

# Betydningen av kraftverk og predasjon fra gjedde for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse



**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 Betydningen av kraftverk og predasjon fra gjedde for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse	Løpenr. (for bestilling) 6084-2010	Dato Mars 2011
	Prosjektnr. Undernr. O-29137	Sider Pris 103
Forfatter(e) Frode Kroglund <i>Hans-C. Teien (UMB)</i> Carolyn Rosten Kate Hawley <i>Jim Guttrup (Tvedestrand kommune)</i> <i>Åsmund Johansen (innleid hjelp)</i> Rolf Høgberget Torstein Kristensen Torulv Tjomsland Thrond Haugen	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsreferanse 05040029-5
---	---------------------------------

**Sammendrag**

Tidligere forsøk har påvist svekket vandringsvillighet når smolten utsettes for akkumulert aluminium i brakkvann. Denne belastningen vil være tetthetsuavhengig, men bestandseffekten avhenger av tilførsel av aluminium samt hvor i fjordsystemet aluminium foreligger på en form som er akkumulert. Belastningen synes å øke når saltnivået i fjorden overstiger ca 1 promille, for så å avta når saltnivået overstiger 10 promille. Smolt eksponert i brakkvann i 2009 akkumulerte aluminium på gjellene i samme omfang som påvist tidligere år. Det er derfor rimelig å anta at antall smolt som ikke nådde kyststrømmen var høyt også i 2009. Laks- og ørretsmolt i Storelva utsettes for flere trusler enn aluminium. Det er estimert at kraftverket og predasjon fra gjedde samlet kan redusere smoltbestanden med omkring 40 %. Når aluminium i brakkvann reduserer antall smolt som når kyststrømmen med et tilsvarende %-nivå, blir antall utvandrende smolt for lavt til at gytebestandsmålet kan oppnås - selv med høy sjøoverlevelse. Det er mulig å gjennomføre avbøtende tiltak på kraftverket. Det er også mulig å gjennomføre tiltak mot aluminium i brakkvann ved for eksempel å behandle vannet med natriumsilikat, eller ved å transportere smolten forbi de områdene som har en skadelig vannkjemi. Erfaringer fra Storelva antas å ha stor overføringsverdi til andre, forsurete vassdrag med utløp til innelukkede fjorder eller estuarier.


Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Atlantisk laks	1. Atlantic salmon
2. Aluminium i brakkvann	2. Aluminum in estuary
3. Bestandsestimat	3. Population estimate
4. Vannkvalitet	4. Water quality



Frode Kroglund  
Prosjektleder



Øyvind Kaste  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Betydningen av kraftverk og predasjon fra gjedde  
for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for  
postsmoltoverlevelse**

Smoltvandring i Storelva og utenforliggende  
fjordområder i 2009

## Forord

Aluminium i brakkvann kan være årsaken til redusert laksefangst i enkelte elver. Siden 2005 har Direktoratet for naturforvaltning støttet forskning som belyser hvilken betydning aluminium i brakkvann kan ha på smoltens utvandringssatferd og overlevelse fra smolt til voksen laks. Fra prosjektets start til nå er innholdet i de årlige undersøkelsene endret. Mens fokus i starten var på å beskrive de kjemiske forandringene aluminium gjennomgår i kontakt med saltvann har fokus etter hvert blitt dreid mot tiltak. Behandling av elvevannet med natriumsilikat kan binde aluminium på en ikke-reaktiv form og dermed redusere belastningen på utvandrende smolt, mens fysisk transport av smolten forbi problemområdene i fjorden kan ha samme økologiske effekt.

Vår kontaktperson i DN har vært Roy Langåker og Roar A. Lund mens Dag Matzow har vært kontaktpersonen hos Fylkesmannen i Aust-Agder. Vi takker for samarbeidet og den støtte vi har fått.

Grimstad, mars 2011

*Frode Kroglund*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>Summary</b>	<b>12</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>13</b>
<b>2. Vassdragsbeskrivelse og metoder</b>	<b>15</b>
2.1 Vassdraget og kystvannet	15
2.2 Fysio-kjemiske bakgrunnsdata; ferskvann	17
2.2.1 Vannføring	17
2.2.2 Vannkjemi	17
2.3 Fysio-kjemiske bakgrunnsdata; saltvann	17
2.3.1 Faste hydrografiske stasjoner (HI), saltvann	17
2.3.2 Dybdegradienter samt kontinuerlig logging av salt- og temperatur i fjorden	18
2.4 Analysemetoder fisk	20
2.4.1 Smolt	20
2.4.2 Hybrider	20
2.4.3 Fysiologi	20
2.5 Smoltfelle	21
2.5.1 Fosstveit kraftverk	21
2.5.2 Smolthjul ved Fosstveit kraftverk	21
2.5.3 Tiltak for å hindre smolt fra å innvandre i kraftverket.	23
2.5.4 Elva fra Fosstveit til Lundevatn	24
2.5.5 PIT-antenne stasjon "1870", utløpet av Lundevatn	25
2.5.6 Smolthjul Strømmen	26
2.6 Merking av fisk	26
2.6.1 PIT-merking	26
2.6.2 Fettfinnemerking	27
2.7 PIT-merker og merkeprosedyre	28
2.7.1 Merking	28
2.7.2 PIT-antenne	28
2.8 Marin overlevelse	29
2.9 Merkedød	29
2.10 Estimering av populasjonsstørrelse	30
<b>3. Vannkjemi og temperatur i 2009</b>	<b>31</b>
3.1 Vannføring	31
3.2 Temperatur	31
3.3 Kontinuerlig pH	33
3.4 Vannkjemi i elva	34
<b>4. Fysiske og kjemiske forhold i fjorden</b>	<b>36</b>
4.1 Dybdeprofiler; CTD målinger av salt og temperatur	36
4.1.1 Strømmen og Songevatn	36

---

4.1.2 Overgang Songevatn og Nævestadfjorden	37
4.1.3 Lagstrømmen; Doknes og Pålane	38
4.1.4 Sandnesfjorden 1. basseng og Bunkers	38
4.1.5 Hopestranda til Midtfjord	38
4.1.6 Sandnes Camping og Salbuholmen	40
4.1.7 Store Furøy – nord og sør	40
4.2 WTW målinger av salt og temperatur	41
4.2.1 Saltmålinger	41
4.2.2 Temperatur	41
4.3 Konklusjon saltmålinger	41
4.4 Vannkjemi i Songevann – Nævestadfjorden og Sandnesfjorden	44
4.4.1 Sammenhenger saltinnhold og Al	44
<b>5. Fysiologiske målinger av fisk og hybridanalyse</b>	<b>46</b>
5.1 Fysiologiske målinger av fisk i elva	46
5.2 Fysiologiske målinger av fisk i fjorden	47
5.3 Hybridanalyser	49
5.4 Smoltfangst ved Fosstveit	50
5.5 Dødelighet ved Fosstveit kraftverk	53
5.6 Predasjon fra gjedde	53
5.7 Smoltfangst i Strømmen	54
5.8 Utvandringstidspunkt, smolt	57
5.8.1 Fosstveit	57
5.8.2 Strømmen	57
5.9 Nedvandringstid fra Fosstveit til Strømmen	59
5.9.1 Beregninger fra fellefangst	59
5.9.2 PIT-antenne	60
5.9.3 PIT-merkefangst i smoltfelle	60
5.9.4 Gjenfangst i Strømmen av smolt satt ut i Strømmen	61
<b>6. Estimering av bestand og tapsfaktorer</b>	<b>62</b>
6.1 Smoltestimat - ferskvann	62
6.1.1 Felleeffektivitet	62
6.1.2 Bestandsestimat basert på fellefangst av laks og ørret	62
6.1.3 Bestandsestimat basert på fangst-gjenfangst	64
6.1.4 Bestandsestimat basert på el-fiske og elvearealer	65
6.2 Estimat over smolttap	66
6.2.1 Kraftverket	66
6.2.2 Overlevelse fra kraftverket til Strømmen	66
6.2.3 Konklusjon bestandsestimater ferskvann	67
6.3 Smoltoverlevelse – saltvann	68
6.3.1 Sjøoverlevelse	68
6.3.2 Predatorfiske i fjorden	69
6.3.3 Aluminium i brakkvann	69
6.3.4 Lakselusovervåking	70
6.3.5 Konklusjon smoltoverlevelse saltvann	70
6.4 Fangst av voksen fisk laks i Storelva, 2009	70
6.4.1 Videoregistrering	70
6.4.2 Fangststatistikk	71
6.4.3 Stamfiske	71
6.4.4 Rognutlegging i Storelva	72
6.4.5 Konklusjon voksen fisk	72

---

6.5 Hva betyr trusselene samlet for gytebestandsmåloppnåelse	73
<b>7. Diskusjon</b>	<b>75</b>
<b>8. Litteratur</b>	<b>81</b>
<b>Vedlegg A. Lengder til laks og ørret</b>	<b>82</b>
<b>Vedlegg B. Død fisk i turbin</b>	<b>86</b>
<b>Vedlegg C. Gjeddemager</b>	<b>91</b>
<b>Vedlegg D. Hybrider - analyser</b>	<b>92</b>
<b>Vedlegg E. Hybrider – bilder</b>	<b>95</b>
<b>Vedlegg F. Vinterstøinger</b>	<b>98</b>
<b>Vedlegg G. Fiske etter smoltpredatorer</b>	<b>99</b>
<b>Vedlegg H. Fangst knyttet til garnfiske av sjørret</b>	<b>101</b>
<b>Vedlegg I. Fangstdata</b>	<b>103</b>

---

# Sammendrag

## Problemstillinger

Storelva i Aust-Agder har vært kalket siden 1996. Mens det vannkjemiske målet er oppnådd, er utviklingen i fangst av laks langt dårligere enn forventet. Gytebestandsmålet for elva er beregnet til 564 kg hunnlaks (424 – 848 kg). Prosentoppnåelse av gytebestandsmålet har vært i størrelsesorden 10 til 30 % på 2000-tallet. Mens det forventes en årlig laksefangst i størrelsesorden 1 tonn er laksefangstene i elva i dag generelt <100 kg/år. Utviklingen i fangst av laks i Storelva etter kalking avviker således fra det som ellers er tilfellet i kalka Sørlandselver. Denne tilstanden kan ikke forklares ut fra vannkjemi målt i elva. Det er ingen grunn til å forvente at laks fra Storelva skal ha en lavere sjøoverlevelse enn laks i naboelver, såfremt ikke smolt fra Storelva utsettes for én eller flere lokale trusler. Den lokale trusselen vi har fokusert på siden 2003 er aluminium (Al) i brakkvann. Fra oppdrett er det kjent at Al i brakkvann kan drepe laks som holdes i mærd. Hypotesen har vært at smolt under utvandring og voksen laks under tilbakevandring vil påvirkes. Hvis Al i brakkvann påvirker smoltutvandring vil andelen smolt som når havet bli redusert med dertil redusert innsig av voksen laks etter sjøoppholdet.

I 2008 ble det etablert et nytt kraftverk i elva. Hvilken effekt dette kraftverket vil ha på smoltproduksjon og utvandring var ikke med i den opprinnelige prosjektplanen for 2009. På grunn av at vi fanget mye død smolt nedstrøms kraftverket ble en betydelig del av feltinnsatsen overført til denne problemstillingen.

Det var i den opprinnelige forskningsprogrammet planlagt å binde Al i ferskvann på en form som ville motvirke mobilisering av Al i brakkvann. Innenfor forsøk og fiskeoppdrett oppnås dette ved bruk av natriumsilikat. Dette tiltaket ble av DN vurdert som for kostbart. Det ble derfor i 2009 satt fokus på alternative tiltak. Smolt fanget i elva ble merket med PIT-merker (passive integrated transponder) og enten transportert med bil forbi problemområdene i brakkvann eller satt ut i elvemunningen som kontroll. Smolt ble fanget to steder i elva; nedstrøms Fosstveit kraftverk samt i elvemunningen (Strømmen). Det vil ikke foreligge resultat fra dette før tidligst i 2010/11.

Som følge av fangst/merkeprogrammet i 2009 kan det beregnes bestandsstørrelser. Det ble estimert bestandsstørrelse for områdene oppstrøms kraftverket og for områdene fra kraftverket til elvemunningen.

Storelva-prosjektet i 2009 hadde fokus på følgende problemstillinger:

- Hvor mange laksesmolt produseres og hvor mange når fjorden?
- Hva betyr andre trusler (kraftverk, gjedde) i elva for smoltproduksjon?
- Hva betyr Al i brakkvann for smoltkvalitet (overlevelse fra smolt til voksen laks)?
- Kan transport av smolt forbi problemområdene brukes som tiltak mot Al i brakkvann?

## Karakterisering av kjemi og fisk i elva i 2009

Vannkvaliteten i selve Storelva var tilfredsstillende i 2009 som i tidligere år. Prøver tatt av metallakkumulering på fiskegjeller samt blodkjemi antyder ikke noen negativ påvirkning fra vannkjemi. Gjelle-Al verdiene var i hovedsak < 10 µg Al/g gjelle tv. Det konkluderes derfor med at dagens kalkingsstrategi er tilfredsstillende for smolt innenfor vassdraget.

- *Vannkvalitet i elva er ikke årsak til svekket smoltproduksjon eller kvalitet*



Vannføringen i 2009 var høy i april for å avta til lave nivåer i siste halvdel av mai. Utviklingen i 2009 var delvis lik den i 2008, men svært ulik vannføringene i 2005 og 2007 (tørr vår) eller 2003 og 2006 (våt vår). Utviklingen i vanntemperatur våren 2009 var relativt lik utviklingen i 2008. Begge årene var betydelig varmere enn 2006. År til år variasjon i vannføring og vanntemperatur samt variasjoner i det marine miljøet (været) har betydning for hvor i fjordsystemet Al kan/vil foreligge på en akkumulerbar form. Fra forsøk har vi vist at Al i økende grad mobiliseres på en akkumulerbar form når saltnivået overstiger 1 promille. Basert på konduktivitetmålinger økte saltnivået i overflatevannet (0-1 m dyp) i Songevatn til verdier >1 promille i dagene omkring 18. mai. Denne grenseverdien ble passert ca 1 uke tidligere ved Doknes (ytterst i Nævestadfjorden). De kontinuerlige målingene viste at det ikke var en gradvis endring i saltnivå fra elvemunning til fjordmunningen, men at det er store variasjoner innenfor døgnet på en stasjon/dyp. Variasjon i salinitet gjennom døgnet viser at fjordsystemet er meget dynamisk og at det kan være uriktig å angi saltnivået på et dyp for en dag med kun én verdi. Kontinuerlig saltmåling er derfor viktig for å karakterisere mulig Al-belastning på utvandrende laksesmolt.

Som i tidligere år ble det i 2009 påvist en klar mobilisering av gjellereaktivt Al med økende saltnivå. I brakkvann akkumulerte fisken betydelige mengder Al på gjellene, og verdier i området 200 til 300 µg Al/g gjelle tv var vanlige når saltnivået var på 1 til 4 promille. Dette innebærer at all fisk som oppholdt seg i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden fra omkring 18. mai opplevde vannkvaliteter med Al akkumulerbar form. Nederst i Nævestadfjorden var betingelsene til stede 1 til 2 uker tidligere. Basert på eldre forsøk er det konkludert med at akkumulering av Al på fiskegjellene (gjelle-Al) er størst når saltinnholdet i fjordvannet passerer 1 promille, avtar når saltnivået overstiger 6 promille og elimineres ved nivåer over 15 promille. Mekanismer og transformasjoner av Al i brakkvann omtales i egen rapport (Teien m.fl., 2009). Det synes ikke å være endringer i reaktivitet til Al knyttet til vannets alder fra Songevatn til Nævestadfjorden utløp. Dette avviker fra det som tidligere er erfart fra ferskvann hvor reaktivitet til Al avtar over tid. Ettersom Al ikke avgiftes med økende alder i brakkvann vil Al-tilførsel, -fortynning og vanntemperatur være de viktigste årsakene til variasjon i akkumulert Al.

Endringene i saltnivåer i 2009 var nokså like situasjonen i 2008. Dette året var undersøkelsene supplert med telemetristudier (F.Økland, NINA). Når saltnivået ut av Lagstrømmen var < 1 promille kom ca 50 % av smolten fram til det ytre fjordområdet ved Risør. Omkring 13. mai økte saltnivået oppstrøms Lagstrømmen og fisk som ankom dette området etter denne datoen ville i økende grad eksponeres for akkumulert Al. Andel smolt som da nådde Risør sank til 20 %. Hovedutvandringen fra Storelva var etter 18. mai i 2009. Det forventes derfor at andelen smolt som nådde kyststrømmen var lav.

- *Det var betydelige konsentrasjoner av gjellereaktivt Al i fjorden i 2009*
- *Reaktiviteten til Al i brakkvann avtar ikke med økende vannalder, men med endringer i saltnivå*
- *Konsentrasjonene av Al i fjorden forventes å ha påvirket smoltutvandringen i 2009*

### **Forekomst av hybrider (krysning av laks og ørret) i Storelva**

Det er reist spørsmål om tidligere telemetristudier (2007 og 2008) ble utført på hybrider og ikke på laks. Det forventes at hybrider har en utvandringssatferd som avviker fra laks. Analyser av smolt utført i 2009 tyder på at innslaget av hybrider var lavere enn 3 % (sum av sikker + usikker) eller lavere enn 1 % hvis man kun vurderer innslaget av sikre hybrider. Ut fra dette antas det at smolt som i 2007 og 2008 ble benyttet i telemetristudiene var av laks og at avvikende vandringsatferd skyldes forhold i fjorden.

- *Andelen hybrider i vassdraget var lav*

### **Smoltutvandringstidspunkt våren 2009**

PIT-merket smolt løslatt ved Fosstveit brukte i snitt 5 døgn fra merking til gjenfangst i PIT-antenna ved Strømmen (stasjon 1870) 6 km nedstrøms. Dette må betraktes som en lav vandringshastighet. Vi kan ikke si om hastigheten var lav hele strekningen, eller om Lundevatn påvirket hastigheten.

Høyest daglig fangst av laksesmolt ble registrert 14. mai ved Strømmen. Smoltutvandringen i 2009 var ca 6 dager senere enn i 2008. Denne forskjellen kan knyttes til vanntemperatur. 25 % og 50 % av total mengde utvandret laksesmolt ble nådd henholdsvis 10. og 13. mai. På dette tidspunktet økte saltnivået i nedre del av Nævestadfjorden forbi 1 promille. Brakkvann (aluminium) kan således ha hemmet utvandringen i 2009. Belastningen vil ha vært størst nær Lagstrømmen for de tidligst utvandrende og størst nær elvemunningen for smolt som ankom Songevatn først i midten av mai.

- *Smoltutvandringen i 2009 ble sannsynligvis hemmet av Al i brakkvann*

### **Smoltfangst i Storelva 2009**

Ved Fosstveit ble det fanget 4333 laksesmolt og 850 ørretsmolt i smolthjulet. Ørret utgjorde 16,4 % av all smolt (n=5183; sum laks + ørret) fanget. Ved Strømmen ble det fanget til sammen 1981 laksesmolt og 826 ørretsmolt i smolthjulet. Ørret utgjorde her 29,4 % av total smoltfangst (laks + ørret).

- *Andelen ørret i forhold til laks var høyere nedenfor kraftverket enn ovenfor*

### **Smoltproduksjon**

De ulike estimatene for smoltproduksjon antyder at det produseres i størrelsesorden 9000 laksesmolt ovenfor og 4000 laksesmolt nedenfor Fosstveit. Det produseres ca 5300 ørretsmolt i elva. Beregninger ut fra gytebestandsmålet antyder at elva skal ha en produksjon i størrelsesorden 25.000 laksesmolt.

- *Smoltproduksjonen til laks er lavere enn gytebestandsmålet*

### **Hammerdammen ved Nes verk**

Vi har ikke her undersøkt betydningen av Hammerdammen ved Nes Verk. Effektkontrollen i vassdraget påviser avtagende yngeltettheter i dette området. Dette vandringshinderet bidrar også til at gytebestandsmålet ikke vil kunne oppnås.

### **Voksen laks**

Det har lenge blitt påpekt et opplagt misforhold mellom fangst av laksesmolt i elva og fangst av voksen laks. Oppvandring av laks må være større enn det som antydes ut fra elvefangstene. Det ble registrert i størrelsesorden 70 til 100 laks i laksetrappa ved Fosstveit i 2008 og 2009 med bruk av video. Ut fra smoltproduksjon i elva må noe laks også gyte nedenfor Fosstveit. Denne vil ikke ha blitt registrert på video. Antas det at det er en sammenheng mellom antall gytelaks og smoltproduksjon kan det antas at minst 40 laks gyte nedstrøms Fosstveit. Det tas samtidig ut i størrelsesorden 20 til 30 stamfisk i Storelva. Det oppvandret mest sannsynlig minst 150-200 laks i 2008 og 2009. Gitt 50:50 kjønnsfordeling og en snittvekt på 2,5 kg oppvandret det minst 250 kg hunnlaks. Med 1400 egg/kilo hunnlaks og 3 % overlevelse fra egg til smolt betyr dette en produksjon på minst 10.500 laksesmolt. Ettersom estimatet for oppvandring av laks sannsynligvis er satt noe for lavt er ikke beregnet produksjon fra merke-gjenfangst på ca 13.000 laksesmolt og estimatet over urimelig. Gytebestandsmålet er klart underskredet.

