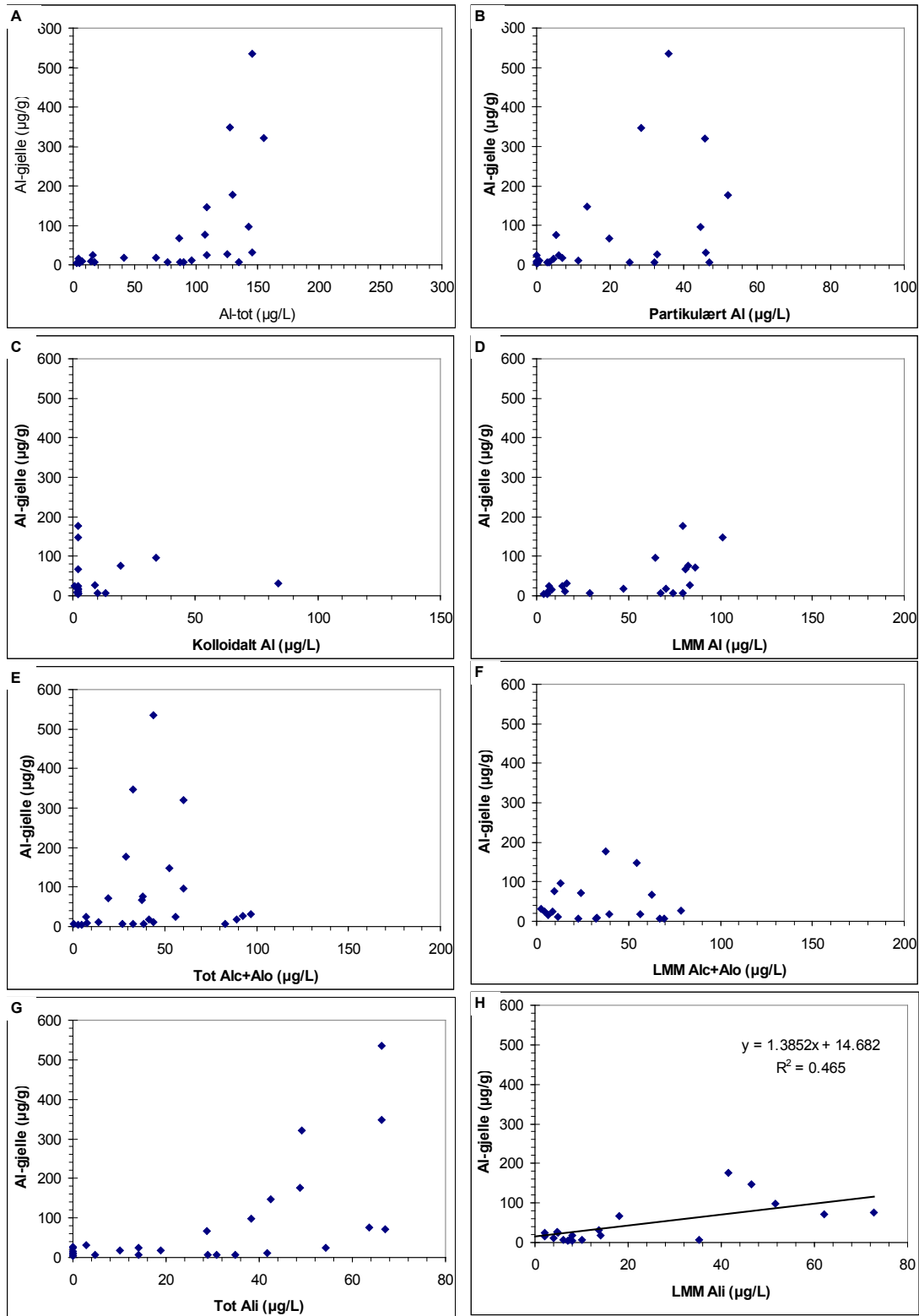


**Figur 37.** Øverst: Gjelle-Al plottet mot saltinnhold på burstasjonene: Data for alle år.

Det er en varierende sammenheng mellom konsentrasjonen av Al tilstandsformer og Al konsentrasjon i gjeller hos fisk (**Figur 37**). Det er ingen sammenheng mellom konsentrasjonen av partikulært Al, kolloidalt Al, totalt Alo og LMM Alo i vann og konsentrasjonen av Al i gjeller hos fisk. Det er en eksponentiell sammenheng mellom totalt Al ( $R^2=0.42$ ), LMM Al ( $R^2=0.28$ ), totalt Ali ( $R^2=0.49$ ) og LMM Ali ( $R^2=0.46$ ) i vann og Al i gjeller hos fisk (**Figur 38**). Konsentrasjonen av totalt Al var høyest i ferskvannet hvor Al-gjelle konsentrasjonen var lav. Tatt i betraktning at den totale Al konsentrasjonen avtar med fortykning av sjøvann, mens konsentrasjonen av Al i gjeller øker etter innblanding av sjøvann er total Al konsentrasjon i vannet ingen god forklaring på avsetning av Al på gjeller til fisk. Avsetningen av Al på gjeller var høyest i de vannkvalitetene hvor konsentrasjonen av LMM Ali var høyest. Konsentrasjonen av LMM Ali i vannet avtok raskt ved økning av salinitet fra 10 til 15 ppt (**Figur 36**). Det samme gjorde Al konsentrasjonen i gjeller hos fisk (**Figur 38**). Det er imidlertid enkelte punkt som skiller seg ut fra sammenhengen mellom Ali i vann og Al på gjeller til fisk (**Figur 38b**). Felles for disse uteliggerne er at dette er prøver fra stasjoner som ligger i et stykke ut i fjorden (Doknes-Hopestranda), mens de som har høyere Al-avsetninger på gjeller ved samme salinitet er lokalisert innerst i fjordsystemet med mer direkte innblanding av sjøvann i elvevannet. Sammenheng mellom konsentrasjonen av Ali i vann og Al på gjeller til fisk er avvikende på stasjoner ved Doknes/Hopestranda kan skyldes at disse er påvirket av gradvis innblanding av sjøvann (lang oppholdstid ved lav salinitet) i forhold til mer direkte innblanding til samme salinitet innerst i fjordsystemet. Samtidig så innvirker følgende faktorer:

- Vannkvaliteten endres mye gjennom døgnet pga flo og fjære og det er vanskelig å få informasjon om Al belastningen basert på vannkjemisk karakterisering.
- Gjelle-Al var i ulikevekt med vannkjemien
- Ikke alle former av LMM Ali er like gjellereaktive

Slike avvik må forventes i dynamiske systemer.



**Figur 38.** Sammenheng mellom konsentrasjon av Al-tilstandsform og konsentrasjon av Al i gjeller hos fisk i vannet på burstasjonene i 2008. A) totalt Al, B) partikulært Al, C) kolloidalt Al, D) LMM Al, E) totalt Alc+Alo, F) LMM Alc +Alo, G) Totalt Ali og H) LMM Ali. Figur C,D,F og H mangler inkluderer ikke data fra 1 juni da det ikke ble utført Al fraksjonering med ultrafilter den dagen.



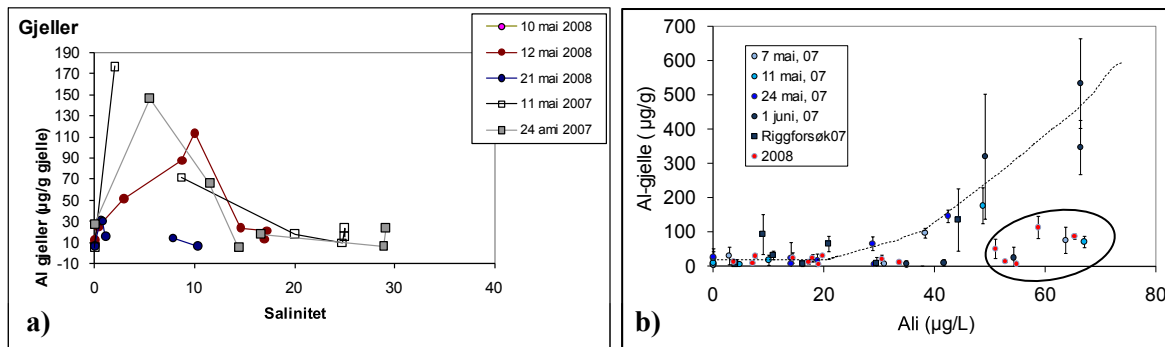
**Tabell 15.** Gjelle-Al og gjelle-Fe verdier målt på smolt eksponert i bur i Songevatn, Nævestadfjorden og Sandnesfjorden. I tabellen er utsetnings- og prøvetidspunkt angitt samt eksponeringstid. Samtidig er saltnivåer målt under prøvetakingen angitt. Avkoding av konsentrasjonsgrensene er gitt nederst i tabellen. Sammenhenger mellom målinger og endringer i saltnivå er illustrert i **Figur 42**.