- *Det er lavt fangsttrykk på laks i elva*
- *Vassdraget fremstår ikke som bærekraftig. Bestanden er ikke høstbar.*

## **HVA BETYR TRUSSELFAKTORENE FOR SMOLTEN?**

### **Fosstveit kraftverk**

I 2008 ble kraftverket ved Fosstveit startet. Det ble våren 2009 samlet inn betydelige mengder død smolt nedstrøms kraftverkturbinen. Av laksesmoltene fanget i smolthjulet ved Fosstveit var 497 døde. Dette utgjorde 11,5 % av all laks. Av ørretsmoltene var det 92 døde. Dette utgjorde 11,5 % av fangsten. Det var således ingen forskjell i dødelighet knyttet til art.

Fosstveit kraftverk utgjør en ny trussel mot laks og ørret i elva. Denne trusselen vil ikke bidra til å utrydde bestanden, men bidrar til å redusere antall smolt som når havet med ca 1000 individ.

- *Fosstveit kraftverket representerer en ny trussel mot laksen i Storelva*

### **Hammerdammen**

Tetthet til laks er avtakende ovenfor Hammerdammen ved Nes Verk. Dette bidrar til at smoltproduksjonen oppstrøms Fosstveit vil avta såfremt ikke fiskeheisen fungerer tilfredsstillende.

### **Predasjon fra gjedde**

Det ble estimert at kun 70 % av smolten som passerte kraftverket ankom fjorden. Samme redusert overlevelse gjelder sannsynligvis også for smolt produsert nedstrøms kraftverket. Estimater innebærer at i størrelsesorden 4000 smolt forsvant i elva. Dette skyldes mest sannsynlig en predator. Gjeddene er vanlig i de nedre strekningene av Storelva, særlig i Lundevatn. Midlere forekomst av smolt i magen til gjedder som hadde spist smolt var  $4,3 \pm 2,5$  individ. Det antas derfor her at hovedårsaken til tap av smolt mellom kraftverket og fjorden skyldes gjedde, selv om andre predatorer ikke skal utelukkes.

Tapet av smolt var i størrelsesorden 30 % av den totale smoltutvandringen på omkring 13.000 laksesmolt + ca 5000 ørretsmolt. Det antas at prosentandelen gjedda kan spise avtar med økende produksjon. Hvis smoltproduksjonen økes til 25.000 (gytebestandsmålet) forventes det at tapet i % avtar og at andelen smolt som når kystvannet øker. Gjeddene tok ca 4000 laksesmolt når utvandringen var på ca 13.000 laksesmolt. Sammenheng mellom gjedde og smolttap bør utredes ytterligere da denne problemstillingen er relevant også i andre elver.

Det var gjedde i vassdraget den gang laksebestanden ble karakterisert som god (tidlig 1900-tall). Vi har ikke grunnlag for å anta at forekomsten av gjedde er vesentlig endret etter 1870. Det skal likevel ikke utelukkes at tettheten av gjedde kan ha økt når sørv kom inn i innsjøen rundt 1940 (Hesthagen og Østborg, 2002).

- *Gjedda har vært i vassdraget i ca 200 år og er ingen ny trussel*
- *Gjedda er en vesentlig trussel i forhold til oppnåelse av gytebestandsmål (tap på ca 4000 smolt per år)*
- *Gjedda kan ikke alene forklare dagens lave laksefangst*

### **Al i brakkvann**

Gitt tidligere års telemetri-undersøkelser, kan det antas at et sted mellom 50 og 80 % av smolten ikke når kyststrømmen. Garnfiske etter predatorfisk i fjorden tyder ikke på at lav utvandring skyldes predasjon. Hypotesen om at lav utvandring skyldes Al i brakkvann er ikke avkreftet.

- *Det var akkumulert Al i fjorden det meste av utvandningsperioden for smolt*
- *Al i brakkvann kan redusere antall smolt som når kyststrømmen med 50 til 80 %*
- *Al i brakkvann vil virke tetthetsuavhengig og er en vesentlig trussel i forhold til oppnåelse av GBM*

### **Konklusjon**

Forekomst av laks i elva er betydelig høyere enn det laksefisket antyder. Misforholdet mellom mengde laks og smoltproduksjon er dermed mindre enn det som er påpekt tidligere. Antall laks er fortsatt langt under gytebestandsmålet.

Al i brakkvann vurderes fortsatt som en vesentlig trussel. Denne trusselen er tetthetsuavhengig og bidrar til at antall smolt som når kyststrømmen reduseres til 20 til 50 % av smoltutvandringen. Trusselen vil vedvare så lenge vassdraget transporterer Al – uavhengig av om det kalkes eller ikke.

Laks- og ørretsmolt i Storelva utsettes for flere trusler enn Al i brakkvann. Det estimeres at kraftveket og predasjon fra gjedde kan desimere smoltbestanden med henholdsvis 10 og 30 %. Antall smolt drept i kraftverket vil være tetthetsavhengig. Antall smolt spist av gjedde er sannsynligvis tetthetsavhengig inntil gjeddens evne/ønske om mer mat er mettet. Antall gjedde i vannet vil mest sannsynlig være begrenset av mattilgangen utenfor smoltutvandningsperioden og ikke av smolttettheten.

Hammerdammen, kraftverk og gjedde sammen med Al i brakkvann utgjør et trusselkompleks som samlet har en betydelig effekt på andel smolt som når havet. Det er mulig å gjennomføre tiltak i forhold til Hammerdammen og Fosstveit kraftverk. Det enkleste tiltaket i forhold til gjedde kan være å sikre at smoltproduksjonen er høy. Gjeddene kan hemme oppbyggingen av en bestand ved at den reduserer smoltutvandringen kraftig når bestandsstørrelsen er lav. Gjeddene har sannsynligvis mindre betydning når smoltproduksjonen er høy. Det antas da at predasjon ikke øker lineært med økt smoltproduksjon, men at det oppstår en metning hvor økt smoltproduksjon i mindre grad blir gjeddemat. Det kan utredes etablering av gjeddefrie korridorer i elva og effekt av å sette gjedde i steng under smoltutvandningsperioden.

I forhold til smoltproduksjon vurderes det som bekymringsfullt at forekomst av laks oppstrøms Hammerdammen er avtagende. Avbøtende tiltak bør iverksettes her.

Effekten av Al i brakkvann påvirker utvandring fra elv til kyststrøm. Hvis smoltproduksjonen doubles som følge av tiltak i elva uten at det også gjøres tiltak mot Al i brakkvann vil gytebestandsmålet fortsatt underskrides. I denne sammenheng er det viktig å påpeke at Storelva-stammen av laks sannsynligvis ikke gikk tapt i forsurningsfasen, slik at tiltak her også bidrar til å sikre opprinnelig genetisk diversitet til villaks innenfor en region hvor alle de andre bestandene ble utryddet.

- *Gytebestandsmålet vil ikke kunne oppnås hvis ikke trussel fra kraftverk, gjedde og Al i brakkvann reduseres.*

## Summary

Title: The impact of power plant and predation from pike on smoltproduction and the effects of aluminium in estuaries on post smolt survival. Smoltstudies in Storelva and Sandnesfjord, S Norway in 2009

Year: 2010

Authors: F. Kroglund, H.-C. Teien, C. Rosten, K. Hawley, J. Guttrup, Å. Johansen, R. Høgberget, T. Kristensen, T. Tjomsland & T. Haugen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5819-6

River Storelva in Holt has been limed since 1996. The expected increase in salmon catches has not occurred. The hypothesis has been that aluminum in brackish water reduces smolt to adult salmon survival. Two new pressures were identified in 2009. A new hydropower plant kills around 11.5 % of the smolt passing the turbines. Pike living in the lower reaches of the river can reduce the number of smolt entering seawater by 30 %.

Based on stock recruitment models the river needs 565 kg salmon females to maintain a sustainable population. Based on this value and on an assumed egg to smolt survival at levels common for the region (3 %), the river should produce around 25000 smolt. The current population is estimated to be 13-14000 smolt. The number of smolt actually reaching the river mouth is reduced by >500 due to direct kills caused by the turbine and by 3000-4000 due to predation and possibly delayed effects related to the previous exposure to the turbine. Based on telemetry studies performed in 2008, it was estimated that only 20 % of the smolt leaving the river reached coastal waters when aluminum was present in the estuary as opposed to 50 % when the same water body was filled with freshwater. Aluminum in the estuary thus has an impact on the same order of magnitude as pike predation.

Current smolt production is achieved because fishing efforts towards salmon is low. If mitigation relieving the pressure from power plant and from aluminum is initiated, the hope is that the number of returning salmon increases to levels where both stock recruitment criteria and fishing for salmon benefits. An increased smolt production implies that the relative effects of predation from pike will be reduced.

# 1. Innledning

Fangst av laks i Storelva har vært lavere enn forventet i flere ti-år. Mens årsaken opprinnelig ble tilskrevet forsurening, har ikke kalkingen igangsatt i 1996 gitt forventet økning i fangst av laks. Dette er uventet og gjør utviklingen i Storelva forskjellig fra andre kalka elver på Sørlandet. Dette bekymret forvaltningen. Mulige årsaker til lav fangst av laks ble vurdert i 2003. Ulike trusler knyttet til gjedde, måke, sel med mer ble forkastet som drivende årsak til det uventa resultatet da disse trusselene også var tilstede den gang elva hadde gode laksefangster. Det ble våren 2003 påvist til dels høy akkumulering av aluminium (Al) på gjellene til smolt holdt i bur i brakkvann i fjorden utenfor elva. Basert på disse målingene, samt på kunnskap om at oppdrettslaks skades når den eksponeres for Al i brakkvann ble det igangsatt en rekke forskningsprosjekt i vassdraget og fjorden. Mens hypotesene er utviklet av NIVA, UMB og NINA i fellesskap, er forskningsaktiviteten støttet aktivt av Direktoratet for naturforvaltning. Målsetningen har vært å lære mer om hvilke økologiske effekter Al i brakkvann har på laksefisk. Storelva betraktes i denne sammenheng som et modellvassdrag, hvor modellen i neste omgang kan bidra til å forstå hvordan tilsvarende fenomen kan påvirke laksebestanden i andre elver. Fra ulike undersøkelser er det vist at laksesmolt fra bl.a. vassdragene Lygna, Kvina, Suldalslågen, Vosso og Ekso også eksponeres for Al under utvandring. I hvilken grad dette er en viktig trussel for disse bestandene, eller en trussel av mer sekundær karakter skal vurderes ut fra data generert i Storelva i Holt.

Undersøkellesprogrammet er endret fra 2003 og fram til i dag. I starten var hovedfokus på sammenhenger mellom Al i elva og akkumulering av Al på fiskegjeller i fjorden og måling av fysiologisk status. Denne delen av prosjektet er gjennomført årlig. I 2005 ble det observert at smolt under utvandring manglet fluktespons i Songevatn (brakkvann). Det ble da reist spørsmål om Al i brakkvann påvirket smoltens vandringsatferd mer enn fysiologisk status. Dette ble undersøkt i 2007 og 2008. Det ble da observert at smoltvandringen synes hemmet når saltnivået i fjordvannet var i området 1 til 10 promille. Når saltnivået i de indre fjordbassengene var < 1 promille var andelen smolt som utvandret fra elv til kystvann mer normal. En modell for sammenhenger mellom saltnivåer i fjorden, endringer i gjellereaktivitet til Al og effekter på smoltvandring publiseres som egen rapport (Økland/Diserud in prep). Det er skrevet en egen rapport om vannutskifting i fjorden og hvordan denne påvirker den geografiske utbredelsen av vann med sannsynlig belastende miljø (Tjomsland m.fl., 2010).

Det ble tidlig anbefalt at vassdraget skulle behandles med natriumsilikat for å avgifte Al i brakkvann. Silikat som tiltak er undersøkt i egne forsøk i perioden 2005-2008 (Teien m.fl., 2010). Kostnadene med et slikt tiltak ble imidlertid vurdert som for høyt av DN. Andre tiltak skulle utprøves i 2009. Denne årsrapporten oppsummerer aktiviteter og tiltak igangsatt i 2009.

Våren 2009 ble det gjort forsøk med et alternativt tiltak. Villsmolt av laks som ble fanget i elva ble da merket med PIT-merker. Halvparten av den merka fisken skulle slepes ut av brakkvannsområdene for å slippes fri først når slepet har nådd saltvann. Den andre halvparten settes tilbake i elva og slik at den måtte vandre hele ruten selv. Foruten dette forsøket ble det foretatt vannkjemiske undersøkelser i elva samt dokumentert vannfysiske og vannkjemiske målinger brakkvann. Smoltutvandring er i 2009 dokumentert ved bruk av to smoltfeller, hvor den ene var plassert i Strømmen (som i forutgående år), mens den andre ble plassert nedstrøms Fosstveit kraftverk (ny trussel). Som i tidligere år er det i 2009 gjennomført en rekke delprosjekter. Disse er tett sammenknyttet i tid og rom for å sikre tverrfaglighet og at fokus kan holdes på både hovedproblemstillinger og alternativer.

Programmet for 2009 var som følger:

- Drift av 2 smolthjul (Fosstveit og Strømmen)
  - Dokumentere antall smolt og tidspunkt for utvandring
- PIT-merking (Passive integrated transmitter) av laksesmolt samt transport av smolt forbi fjordområder med Al
  - Sjøoverlevelse ved naturlig utvandring sammenlignet med biltransport
- Dokumentasjon av innholdet i fiskemager fra gjeddefestival,
  - Tap av smolt til gjedde
- Predatorfiske i fjordene utenfor Storelva,
  - Tap av smolt til marine predatorer
- Eksponering av laksesmolt i elv og fjord,
  - Påvisning av gjellereaktivt Al
  - Fastslå evt. fysiologiske skader
- Kjemisk karakterisering av elv og fjord,
  - Kjemisk dokumentasjon
- Innsamling av relevante data fra andre prosjekt i området (vannføring, temperatur, m.m.),

**Prosjektets formål i 2009 var:**

å belyse om Al avgiftet ved kalking i Storelva (Aust-Agder) remobiliseres til giftig form i brakkvann og forårsaker ekstraordinær dødelighet på utvandrende smolt samt å utvikle tiltak for å bøte på dette.

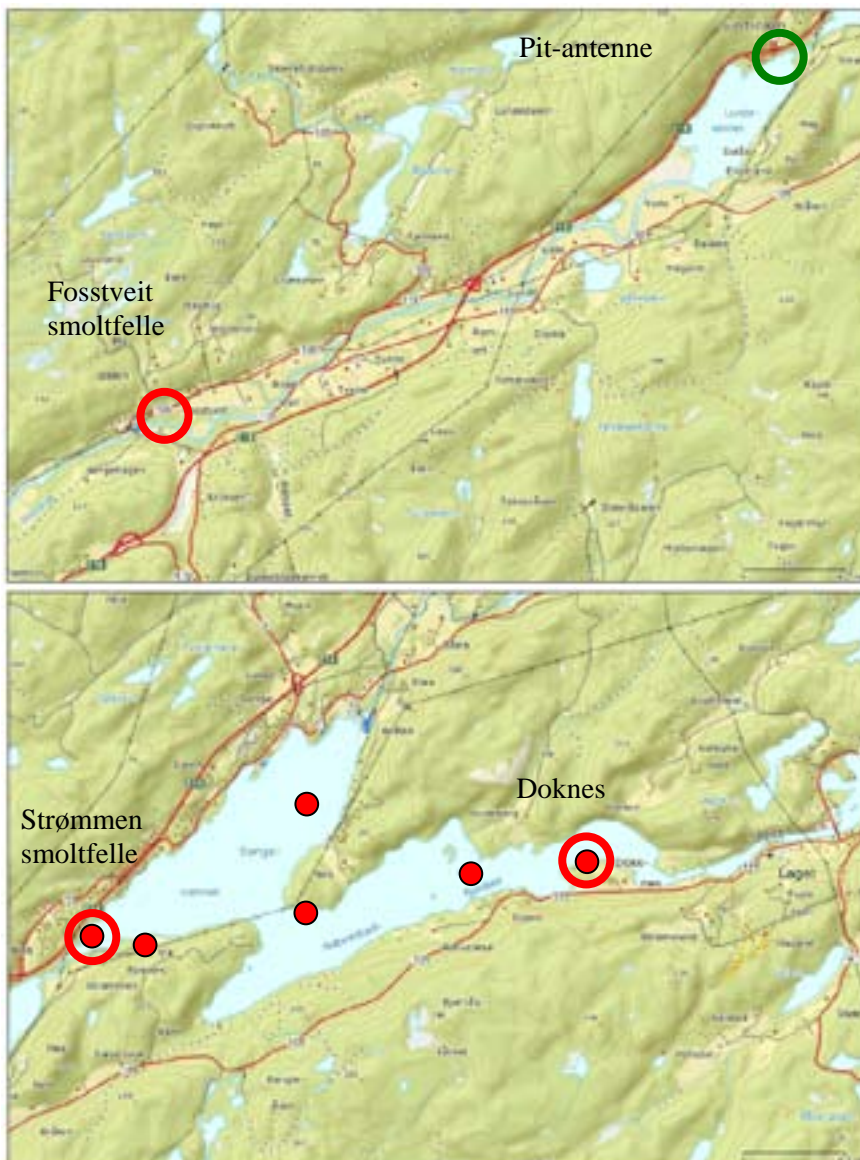
**Delmål i prosjektet i 2009 var:**

- Dokumentere eventuell bestandseffekt av belastningen hvor effekt måles ut fra sjøoverlevelse fra smolt til voksen laks.  
*Dette er utført gjennom å PIT-merke smolt. Gjenfangst forventes først i 2010 og 2011.*
- Sammenstille eksisterende data i en helhetlig modell som tillater bedre forståelse av prosesser og mekanismer som kan ha betydning for overlevelse.  
*Denne leveransen kommer som egen rapport fra NINA (in prep).*
- Skaffe ytterligere dokumentasjon på samspillet mellom ferskvann og sjøvann i fjordsystemet. Dette er gjort gjennom det fysio-kjemiske måleprogrammet samt i rapport som diskuterer mekanismer (Teien m.fl., 2010).
- Utvikle tiltaksstrategier og redgjøre for hvordan disse kan optimaliseres.  
I 2009 er det å transportere PIT-merket smolt forbi problemområdet utprøvd som tiltak.

## 2. Vassdragsbeskrivelse og metoder

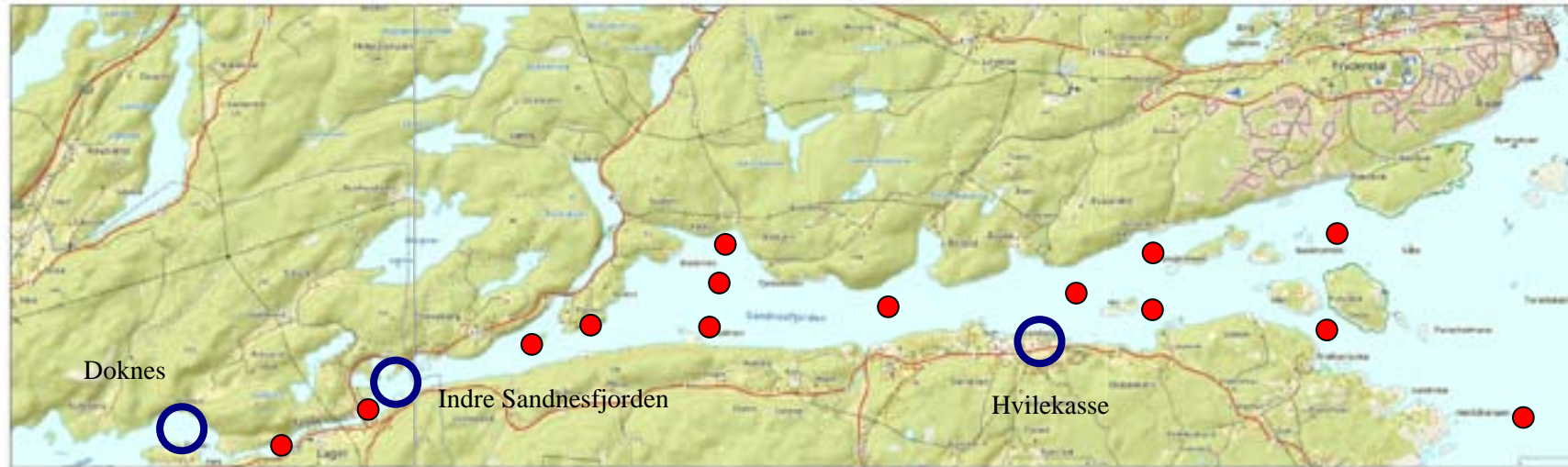
### 2.1 Vassdraget og kystvannet

Ferskvannsundersøkelsene var våren 2009 konsentrert i området fra Fosstveit kraftverk til Strømmen (Sundsaldalen, innerst i Songevatn), mens brakkvannsundersøkelsene pågikk fra Strømmen til havgapet ved Risør (henholdsvis kart 1 og 2 i **Figur 1**). Sentrale stedsnavn er angitt på kartene. Elva ned til og like forbi PIT-antenna er alltid ferskvann. Fra smoltfella ved Strømmen til Doknes vil saltnivået kunne variere, hvor variasjonen bestemmes av vannføring i elva samt påvirkning fra kystvann. Når vannføringen har vært lav over en viss periode, strømmer det saltvann inn mot Strømmen. Utenfor Lagstrømmen er det normalt saltere vann enn det som måles fra Doknes og innover.



**Figur 1.** Kart 1 og kart 2 (neste side): kart over de viktigste arbeidsområdene. Smoltfeller er markert med rød sirkel, PIT-antenna med grønn sirkel. Sentrale arbeidssteder er Fosstveit kraftverk (smoltfelle), Strømmen (PIT-antenna og smoltfelle), Doknes, innerst i Sandnesfjorden og hvilekasse etter smolttransport (midtre Sandnesfjord). Røde punkter markerer sted for saltprofiler. Kart fra Kystverket.no.





Figur 1 forts. Kart over de viktigste arbeidsområdene. Sentrale arbeidssteder er Doknes, innerst i Sandnesfjorden og hvilekasse etter smolttransport (midtre Sandnesfjord). Disse er markert med blå sirkel. Røde punkter markerer sted for saltprofiler. Kart fra Kystverket.no.

## 2.2 Fysio-kjemiske bakgrunnsdata; ferskvann

### 2.2.1 Vannføring

Det foreligger to vannføringsstasjoner i vassdraget; data fra NVE stasjon 18.4.0 og fra kalkdosereren ved Hauglandsfossen. Sistnevnte stasjon er brukt i tidligere rapporter hvor det er argumentert med at vannføring ved denne multiplisert med 2 vil gi vannføringen ut av Lundevatn. Vi har nå ett år med data som viser at dette ikke stemmer; hvor det er mest sannsynlig at vannføringskurven ved Hauglandsfossen er feil. Det er igangsatt recalibrering av denne (R.Høgberget).

### 2.2.2 Vannkjemi

Vassdraget er med i DN's vannkjemiovervåking. Det benyttes data fra både denne overvåkingen og fra effektkontrollen for laksevassdragene samt fra driftskontrollen for kalkingen i Storelva. Disse målingene er utført i henhold til de målemetoder som til enhver tid brukes i DN's overvåkingsprogram (se DN FoU rapporter på kalking). Dataene suppleres med egne målinger hvor det særlig legges vekt på fraksjonering av Al i felt, og da etter ferskvanns- og saltvannsprotokoller, avhengig av saltnivå. De kjemiske analysene er utført i henhold til standard protokoller ved UMB.

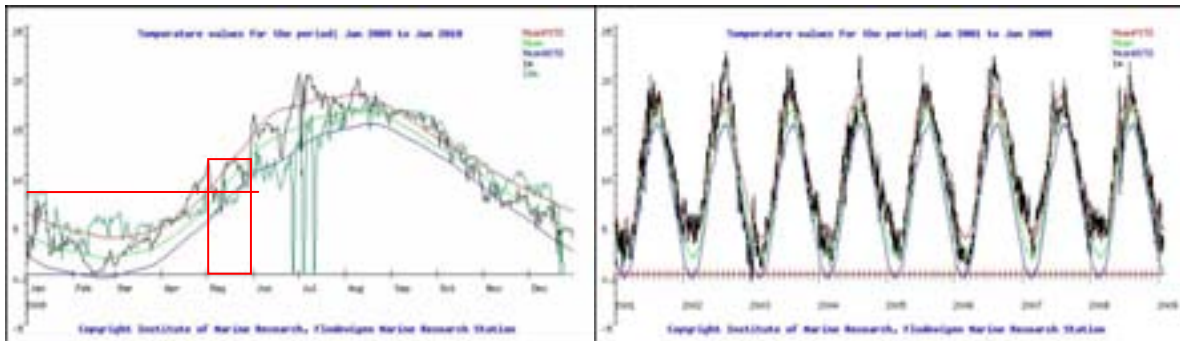
For å få informasjon om ulike Al og DOC-fraksjoner og endringer i fordeling av Al og DOC fraksjoner etter innblanding av sjøvann i ferskvannet ble det i 2008 benyttet *in situ* metoder utviklet ved UMB. Denne består i en *in situ* størrelse- og ladningsfraksjonering av vann (Teien et al., 2006a). For å få informasjon om ulike størrelsesfraksjoner ble det benyttet *in situ* 0.45µm membranfiltre og 10 kDa 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. I tilknytning til *in situ* fraksjonering ble samtidig målt pH, saltholdighet og temperatur (WTW multi 340i, polylyte lab pH elektrode og TetraCon 325 konduktivitetsprobe) på 0,5 og 1,5 m dyp.

## 2.3 Fysio-kjemiske bakgrunnsdata; saltvann

### 2.3.1 Faste hydrografiske stasjoner (HI), saltvann

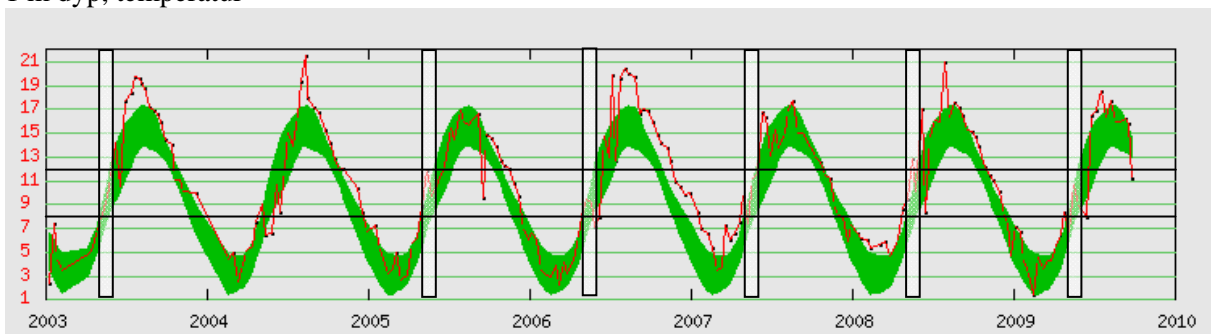
Foruten saltmålinger vi selv utfører er det tilgjengelig temperaturmålinger fra Flødevigen (HI). Mens sjøtemperaturen på 1 m dyp var økende fra april til mai i 2009, sank temperaturen med over 5 °C de første ukene av mai (**Figur 2**). I denne perioden var temperaturen tilnærmet lik fra overflata ned til 19 m. Fra at det ble målt temperaturer på 13 °C, ble det tidlig i mai målt temperaturer ned mot 7 °C. Dette kan være en temperatur som ikke er gunstig for postsmolt.

Selv ved Lista (N 58°05' E 6°32') er det i perioder stor variasjon i saltholdighet og temperatur på 1 m dyp (**Figur 3**). Selv om denne stasjonen er langt fra Risør viser variasjonene i saltnivåer her at saltnivået i kyststrømmen langs Skagerrak varierer kraftig gjennom året.



**Figur 2.** Venstre fig; Daglig måling av temperatur på 1 og 19 m dyp ved Flødevigen forskningsstasjon, Arendal. Perioden med temperaturfall tidlig i mai er omringet av rød boks. Høyre fig; daglige målinger på 1. m dyp siden 2001. Datakilde: <http://www.efan.no/Tempgraph/>.

1 m dyp, temperatur



1 m dyp, saltholdighet



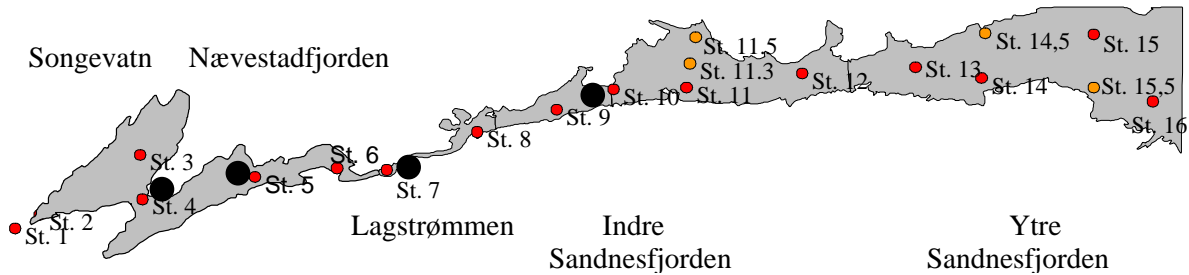
**Figur 3.** Målinger av temperatur og saltholdighet på 1 m dyp ved Lista fra 2003. Data fra: <http://data.nodc.no/stasjoner/index.php>. De vertikale søylene representerer perioden mai – juni eller perioden postsmolten kan tenkes å være i dette kystvannet.

### 2.3.2 Dybdegradienter samt kontinuerlig logging av salt- og temperatur i fjorden

Saltprofiler ble målt ved bruk av en STD/CTD Sound Vel. Probe SD204 levert fra SAIV, Bergen. Dette er en multifunksjonslogger som registrerer tid, vanndybde over måleren (som trykk), temperatur, saltholdighet og turbiditet, samt fluoresens som et mål på klorofyll i planteplankton. I rapporteringen for 2009 er det lagt vekt på dybde (0-4 m) og på å generere horisontale profiler (geografisk variasjon) og vertikale profiler (variasjon med dyp og tid på en stasjon). Saltmålinger ble utført 24. april, 4., 9., 18., og 24. mai samt 3. juni. Måleinstrumentet ble da senket fra båt på de ulike målepunktene (**Figur 4, Tabell 1**). Normalt ble det målt fra overflata og ned til bunnen. Software som følger instrumentet er benyttet til å integrere verdier for salt og temperatur på ulike dyp. STD/CTD ble plassert på bunnen av

Songevatn nært smoltfella når den ikke var i bruk til innsjøprofiler. Dette gir data på endringer i salt på ett dyp samt variasjon i vannstand.

Kontinuerlige endringer i saltnivåer ble dokumentert på 2 dyp (0,5 og 2 m) på 4 stasjoner i fjorden. Her ble det benyttet salt og temperaturloggere av type WTW 3110. Denne logget salt samt temperatur hvert 10 til 15 minutt avhengig av innstilling. Det ble utført kontinuerlige loggninger på Bunkers, Pålene, Doknes og overgangen mellom Nævestadfjorden og Songevatn (**Figur 4**).



**Figur 4.** Målestasjoner for dybdeprofiler vha. CTD (faste stasjoner gitt som røde prikker). Stasjoner prøvetatt av og til er vist med oransje punkter) og for kontinuerlig logging vba. WTW (sorte prikker).

**Tabell 1.** Plassering av dybdeprofil (CTD) stasjoner og stasjoner for kontinuerlig logging av salt og temperatur (WTW) stasjoner i 2009.

Nr	Sted	NS	ØV	CTD	WTW
1	Strømmen	58.40.214	008.58.945	X	x
2	Ekstra	58.40.331	008.59.618	X	
3	Songevatn nord	58.40.768	009.00.205	X	
4	Overgang Song/Næv	58.40.438	009.00.306	X	X
5	Holmen i Nævestadfjorden	58.40.646	009.01.825	X	
6	Doknes	58.40.762	009.02.740	X	X
7	Strandane	58.40.737	009.03.466	X	
8	Pålene	58.41.999	009.04.435	X	X
9	1. basseng Sandnesfjorden	58.41.160	009.05.025	X	
10	Bunkers	58.41.365	009.05.844	X	X
9	2. basseng Sandnesfjorden	58.41.417	009.06.505	X	
11,0-11,5	Hopestranda	58.41.653	009.07.447	X	
12	Midtfjord	58.41.784	009.08.127	X	
13	Sandnes Camping	58.41.662	009.09.761	X	
14	Saltbuholmen	58.41.774	009.11.070	X	
15	Store Furøy sørlig gap	58.42.145	009.12.772	X	
15	Store Furøy nordlig gap	58.42.175	009.12.230	X	
16	Slippsted smolt	58.41.545	009.14.104	x	

## 2.4 Analysemetoder fisk

### 2.4.1 Smolt

Vi har hovedsakelig arbeidet med smolt. En smolt gjennomgår en prosess, hvor den endrer kroppsfasong, farge, atferd og fysiologi, fra verdier som antyder en stasjonær parr til verdier som antyder en utvandringssklar smolt. Vi har fanget fisken under vandring. Ettersom dette er et viktig kriterium for det å være en smolt er denne egenskapen gitt hovedvekt. Dette innebærer at all fisk som fanges inn og ser ut som en smolt betraktes som å være en smolt. Dette er ikke nødvendigvis riktig. Vi benyttet derfor også et størrelseskriterium. Fisk <12 cm kan, men trenger ikke være smolt. Fisk >12 cm oppfattes som sikker smolt. Nedenfor er det vist bilder av ”typisk” smolt fra Storelva (**Figur 5**). På den ene fisken sees skader vi antar er bittskader fra laksand. Et lite antall smolt hadde slike skader.

Mens de fleste av fiskene fanget så ut som smolt, var det tydelige endringer i smoltdrakt (økende smoltifisering) i løpet av forsøksperioden. Smolten fanget i Strømmen var mer smoltifisert enn den som ble fanget ved Fosstveit. Forskjellen var tydeligst i grad av sølvfarging. Løse skjell ble kun registrert de siste dagene (overgang mai/juni) og da i Strømmen. Ettersom begge fellene fanget nedvandrende fisk betraktes fisken som smoltifisert begge fangsteder.



**Figur 5.** Illustrasjon av typiske smolt fra Storelva i Holt. Fiskene er fanget i smoltfelle plassert i Strømmen. (foto til venstre er tatt av Anders G. Hagen).

### 2.4.2 Hybrider

Enkelte av smolten i Storelva er store. Det er reist spørsmål om telemetristudiene utført i 2007 og 2008 ble utført på feilaktig artsbestemt ørret alternativt hybrider av laks og ørret. Fisken benyttet så ut som laks, men kan ha vært noe annet enn laks. I 2009 ble det tatt ut 300 prøver av smolt til hybridanalyse. Det ble da klippet en bit av brystfinnen. Denne ble lagt på sprit. En tilsvarende bit ble sendt HI (v/V.Vennevik) for genetiske analyser. Hybridanalysene er utført av NINA (v/K.Hindar). Fisken ble lengdemålt og artsbestemt av oss. Disse dataene ble ikke sendt NINA slik at analysen var blind.

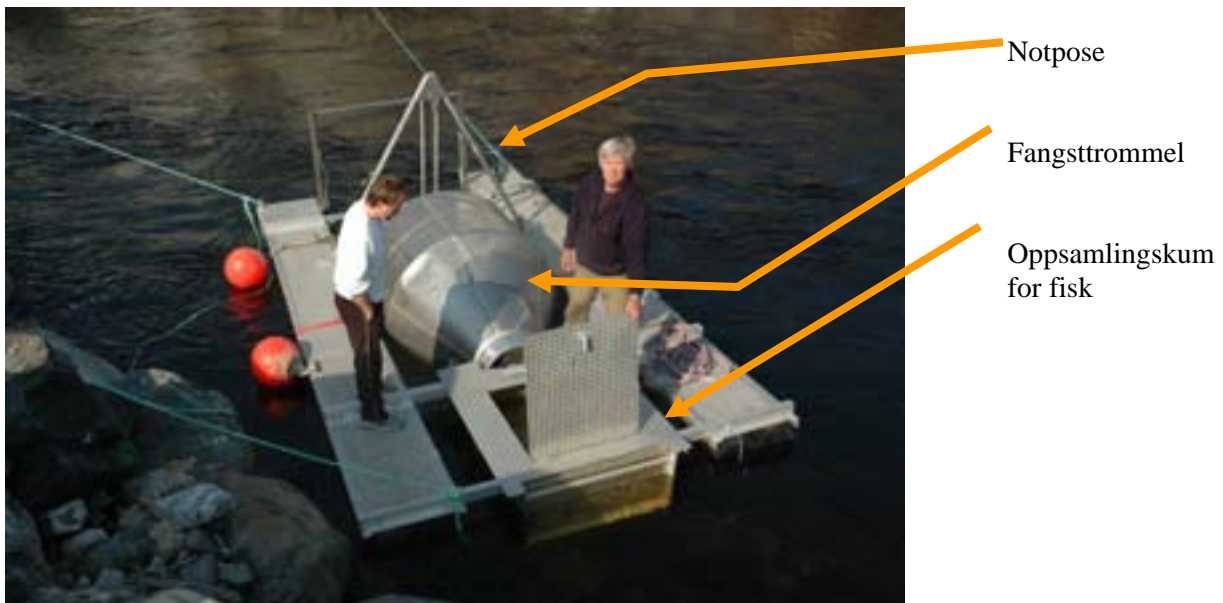
### 2.4.3 Fysiologi

Det ble i 2009 tatt prøver av fisk for analyse av blod, gjelle metall samt gjelle  $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$  (NKA). Blod er analysert ved bruk av I-stat i felt. Gjelle metaller er analysert ved UMB mens NKA er

analysert i Universitetet i Bergen. Det er tatt prøver av fisk fra elva, fra fella samt etter eksponering til fjordvann.

## 2.5 Smoltfelle

En smoltfelle er en innretning som fanger nedvandrende fisk (**Figur 6**). Ikke all fisk fanget i fella er nødvendigvis en smolt (se over). Smoltfella ved Fosstveit var utstyrt med ledegarn for å øke fangsteffektiviteten. Smoltfella i Strømmen var plassert og driftet som fella har vært siden 2006. Detaljer er gitt for hver fangstlokalitet nedenfor.



**Figur 6.** Smoltfella

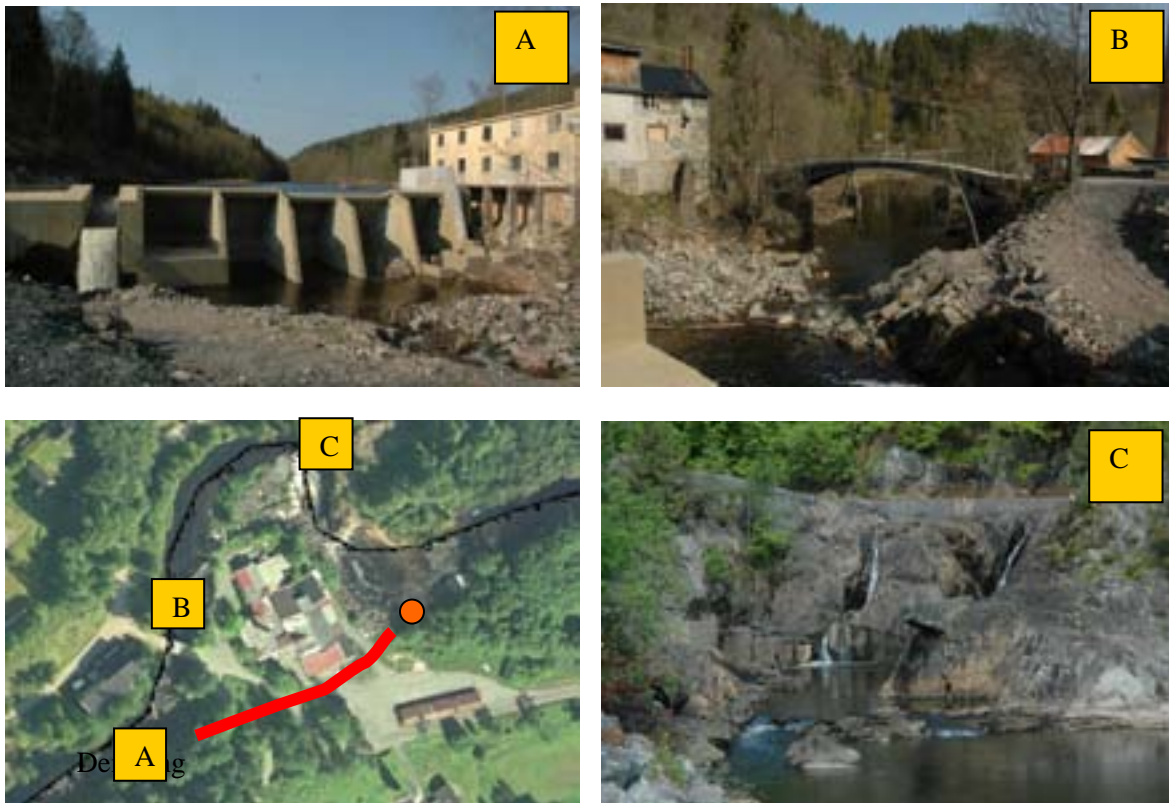
### 2.5.1 Fosstveit kraftverk

Fosstveit kraftverk ble igangsatt høsten 2008 og våren 2009 er dermed første gang kraftverket fysisk kan påvirke smoltutvandringen. Graving i elva våren 2008 påvirket smoltkvalitet i elva. Dette ble påvist som redusert gjelle-enzymaktivitet hos fisk utsatt for turbid vann.