St	dyp	Startdato	Prøvedato	Exp.tid	Salt	Al	Fe
Smoltfella	felle		29.apr.08	0.0	0	12.4±4.0	276.9±71.4
Smoltfella	felle			0.0	0	12.6±5.2	250.2±72.4
Smoltfella	felle		13.mai.08	0.0	0,2	13.6±3.4	275.6±63.7
Smoltfelle	felle	20.mai.08	20.mai.08	0.0	0,6	14.4±3.3	331±70.5
Smoltfella	felle		28.mai.08	0.0	0,8	28.9±10.4	394.6±99.9
<b>5 tillegg Songevn</b>	0.3	14.mai.08	18.mai.08	100.2	0,7	19.3±12.8	345.1±136.2
<b>5 tillegg Songevn</b>	1	14.mai.08	18.mai.08	100.2	0,8	28.0±14.1	424.2±165.3
<b>5 tillegg Songevn</b>	0	14.mai.08	21.mai.08	154.5	1,0	30.9±2.2	419.8±71.7
<b>5 tillegg Songevn</b>	1	14.mai.08	21.mai.08	154.5	1,0	36.6±4.9	389.7±73.3
<b>5 tillegg Songevn</b>	0.3	21.mai.08	27.mai.08	125.5	1,2	104.8±30.4	455.8±110.5
<b>4 tillegg Nævestad</b>	0.3	14.mai.08	18.mai.08	99.7	0,7	10.6±8.5	387.5±79.1
<b>4 tillegg Nævestad</b>	1	14.mai.08	18.mai.08	99.7	0,7	16.1±15.0	264.5±41
<b>4 tillegg Nævestad</b>	0.3	14.mai.08	21.mai.08	154.5	1,1	30.2±5.9	414.4±123
<b>4 tillegg Nævestad</b>	1	14.mai.08	21.mai.08	154.5	1,0	31.4±13.5	367.9±57.4
<b>4 tillegg Nævestad</b>	0.3	21.mai.08	27.mai.08	125.5	1,7	225.7±154.2	<b>609.1±179</b>
<b>Doknes</b>	0.3	07.mai.08	12.mai.08	107.0	0,4	24.9±14.7	<b>540±235.1</b>
<b>Doknes</b>	1.0	07.mai.08	12.mai.08	107.0	0,4	51.6±28.0	472.6±65.6
<b>Doknes</b>	0.3	07.mai.08	18.mai.08	267.8	0,6	23.6±7.2	339.7±80.1
<b>Doknes</b>	1	07.mai.08	18.mai.08	267.8	0,7	43.6±20.9	348±63.6
<b>Doknes</b>	0.3	07.mai.08	21.mai.08	323.0	0,9	15.9±1.9	<b>400±109.5</b>
<b>Doknes</b>	1	20.mai.08	21.mai.08	176.5	0,9	66.8±11.1	269.6±55
<b>Doknes</b>	0.3	20.mai.08	27.mai.08	152.5	2,1	66.7±37.2	350±56.5
<b>Doknes</b>	1	20.mai.08	27.mai.08	152.5	4,2	260.1±71.5	<b>467.7±146.6</b>
<b>Strandane flytebrygge</b>	0.2	07.mai.08	12.mai.08	107.0	2,0	87.9±7.9	<b>455.8±167.1</b>
<b>Strandane flytebrygge</b>	0	07.mai.08	18.mai.08	267.5	2,4	176.8±68.6	367.7±50.6
<b>Pålene</b>	0.3	07.mai.08	12.mai.08	107.0	5,6	113.8±32.1	390.2±122.5
<b>Pålene</b>	1.0	07.mai.08	12.mai.08	107.0	5,9	121.2±36.7	396.6±38.1
<b>Pålene</b>	0.3	07.mai.08	18.mai.08	267.0	12,1	152.2±24.8	343.8±163.8
<b>Pålene</b>	1	07.mai.08	18.mai.08	267.0	13,7	41.6±17.7	388.4±67
<b>Pålene</b>	0.3	07.mai.08	21.mai.08	323.0	9,0	14.3±2.5	373.8±50.1
<b>Pålene</b>	0.3	20.mai.08	27.mai.08	152.5	9,9	39.2±20.6	<b>509±24.1</b>

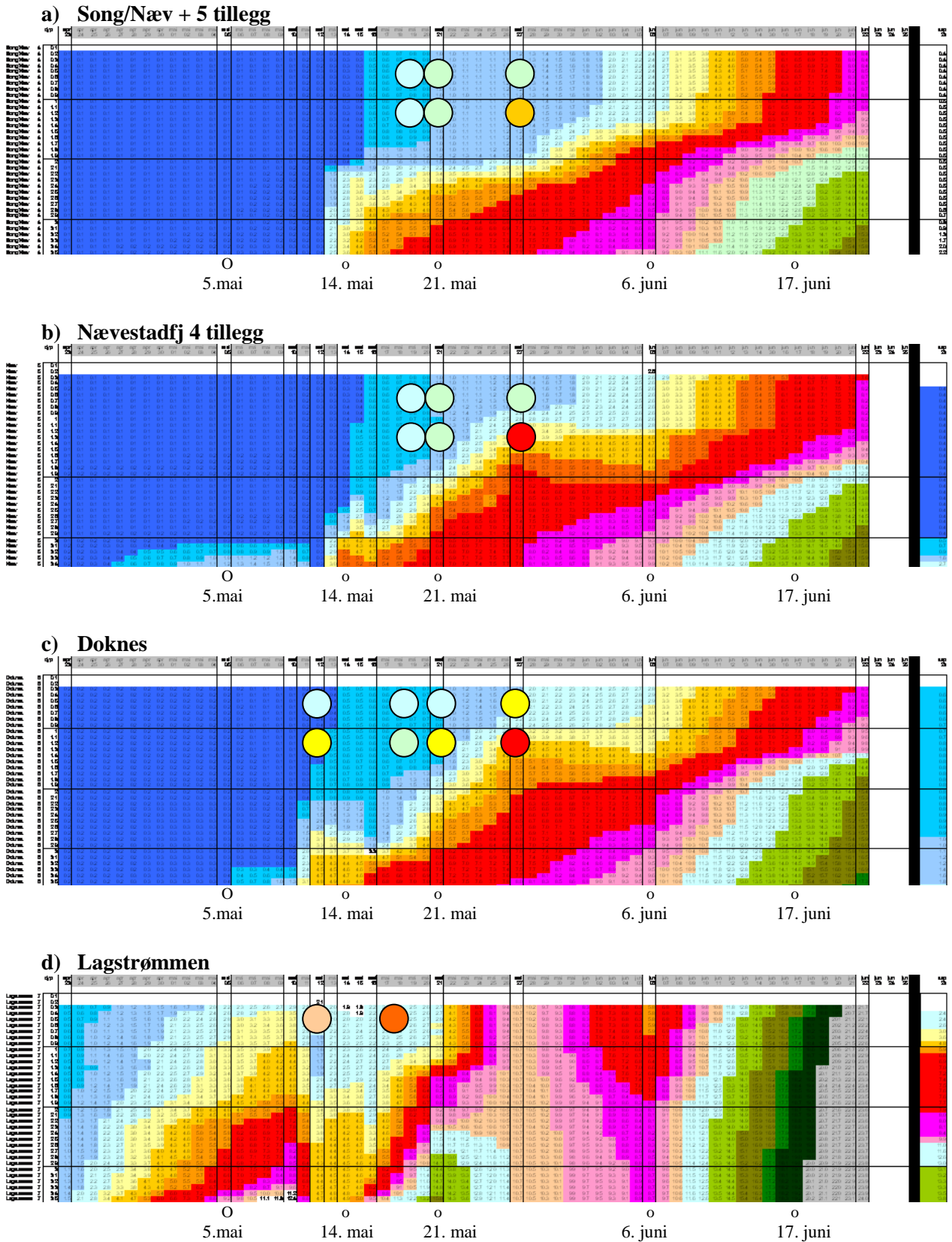
**Tabell 15 forts** Gjelle-Al og gjelle-Fe verdier målt på smolt eksponert i bur i Songevatn, Nævestadfjorden og Sandnesfjorden. I tabellen er utsettings- og prøvetidspunkt angitt samt eksponeringstid. Samtidig er saltnivåer målt under prøvetakingen angitt. Avkoding av konsentrasjonsgrensene er gitt nederst i tabellen. Sammenhenger mellom målinger og endringer i saltnivå er illustrert i **Figur 42**

St	dyp	Startdato	Prøvedato	Exp.tid	Salt	Al	Fe
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	0.3	07.mai.08	12.mai.08	107.0	12,2	24.2±10.8	<b>406.4±86.8</b>
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	1.0	07.mai.08	12.mai.08	107.0	12,4	14.1±3.3	366.9±97.2
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	0.3	07.mai.08	18.mai.08	266.7	14,5	15.6±4.7	297.4±41.8
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	1 m	07.mai.08	18.mai.08	266.7	15,6	13.5±8.8	255.5±60.7
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	0.3	07.mai.08	21.mai.08	323.0	11,4	6.6±2.6	<b>500.1±98.3</b>
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	1 m	07.mai.08	21.mai.08				
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	0.3	20.mai.08	27.mai.08	152.5	12,7	10.6±6.1	<b>408.2±108.6</b>
Sanf. Fj. 1. b. 3 tillegg	1 m	20.mai.08	27.mai.08				
Hopestranda	0.3	06.mai.08	12.mai.08	134.5	14,4	21.5±11.4	342.8±104.1
Hopestranda	1.0	06.mai.08	12.mai.08	134.5	15,8	35.4±31.7	<b>552.6±198.9</b>
Hopestranda	0.3	06.mai.08	18.mai.08	294.0	14,4	7.6±3.6	389.1±107.6
Hopestranda	1m	06.mai.08	18.mai.08	294.0	15,5	34.2±39.3	<b>461.5±213.2</b>
Hopestranda	0.3	06.mai.08	21.mai.08	350.5	11	7.0±2.8	339.7±49.2
Hopestranda	0.3	20.mai.08	27.mai.08	152.5	13,7	15.7±6.4	318.7±79.3
Sand Camp	0.3	06.mai.08	12.mai.08	134.5	14,5	13.5±5.7	<b>469.9±135.2</b>
Sand Camp	0	06.mai.08	18.mai.08	293.3	15,2	13.9±7.5	293.2±86.1
St Furøy	0.4	06.mai.08	12.mai.08	134.5	17,1	11.9±4.9	383.9±216.6
St Furøy	0	06.mai.08	18.mai.08	293.0	16,1	5.3±5.1	312.4±61.2