Kraftverket har en fallhøyde på 15 m, rørgatelengde på 60 m, rørdiameter på 2300 mm. Kraftverket har 1 turbin (Kaplan) som har en installert effekt på 1.5 MW og en årlig middelproduksjon på 7.0 GWh. Slukeevnen er på 16 m<sup>3</sup>/sek. Fra kraftverket renner vannet tilbake til Storelva like nedstrøms lakstrappa og fossen Fosstveit. I **Figur 7** er kraftverket og minstevannføringsområdet vist.

### 2.5.2 Smolthjul ved Fosstveit kraftverk

Det ble plassert et smolthjul nedstrøms Fosstveit kraftverk. I **Figur 8** er utløpet fra kraftverket, smoltfella og elva nedstrøms kraftverket vist. Smolthjulet ble utplassert 30. april 2009 og holdt i drift frem til 12. mai. Utvandringen var ikke ferdig på det tidspunktet, men økende arbeidsbehov i Strømmen medførte at vi måtte disponere tiden ut fra hva som var viktigst. Smoltutvandring ved Fosstveit og effekter av kraftverket var ikke en del av den opprinnelige prosjektplanen.



**Figur 7.** Bilder av kraftverket (a), plassering av minstevannføringsstrekningen (b), laksetrapp og foss (c). Fossen er det opprinnelige vandringshinderet. Rørgata til kraftverket er antydnet med rød strek. Smoltfella er antydnet med oransje prikk. Flyfoto er fra før kraftverket ble bygd og derfor mangler detaljer.

For å øke fangstarealet ble det montert en bunntål mellom fangsttrommelen og smoltfelleramma. Fra denne ramma ble det 4. mai (kl 17:30) innmontert ledegarn til land. Målet var å kunne fange tilnærmet all fisk som kom gjennom kraftverkstunnelen. Ledegarnene ble laget av ei 2 m dyp not. Ledegarnene og nota ble veid ned mot bunnen med innsydd stålvaier og kjetting. Ledegarnet ble holdt opp mot overflata ved bruk av stramt tau festet mellom fella og elvebredden. Etter hvert som særlig venstre "arm" ble fylt med lauv mm ble overflata av ledegarnet pressa noen cm under vann. Vi kan derfor ikke utelukke at fisk kunne svømme over nota. Likeledes var det en ca 0,5 m åpning mellom ledegarn og elvebredden. Fisk kunne også passere her. Vi kan heller ikke utelukke at fisk kunne passere under ledegarnet (via rom mellom steinene).

Det var opprinnelig planlagt å PIT-merke et større antall laksesmolt ved Fosstveit. Usikkerheter knyttet til betydning av kraftverksturbinen på smoltkvalitet, betydningen av predasjon fra gjedde i området fra Fosstveit til utløpet av Lundevatn på overlevelse og gjenfangbarhet til smolt i Strømmen (henholdsvis i smolthjul og PIT-antenne) medførte at den opprinnelige planen ble endret allerede etter 1. fangstdøgn. Videre var det planlagt å kun la fella stå et par dager foran kraftverksutløpet for å se om det kom fisk der eller ikke. Deretter skulle felleplasseringen flyttes til en lokalitet noen 10-metre lengre nedstrøms. Her ville fella fange både smolt fra kraftverket samt smolt fra minstevannføringsløpet. På grunn av store fangstene i utløpet av tunnelen og svært lite vann i minstevannføringsløpet ble fella ikke flyttet.

Vannføringen i elva var lav på slutten av april og i mai (**Tabell 2**). Det var følgelig lite vann i minstevannføringsløpet (over fossen) og i laksetrappa hele perioden. Minstevannføringen her skal

være 0,350 m<sup>3</sup>/sek. Laksetrappa ved Fosstveit var stengt frem til 11. mai. Denne dagen ble minstevannføringsløpet stanset helt for å tillate reparasjon av selve trappa. Trappa var operativ noen få dager senere. I denne perioden gikk det verken vann og sannsynligvis ikke smolt over kraftverksdemningen som følge av nedtrapping av vannstand i minstevannføringsløpet. Plasseringen av smoltskruen gjør at vi ikke kan estimere hvor stor andel av fisken som utvandret gjennom minstevannføringsløpet i forhold til tunnelen. Lav vannføring i minstevannføringsløpet samt høye fangster i tunnelutløpet gjør at vi antar at lite fisk vandret i minstevannføringsløpet. Dette bør bekreftes med egne undersøkelser til neste år.

**Tabell 2.** Middelvannføring for 7 dagers perioder i Lundeavatn i 2009. Vannføringen ved kraftverket er ca ¾ av vannføringen i Lundeavatn.

Periode	m <sup>3</sup> /sek, middelverdi
24. apr-30. april	16,8±2,9
1. mai til 7. mai	7,6±3.1
8. mai til 14. mai	4,8±1.0
15. mai til 21. mai	3,2±0,2
22. mai til 28. mai	3,6±0.2



**Figur 8.** Bilder tatt av smoltfella nedstrøms kraftverket (øverst venstre), av smoltfella med ledegarn (øverst høyre), av fella hvor minstevannføringsløpet forbi kraftverket kommer inn fra venstre (nederst venstre) og av Storelva etter samløpet (nederst høyre).

### 2.5.3 Tiltak for å hindre smolt fra å innvandre i kraftverket.

Det ble montert ei 16 m lang og 3,5 m dyp not foran inntaket til kraftverket 9. mai (**Figur 9**). Denne ble tatt bort 11. mai kl 11. Samtidig ble vann til minstevannføringsløpet stengt (11. mai). Smolten kunne således kun utvandre gjennom kraftverktunnelen mellom 11. og 12. mai. 12. mai ble "normal" drift gjenopprettet. Sperrenota ble tatt bort for å undersøke om reduksjonen i fangst dagene forut



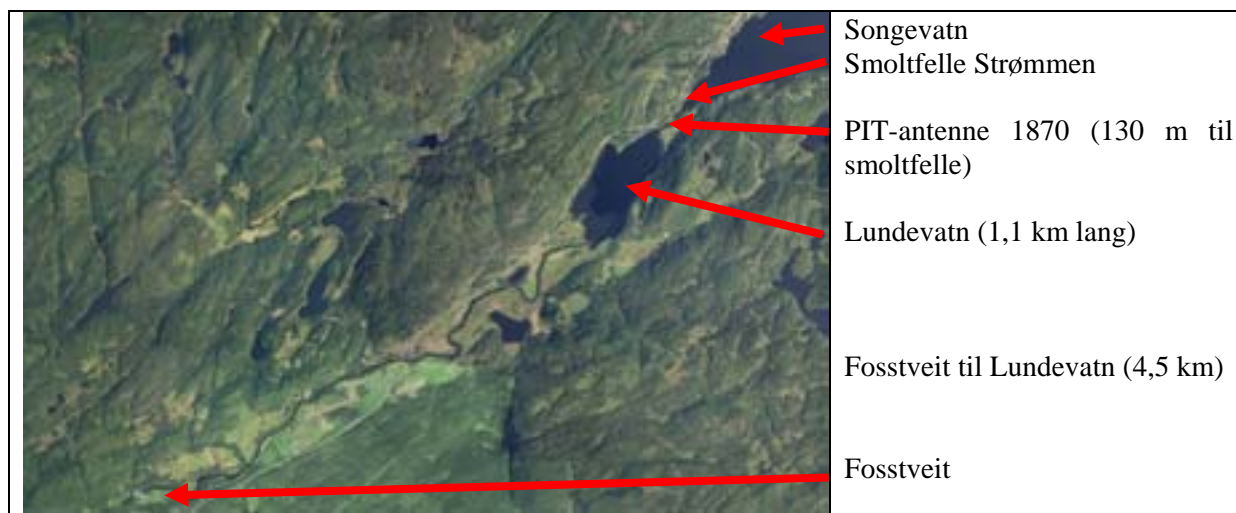
kunne tilskrives sperra eller naturlig redusert utvandring. Ettersom dataene (jf. daglige fangster, resultatkapitlet) ikke påviser noen tydelig effekt av nota på fangst, diskuteres dette ikke tiltaket ytterligere i rapporten.



**Figur 9.** Illustrasjon av kraftverksdam (venstre) og plassering av sperrenot (høyre). Nota er trukket fra damkrona til åskanten bakenfor. Mens nota var operativ gikk det vann i rensekanal samt i laksetrappa. Disse stedene er antydnet med tallene 1 og 2.

#### 2.5.4 Elva fra Fosstveit til Lundevatn

Det er 4.5 km fra Fosstveit til Lundevatn. Lundevatn er 1.1 km langt (**Figur 10**). Fra utløpet av Lundevatn til Songevatn er det 130 m. Dette innebærer at smolt merket ved Fosstveit må vandre 5.6 km før fisken når den siste korte elvestrekningen. Basert på registreringer av smolt med avklipt fettfinne samt PIT-merka smolt (merka ved Fosstveit) kan vandringshastigheter herifra og ned til Strømmen estimeres.



**Figur 10.** Flyfoto over området fra Fosstveit til Strømmen.

I forbindelse med undersøkelsene i elva ble dybden i Lundevatn anslått med håndholdt ekkolodd. Innsjøen er ca 20 m dyp over det meste. Det ble ikke påvist typiske gruntområder (**Figur 11**).



**Figur 11.** Lundevatn. Området som er 20 m dypt er antydnet med lyseblå farge.

### 2.5.5 PIT-antenne stasjon ”1870”, utløpet av Lundevatn

Det ble montert en PIT-antenne i utløpet fra Lundevatn. Denne stasjonen benevnes for 1870. I dette området ble svaberget sprengt bort i år 1870 for å åpne utløpet til Storelva som flomsikringstiltak for de ovenforliggende jordene. Selve PIT-antennen er vist i **Figur 12**. Funksjon beskrives senere.

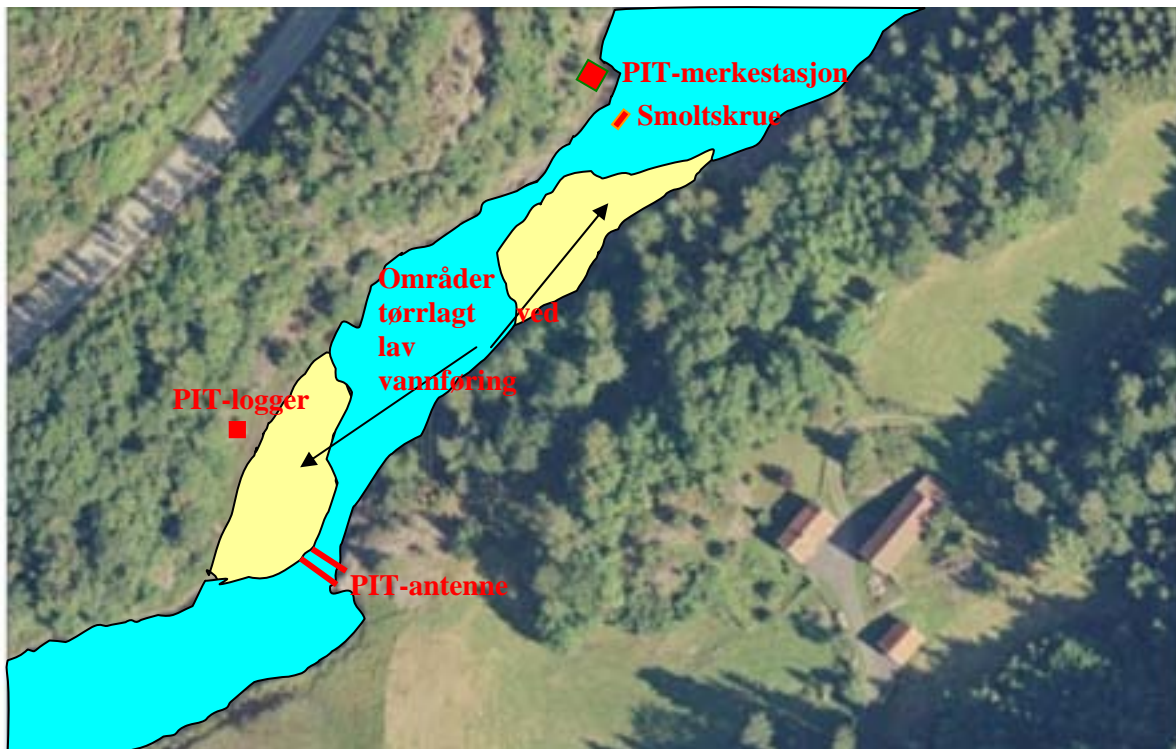


**Figur 12.** Øverst til venstre og høyre: PIT-antenna ved stasjon 1870. Nederst til venstre er deler av antenna vist i detalj (bl.a. treplugger benyttet til å feste antennen til elvebunnen). Nederst til høyre skimtes smoltfella nedstrøms PIT-antenna.

## 2.5.6 Smolthjul Strømmen

Smolthjulet ble plassert på samme sted som tidligere år. I **Figur 13** er plassering av smolthjulet i forhold til antenne og Songevatn vist. Det er vist bilder i **Figur 14**. Smoltskruen ble utplassert 26. april 2009. Det ble fanget smolt i skruen fra 28. april.

All fisk fanget i fella ble lengdemålt og artsbestemt. Smolt ble samtidig undersøkt for eventuelle merker gitt fisken ved Fosstveit. Umerka smolt > 12,5 cm ble utstyrt med PIT-merker. Det ble merket grupper på 5 og 5 fisk, hvor fisken enten skulle slippes ut på merkestedet alternativt transporteres til saltvann i Sandnesfjorden.



**Figur 13.** Kart som viser plassering av PIT-antenne ved 1870 samt smoltskruen i Strømmen. Kart fra Norge i bilder. Målestokk 1:1000. Avstanden er 171 m fra bildets øverste til nederste kant.

## 2.6 Merking av fisk

### 2.6.1 PIT-merking

#### Fosstveit

Opprinnelig var det planlagt å merke all smolt fanget ved Fosstveit. Etter 1. døgn ble dette ønsket fraveket da dødeligheten ut av turbinen var betydelig. Vi visste ikke om de smoltene som levde var egnet til merking eller ikke. Det ble derfor besluttet at smolt fanget i smoltskruen i Strømmen skulle benyttes i merkeprogrammet. Smolten fra Fosstveit som ble gjenfanget i smoltskruen i Strømmen hadde i hvert fall overlevd frem til dit.

Det ble daglig merket et mer beskjedent antall smolt ved Fosstveit. Fra 1. natt ble det merket 123 smolt. Dagene deretter ble det merket 20 smolt pr. dag. Til sammen ble 263 smolt utstyrt med PIT-merker ved Fosstveit.

Basert på PIT-merka laksesmolt kan det beregnes:

- Vandringshastighet (tid fra merkedato ved Fosstveit til gjenfangst ved PIT-antenne samt smoltskrue i Strømmen)
- %-andel av totalt merket antall som ankommer Strømmen.
- Gjenfangst av merker i gjeddemager
- Gjenfangst av merker i predatormager (i 2009) eller som tilbakevandrende laks (etter 2009).



**Figur 14.** Smoltskruen i Strømmen våren 2009. Plassering av PIT-merkestasjonen i forhold til smoltskruen illustreres i de to nederste bildene.

### Strømmen

I Strømmen ble det PIT-merka 1318 smolt som ble satt ut i enten Songevatn eller som ble kjørt med bil til Sandnesfjorden. Her ble fisken først sluppet fri i saltvann, men etter 1 døgn restituering.

Basert på PIT-merka laksesmolt kan det beregnes:

- Sjøoverlevelse til smolt som egenutvandrer i forhold til transportert smolt. Egenutvandret smolt vil eksponeres for de vannkjemiske forhold som foreligger langs utvandringsruten. Smolt som ble transportert, ble ikke eksponert for eventuelle skadelige vannkvaliteter i brakkvann.
- %-andel av smolt satt ut i Strømmen som gjenfanges i Strømmen samme vår.

### 2.6.2 Fettfinnemerking

For å beholde et merkeprogram ved Fosstveit ble all laks- og ørretsmolt fettfinneklippet (FF). Til sammen ble 3066 laksesmolt og 751 ørretsmolt FF-merka ved Fosstveit (**Tabell 11**). Fisken ble satt tilbake til elva nedstrøms fella. Ved at disse ble merket var det mulig å skille fisk fanget fra Fosstveit

fra umerket fisk fanget i Strømmen. Umerket fisk fanget i Strømmen kan da være fisk som unnslopp fella ved Fosstveit samt fisk produsert mellom Fosstveit og Strømmen.

## 2.7 PIT-merker og merkeprosedyre

### 2.7.1 Merking

Smolt > 120 mm. (frem til 14. mai) eller > 130 mm. (fra 14. mai) ble utstyrt med et PIT-merke. Etter innfangning ble fisken de første dagene bedøvd med bruk av nellik olje i 1.5 min. Senere ble Benzocain benyttet da dette syntes mer skånsomt for fisken. Det ble normalt merket grupper a 5 til 10 fisk, hvor hele gruppa enten ble satt inn i venstre eller høyre halvdel av oppvåkningskaret.

Merkene var 23,1 mm lang, 3,9 mm i diameter og veier 0,6 g i luft (Texas Instruments, TIRIS) (**Figur 15**). Etter merking ble fisken holdt i kar i 24 timer for å avdekke eventuell merkedød. Fisk transportert til saltvann ble holdt i saltvann 1 døgn før utsetting for å tillate en restituering samt tilpassning til saltvann. Merkestasjonen er illustrert i **Figur 16**.



**Figur 15.** PIT-merkene var 23 mm lang og levert fra Texas Instruments (TIRIS).

### 2.7.2 PIT-antenne

PIT-registreringsantenna ble montert i utløpet av Lundevatn (**Figur 12**). Herifra til Songevatn er det ca 150 m. Telemetri ble i 2009 benyttet for å overvåke vandring og overlevelse av smolt fra Fosstveit til Strømmen. Et PIT-merke inneholder en unik tallkode som i felt knyttes til all informasjon innsamlet om den enkelte fisk. Merket plasseres inn i fisken. Merket fisk vil registreres når denne passerer en PIT-antenne, eller en håndholdt antenne. I Storelva var denne antenne plassert på utløpet av Lundevatn og dekket hele elvebredden. Merket smolt vil kunne gjenregistreres senere år for å dokumentere sjøoverlevelse.

PIT-registreringssystemet ble bygd av kommersielt tilgjengelig radiofrekvens identifiseringsutstyr (Texas Instruments TIRIS S-2000) som opererer på 134,2 kHz tilknyttet en kontrollenhet (TIRIS RI-CTL\_MB2A). Systemet er halv duplex (HDX). Strømkilden var et 110 Ah 12V batteri som ble ladet fra strømmettet. Leserenheten sammen med en datalogger er innebygd i en boks. Leserenheten var knyttet til to stemmebokser (TIRIS RI-RFM-008) som igjen var knyttet til hver sin antennesløyfe. Antennene genererer et elektromagnetisk felt som gir energi til PIT-merkene slik at disse kan sende informasjon tilbake til leseenheten. Antennene ble bygd av 12-strandet isolert THHN kabel. Den enkelte antennesløyfa ble strekt fra stemmeboksen plassert ved elvekanten, langs elvebunnen til bredden på motsatt side og tilbake i vannoverflata til stemmeboksen. Antennelengden var ca 10 m og dybden ca 90 cm. Antenne ble holdt på plass med treplugger boret ned i elvebunnen og festet til et strekkfast tau spent over vannspeilet (**Figur 12**). Antenna ble stemt til resonansfrekvens ved å endre konfigurasjonen til stemmeboksen.



**Figur 16.** Illustrasjon av arbeidsplassen benyttet til merking av smolt i Strømmen 2009. Fisken ble etter merking enten satt i venstre eller høyre halvdel av oppvåkingskaret. Halvdelene var atskilt med småmasket netting. Det ble slått mynt/krone om hvilket kammer som skulle settes ut hvor.

PIT-stasjon besto av to antenner benevnt antenne 1 og antenne 2. De to antennene sto 2,5 m fra hverandre. Tidsforskjell i registrering gjør det mulig å angi om fisken hadde vandret opp- eller nedstrøms.

Deteksjonsavstanden målt som avstanden fra antennesløyfa til når merket ble detektert varierte med merkets orientering. Maksimum deteksjonsavstand på 60 cm ble oppnådd når merket sto horisontalt. Minimum deteksjonsavstand var i midten av sløyfa. Utstyret sjekket for PIT-merker 4 ganger/sek. Ethvert merke som oppholder seg innenfor en antenne mindre enn 1 sekund skal dermed med stor sannsynlighet registreres. Vi har ikke utført noen deteksjonstest for å beregne sannsynlig deteksjonsfrekvens. Hvis flere fisk ankommer antenna samtidig kan kodekollisjoner oppstå.

## 2.8 Marin overlevelse

Smolt merket i Strømmen ble delt i to grupper hvor den ene gruppa ble satt fri i Songevatn etter 18-20 timer restituering. Resten ble kjørt i bil og satt i hvilekasse i Sandnesfjorden etter ca 5 t restituering i ferskvann. Bilturen inklusivt bæring av smolt tok i overkant av ½ t. Før fisken ble sluppet fri i kyststrømmen ble fisken aklimert til saltvann (>25 ppt) i ca 1 døgn i en hvilekasse plassert nær Sandnes Camping (**Figur 17**). Antall fisk merket og satt ut hvor og når fremkommer i resultatkapitlet.



**Figur 17.** Hvilekasse benyttet til å restituere/aklimere smolt etter transport og før frislipp i kyststrømmen.

## 2.9 Merkedød

Det var et mål å holde merkedødeligheten så lav som mulig. Merkedødeligheten var for høy i Strømmen. Mens dødeligheten ved Fosstveit var på 0 %, var dødeligheten i Strømmen på 9,2 %.

Dødeligheten steg i løpet av merkeperioden frem til 14. mai. Dødeligheten avtok med skifte fra nellikolje til Benzokain og ved å avkjøle bedøvelsesvannet. Etter noen dager med redusert dødelighet tiltok dødeligheten igjen mot slutten av smoltutgangen. Dette kan tyde på at graden av smoltifisering var viktig. Dette kan også forklare forskjellen mellom Fosstveit og Strømmen ettersom fisken ankom Strømmen ca 1 uke etter at de passerte Fosstveit. For å motvirke dødelighet ble minstemålet for merking av fisk hevet fra 12 til 13 cm, uten at dette syntes å påvirke resultatet.

I andre prosjekt har dødelighet vært lavere enn det vi hadde. I disse prosjektene er fisken normalt satt ut få timer oppvåkning. Dødeligheten hos oss var normalt henimot 0 % de første 6-12 timene etter merking. Dødeligheten kom etter at vi hadde forlatt stasjonen for natta og før vi ankom neste dag. Umerka fisk holdt i oppbevaringskar (for merking neste dag) hadde ingen dødelighet. Når andre slipper fisken etter få timer restituering kan det tenkes de ikke påviser reell merkedød. Det kan også hende fisken restitueres bedre i elv/innsjø enn i kar. Samtidig vil en fisk som ikke er restituert være mer følsom for eventuelle predatorer. Denne delen av prosjektet må gjennomgås kritisk i forhold til senere års merkeprogram.

I fremtidige studier bør fisken merkes høyere opp i elva slik at den er mindre smoltifisert enn det den vil være i elvemunningen. Det må likeledes utprøves alternative protokoller for å få redusert dødeligheten. Merking tidligere på sesongen vil være et alternativ, men vil innebære en betydelig innsats i å fange nok smolt.

## 2.10 Estimering av populasjonsstørrelse

Estimering av populasjonsstørrelse ved merketidspunkt ( $N_t$ ) ble utført med utgangspunkt i Petersens metode:

$$N_t = C_{t+1} * M_t / R_{t+1}$$

$N_t$  = estimert populasjonsstørrelse ved tidspunkt t

$M_t$  = Antall individer merket ved tidspunkt t

$C_{t+1}$  = Antall individer fanget ved tidspunkt t+1

$R_{t+1}$  = Antall individer gjenfunnet med merke ved tidspunkt t+1

I hovedsak ble disse estimatene generert ut fra merkeinformasjon fra Fosstveitfella (tidspunkt t) og gjenfangster ved smolthjulet i Strømmen (t+1). Disse estimatene ble så modifisert under ulike antagelser om fangbarhet og i hvilken grad fellene hadde fisket under hele utvandningsforløpet eller ei.

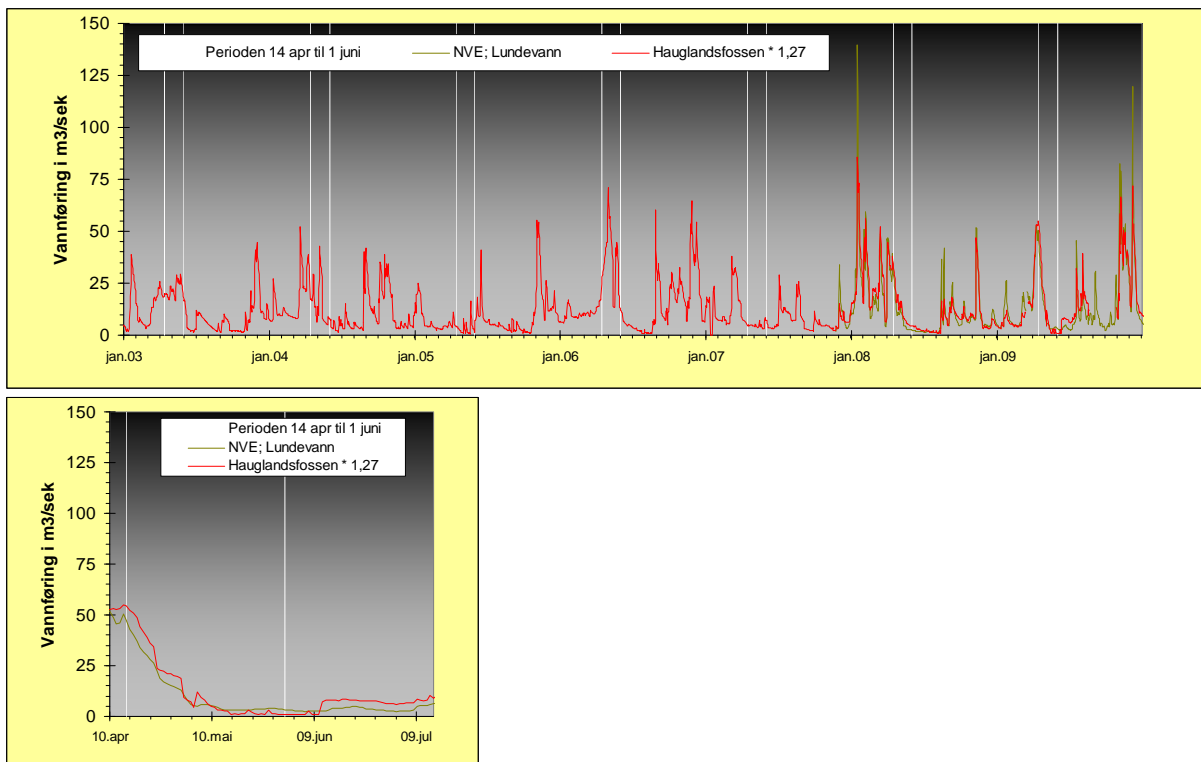
## 3. Vannkjemi og temperatur i 2009

### 3.1 Vannføring

Vannføringen var høy i midten av april for å avta gradvis til 1. uke i mai (**Figur 18**). Deretter var vannføringen mer stabil og omkring 4 m<sup>3</sup>/sek. Vannføringen i april var på nivå målt i 2006 og betydelig høyere enn det som ble målt i 2007 og 2008 (**Tabell 3, Figur 20**). I mai var vannføringen lav og betydelig lavere enn 2006 og 2008. Høy vannføring forventes å redusere saltnivået i Songevatn og Nævestadfjorden. Når vannføringen er lav forventes det økende saltnivåer i fjorden.

**Tabell 3.** Midlere vannføring beregnet for tre 14-dagers perioder våren 2004 til våren 2009. Perioder med lav vannføring har blå bakgrunnsfarge, perioder med mye vann har lilla farge.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
15 april-30 april	19,6	16,9	2,6	37,7	4,9	16,8	27,2
1 mai - 14 mai	20,7	24,6	3,3	47,3	4,3	9,3	6,2
15 mai - 31 mai	25,2	6,7	4,0	26,9	4,9	3,0	3,5



**Figur 18.** Vannføring ved Hauglandsfossen fra 2003 ut 2009 og NVE-stasjon 18.4.0 Lundevatn fra oktober 2007 og ut 2009. Vannføring i perioden 15. april til 15. juli 2009 er blåst opp i nederste figur.

### 3.2 Temperatur

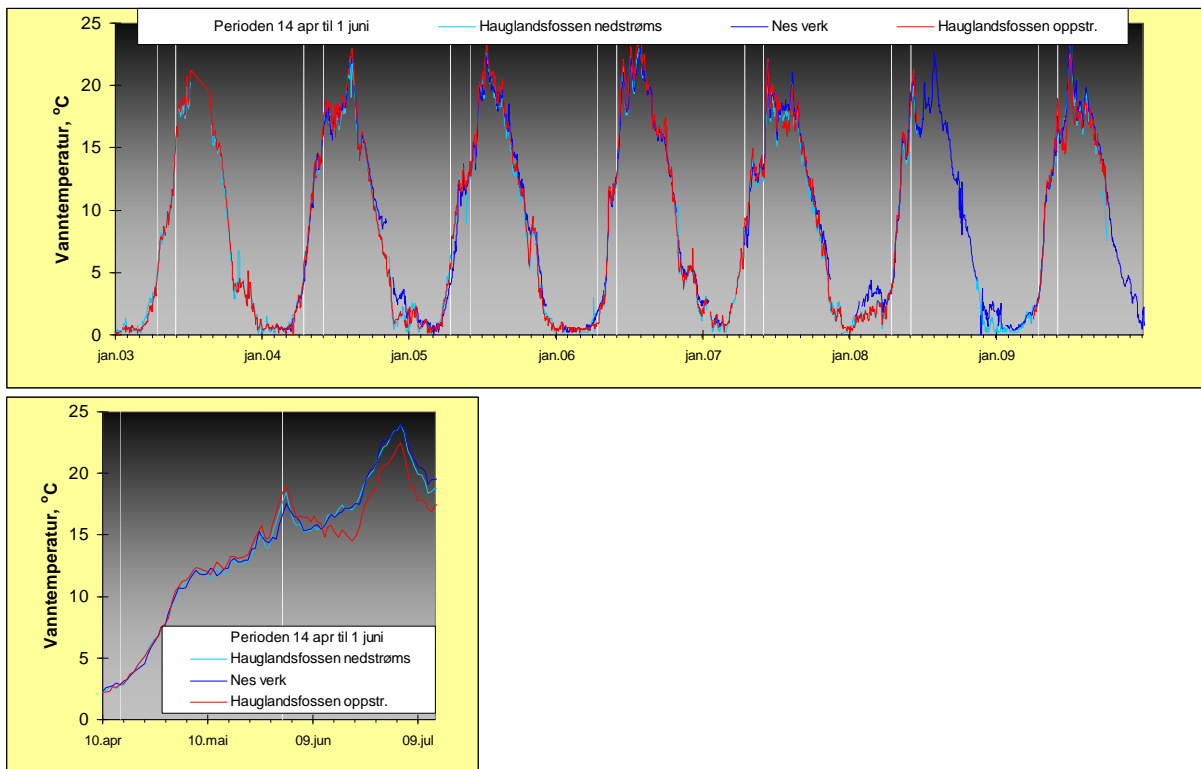
Temperatur måles ved Hauglandsfossen og ved Nes verk (**Figur 19**). Det er ca 4.6 km elvestrekning fra Nes verk til Fosstveit. Temperaturen våren 2009 økte senere enn det som har vært normalt de fleste årene fra 2003 (**Tabell 4, Figur 20**). Temperaturen var lavere enn de fleste årene forut i april 2009 med unntak av 2006 hvor elva på dette tidspunktet fortsatt hadde is. Temperaturen i mai var mer lik de fleste andre årene, med en middeltemperatur i underkant av 12 °C de to første ukene av mai og en



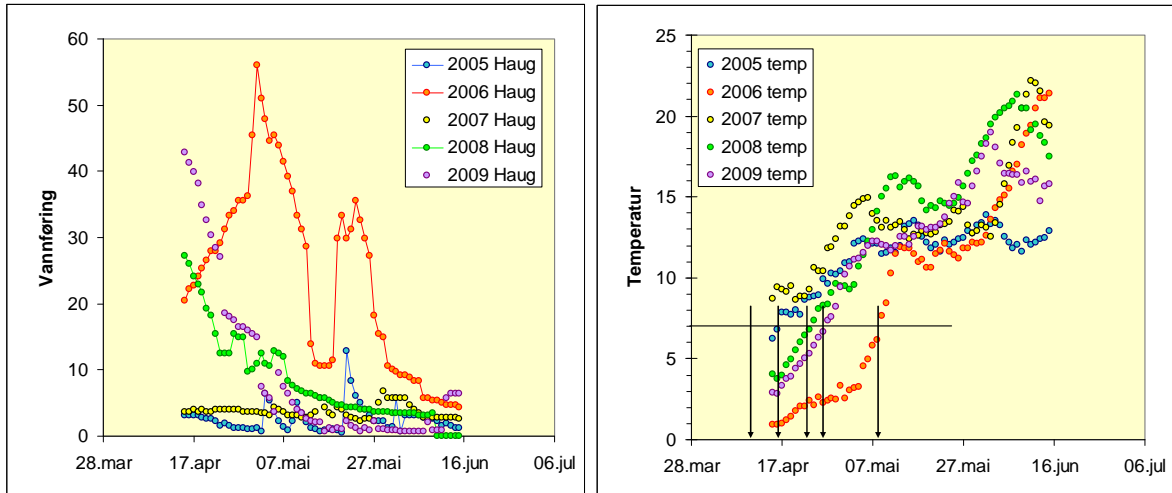
middeltemperatur i overkant av 14 °C de to siste ukene av mai (**Tabell 4**). Temperaturen passerte 7 °C 27. april og 10 °C 1. mai.

**Tabell 4.** Middeltemperatur målt i tre 14-dagers perioder årene 2003 til 2009. Perioder med høy temperatur har blå bakgrunnsfarge, perioder med lav temperatur er farga lilla.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
15 april-30 april	6,7	7,4	8,6	2,0	10,1	6,7	5,6
1 mai - 14 mai	8,8	11,9	11,9	6,8	13,8	13,2	11,8
15 mai - 31 mai	11,5	14,5	12,6	11,5	13,2	15,5	14,4



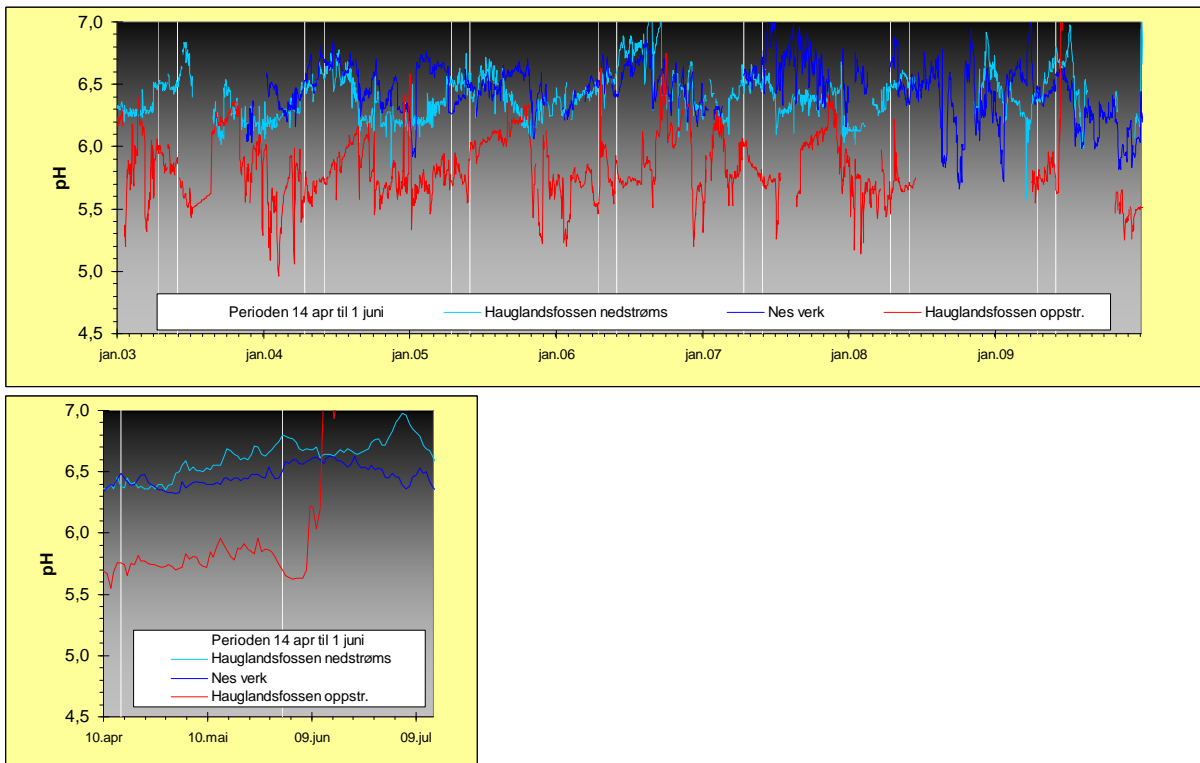
**Figur 19.** Temperatur ved Hauglandsfossen fra 2003 ut til 2009 og NVE-stasjon 18.4.0 Lundevatn fra oktober 2007 og ut 2009. Temperatur i perioden 15. april til 15. juli 2009 er blåst opp i nederste figur.



**Figur 20.** Daglig variasjon i vannføring (venstre figur) og temperatur (høyre figur) i perioden 15. april til 15. juni målt ved Hauglandsfossen årene fra 2005 til 2009. Den horisontale linja i figuren til høyre markerer 7 °C og datoer denne temperaturen forbigås de ulike årene.

### 3.3 Kontinuerlig pH

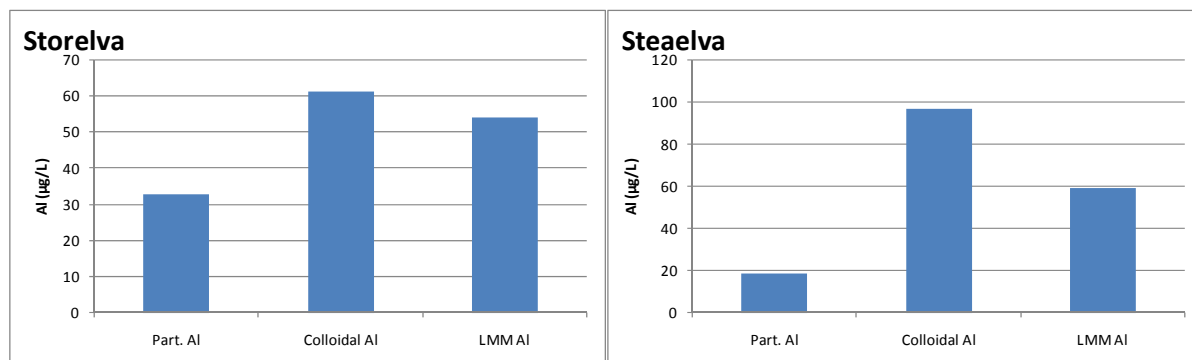
pH måles ved Hauglandsfossen og ved Nes Verk. pH var normalt >6,4 etter kalking (**Figur 21**). Basert på denne pH verdien forventes det lave konsentrasjoner av gjelle-reaktivt Al i elva. pH verdiene oppstrøms Hauglandsfossen kan være påvirket av en sur sidebekk. Vanninntaket til målestasjonen er derfor flyttet. Dette omtales i DN overvåkingsrapporter fra kalkingsvirksomheten.



**Figur 21.** pH oppstrøms Hauglandsfossen, nedstrøms Hauglandsfossen og ved Nes verk fra 2003 og ut 2009. pH i 2009 i perioden 15. april til 15. juli er blåst opp i nederste figur.