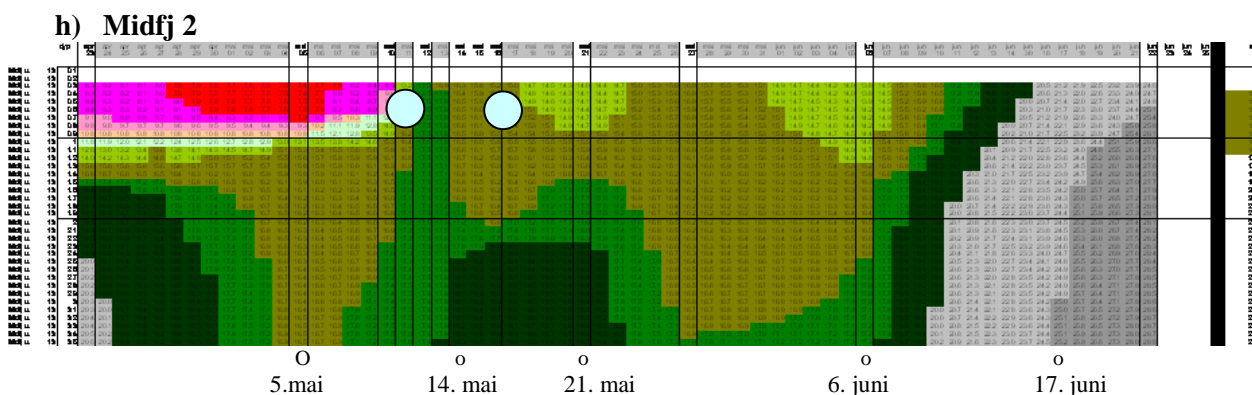
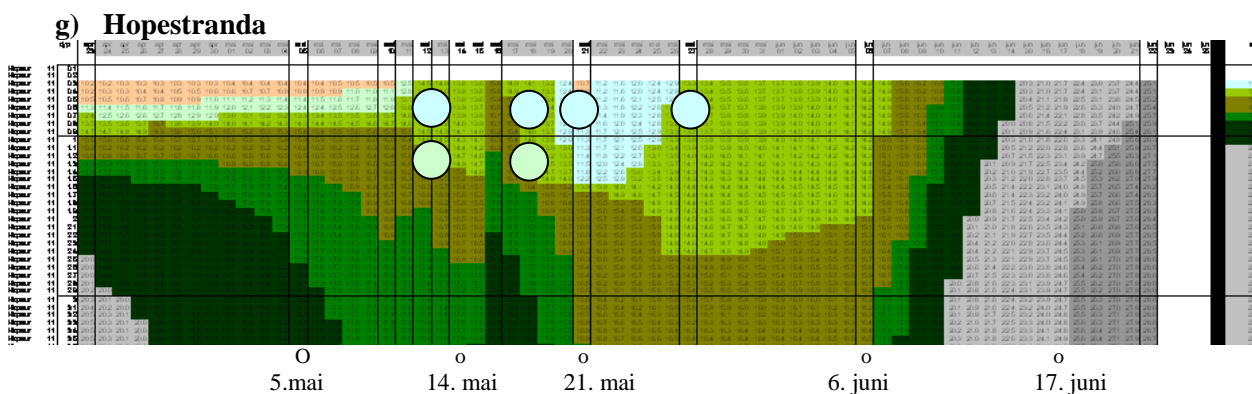
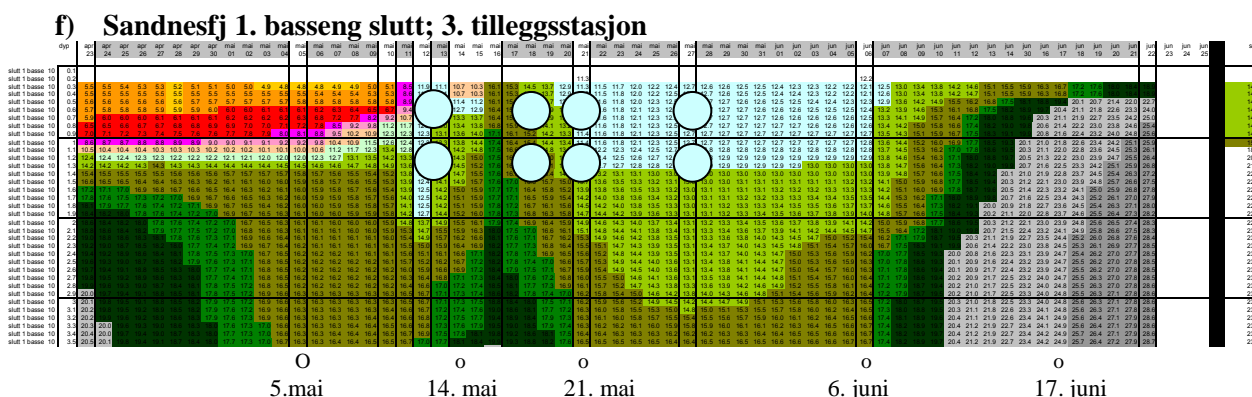
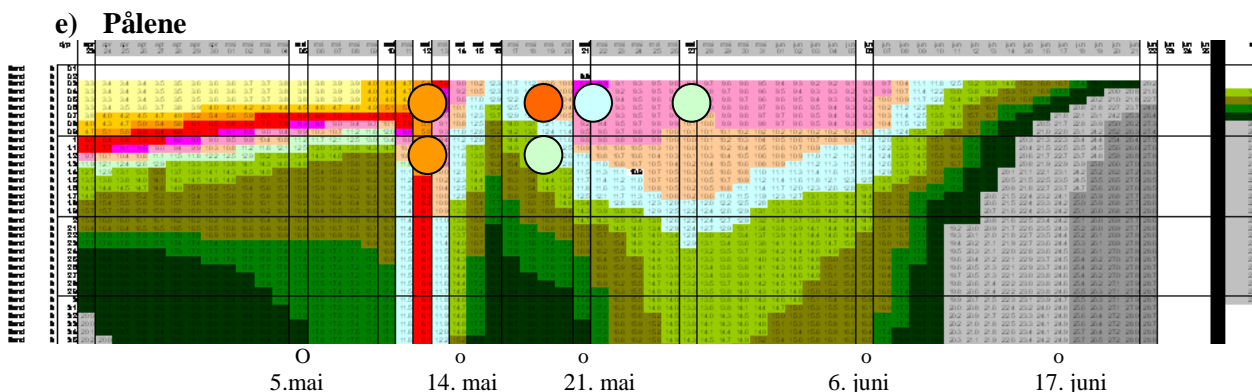
<30	30-50	50-70	70-90	90-110	110-150	150-200	>200



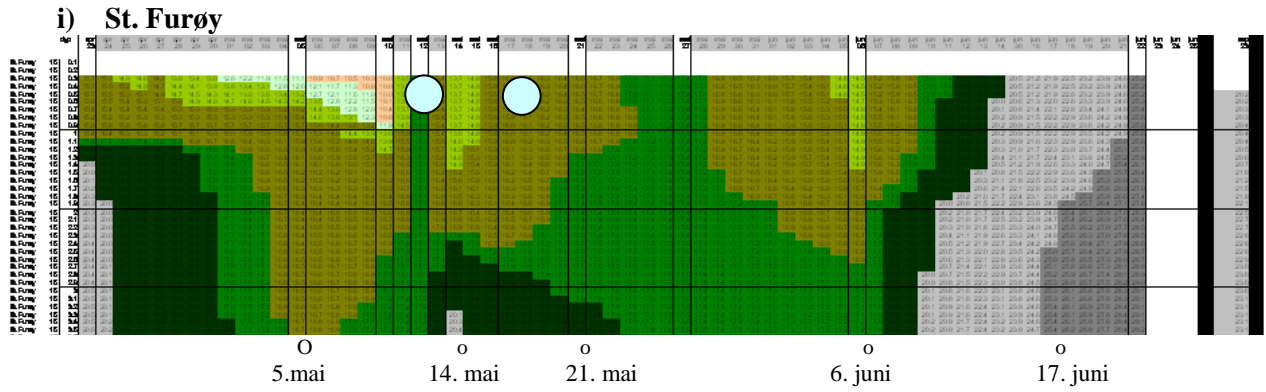
**Figur 39.** Sammenheng mellom (a) konsentrasjonen av Al i gjeller og saltholdighet i vann og (b) konsentrasjonen av Al i gjeller og Ali i vann. Avvikende punkter er innsirklet.