### 3.4 Vannkjemi i elva

Hovedioner målt i Storelva og Steaelva (innløp Sogevatn fra nord-øst) er vist i **Tabell 5**. Under forsøksperioden våren 2009 var pH 6,5 ved innsamling av vannprøver og konsentrasjonen av totalt Al var på ca  $140 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Basert på størrelsesfraksjonerte prøver forelå 21 % av dette som partikulært Al, 39 % som kolloidalt Al og 40 % som lav molekylær masse LMM Al (**Figur 22**). Konsentrasjonen av kolloidalt Al var den dominerende Al fraksjonen, som antyder at en betydelig andel av Al var bundet til kolloidalt organisk materiale i Storelva. Konsentrasjonen av Ali var moderat lav ( $14 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) hvor  $9 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  forelå som LMM Ali (**Tabell 6**).



**Figur 22.** Fordeling av Al fraksjoner i Storelva og Steaelva.

Konsentrasjonen av Al i Steaelva var tilsvarende som i Storelva, men konsentrasjon av partikulært Al var betydelig lavere og konsentrasjonen av kolloidalt Al høyere (**Tabell 6**). Konsentrasjonen av Ali var høyere enn i Storelva. Steaelva bidrar således med Al til Songevatn (**Tabell 7**). Dette er i overensstemmelse med observasjoner fra tidligere år. Vannføringen i elva er imidlertid kun  $\frac{1}{4}$  av Storelva.

**Tabell 5.** Vannkjemi målt i Storelva og i Steaelva i 2009.

		Storelva		Steaelva	
		10.5.09	14.5.09	10.5.09	14.5.09
pH		6,53	6,53	6,33	6,35
temp	°C	12,2	11,8	12,4	13,6
kond	µs/cm	25	25	27	25
F	mg/L	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Cl	mg/L	2,807	3,106	3,7	3,6
NO <sub>3</sub> -	mg/L	0,117	0,12	0,1	0,1
SO <sub>4</sub>	mg/L	2,231	2,28	2,4	2,3
Ca	mg/L	1,900			
Fe	mg/L			0,140	0,110

Ikke alle former av Al representerer en kilde til gjelle akkumulert Al i brakkvann. Variasjon i konsentrasjon og mengdefordeling mellom tilstandsformene innebærer at belastningen i Songevatn vil variere gjennom forsøksperioden (**Tabell 6**). 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 og akkumuleres på gjeller til fisk i brakkvann (Teien et al., 2006b). I Storelva er kolloidalt Al i stor grad assosiert med organisk materiale, og det kan således være en betydelig "pool" av kolloidalt Al som kan transformeres 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 ( $<15 \mu\text{g Ali/L}$ ) og bidrar i mindre grad til gjellereaktivt Al i Storelva og derfor også ved innblanding av sjøvann.

**Tabell 6.** TOC (mg/L) og Al fraksjoner (µg/L) målt i Storelva.

	Storelva			Steaelva	
	10.5.08	14.5.08	14.5.08	14.5.08	23.5.08
TOC	3,9	4,1		5,2	5,3
Kolloidal DOC	1,6	2,0		2,3	
LMM DOC	2,3	2,2		2,9	
tot Al	144	139		180	168
Part. Al	33			20	16
Kolloidal Al	61			74	118
LMM Al	50	58		85	34
0.45µm Ala	54	37		68	55
0.45 µm Alo	39	30		51	37
0.45 µm Ali	19	11		18	15
LMM Ali	4	9		11	10

Konsentrasjonen av ulike element endres nedover i vassdraget på en gitt dato. Prøver tatt etter en langvarig periode med stabilt vær viser likevel variasjoner med økende avstand fra kalkingsanlegget.

**Tabell 7.** Vannkjemi og TOC og Al fraksjoner ved ulike stasjoner i Storelva 23. mai 2009.










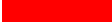





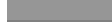
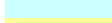







	pH	Temp	Kond	Cl	NO3	SO4	TOC	Tot. Al	Part. Al	Koll. Al	0.45	0.45	0.45
											µm Ala	µm Alo	µm Ali
		°C	µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Oppstrøms kalkdoser, Hauglandsfossen	6,29	15	21	2,5	0,1	2,2	4	87	3	84	44	20	32
Songedalselva	6,45	12,1	23	3,2	0,0	2,0	7	207	1	206	81	58	50
"Songeøygard"	6,69	15,3	22	2,5	0,1	2,2	5	106	20	86	33	12	37
Innløp Ubergsvann	6,59	14	23	2,6	0,1	2,1	5	131	-1	132	38	26	20
Næs verk	6,7	16,2	25	2,6	0,1	2,2	5	108	15	93	29	18	14
Fosstveit	6,85	14,5	28								31	20	14

## 4. Fysiske og kjemiske forhold i fjorden

Salinitet og temperatur ble målt flere steder i fjorden, fra Songevatn og ut til fjordgapet ved Risør. Til disse målingene ble det benyttet en CTD. Denne registrerer bl.a. vanndybde, salt og temperatur etter hvert som sonden senkes på en stasjon. Kontinuerlig logging av salt og temperatur ble utført på flere stasjoner og da på 2 dyp; 0,5 og 2 m.

### 4.1 Dybdeprofiler; CTD målinger av salt og temperatur

Saltnålinger ble utført 24. april, 4., 9., 18., og 24. mai samt 3. juni på ulike stasjoner fra Strømmen til Risør (se dybdefigurer, **Figur 23**). I tabellene nedenfor er saltnivåer antydnet med bruk av farge, hvor rent blått antyder ferskvann, grått saltvann. Fargekodene er vist nedenfor. Stasjonsplasseringer er gitt i metodekapitlet. Nedenfor vises data i rekkefølgen innerst mot elva til ytterst mot kyststrømmen.

Salinitet	ppt	ppt	ppt	ppt			
0-0		4.0-5		10.0-11		16.0-17	
0.1-0.5		<b>5.0-6</b>		11.0-12		17.0-18	
0.5-1		6.0-7		12.0-13		18-20	
1.0-2		<b>7.0-8</b>		13.0-14		20-25	
2.0-3		<b>8.0-9</b>		14.0-15		25-30	
3.0-4		9.0-10		15.0-16		>30	

Fargeskala brukt til å angi saltnivåer i dybdeprofilene.

#### 4.1.1 Strømmen og Songevatn

Stasjonen på Strømmen var dominert av ferskvann 24. april. Saltnivået sank ytterligere til 4. mai for å økte til nivåer oppunder 1 promille frem til 9. mai. Nivået avtok igjen i målingene utført 13. og 18. mai. På dette tidspunktet var det fortsatt < 1 promille salt ned til ca 2 m dyp. I måleperioden økte saltnivået gradvis i vann >2 m dypt. Mens saltnivået på 2-4 m dyp var <0,5 promille fram til 4. mai, ble det målt saltverdier > 2 promille på 3,5 m 13. mai, på 2,5 m 18. mai, på 1,2 m 24. mai og i overflata 3. juni.

CTD ble plassert på en brygge nært Strømmen når den ikke var i bruk andre steder. I første periode lå sensoren på 1,14 m som middeldyp (**Figur 24**). I andre periode var dybden 0,92 m. Flo/fjære gir vannstandsvariasjoner på 10 til 20 cm i Songevatn. Saltnivået målt på ca 1 m dybde økte gradvis fra 18. mai og utover. Samtidig kunne saltnivået variere med ca 4 promille gjennom døgnet. Vanntypen en smolt som nedvandrer fra elva til fjorden opplever er således ikke en konstant verdi, men et dynamisk system hvor det kan være store endringer i eventuell påvirkning fra time til time.

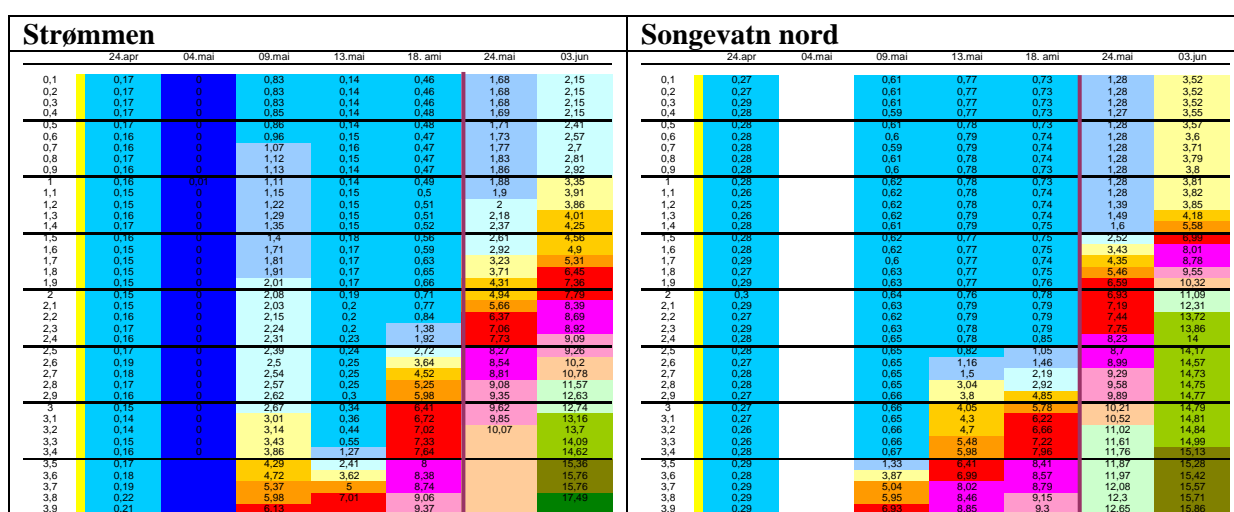
Saltnivåene i dybdeprofilene på stasjonen i Strømmen vil variere med hvor nært elva prøvene ble tatt samt av vannføringen i elva. Til tross for denne usikkerheten knyttet til variasjon i salt kan det konkluderes med at de indre delene av Songevatn ble saltene, og at dybden med vann som hadde < 1 promille i salt avtok utover i mai.

Det var en mer gradvis endring i saltnivåer i selve Songevatn enn det som ble målt i Strømmen. Dette er å forvente da denne stasjonen er langt fra elveinnløpet. Basert på disse målingene i Songevatn kan det konkluderes med at vannet ble saltene, og at dybden med vann som hadde < 1 promille i salt avtok utover i mai. Saltnivået i overflata oversteg 1 promille først etter 18. mai.

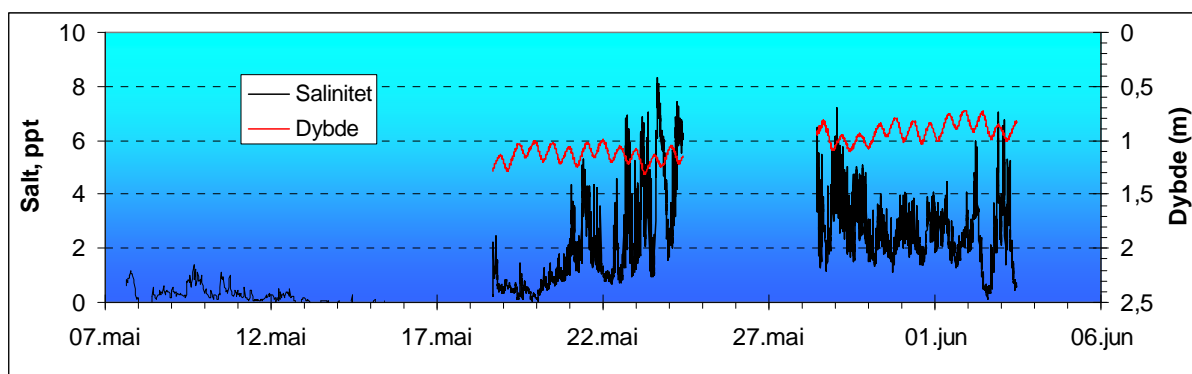
### 4.1.2 Overgang Songevatn og Nævestadfjorden

Saltnivået var generelt 0,1 til 0,4 promille høyere enn det som ble målt i Songevatn N på de fleste datoene. Saltnivået økte over tid samtidig som at ferskvannsnivået avtok i dybde med økende dato. Dette skyldes at det over tid trengte mer og mer saltvann inn i fjordsystemet. Saltnivået i overflata oversteg 1 promille først etter 18. mai.

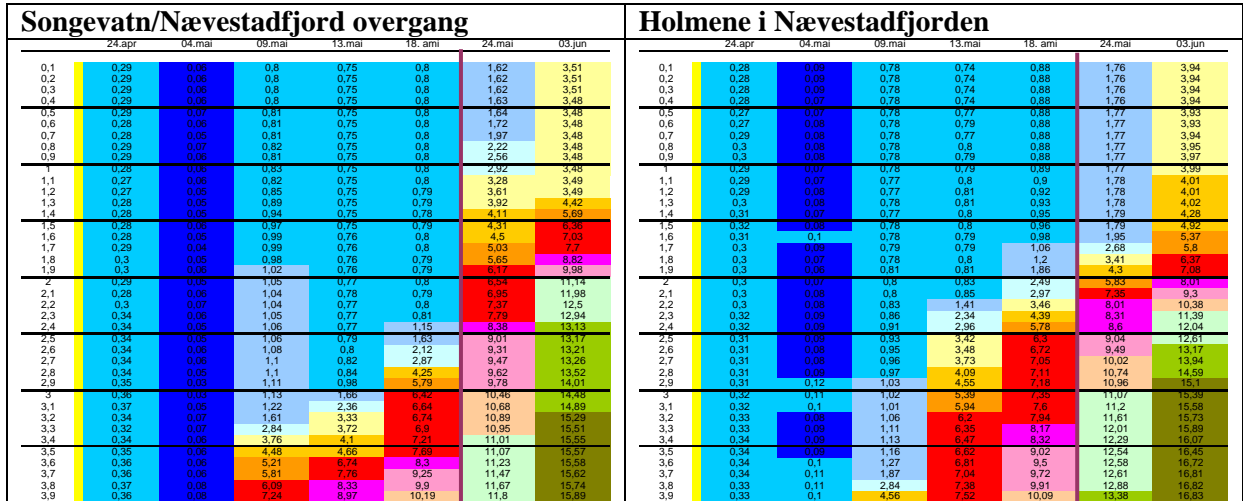
Nærmere utløpet av Nævestadfjorden (Holmene) var saltnivået litt høyere enn det som ble målt i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden. Saltnivået her økte også over tid samtidig som at ferskvannsnivået avtok i dybde med økende dato. Dette skyldes at det over tid trenger mer og mer saltvann inn i fjordsystemet. Saltnivået i overflata oversteg 1 promille først etter 18. mai.



Figur 23. Saltnivåer målt ved Strømmen samt Songevatn nord. Horisontale streker markerer hver 0,5 m for dybder fra 0,0 til 4,0 m. Fargene angir saltnivåer hvor blått er ferskvann, gul til rød angir saltnivåer fra 3 til 10 ppt, grønt verdier >13 ppt og grått verdier >18 ppt. Saltmålinger ble utført 24. april, 4., 9., 18., og 24. mai samt 3. juni.



Figur 24. Kontinuerlig logging av vanndyp samt salt ved bruk av CTD plassert på innsjøbunnen under brygga innerst i Sundsdalen, Songevatn. Sonden var plassert 0,2 m dypere i første enn i andre periode (rød strek).



Figur 23. Saltprofiler målt i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden samt ved Holmene i Nævestadfjorden.

### 4.1.3 Lagstrømmen; Doknes og Pålane

På innsiden av Lagstrømmen var saltnivået i hovedsak litt høyere enn det som ble målt ved Holmene i Nævestadfjorden samt i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden. Saltnivået økte over tid samtidig som at ferskvannsnivået avtok i dybde med økende dato. Dette skyldes at det over tid trenger mer og mer saltvann inn i fjordsystemet. Saltnivået i overflata oversteg 1 promille etter 13. mai, eller ca 7 dager før samme grense ble overskredet lengre inn i fjorden.

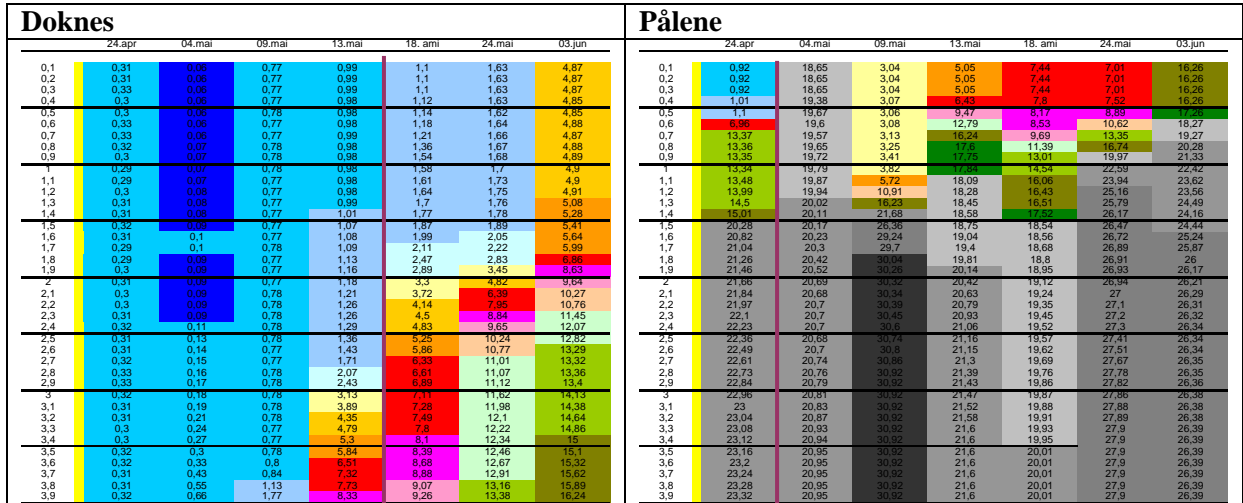
På utsiden av Lagstrømmen var saltnivået her betydelig høyere enn det som ble målt på innsiden og i Nævestadfjorden. Med unntak av målingen 24. april ble alltid målt saltnivåer > 18 promille på 2 m dyp. I overflata varierte saltnivået fra dato til dato. Denne variasjonen vil skyldes hvor i flo/fjære syklusen prøvene ble tatt og om stasjonen da var dominert av vann fra Sandnesfjorden eller mer påvirket av vann fra Nævestadfjorden. Saltnivået i overflata var lavere enn 1 promille 24. mai og høyere alle datoer deretter. Det ble målt >15 promille 3. juni.

### 4.1.4 Sandnesfjorden 1. basseng og Bunkers

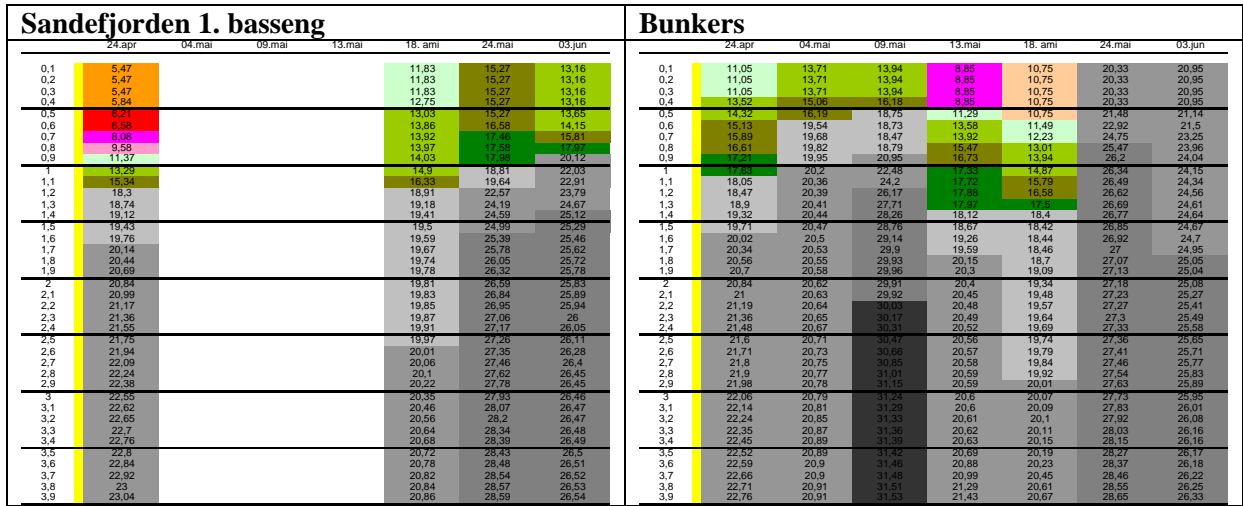
Vannet innerst i Sandnesfjorden var saltet enn det som ble målt ytterst i Lagstrømmen. Det ble ikke tatt målinger i perioden 4. til 13. mai. Saltnivået i overflata var alltid >1 promille og oversteg 15 promille etter 24. mai. Tilsvarende variasjoner ble målt ved Bunkers. Her og varierte saltnivået mellom 9 og 14 promille i perioden 24. april til etter 18. mai. Saltnivået i overflata oversteg 15 promille først etter 24. mai.