**Figur 40.** Gjelle Al konsentrasjoner sammenstilt med isopletdiagram over endringer i salt fra slutten av mai og inn i juni 2008 for dyp mellom 0 og 3,5 m på alle stasjoner prøvetatt våren 2008. Figuren fortsetter neste side.



**Figur 40 forts.** Gjelle Al konsentrasjoner sammenstilt med isopletdiagram over endringer i salt fra slutten av mai og inn i juni 2008 for dyp mellom 0 og 3,5 m på alle stasjoner prøvetatt våren 2008. Figuren fortsetter neste side.



**Figur 40 forts.** Gjelle Al konsentrasjoner sammenstilt med isopletdiagram over endringer i salt fra slutten av mai og inn i juni 2008 for dyp mellom 0 og 3,5 m på alle stasjoner prøvetatt våren 2008.



## 6. Telemetri resultat

### 6.1 Fordeling av laksesmolt merket med akustiske sendere

Det ble til sammen merket og sluppet 48 smolt i april og 51 smolt i mai. På grunn av den høye gjenfangsten i smolthjulet som vi fikk i april ble utsettingsstedet flyttet nedenfor smolthjulet (**Tabell 16**), og til samme utsettingssted som i 2007. Gjenfanget smolt ble forsøkt skilt fra de andre og satt ut igjen, og vi kunne bruke 82 av den merkede smolten i analysene.

**Tabell 16.** Merking av vill laksesmolt fanget og merket med 7,3 mm akustiske sendere i Storelva i 2008. Utsettingssted: 1 = ved innløp til Songevatn, 2 = kulp nedenfor Lundevatn. Fanget er antall smolt som ble gjenfanget i smolthjulet. **Reutsatt** er antall smolt som ble først gjenfanget og så satt ut igjen, mens **slept** er antall smolt som ble slept ut fjorden i en kasse sammen med umerket smolt og sluppet ytterst i Sandnesfjorden. **Uten data** er smolt med få eller ingen data registrert av lyttestasjonene mens **gode data** er smolt som er brukt ved beregning av fordeling og vandring i 2008.

Dato	Utsetting		Fanget	Re-utsatt	Slept	Uten data	Gode data
	Antall	Sted					
28 april	20	2	8	5	3	3	14
29 april	15	2	3	0	3	0	12
30 april	13	2	4	2	2	0	11
10 mai	18	1	0	0	0	1	17
11 mai	20	1	0	0	0	0	20
13 mai	13	1	0	0	0	2	11
<b>Alle april</b>	<b>48</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>37</b>
<b>Alle mai</b>	<b>51</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>48</b>
<b>Alle</b>	<b>99</b>	<b>1 og 2</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>82</b>

Den merkede fisken måtte vandre nedstrøms til Songevatn før de ble registrert av den første lyttebøyen. To smolt ble ikke registrert vandrende inn i Songevatn. Totalt seks sendere ble ikke registrert på lyttestasjoner videre utover eller hadde få data som ikke kunne tolkes (**Tabell 17**). Det store antall merket smolt som ble stående nær de øverste lyttestasjonene (i Songevatn og i sundet ut til Nævestadfjorden) førte til at vi mistet mange signaler på grunn av kodekollisjoner. Det ble også generert falske koder (vi registrerer sendere som ikke er i området). Derfor ble lyttestasjoner plassert i Songevatn og Nævestadfjorden slik at tilnærmet all fisk var innenfor deteksjonsområdet av en lyttebøye her. Dette førte til at vi med større nøyaktighet kunne si hvor i dette området smolt var og vi kan skille mellom om fisken står i Songevatn eller Nævestadfjorden. Dette var ikke mulig i 2007. Registrering av den vandrende smolten videre utover langs vandringsruten var god, men én smolt vandret trolig fra Nævestadfjorden til ytterst i Sandnesfjorden uten å bli registrert i området mellom.

Totalt ble 79 merket smolt (93 %) registrert inn i Songevatn, men mindre enn 50 % ble registrert nederst i Nævestadfjorden (**Tabell 17**). Som i 2007 var det en tendens til at en større del av den merkede smolten ble registrert lengre vekk fra utsettingsplassen tidlig i utvandringsperioden. Av smolten som ble merket i april ble 62 % registrert nederst i Nævestadfjorden og 49 % vandret inn i Sandnesfjorden. Totalt vandret 46 % helt ut av Sandnesfjorden. Av smolten som ble merket i mai ble kun 40 % registrert nederst i Nævestadfjorden og kun 27 % vandret inn i Sandnesfjorden. Bare 23 % vandret helt ut, (**Tabell 17**). For smolt utsatt i april var overlevelsen svært høy i Sandnesfjorden. Kun én av 24 smolt som vandret inn fullførte ikke vandringen ut av fjorden.

Andelen av smolten som fullførte vandringen ut Sandnesfjorden var spesielt dårlig hos smolten som ble satt ut den 11. og 13. mai. Av totalt 31 merket smolt fullførte kun 5 smolt hele ruten (16 %).



**Tabell 17.** Registrering av smolt fra de forskjellige utsetningsgruppene. Dato er utsetningsdato og "n" er antall fisk som er inkludert i analysene. Sone 1 er Songevatn (vandret inn i vannet), sone 2 er Nævestadfjorden (andel registrert nederst i Nævestadfjorden), sone 3 er Lagstrømmen (registrert nederst i Lagstrømmen), sone 4 er innerst i Sandnesfjorden (registrert midt i fjorden) og sone 5 er smolt som er registrert ytterst i Sandnesfjorden.

Dato	Sone 1		Sone 2		Sone 3		Sone 4		Sone 5	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
28 april	12	100	7	58	6	50	6	50	6	50
29 april	13	92	9	69	6	46	5	38	5	38
30 april	11	91	6	55	6	55	6	55	6	55
10 mai	17	100	10	59	6	35	6	35	6	35
11 mai	20	95	6	30	5	30	3	15	3	15
13 mai	11	73	3	27	2	18	2	18	2	18
<b>Alle april</b>	<b>37</b>	<b>95</b>	<b>23</b>	<b>62</b>	<b>18</b>	<b>49</b>	<b>17</b>	<b>46</b>	<b>17</b>	<b>46</b>
<b>Alle mai</b>	<b>48</b>	<b>92</b>	<b>19</b>	<b>40</b>	<b>13</b>	<b>27</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>23</b>
<b>Alle</b>	<b>85</b>	<b>93</b>	<b>42</b>	<b>49</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>33</b>

## 6.2 Vandringshastigheter og oppholdstider.

Etter merking ble smolten satt tilbake i elva. I april ble smolten satt ut i kulpen oppe ved utløpet fra Lundevatn. Det tok gjennomsnittlig 35,4 timer fra smolten ble sluppet til den ble registrert på loggeren nær innløpet i Songevatn (**Tabell 18**). I april ble smolten satt nedenfor smolthjulet, rett overfor innløpet til Songevatn, og det tok vesentlig kortere tid (4,7 timer) før smolten ble registrert på første logger, rett nedenfor utsetningsplassen.

Som i 2007 var oppholdstiden i Songevatn lang for all den merkede smolten (**Tabell 18**). Det førte til at vandringshastigheten gjennom vannet ble svært lav (**Tabell 19**). Hastighetene er svært like de som ble registrert i 2007, med de høyeste hastighetene hos de gruppene som ble merket tidlig. Som i 2007 økte vandringshastigheten når smolten kom ut i Nævestadfjorden og svært raske hastigheter ble registrert gjennom Sandnesfjorden. For smolten merket 10. mai ble oppholdstiden i Nævestadfjorden og innerst i Sandnesfjorden lengre.

**Tabell 18.** Oppholdstider for akustisk merket villsmolt i Storelva i 2008. Oppholdstider er beregnet for første bevegelse ut gjennom en sone mot havet. For 11 smolt som etterpå vandrer tilbake innover gjennom en sone er kun bevegelsen utover brukt i analysene. Dato er utsetningsdato. Sone 1 er Songevatn (vandret inn i vannet), sone 2 er Nævestadfjorden (andel registrert nederst i Nævestadfjorden), sone 3 er Lagstrømmen, sone 4 er innerst i Sandnesfjorden og sone 5 er ytterst i Sandnesfjorden. Antall fisk er gitt i **Tabell 18**.