### 4.1.5 Hopestranda til Midtfjord

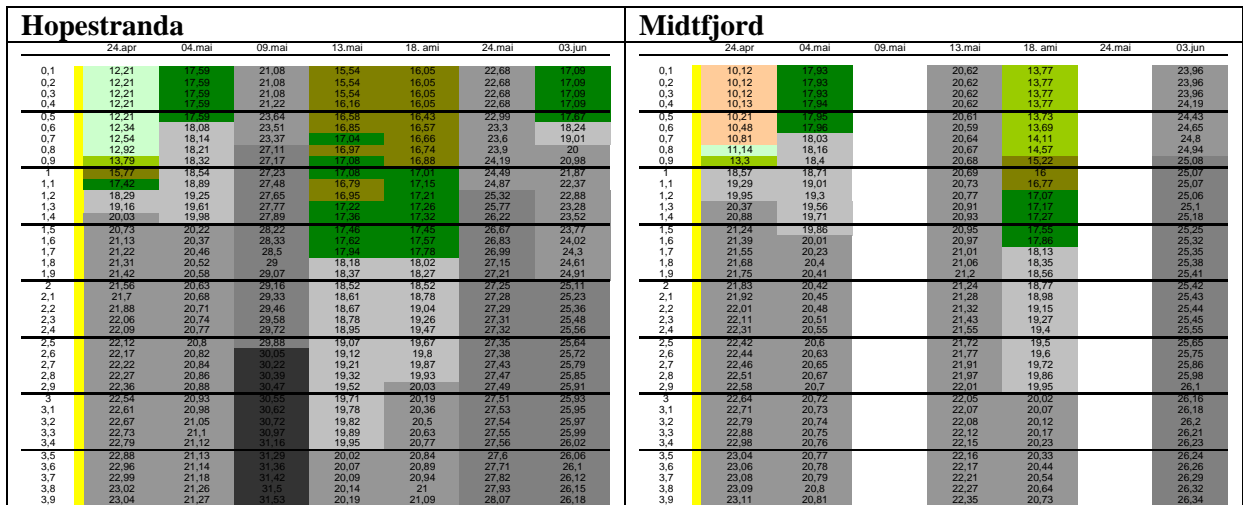
Det var saltet vann på Hopestranda enn ved Bunker. Saltnivået i overflata sank litt fra 24. mai til 3. juni. Det ble aldri målt <12 promille i overflata på denne stasjonen. Saltnivået i overflata oversteg 15 promille fra 4. mai. Lengre ut i fjorden var saltnivået generelt høyere, men også her var saltnivået lavt 24. april. Likeledes sank saltnivået 18. mai i forhold til dagene før og etter. Med unntak av denne episoden oversteg saltnivået i overflata 15 promille fra 4. mai.



Figur 23. Saltprofiler målt ved Doknes og Pålene.



Figur 23. Saltprofiler målt i 1. basseng Sandnesfjorden samt ved Bunkers.



Figur 23. Saltprofiler målt ved Høpestranda og Midt fjord.





## 4.2 WTW målinger av salt og temperatur

### 4.2.1 Saltnmålinger

Salt ble målt kontinuerlig på fire stasjoner og på to dyp (0,5 og 2 m). I overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden ble det målt saltnivåer omkring 1 promille på 0,5 m dyp i perioden 6. til 11. mai (**Figur 25**). Deretter og frem til 18. mai var nivåene lavere. Det ble ikke foretatt målinger i perioden 18. mai til 24. mai. Når sensorene på nytt ble satt ut var saltnivået øktende, fra nivåer omkring 2 promille på 0,5 m dyp til nivåer omkring 8 promille. Nivåene stemmer godt overens med det som ble målt i dybdeprofilene på de aktuelle datoene. Det fremkommer mer dag til dag variasjon i de kontinuerlige målingene enn det CTDen fanger opp.

Basert på de kontinuerlige målingene utført ved Doknes synes saltnivået på 0,5 m dyp å øke forbi 1 promille fra omkring 10. mai (**Figur 25**). På 2 m dyp var nivået lavere men mer variabelt fram til 15. mai. Dagene fra 27. mai til 29. mai var saltnivået ved overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden høyere enn nivået på Doknes. Dette innebærer at sirkulasjonsmønsteret i fjorden og den stedvise variasjonen i salt kan være mer variabel enn det vi hittil har trodd. Dette illustrerer også viktigheten av kontinuerlige målinger.

Ved Pålene var det store døgnvariasjoner hele perioden (**Figur 25**). Frem til 4. mai kunne overflatevannet ha <1 promille. Deretter ble så lave nivåer aldri målt. Derimot ble det daglig målt nivåer av salt >10 promille.

Måleperioden ved Bunkers var kort (**Figur 25**). I denne perioden økte saltnivået fra lave verdier omkring 10 promille til >20 promille.

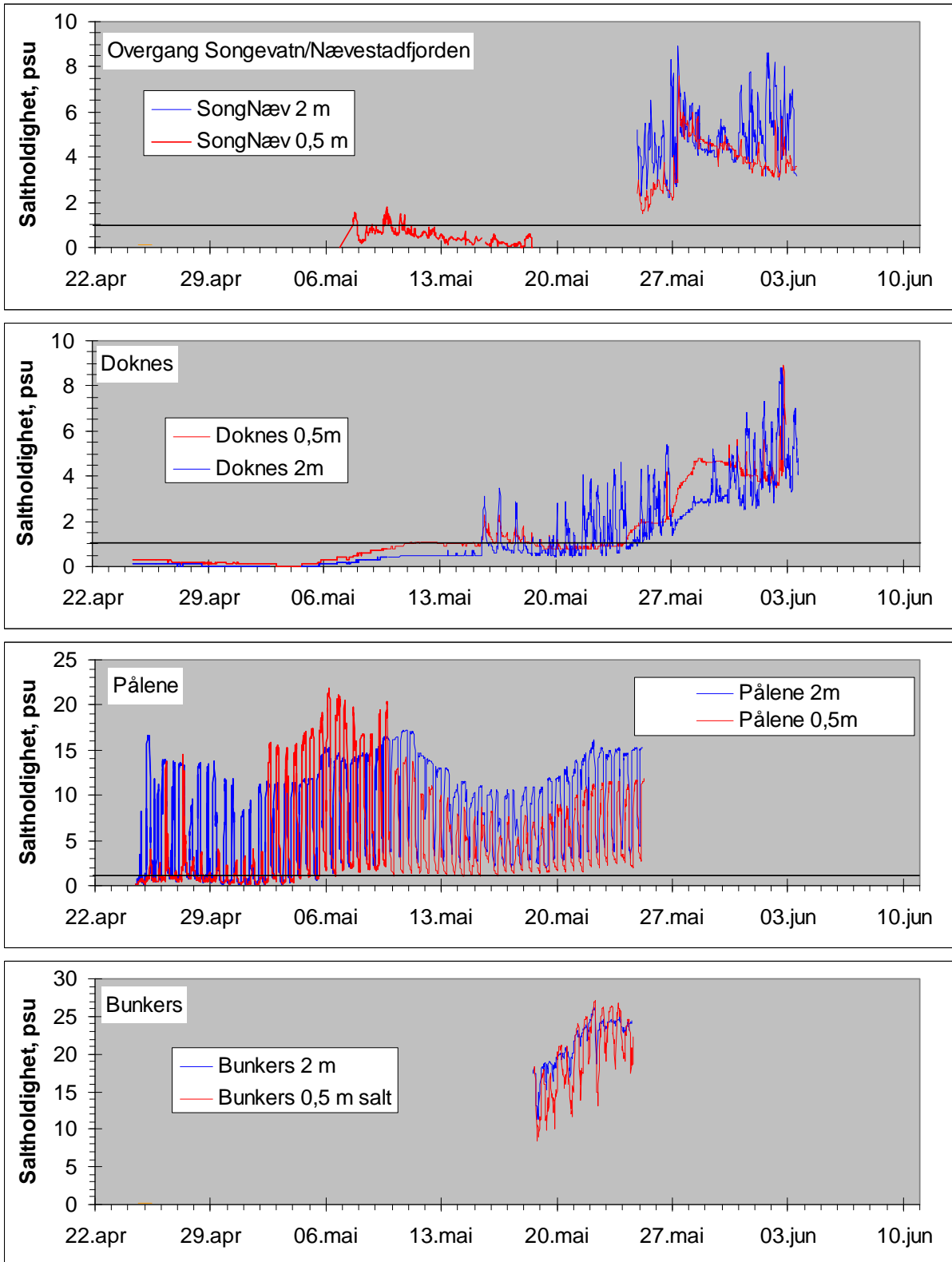
### 4.2.2 Temperatur

Endringer i temperatur ble logget samtidig med salt (**Figur 26**). I overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden var temperaturen omkring 12 °C i midten av mai for å ha økt til verdier >14 °C i slutten av måneden. Loggerserien var lengst ved Doknes. Variasjonen mellom 0,5 og 2 m dyp var liten det meste av perioden. Temperaturen økte forbi 10 °C tidlig i mai. Vannet ved Pålene økte også forbi 10 °C i overflata tidlig i mai, men døgnvariasjonen var stor. Dette skyldes blandingsforhold mellom varmt vann fra Nævestadfjorden og kaldere saltvann utenfor. Først etter 13. mai var overflatevannet generelt >10 °C.

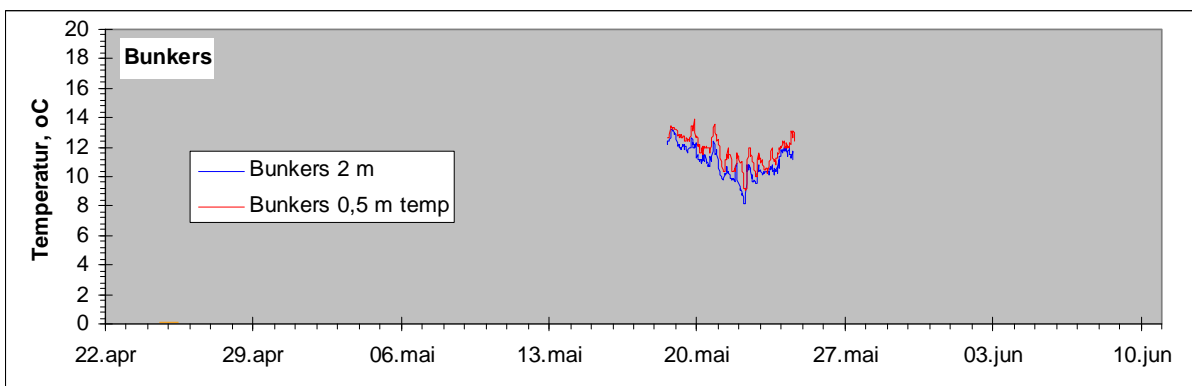
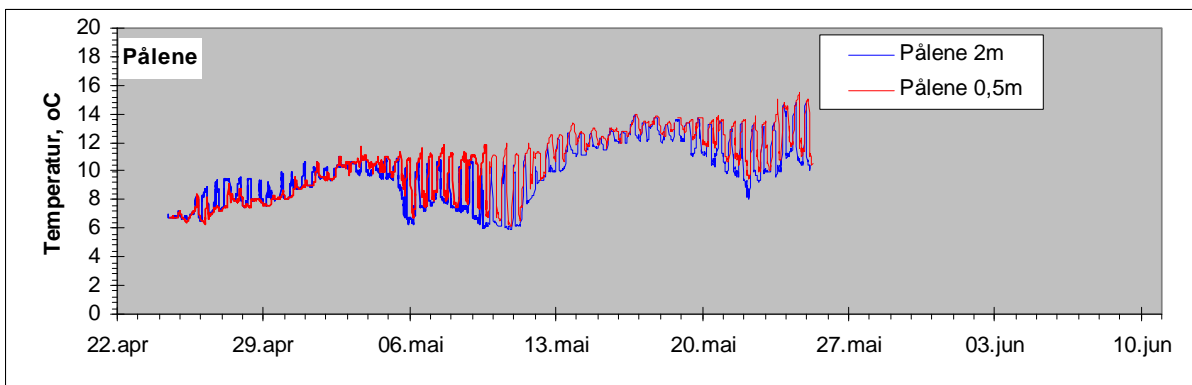
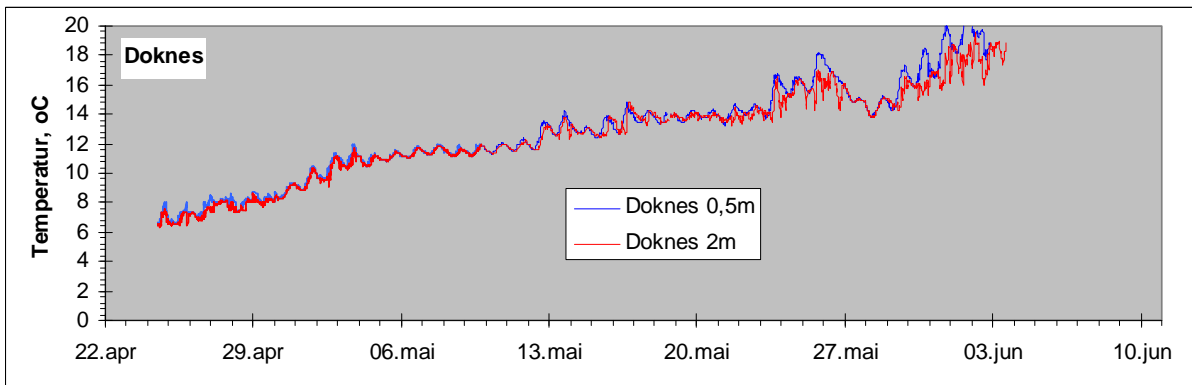
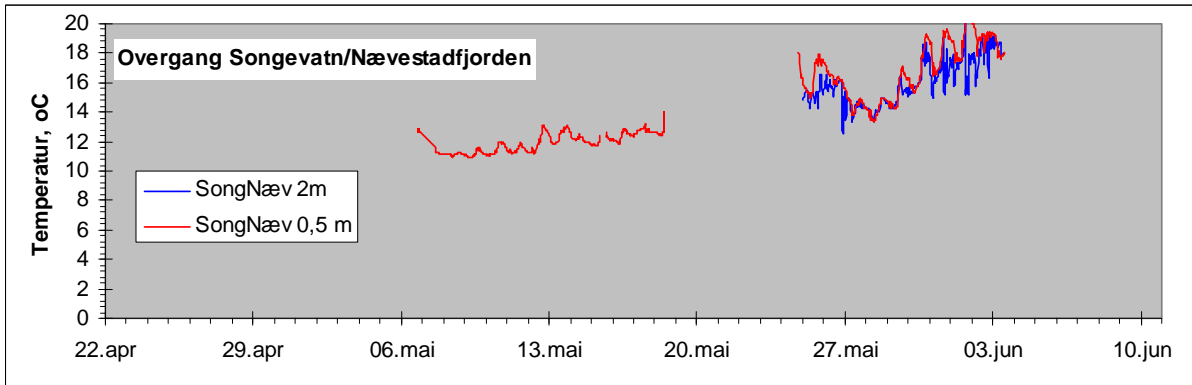
Måleperioden ved Bunkers var for kort til at endringer gjennom sesongen kan illustreres. Den korte perioden vanntemperatur ble målt viser at vannet var <10 °C en kort periode omkring 22. mai. Før og etter denne datoen var vannet varmere.

## 4.3 Konklusjon saltnmålinger

Hvis saltnivåer >1 promille hemmer smoltvandring (hypotese bak prosjektet) samt at denne hemmingen gradvis avtar når saltnivået overstiger 10 promille vil smoltvandring ikke hemmes i området fra Strømmen i Songevatn til Holmene i Nævestadfjorden før etter 18. mai. Denne datoen stemmer også med kontinuerlig saltnmålinger foretatt innerst i Songevatn samt i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden. Ved Doknes vil smolten i økende grad bli hemmet i perioden fra 13. til 18. mai. Ved Pålene vil graden av sannsynlig hemming variere innenfor døgnet og variere med flo/fjære. Noen hundre meter lenger ut og ut til fjordgapet vil smoltutvandringen sannsynligvis ikke hemmes i mai. Smolt som kommer fram til og forbi Doknes før 13. mai forventes å kunne utvandre til kyststrømmen. Deretter forventes det økende hemming av utvandring, hvor hemmingen i økende grad inntreffer i Nævestadfjorden og etter hvert i Songevatn fra omkring 18. mai.



**Figur 25.** Kontinuerlig logging av salt på 0,5 og 2 m dyp på fire målestasjoner fra overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden og til Bunkers i Sandnesfjorden.



**Figur 26.** Kontinuerlig logging av temperatur på 0,5 og 2 m dyp på fire målestasjoner fra overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden og til Bunkers i Sandnesfjorden.

## 4.4 Vannkjemi i Songevann – Nævestadfjorden og Sandnesfjorden

### 4.4.1 Sammenhenger saltinnhold og Al

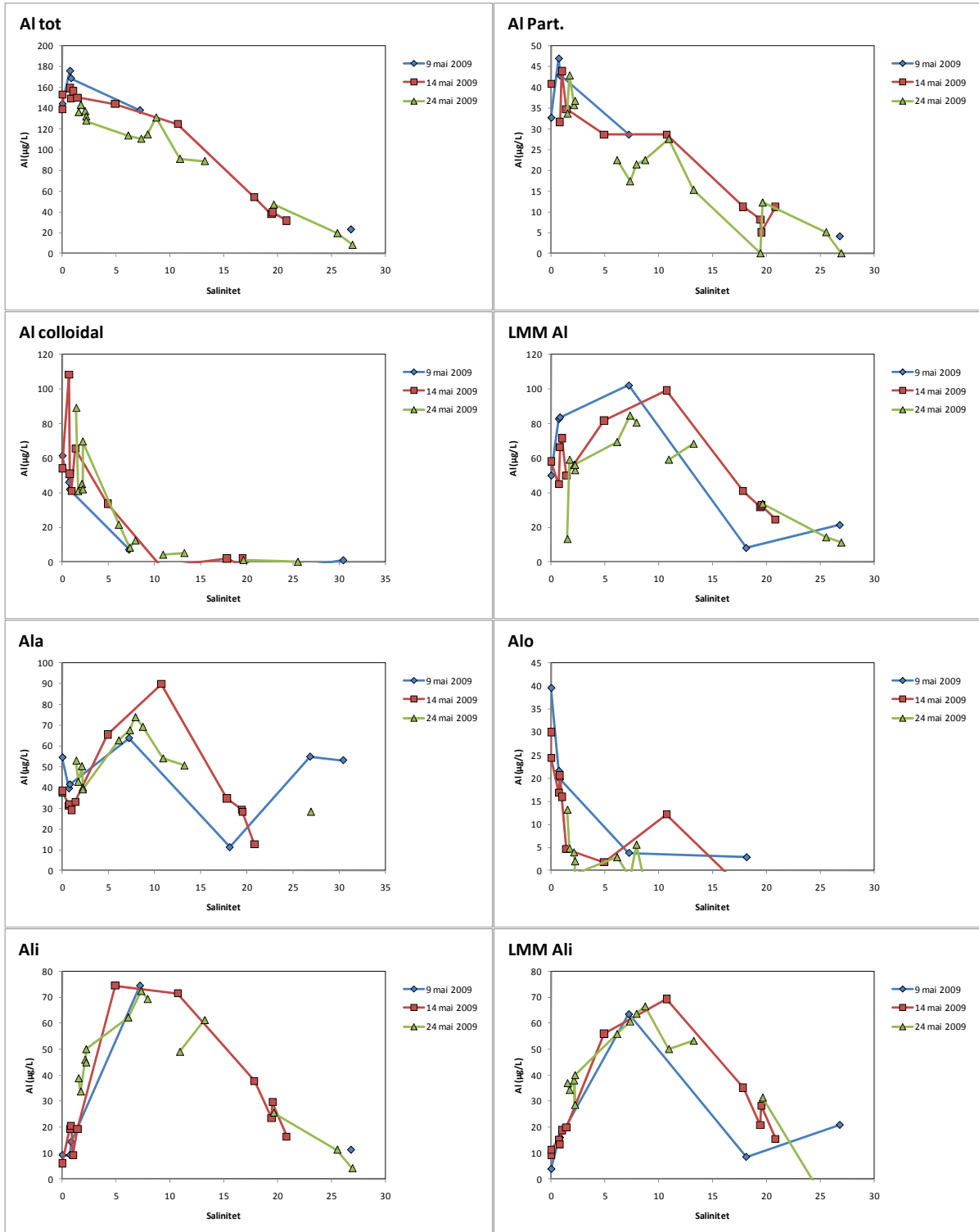
Kilden til Al i brakkvannet er ferskvannet. Konsentrasjonen av Al innerst i Sandnesfjorden (Bunker) var 35 % av det som ble målt i tilført ferskvann (Storelva) 14. mai. Innblanding av saltvann i vann fra Storelva resulterer således i en fortykning av Al. Al-konsentrasjonen i brakkvann avtar lineært med økende saltholdighet (**Figur 27**). Dette er observert alle år. 2009 skiller seg ikke fra tidligere år mht 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 27**).