Dato	Timer fra slipp til første registrering		Oppholdstid (timer) i hver sone (avg og std)									
			Sone 1		Sone 2		Sone 3		Sone 4		Sone 5	
			avg	std	avg	std	avg	std	avg	std	avg	std
28 april	28,4	23,1	266,1	351,3	25,0	27,6	7,9	10,3	5,4	4,6	15,5	30,3
29 april	48,0	40,5	301,5	342,9	18,2	23,3	9,3	6,6	8,0	8,2	2,8	1,0
30 april	28,6	18,0	322,1	413,7	10,8	2,2	7,8	8,9	3,9	2,0	2,5	1,7
10 mai	0,4	0,5	223,5	246,5	196,3	380,8	8,6	6,1	102,4	214,6	2,2	1,0
11 mai	9,5	34,3	267,5	464,5	213,7	445,9	15,5	22,5	6,0	3,0	2,2	0,6
13 mai	2,6	3,7	178,8	115,0	33,4	32,2	2,1	0,5	11,2	1,0	3,9	2,5
<b>Alle april</b>	<b>35,4</b>	<b>29,8</b>	<b>329,9</b>	<b>407,9</b>	<b>18,4</b>	<b>20,9</b>	<b>8,3</b>	<b>8,3</b>	<b>5,6</b>	<b>5,2</b>	<b>7,4</b>	<b>18,1</b>
<b>Alle mai</b>	<b>4,7</b>	<b>22,2</b>	<b>276,4</b>	<b>349,0</b>	<b>176,1</b>	<b>363,2</b>	<b>10,3</b>	<b>14,4</b>	<b>59,5</b>	<b>159,5</b>	<b>2,5</b>	<b>1,3</b>

**Tabell 19.** Vandringshastigheter for akustisk merket villsmolt i Storelva i 2008. Oppholdstider er beregnet for første bevegelse ut gjennom en sone mot havet (**Tabell 18**). Dato er utsetningsdato og ”gode data” er antall fisk som er inkludert i analysene. Sone 1 er Songevann (vandret inn i vannet), sone 2 er Nævestadfjorden (andel registrert nederst i Nævestadfjorden), sone 3 er Lagstrømmen, sone 4 er innerst i Sandnesfjorden og sone 5 er ytterst i Sandnesfjorden. N er gitt i **Tabell 18**.

Dato	Vandringshastighet (kroppslengde*s <sup>-1</sup> ) i hver sone											
	Kroppslengde (cm)		Sone 1		Sone 2		Sone 3		Sone 4		Sone 5	
	avg	std	avg	std	avg	std	avg	std	avg	std	avg	std
28 april	15,5	1,21	0,17	0,01	0,54	0,46	1,00	0,71	2,10	1,01	1,90	1,29
29 april	15,4	0,67	0,19	0,02	0,83	0,60	0,79	0,76	1,80	1,06	1,97	1,04
30 april	15,7	0,82	0,02	0,01	0,47	0,94	0,88	0,59	2,40	1,10	2,39	1,13
10 mai	17,6	1,01	0,03	0,03	0,41	0,58	0,91	1,07	0,68	0,71	2,09	0,83
11 mai	17,4	0,60	0,03	0,03	0,32	0,45	0,74	0,84	1,44	0,88	1,93	0,65
13 mai	15,9	1,30	0,02	0,01	0,38	0,43	1,67	0,46	0,73	0,03	1,54	1,04
<b>Alle april</b>	<b>15,5</b>	<b>0,91</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	<b>0,89</b>	<b>0,65</b>	<b>2,12</b>	<b>1,03</b>	<b>2,10</b>	<b>1,12</b>
<b>Alle mai</b>	<b>17,1</b>	<b>1,14</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,37</b>	<b>0,50</b>	<b>0,96</b>	<b>0,91</b>	<b>0,90</b>	<b>0,73</b>	<b>1,95</b>	<b>0,76</b>

### 6.3 Vandring og kjemi

Hypotesen er at smoltvandringen hemmes av aluminium i brakkvann. Aluminium i brakkvann og dets tilstandsformer er knyttet til salinitet. Basert på akkumulering av Al på gjellene til fisk i bur vil akkumuleringen tilta når saliniteten >1 ppt. Betydelige mengder vil akkumuleres i løpet av få timer. For å knytte smoltvandring til vannkjemi er hver smolt tilordnet en kategori:

- den som går videre til neste sektor,
- den som ikke forlater en sektor og
- den returnerer til forrige sektor

Fisk som er registrert ytterst i Sandnesfjorden har overlevd fra utsetting til siste registrering ved Store Furøy. Denne gruppen med fisk er således forskjellig fra de gruppene som stopper opp eller returnerer til forrige sektor. Hvis aluminium er årsak til redusert vandringsvillighet kan det antas at det foreligger en enkel sammenheng mellom salt (surrogat for aluminium) og atferd. Ved å knytte saltmiljøet den enkelte fisken opplevde til dens atferd kan betydningen av salt vurderes.

Vi vet ikke om fisk som slutter å vandre dør, er spist eller om denne fisken lever. Ettersom det er kritisk viktig for smolten å komme ut i havvann til rett tid anser vi fisk som slutter å vandre som ”økologisk død”. Når disse klassifiseres som død innebærer det dermed ikke at den nødvendigvis ikke lever.

Fisk under vandring vil oppleve gradienter i kjemi. For å knytte kjemi til smolt er saltnivåene målt for dato for 1. gang registrering i sektoren anført som inn-verdi, mens saltnivået ved siste gangs registrering av smolt er satt til utgangsverdien. Hvis smolten kun oppholder seg timer i en sektor vil inn og ut verdi bli lik. For stasjonene omkring Lagstrømmen er fiskeatferd også knyttet opp mot en mulig innendagsvariasjon i saltnivå. Dette skyldes at det ble logget større variasjon i saltnivåer innenfor døgnet her enn det som ble målt med STD på ulike døgn. Her mangler vi data for nøyaktige beregninger. Ettersom vi heller ikke vet nøyaktig hvor fisken er, kan likevel grove estimater være riktige nok.

Denne koplingen er mer komplisert i områdene omkring Lagstrømmen (nederst i Nævestadfjorden og starten av Sandnesfjorden). Dette skyldes at her kan saltnivåene på et dyp også variere kraftig gjennom døgnet med flo/fjære. Dette illustreres bl.a. med saltmålingene utført på 1 m dyp ved Doknes. Ved Doknes ble salt målt kontinuerlig i perioden 11. til 15. mai på 0,5 m dyp (målt fra overflata).

Saltnivået varierte i denne perioden mellom 0 og 1 ppt på dette dypet, sannsynligvis mer på dypere vann. Loggeren ble startet på nytt og satt ut på samme sted 20. mai og logget da fram til 26. mai. I denne perioden varierte saltnivået mellom 1 og 6 ppt på dette dypet. Det skjedde således en endring i døgnvariasjon i saltnivåer mellom 15. og 21. mai, hvor overflatevannet var ”stabilt svakt brakt” i perioden før 15. mai og økende påvirket av salt inntil 21. mai. Vi setter datogrensen til 18. mai. Dette har praktisk betydning for hvordan salt i forhold til smoltatferd tolkes. I perioden før 18. mai antar vi at det var kun mindre endringer i nivå innen døgnet, i perioden etter 18. mai antar vi økende variasjon i saltnivå gjennom døgnet.

Vi har STD målinger fra 5., 10., 12., 14, 15. og 16., mai. Disse målingene antyder ingen større endringer i saltnivå med dyp eller dato ved Doknes, mens det var en stor endring i saltnivå med økende dyp ved Pålene og Sandnesfjorden 1. basseng fra 10. til 12. mai. Dette kan tyde på at det var store døgnvariasjoner i saltnivå på St. 8 og St. 9 også før 12. mai.

Basert på modellberegninger utført i 2007 vil det ha vært netto utstrømming av vann fra Nævestadfjorden gjennom Lagstrømmen i april, avtagende en-veis flux utover 1. halvpart av mai og tydelig variasjon i flux etter omkring 10. mai. Det ble da for første gang våren 2008 notert innstrømmende overflatevann i Lagstrømmen

#### Estuarin sirkulasjon ved ulike vannføringer:

Ved lave vannføringer, dvs. under ca.  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i Storelva, vil vannutvekslingen være dominert av skiftende inn/utstrøm gjennom Lagstrømmen med varierende vannstand. Tidevannsutvekslingen ved lave vannføringer vil ikke nødvendigvis gi noe lavere oppholdstid, fordi det i stor grad er returstrøm av tynge og saltere vann som kommer inn ved den periodiske innstrømningen, ikke friskt overflatevann utenfra.

Omkring middelvannføring vil det være en varierende netto utstrømning i overflatelaget; ved stigende vannstand liten eller ingen netto utstrømning gjennom Lagstrømmen fordi ferskvannstilrenningen omtrent tilsvarer volumøkningen, mens utstrømningen på fallende vannstand blir summen av volumminskning og ferskvannstilførsel. Pga. forskjell i lagdeling innenfor og utenfor Lagstrømmen vil det i perioden med lite netto strøm være strøm utover av brakkvann i overflaten og innover av salt vann langs bunnen i Lagstrømmen.

Ved økende vannføring ut over  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  vil det i sterkere grad blir strøm utover i hele tverrsnittet i Lagstrømmen, og pga. medrivning av vann fra mellomdyp vil da tykkelsen av brakkvannslaget etter hvert øke. Det vil da også være en viss lagdeling i strømmen på stigende vannstand, slik at det blir en mer eller mindre kontinuerlig utstrøm gjennom Lagstrømmen. Også da vil utstrømningen være pulset. Ved stigende vannstand vil ferskvannet i hovedsak akkumulere i overflaten i Songevann og Nævestadfjorden, men med tolagsstrøm i Lagstrømmen pga. tetthetsforskjell i overflaten mellom Nævestadfjorden og Sandnesfjorden. Ved synkende vannstand blir det strøm utover gjennom Lagstrømmen, tilsvarende summen av ferskvannstilrenning og volumreduksjon på innsiden.

Foruten usikkerheter knyttet til variasjon i salt, medfører også at enkelte fisk oppholdt seg til dels lenge på en stasjon før den gikk videre problemer for analysen. Disse enkeltfiskene er utelatt fra gjennomsnittsberegningene, mens data for fisken er gjengitt i teksten. Dette skyldes at vi fortsatt ikke er sikker på riktig fremgangsmåte for å presentere slike data. I denne omgang omtales de empiriske sammenhengene uten at disse er testet statistisk.

**Store Furøy.** 28 fisk registreres ytterst i Sandnesfjorden. Fisk nr. **22** og **53** utelates fra beregning av oppholdstid i vannområdet før St. Furøy da disse hadde unormal lang oppholdstid (73 og 272 timer) i sonen. En fisk hadde en oppholdstid i overkant av 12 timer. Tas også denne bort blir midlere oppholdstid  $0,6 \pm 0,7$  time. Inkluderes denne, øker oppholdstiden til  $1,0 \pm 2,5$  t. Fisken vandret raskt inn og ut av denne sonen. Ingen fisk gikk tapt.

**Midt i Sandnesfjorden.** 28 fisk registreres frem til Midfjord. Fisk nr. **53** utelates da denne hadde en unormal lang oppholdstid (286 timer) i sonen. To fisker hadde oppholdstid på 12 og 14 timer. Tas disse også bort blir midlere oppholdstid  $0.6 \pm 1$  time. Inkluderes disse 2 fiskene øker oppholdstiden til  $1.5 \pm 3,6$  t. Fisken vandret raskt inn og ut av denne sonen. Ingen fisk gikk tapt.

**Innerst i Sandnesfjorden.** 31 fisk registreres i starten av Sandnesfjorden. Tre av disse gikk ikke videre. En fisk (nr 69) kan ha returnert til Nævestadfjorden da denne registreres lenger her enn lengre ut. Det forventes at saltnivåene registrert ved bruk av STD kan ha overrepresentert nivået, særlig etter 10. mai. I de periodiske målingene er saltnivået normalt  $>7$  ppt i overflata, men området vil være påvirket av ferskere vann fra Nævestadfjorden i perioder av døgnet. Kolonnen for variasjon i salt har derfor lavere tall enn det vi har målt.

Fisk nr 12 (48 t) og fisk nr 32 (241 t) utelates fra oppholdsberegningene da disse hadde en unormal lang oppholdstid i sonen. Tre fisk hadde oppholdstid på 10 til 17 timer. Tas disse også bort blir midlere oppholdstid  $2,0 \pm 2,1$  time. Inkluderes disse 3 fiskene øker oppholdstiden til  $3,3 \pm 4,3$  t. Fisken vandret raskt inn og ut av denne sonen. 10 % av fisken gikk tapt her. Fisk som gikk tapt avviker fra fisk som passerte ved å ha noe lengre opphold i sonen og ved at denne fisken opplevde noe høyere saltinnhold ( $8,5$  istedenfor  $7,1$  ppt på  $0,5$  m dyp).

**Nævestadfjorden ytterst:** 42 fisk registreres inn i sonen. Av disse vandret 26 % ikke ut av sonen; gikk tapt. Oppholdstiden i denne sonen var i underkant av 12 t for vandrende fisk og 1 døgn for stansfisk. Det at "stansfisken" ikke hadde lengre oppholdstid kan tyde på at fisken opphørte å sende/var på steder lyttestasjonene ikke registrerte fisken. Det forventes at saltnivåene registrert ved bruk av STD kan ha overrepresentert nivået, særlig etter 10. mai. I de periodiske målingene er saltnivået normalt  $>7$  ppt i overflata, men området vil være påvirket av ferskere vann i perioder av døgnet. Kolonnen for variasjon i salt har derfor lavere tall enn det vi har målt.

"Vandrende fisk" nr **38** (114t), **41** (145 t), **100** (100 t), **69** (94 t), og fisk som "ikke forlater sektoren" nr **19** (153 t), **50** (178t), **62** (1171 t), **68** (1208 t) er utelatt fra snittmålingene på oppholdstid da disse hadde betydelig lengre opphold enn de resterende fiskene. For de to fiskene som oppholdt seg  $>1000$  t innenfor sonen (mai til juli mnd) er også saltmålingene utelatt da vi ikke kan fastslå når fisken "døde".

**Overgang Songevatn/Nævestadfjorden:** 78 fisk ble registrert inn i sonen. Av disse forlot 22 fisk aldri sonen (28,2 %), mens 14 fisk (17,9 %) returnerte til Songevatn. Kun 54 % av fisken gikk således videre utover i fjorden.

Det forventes liten påvirkning av flo/fjære på saltnivået på denne stasjonen. Stasjonen kan imidlertid ha registrert fisk som var i Songevatn samt ytterst i Nævestadfjorden samtidig som den inngår på denne stasjonen. Fisk som er registrert i Songevatn senere enn i overgangssonen klassifiseres som retur fisk og behandles som egen kategori.

Fisk som senere registreres ytterst i Nævestadfjorden er i snitt registrert  $99 \pm 60$  timer innenfor denne sonen. Fisk som ikke går videre er i snitt registrert i  $87 \pm 83$  timer. Fisk som returnerte til Songevatn ble i snitt registret innenfor sonen i  $132 \pm 72$  timer. Følgende fisk er da utelukket fra gruppe "går"; **14** (254 t), **37** (258 t), **53** (265 t), **69** (302 t), **13** (310 t), **50** (267 t). Følgende fisk er utelatt fra "dør"; **21** (1374 t), **25** (1283 t), **25** (1287 t), **40** (576 t), **55** (455 t), **61** (960 t), **74** (764 t), **76** (1348 t), **99** (601 t). Av retur fisken er følgende utelatt; **11** (288 t), **75** (0 t).

**Songevatn:** Det forventes liten påvirkning av flo/fjære på saltnivået på denne stasjonen. Fisk som klassifiseres som død eller retur død hadde så lang oppholdstid i området det vil gi liten mening å anslå saltnivåene denne fisken opplevde. Stasjonen kan ha registrert fisk som også var i Nævestadfjorden eller i overgangsområdet. Fisk som var registrert i overgangssonen mellom

fjordavsnittene, men som deretter kun registreres i Songevatn, klassifiseres som returnert fisk. Denne vil økologisk være død.

Fisk **4** (441 t), **13** (605 t), **21** (500 t), **40** (434 t), **55** (433 t), 94 (657 t) er utelatt fra oppholdsberegningene. Fisk tilhørende klassene "dør" og "retur død" hadde oppholdstider på henholdsvis  $434 \pm 309$  t og  $636 \pm 309$  timer.





## 6.4 Diskusjon av vandring

All merket fisk var tilsynelatende i fin form både før og etter merkingen. Basert på resultater fra andre lignende prosjekter skulle vi forvente at det meste av smolten skulle vandre raskt vekk fra utsettingsplassen og ut i sjøen. At kun 33 % av den merkede smolten vandret ut av Sandnesfjorden er langt lavere enn i lignende undersøkelser, men bedre enn i 2007 da bare 18 % vandret helt ut. For eksempel i Hardangerfjord vandret mer enn 90 % av smolten med anleggsbakgrunn ut gjennom Sørfjorden, en strekning på 36 km (jfr. 7 km i Sandnesfjorden)..

Både i 2007 og i 2008 ser det ut til at smolten som merkes og settes ut tidlig i utvandningsperioden klarer seg best. I 2007 vandret 4 (40 %) ut Sandnesfjorden relativt raskt etter utsetting fra den første utsettingen 5. mai. Dårligst suksess hadde vi i den siste utsettingen da kun 1 av 19 smolt vandret ut. Også i 2008 finner vi den samme tendensen i resultatene. Selv om resultatene ikke er helt entydige, tyder det på at forholdene blir dårligere senere i utvandningsperioden.

I 2007 ble det spekulert på om den lange oppholdstiden i Songevatn var et resultat av at fisken nylig var fanget og merket. Derfor ble smolten i april 2008 satt ut lengre oppe i elva slik at fisken kunne hente seg inn etter utsettingen, og selv vandre ned elva når den var klar. De negative effektene fra fangst og merkeperioden skulle derfor være små og påvirke atferden mindre ved ankomst Songevatn. Resultatene tyder ikke på at den lange oppholdstiden i Songevatn kan forklares med nymerket smolt. Smolten som ble satt ut oppe ved Lundevatn oppførte seg svært likt smolten som ble satt ut lengre nede ved innløpet til Songevatn. Resultatene fra de to årene tyder derfor på at den lange oppholdstiden i Songevatn skyldes helt eller delvis faktorer i Songevatn.

Vi forventer at laksesmolt som er i god form skal være i stand til å vandre raskt ut av fjorden og ut til oppvekstområdene i havet. Årsaken til dette er delvis at det er vist høy mortalitet i elvemunningen og fjorden samt at motivasjonen for selve vandringen er å oppnå raskt vekst på gode næringsområder i havet. Bakgrunnen for tolkningen av vandringsdataene er derfor at vi forventer at smolt som vandrer raskt gjennom en sone er i bedre form enn smolt som vandrer seint. Videre er smolt som ikke vandret ut til havet regnet som døde for populasjonen, (bidraget til neste generasjon er lite eller null) selv om vi ikke vet om smolten som ble stående døde.

Utvandringshastigheter hos smolt fra andre steder i Norge varierer, men vi forventet hastigheter mellom 0,5 og 1,5 kroppslengder pr sekund. I 2007 hadde den ville vandrende laksesmolten en vandringshastighet gjennom Songevatn på 0,09 kroppslengder pr sekund, men den økte allerede i Nævestadfjorden til opp mot en hastighet som ligger noe i underkant av det vi forventer, 0,5 kroppslengder pr sekund. Tilsvarende tall for 2008 var 0,02 og 0,51. Videre utover var også vandringshastighetene overraskende like de to årene både for Lagstrømmen og i Sandnesfjorden. Både i 2007 og 2008 ser det ut til at eventuelt dårlige forhold i Songevatn og Nævestadfjorden ikke påvirker vandringshastigheten i Sandnesfjorden negativt. Begge årene ble det registrert vandringshastigheter på ca 2 kroppslengder per sekund i Sandnesfjorden, og dette er raskere enn i andre tilsvarende undersøkelser.

Hvis problemet i Songevatn var aluminiumspåslag på gjellene, ser det ut til at smolten opplever dette raskt etter innvandring i Songevatn begge år. Det ser vi på den lave utvandningshastigheten gjennom Songevatn. Det var bare 1,3 km fra lyttestasjonen øverst i Songevatn ned til lyttestasjonen i sundet ut til Nævestadfjorden. Den lave vandringshastigheten tyder på at smolten fikk problemer relativt raskt etter at den vandret inn i Songevatn. Samtidig var det stor variasjon i hvilken grad smolten vandret videre i 2008. Smolt i 2007 og smolt merket i mai 2008 opplevde begge Al-belastning i Songevatn eller i området Songevatn/Nævestadfjorden. Fisk fra 1. utsett i 2008 opplevde ikke dette og vandret videre. Basert på en enkel gjennomgang av dataene fra 2008 synes fisk som ikke vandret å ha opplevd mer belastende kjemi enn fisk som vandret videre til neste sektor. Imidlertid "forsvant" det også fisk

som ut fra vannkjemi burde ha vandret videre. Det kan ikke utelukkes at predasjon også er en årsak til vandringsstans.

De to rundene med manuell peiling i Songevatn i 2007 viste også at det meste av den merkede smolten sto mindre enn 1 km nedenfor utsettingsplassen. Vandringshastigheten i Nævestadfjorden var også lav, men det kan skyldes at smolten som vandret inn i fjorden var svekket etter opphold i Songevatn. Vurderinger gjort kun basert på smoltens vandringshastigheter kan derfor ikke identifisere problemer i Nævestadfjorden.

Når et stort antall merket smolt blir stående i ro nær utsettingsplassen kan det skyldes flere faktorer. Fisken kan dø som følge av komplikasjoner etter fangst og merking. Vi kan ikke utelukke at enkeltfisk kan få problemer og utvikle en avvikende atferd. Men basert på erfaring fra andre prosjekter er det lite sannsynlig at dette skjer med et stort antall fisk. All fiskehåndtering og merketeknikk er basert på gjennomarbeidede metoder som har gitt tilnærmet 100 % overlevelse i mange lignende studier. Mye merket smolt ble også registrert vandrende mellom lyttestasjonene i lang tid etter utsetting. Det tyder på at mange smolt var i live, men at vandringsevnen eller viljen var borte. Det er liten grunn til å anta at dette skyldes fangst og merking. Merket fisk kan være spesielt utsatt for predasjon etter utsetting. Hvis smolten blir spist, vil senderen transporteres gjennom magen og bli liggende på bunnen i ro. Dette skjer på noen dager avhengig av vanntemperaturen. Enkeltfisk kan ha blitt spist i dette prosjektet, men det meste av smolten var i bevegelse så lenge at det tyder på at predasjonsraten ikke var spesielt høy.

#### **6.4.1 Konklusjoner**

Fisk merket i april utvandret til Sandnesfjorden og kysten bedre enn fisk merket i mai. Fisk merket i mai møtte saltet lengre inn i fjordsystemet enn fisk som ble merket i april. 2. merkegruppe i 2008 forventes således å være mer lik smolten merket i 2007. En foreløpig gjennomgang av resultatene tilsier at så var tilfellet. For å øke utsagnskraften må atferd og den vannkjemi enkeltfiskene opplevde modelleres, for å holde orden på alle samvirkende faktorer. Selv om en slik modell ikke er satt opp, synes resultater fra årets undersøkelse å støtte opp under hypotesen; aluminium i brakkvann hemmer smoltvandring.

## 7. Referanser

Teien HC, Kroglund F, Salbu B, Rosseland BO. 2006. Gill reactivity of aluminium-species following liming. *The Science of the total environment* 358:206-220.

F. Kroglund, R. Høgberget, T. Haraldstad, F. Økland, E. Thorstad, H.C. Teien, B.O. Rosseland, B. Salbu, T.O. Nilsen, S. Stefansson og J. Guttrup. 2011. Påvirkes smoltvandring av aluminium i brakkvann? Datarapport 2007. NIVA-rapport 6245, 92s.

## Vedlegg A. Rapporter fra prosjektet

### 2003&2005

Kroglund, F., Gutterup, J., Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B., Teien, H.-C. 2007. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA. Rapport 1. nr OR-5366. 47 s.

### 2006-data

Kroglund, F., Teien, H.-C., Salbu, B., Rosseland, B.O., Güttrup, J. Haraldstad, T. 2011. Aluminium, en potensiell trussel for utvandrende laksesmolt. Datarapport fra Storelva i Holt og Audna, 2006. NIVA-rapport 6244, 35 s+vedlegg.

### 2007-data

Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., og Guttrup, J. 2011. Påvirkes smoltvandring av aluminium i brakkvann? Storelva datarapport 2007. NIVA-rapport 6245. 81 s + vedlegg.

### 2008-data

Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Guttrup, J. og Å. Johansen. 2011. Påvirkes smoltvandring av aluminium i brakkvann? Storelva datarapport 2008. NIVA-rapport 6246. 69 s + vedlegg.

### 2009-data

Tjomsland, T., Kroglund, F., 2010. Modellering av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør. NIVA. Rapport 1. nr OR-6049. 31 s.

Teien, H.-C., Kroglund, F., Kleiven, M., Salbu, B. og Rosseland, B.O. 2009. Bruk av natriumsilikat i forhold til kalk for å avgifte aluminium i ferskvann og brakkvann. UMB-rapport Rapport nr : 2/2009. ISSN 0805 – 7214. 65s.

Teien, H.-C., Kroglund, F., 2009. Komparative studier mellom kalksteinsmel (Miljøkalk VK3, Miljøkalk NK3) og kalkslurry BIODALK 75; løselighet av Ca og økning i pH over tid. UMB-rapport Rapport nr : 2/2009. ISSN 0805 – 7214. 27s.

Kroglund, F., Teien, H.-C., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J., Johansen, Å., Høgberget, R., Kristensen, T., Tjomsland, T. og Haugen, T.. 2011. Betydningen av kraftverk og predasjon fra gjedde for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse. Datarapport 2009. NIVA-rapport 6084, 103s.

### 2010-data

Kroglund, F., Haugen, T., Guttrup, Jim., Hawley, K., Johansen, Åsmund., Rosten, C., Kristensen, T., Tormodsgard, Lars., 2011. Effekter av å passere en kraftverksturbin på smoltoverlevelse og atferd. Betydningen av tiltak. NIVA. Rapport 1. nr OR-6139. 35 s.

Kristensen, T., Rustadbakken, A., Kroglund, F., Guttrup, Jim (SNO), Johansen, Åsmund., Hawley, K., Rosten, C., Kjøsnæs, Arne Jørgen., 2010. Gjeddens betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder.. NIVA. Rapport 1. nr OR-6085. 31 s.

Kroglund, F., Guttrup, Jim., Haugen, T., Hawley, K., Johansen, Åsmund., Karlsson, Anders., Kristensen, T., Lund, E., Rosten, C., 2011. Samvirkning mellom ulike trusler på oppnåelse av gytebestandsmål for laks. Storelva i Holt som eksempel. NIVA. Rapport 1. nr OR-6148. 71 s.

Kroglund, F., Haraldstad, T., Teien, H.-C., Guttrup, J. og Å. Johansen. 2011. Mobilisering av aluminium i brakkvann og akkumulering på fiskegjeller; Storelva datarapport brakkvann 2010. NIVA rapport 6149. 30 s.

### Under trykking

Diserud, O.H., Kroglund, F., Teien, H.-C., Tjomsland, T. & Økland, F. Modellering av gjellealuminium: Aluminiumspåslag på gjellene til laksesmolt og betydningen dette kan ha for utvandringen - NINA Rapport [XXX. XX s.]

## Vedlegg B. Fraksjoneringsmetoder *in situ* – Al

For å få informasjon om ulike Al-fraksjoner og endringer i fordeling av Al fraksjoner etter innblanding av sjøvann i ferskvannet ble det benyttet *in situ* fraksjonerings teknikker. Det ble benyttet *in situ* størrelse og ladningsfraksjonering av vann (Teien et al., 2006)

### Størrelsesfraksjonering:

Vannet ble pumpet direkte opp fra elven/fjorden/karet vha en peristaltisk pumpe før ”on line” fraksjonering. Det ble benyttet membranfiltre (0.45µm, Millipore d:45 mm) og ultrafiltre (Amicon H1P10-20 hullfibre med nominell molekyl cutoff 10 kDa) for å skille mellom ulike molekylvektstørrelser. For å få informasjon om total konsentrasjonen av Al ble størrelsesfraksjonerte prøver tilsatt 1 volumprosent kons. HNO<sub>3</sub> og lagring ved 4 °C i ca 2 uker før ekstraksjon (8-hydroxyquinoline og metylisobetylketone) på laboratoriet. Al i ekstraherte prøver ble bestemt vha. spektrofotometer (Shimatzu UV-1601) ved 395 nm korrigert for jern (600nm). Al ble slik separert i tre ulike størrelsesfraksjoner (partikulært, kolloiddalt og lavmolekylært Al):

Total Al	= Totalt Al konsentrasjon i ufiltrert vannprøve
Partikulært Al	= Totalt Al konsentrasjon i ufiltrert vannprøve minus totalt Al konsentrasjon i 0,45 µm membranfiltrert prøve.
LMM Al	= Totalt Al konsentrasjon av i ultrafiltrert prøve (<10 kDa)
HMM Al	= Totalt Al konsentrasjon i 0,45 µm membranfiltrert prøve minus LMM Al

### Ladningsfraksjonering:

Det ble benyttet ionebytting og *in situ* ekstraksjon for å skille mellom ulike ladningsfraksjoner av Al. Filtrert vann ble ekstrahert (8-hydroxyquinoline og metylisobetylketone) *in situ* for å få informasjon om reaktivt Al i hht. Barnes/Driscoll's metoder (1976/ 1980). For å skille mellom positivt ladd og negativ/nøytralt Al ble filtrert vann pumpet *in situ* gjennom en ionebytter (Chelex 100, 20 mesh) før *in situ* ekstraksjon. Prøver som var ekstrahert *in situ* ble lagret før bestemmelse av Al vha spektrofotometer på laboratoriet. HMM Al og LMM Al ble slik fraksjonert mhp ladning hvor følgende tilstandsformer ble bestemt.

<b>Total Al:</b>	totalt Al, ekstrahert surgjort prøve (tilsatt 1 volumprosent kons. HNO <sub>3</sub> før 2 uker lagring ved 4 °C ) og bestemmelse av Al-konsentrasjon vha. spektrofotometer
<b>Al<sub>c</sub>:</b>	Syreaktivt Al, fremkommer som differanse: $Al_c = TotAl - Al_a$
<b>Al<sub>a</sub>:</b>	Reaktivt Al, vannprøve ekstrahert med 8-hydroxyquinoline og metylisobetylketon i 20 sekunder, før bestemmelse av Al-konsentrasjon vha. spektrofotometer
<b>Al<sub>o</sub>:</b>	Ekstrahert Al i eluat fra ionebytterkolonne (nøytrale eller negativt ladd), Al-konsentrasjon bestemt vha. spektrofotometer
<b>Al<sub>i</sub>:</b>	Retensjon i kationbytter, beregnet ved: $Al_i = Al_a - Al_o$

## Vedlegg C. Stasjonskoder fiskebur i 2007

**Tabell 21.** Det er brukt ulike stasjonskodinger i 2003 og 2005. For å sikre at det ikke er usikkerhet vedrørende hvor den enkelte stasjonen var lokalisert og for å sikre at det brukes en enhetlig koding i denne rapporten, er det etablert et nytt kodesystem (St.kode). Det er angitt lengde og breddegrader bestemt ved bruk av GPS. Disse er deretter konvertert til UTM. Det året en stasjon ikke er inkludert er angitt med "x" i stasjonslisten.

2003-2005-2007 Stasjonsliste	St. kode	Formål	Lengde bredde 2005	Lengde bredde 2007
1-1 Klova	Sto.1	150 m nedstrøms kalkdoserer. Øverste stasjon på den anadrome strekningen.		58.41438 8.49600
2-2 Lilleholt	Sto.2	Stasjonen er like nedstrøms vannprøvestasjonen ved Nes verk.	58.37903 8.52624	58.07887 8.52574
x-3 Innløp Lundevatn	Sto.3	Ca 600 m etter samløp med Skjerka og 1,5 km før Lundevatnet	58.39077 5.86158	58.39059 8.56261
3-4 Strømmen	Son.1	Tatt 5 m nord for samløpet mellom Storelva og Songevannet	58.40188 8.58839	58.40205 8.580849
Mandal hurtigserie		Akkumuleringsrater gjelle-Al		58.40204 8.58906
1. tillegg		Øke gradienten i Songevann		58.40229 8.59016
2. tillegg		Øke gradienten i Songevann		58.40273 8.58982
4-5 Doknes	Son.2	Utløp Nævestadfjorden, starten av Lagstrømmen	58.40730 9.02681	58.40733 9.02667
5-6 Strandane	San.1	Innløp Sandnesfjorden, slutten av Lagstrømmen	58.40709 9.03347	58.40724 9.03362
6-x Listrand	San.2	Pålene: utløpet Lagstrømmen eller starten av Sandnesfjorden		58.40994 9.04435
7-7 Hopestranda	San.3	150 -200m øst for Håholmen på sørsiden av Sandnesfjorden.	58.41449 9.07574	58.41487 9.07199
x-8	San.4	på neset mellom Åmland og Åsvika på nordsiden av Sandnesfjorden	58.41784 9.09590	58.41770 9.09635
x-9 Store Fureøy	San.5	Ytterste stasjon i fjorden	58.41836 9.11960	58.41825 9.11959



## Vedlegg D. Aktivitetsliste

		2003	2005	2006	2007	2008
<b>Områdebeskrivelse m/delfelt</b>		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	
Vannføring Hauglandsfossen		H*2	H*2	H*2	H*2	H*2
Vannføring Gjerstad						x
Vannføring Lundevatn (sep 2007)						
Temp, Nes Verk (Haug)		H	H	H	H	H
DN vannkjemikontroll		x	x	x	x	x
Kont. pH Hauglandsfossen		x	x	x	x	x
Kont. pH Nes Verk		x	x	x	x	x
Estimering av oppholdstid				H*2		H*2
Elvekjemi						
In situ Al-fraksjonering	Tot		x	x	x	x
	fraksj		x	x	x	x
Fjordkjemi	Tot		x	x	x	x
In situ Al-fraksjonering	fraksj		x	x	x	x
DGT		x	x			
Manuell saltmåling overflate		x	x	x		
CTD					x	x
Kontinuerlig logging						x
Oceanografi					Feil i vf	
Strømmodell fjord						x
El-fiske vinter				vår	Ja	NEI
Smoltfelle		x	x	x	x	x
Fangsteffektivitet						x
Smoltalder			2år			
Lengde	Lengde		x	?	x	x
Bestandsestimat			x			
Bestandsestimat				nei		1
Bureksponeringer FV		x	x	x	x	x
Gjelle-Al		x	x	x	x	x
Gjelle ATP			x	x	x	x
Blod			x	?	x	
Gjeddefestival		x	x	x	x	
Graving i elva					x	
Bureksponeringer fjord		x	x	x	x	x
Gjelle-Al		x	x	x	x	x
Akkumuleringsrater						x
Gjelle ATP			x	x	x	
Blod			x	x	x	
Telemetri			fluktres		x	x
PIT merking						
Slep av smolt						x
Predatorfiske				x	x	
Lakselus						x
Karforsøk					x	x
Gjelle-akkumuleringsrater						x
Undersøkelse, Audna				x		

## Vedlegg E. Lakselus

Stasjon dato	UTM. Koordinater	Antall garn	Salt og temp	Ørret	Sørø	Sik	Sei	Lyr	Makrell	Hestmakrell	Sild	Torsk	Fjesing	Horngjell	Knurr	Berggylte	Bergnebb	Laks
<b>4-5. juni</b>																		
St 1	504459	2	14,7 18,9C	2	4	2							1					
St 2	506733	2	14,2 19,4C	2	3	3		4	5	1								
St 3	506951	2	14,6 19,4C	1	1	1		7					1					
St 4	508734	3	14,9 18,8C					9	7									
St 5	510622	3	15,5 18,6	1				1		6				1	1			
St 6	510095	2	15,5 18,6	3									1					
St 7	512267	2	15,5 18,6	1						2			3	3				
St 8	504661	2	15,3 18,6C	1	4	2		5										
St 9	505584	2	15,1 19,1C	1				3										
St 10	506602	3	15,2 19,0C	1				3		1								
St 11	506956	2	15,2 19,0C	1	1			2					1	1				
St 12	508857	3	14,7 20,1C	4				3						1				
St 13	509104	2	14,3 19,8C															
St 14	510990	2	15,0 19,3C	3				4		4								
<b>26. juni</b>																		
St 15	504493	2	23,9 15,1C	4				10									5	
St 16	504629	2	25,9 15,0C	2			3	3	1									
St 17	505922	2	25,5 15,3C	2				7	6									
St 18	505998	2	25,8 15,2C	2			3	3	1									
St 19	506724	3	25,4 15,2C	6			8	22	4	3							4	
St 20	506903	2	25,6 14,8C	2			6	10	8									
St 21	506938	2	25,6 15,1C	3			3	6	1									1
St 22	506661	2	25,6 15,1C	2				8										
St 23	508851	3	25,7 15,0C					11	6									
St 24	511129	4	26,3 14,9C				4	7	2									

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 samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)