I fjordsystemet avtar konsentrasjonen av kolloidalt Al mer enn det fortykning skal tilsi (**Figur 27**). 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 total Al. Al assosiert med kolloidalt materiale transformeres til LMM Al tilstandsformer etter innblanding av sjøvann (**Figur 27**). 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 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., 2006b).

Konsentrasjonen av Ali økte også etter innblanding av sjøvann mens den totale konsentrasjonen av Alo avtok. 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-tilstandformene 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 30 ppt. Økt konsentrasjon av Ali i vannet forklares med redusert konsentrasjon av Alo. Mobilisering av Al assosiert til overflater av uorganisk og organiske materiale etter innblanding av sjøvann og ionebytting med Ca, Mg og Na vil øke konsentrasjonen av Ali og redusere konsentrasjonen 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 30 ppt.



**Figur 27.** 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.

## 5. Fysiologiske målinger av fisk og hybridanalyse

### 5.1 Fysiologiske målinger av fisk i elva

**Gjelle-Al** verdiene var normalt lavere enn 10 µg Al/g tv (**Tabell 8**). Verdiene var forhøyet 25. mai når kar i Strømmen ble prøvetatt. Det ble også målt forhøyede verdier på fisk prøvetatt i fella den 18. mai. Ettersom fangstkammeret i fella lå i økende saltnivå fra omkring denne dato skal verdien knyttes til saltnivået og ikke til vannkvalitet i ferskvannet. Når verdier senere hadde lavere verdier kan dette knyttes til variasjon i saltnivå innenfor og mellom døgn.

Basert på gjelle-Al er det ikke grunnlag for å påstå at fisken var påvirket av Al i ferskvann.

**Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>ATPase** verdiene (ATPase) var tilfredsstillende for smolt og ikke avvikende fra det som er målt tidligere år. Verdiene var imidlertid lave ved Fosstveit 27. mai og i Strømmen 24. mai. Prøveuttaket på dager med lave verdier er lavt, så dette kan være tilfeldig. Likeledes var disse verdiene tatt seint i utvandningsperioden så det skal ikke utelukkes at dette er et signal om desmoltifisering. Så lenge prøvene er tatt av fisk holdt i tromler er ikke dette urimelig. Verdier fra Strømmen og fra Smoltfella 25. og 28. mai er normale. Derfor ilegges ikke de to lave gruppeverdiene noen vekt.

**Glukoseverdiene** var forhøyde ved Hauglandsfossen 27. mai. Mens alle verdier fra Fosstveit var tilfredsstillende, ble det målt forhøyde verdier hos fisk prøvetatt rett fra smoltfella. Likeledes var verdiene høye hos trommelfisk eksponert innerst i Songevatn 10. mai.

**Ioneverdiene** var lave ved Hauglandsfossen 27. mai. Alle verdier fra Fosstveit var tilfredsstillende. Fisk prøvetatt direkte fra smoltfella hadde svekket ioneregulering. Ionereguleringa var også svekket hos fisk prøvetatt innerst i Strømmen 10. mai.

**Tabell 8.** Dødelighet, lengde og vekt, blodverdier samt verdier for gjelle-Al (µg Al/g gjelle tv) og gjelle Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>-ATPase på lokaliteter dominert av ferskvann. Data på blod og gjelle-Al gitt som middelværdi ± 1 SD basert på 6 fisk/stasjon og dato. Det er tatt prøver av 10 til 15 fisk for analyse av ATPase. Verdier som representerer mindre avvik fra en antatt naturtilstand er gitt grønn bakgrunnsfarge.

	Dybde	Død	Lengde	Vekt	Gjelle-Al	Na-blod	Cl-blod	Glukose	Hematokritt	ATPase
<b>Hauglandsfossen</b>										
27. mai		0	13,8±0,9		7,7±3,6	136,3±15,0	117,5±17,5	9,2±8,1	33,5±2	8,6±2,4
<b>Fosstveit kraftverk</b>										
7. mai	Felle	0	14,0±0,7	19,8±2,2	11,3±6,3	131,3±11	125,5±8,4	10,4±1,7	33,8±6,2	8,5±1,7
7. mai	Bur	0	13,6±1,1	19,0±3,9	9,7±5,8	141,8±5	133,5±3,1	5,5±0,9	28±3,8	7,9±0,5
19. mai		0	13,5±0,8		5,5±3,7	148,7±3,1	132,5±1,8	5,6±0,3	31,0±2,3	10,9±2,0
27. mai		0	13,7±0,6	14,3±3,3	8,7±2,1	151,8±2,0	132,2±2,0	5,8±0,5	34,2±4,4	6,7±1,5
<b>Fra smoltfelle Strømmen (økning i saltnivå i eksponeringsvannet fra ca 18. mai)</b>										
14. mai	Kar	0	14,8±1,9		8,9±8,1	132,2±4,3	122,8±5,8	10,3±2,3	29,8±3,7	9,1±1,4
25. mai	Kar	0	14,2±1,4		31,2±31,6	140,0±14,9	121,8±13,5	9,0±3,9	37,5±8,7	8,6±3,3
<b>Innerst i Strømmen (elvemunningen) (økning i saltnivå i eksponeringsvannet fra ca 18. mai)</b>										
10. mai	0,5	0	13,1±1,0	15,5±4,2	22±21,5	137,8±3,0	130,2±4,7	18,0±21,9	35,8±4,8	
14. mai	0,5	0	14,4±1,7		13,2±7,5					
18. mai	0,5	0	13±0,5,0		27±13,8					10,2±1,0
20. mai	0,5	0	15,8±1,5		5,9±5,3	140,8±1,5	129,0±3,6	6,9±0,5	30,6±3,8	
28. mai	0,5	0	14,4±2,0	19,3±9,5	13,8±3,9	141,0±3,8	120,7±12,5	6,7±1,0	33,7±3,9	9,6±2,9

## 5.2 Fysiologiske målinger av fisk i fjorden

Gjelle-Al målingene faller i tre grupper. Verdiene var lave (<25 µg Al/g gjelle tv) på de fleste stasjoner frem til 14. mai. Økende konsentrasjoner ble påvist 18. mai, hvor økningen var størst på dyp >2 m. Fra 24. mai var verdiene normalt høye i hele vannsøyla (**Tabell 9**). Endringene i gjelle-Al var nært knyttet til endringer i saltnivå på stasjonen (**Figur 28**).

**Dødelighet.** Det døde fisk i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden 18. mai på 4 m dyp samt ved Doknes (0,5 m dyp) og Pålene (2 m dyp). En uke senere ble det registrert død fisk ved Holmene i Nævestadfjorden (0,5 m dyp), Doknes (0,5 m dyp) og ved Bunkers (0,5 og 2 m dyp) (**Tabell 9**). Årsaken til dette er usikker, men det er lite sannsynlig at dødeligheten skyldtes gjelle-Al.

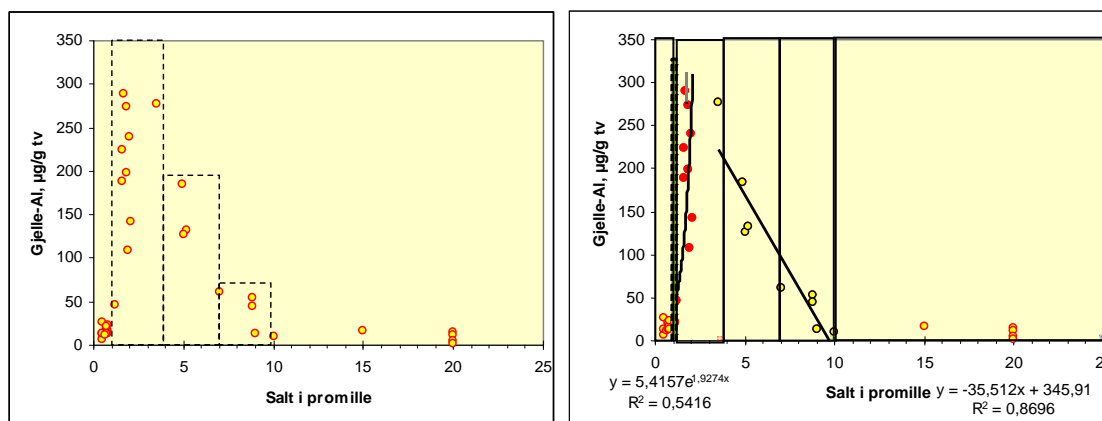
**Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup>ATPase** verdiene var i hovedsak tilfredsstillende for smolt og ikke nødvendigvis avvikende fra det som er målt tidligere år. Samtidig ble det periodevis målt verdier som var lavere enn forventet for smolt eksponert i brakkvann.

**Glukoseverdiene** var normale i alle prøver med unntak av verdier fra Doknes 24. mai. På dette tidspunktet var det to døde fisk i trommelen.

**Ioneverdiene** var lave i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden 24. mai (0,5 m dyp) samt ved Doknes 24. mai (0,5 m dyp)

De målte verdiene antyder et svakt til sterkt fysiologisk stress på flere stasjoner. Stressnivået kunne variere fra den ene til den neste prøvetakingen. Det er tidligere vist at smolt som holdes i svakt brakkvann med Al, prøver å kompensere for økt blodforsuring med å nedregulere blodioner.

Ut fra måling av gjelle-Al konkluderes det med at fisken ble økende påvirket av Al fra omkring 14. mai. Denne økningen kan forventes gitt endringene i saltnivå i samme tidsrom. Ut fra blodprøvene kan fisken være moderat påvirket. Vi har ikke tilstrekkelig kunnskap til å fastsette entydige grenseverdier for blod-ioner i brakkvann, og før dette gjøres bør det uansett etableres grenser for gjelle-Al i forhold til uønsket økologisk respons.



**Figur 28.** Sammenhenger mellom salt (basert på verdier fra CTD og WTW) og gjelle-Al målt våren 2009 i brakkvann til saltvann i områdene fra Songevatn til Sandnesfjorden. I figuren til høyre er sammenheng mellom salt og gjelle-Al i beskrevet for saltnivåene 1 til 4 promille og for nivåene fra 4 til 10 promille. Grad av akkumulering er antydnet med farger, hvor blå betyr lav til ingen akkumulering mens rød innebærer høy akkumulering.



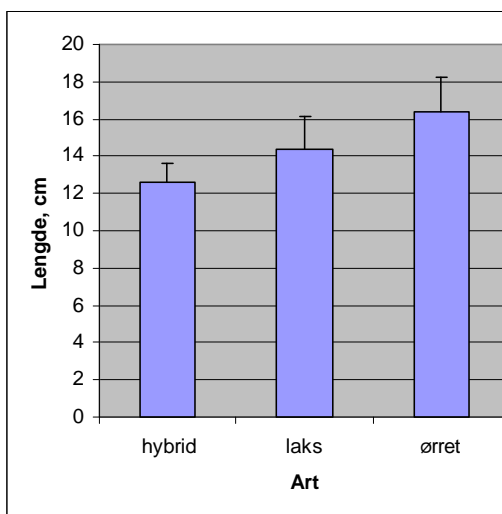
**Tabell 9.** Dødelighet, lengde og vekt, blodverdier samt verdier for gjelle-Al ( $\mu\text{g Al/g gjelle tv}$ ) og gjelle Na+K+-ATPase målt på stasjoner dominert av vannkvaliteter påvirket av salt. Data på blod og gjelle-Al gitt som middelerverdi  $\pm 1$  SD basert på 6 fisk/stasjon og dato. Det er tatt prøver av 10 til 15 fisk for analyse av ATPase. Verdier som representerer et avvik fra naturtilstanden er gitt rød bakgrunnsfarge. Mindre avvik er gitt grønn bakgrunnsfarge.

	Dybde	Død	Lengde	Vekt	Gjelle-Al	Na-blod	Cl-blod	Glukose	Hemato-kritt	ATPase
<b>Innerste stasjon Songevt</b>										
24. mai	0,5	0	13,6 $\pm$ 2,4		198,7 $\pm$ 41,2	143,5 $\pm$ 5,9	125,8 $\pm$ 6,1	5,5 $\pm$ 0,8	33,8 $\pm$ 5,7	8,2 $\pm$ 1,3
24. mai	2	0	12,6 $\pm$ 0,8		184,9 $\pm$ 48,7	147,7 $\pm$ 3,0	128,0 $\pm$ 3,3	6,0 $\pm$ 0,5	31,8 $\pm$ 3,7	5,5 $\pm$ 1,4
<b>Ekstrastasjon Strømmen</b>										
24. mai	0,5	0	14,2 $\pm$ 1,5		273,8 $\pm$ 89,8	143,6 $\pm$ 8,4	126,8 $\pm$ 6,5	6,8 $\pm$ 1,9	30,0 $\pm$ 4,8	8,9 $\pm$ 1,3
<b>Overgang mellom Songevatn og Nævestadfjorden</b>										
9. mai	2	0	13,4 $\pm$ 0,9			146,3 $\pm$ 2,4	133,5 $\pm$ 2	4,7 $\pm$ 0,5	31,3 $\pm$ 2,1	8,1 $\pm$ 1,1
9. mai	4	0	13,6 $\pm$ 0,6			142,3 $\pm$ 5,5	135,0 $\pm$ 2,5	5,2 $\pm$ 0,5	29,3 $\pm$ 3,2	9,3 $\pm$ 2
14. mai	2	0	13,5 $\pm$ 0,9		17 $\pm$ 3,5					
14. mai	4	0	14 $\pm$ 1,2		22,7 $\pm$ 6,9					
18. mai	2	0	14,2 $\pm$ 0,9		12,5 $\pm$ 2,3					8,5 $\pm$ 3,4
18. mai	4	2	13,4 $\pm$ 0,2		53,9 $\pm$ 42,3					
24. mai	0,5	0	14,2 $\pm$ 1,4		188,8 $\pm$ 96,7	140,3 $\pm$ 16,2	118,5 $\pm$ 21,8	6,7 $\pm$ 2	30,0 $\pm$ 10,3	9,5 $\pm$ 2,4
24. mai	2	0	13,8 $\pm$ 1,3		132,6 $\pm$ 39,6	147,0 $\pm$ 2,5	129,4 $\pm$ 2,1	5,2 $\pm$ 0,5	33,6 $\pm$ 5,6	8,6 $\pm$ 1,5
24. mai	4	0	14,4 $\pm$ 1,7		44,6 $\pm$ 19,9	148,7 $\pm$ 13,5	130,5 $\pm$ 6	4,5 $\pm$ 2	29,3 $\pm$ 7,5	11,6 $\pm$ 2,0
<b>Holmen i Nævestadfjorden</b>										
14. mai	2	0	13,0 $\pm$ 1,1		20,5 $\pm$ 6					10,6 $\pm$ 1,8
18. mai	2	0	14,2 $\pm$ 1		108,3 $\pm$ 20,6					
24. mai	0,5	3	12,9 $\pm$ 0,8		289,6 $\pm$ 6,8	145,5 $\pm$ 12,0	127,5 $\pm$ 10,6	7,2 $\pm$ 1,1	32,0 $\pm$ 8,5	
24. mai	2	0	12,6 $\pm$ 0,5		240 $\pm$ 61,4	143,4 $\pm$ 4,0	124,6 $\pm$ 4,6	6,1 $\pm$ 0,7	34,4 $\pm$ 3,2	9,7 $\pm$ 2,5
<b>Doknes</b>										
9. mai	0,2	0	13,9 $\pm$ 1,3			144,7 $\pm$ 2,2	133,5 $\pm$ 2,3	4,5 $\pm$ 0,5	30,2 $\pm$ 6,1	8,4 $\pm$ 2,3
9. mai	2	0	13,9 $\pm$ 1,4							7,2 $\pm$ 1,9
14. mai	0,5	0	13,7 $\pm$ 0,7		12,8 $\pm$ 3,9					9,7 $\pm$ 1,1
14. mai	2	0	13,3 $\pm$ 0,6		21,1 $\pm$ 3,4					
18. mai	0,5	0	13,5 $\pm$ 0,5		46,2 $\pm$ 12,7					
18. mai	2	4	13,9 $\pm$ 1,2		142,4 $\pm$ 41,6					
24. mai	0,5	2	13,6 $\pm$ 1,2		224,2 $\pm$ 51,1	135,0 $\pm$ 14,2	114,5 $\pm$ 20,2	12,7 $\pm$ 7,8	36,8 $\pm$ 4,1	10,1 $\pm$ 1,7
24. mai	2	0	13,9 $\pm$ 1,2		277,4 $\pm$ 66,1	142,3 $\pm$ 8,5	122,5 $\pm$ 9,6	7,5 $\pm$ 2,9	36,7 $\pm$ 7,3	9,7 $\pm$ 1,9
<b>Pålene</b>										
9. mai	0,5	0	13,2 $\pm$ 1,3	15,8 $\pm$ 3,8						8,0 $\pm$ 1,7
13. mai	0,5	0	13,5 $\pm$ 0,9							
13. mai	2	0	14,5 $\pm$ 0,8		126,7 $\pm$ 45,2					
15. ma	2	0	13,2 $\pm$ 0,4	16,7 $\pm$ 2,2	11,3 $\pm$ 1,5					7,0 $\pm$ 1,6
18. mai	2	2	13,3 $\pm$ 1		16,2 $\pm$ 4,5					
24. mai	0,5	0	14,7 $\pm$ 2,6		61 $\pm$ 29,1	146 $\pm$ 5,4	127,0 $\pm$ 4,0	6,2 $\pm$ 1,4	32,8 $\pm$ 6,2	10,1 $\pm$ 2,0
<b>Bunkers</b>										
9. mai	0,5	0	13,5 $\pm$ 0,7	18,7 $\pm$ 3,0		147,3 $\pm$ 2,4	135,2 $\pm$ 1,3	4,1 $\pm$ 0,5	28,3 $\pm$ 5,3	8,3 $\pm$ 1,5
9. mai	2	0	13,5 $\pm$ 1	19,2 $\pm$ 5,2		147,7 $\pm$ 3,3	138,4 $\pm$ 1,9	4,5 $\pm$ 0,5	28,0 $\pm$ 2,8	9,2 $\pm$ 2,5
13. mai	0,5	0	13,5 $\pm$ 0,8		14 $\pm$ 2					
13. mai	2	0	13,5 $\pm$ 0,2		15,5 $\pm$ 3,2					10,6 $\pm$ 1,7
18. mai	0,5	0	13,5 $\pm$ 0,6		9,2 $\pm$ 2,1					
18. mai	2	0	13,4 $\pm$ 0,8		11,6 $\pm$ 5					
24. mai	0,5	2	12,7 $\pm$ 0,5		4,3 $\pm$ 2,4	157,3 $\pm$ 7,5	134,3 $\pm$ 1,5	5,0 $\pm$ 1,5	31,0 $\pm$ 5,7	11,8 $\pm$ 3,1
24. mai	2	1	12,8 $\pm$ 0,6		2,3 $\pm$ 2,9	153,6 $\pm$ 5	134,8 $\pm$ 1,9	6,1 $\pm$ 0,7	28 $\pm$ 7,5	8,7 $\pm$ 1,8
<b>Hopestranda</b>										
9. mai	0	0	13,7 $\pm$ 1,7	19,8 $\pm$ 4,2		151,6 $\pm$ 1,1	138,3 $\pm$ 0,5	4,5 $\pm$ 0,5	27,0 $\pm$ 2,2	8,4 $\pm$ 0,7
13. mai	0	0	13,8 $\pm$ 0,2		22 $\pm$ 4,8					
24. mai	0	1	12,3 $\pm$ 0,9		14,1 $\pm$ 22	163,6 $\pm$ 6,8		5,6 $\pm$ 1,2	26,2 $\pm$ 2,5	10,9 $\pm$ 1,7

### 5.3 Hybridanalyser

Det ble tatt ut 300 fisk til hybridanalyse. Antall sendt til analyse ble redusert til 100 ut fra økonomiske årsaker, samt at dette antallet ble vurdert som tilstrekkelig til å besvare hovedspørsmålet; er det mange hybrider i elva.

All fisk bestemt til ørret var ørret. En bestemt som usikker i felt var ørret. 79 laks bestemt som laks i felt var laks. Tre prøver var uegnet for analyse. Det var dermed 2 mulige og 1 sikker hybrid. Hvis alle disse betraktes som hybrider var det 3 hybrider blant 97 fisk. Dette utgjør 3 % av materialet. Antall hybrider var for lavt til at størrelsen trenger være representative for hybridbestanden i elva. Det er likevel verdt å merke seg at hybridene var kortere enn laks og ørreten for øvrig (**Figur 29**). Rådata og bilder av fisken er gitt i vedlegg B.

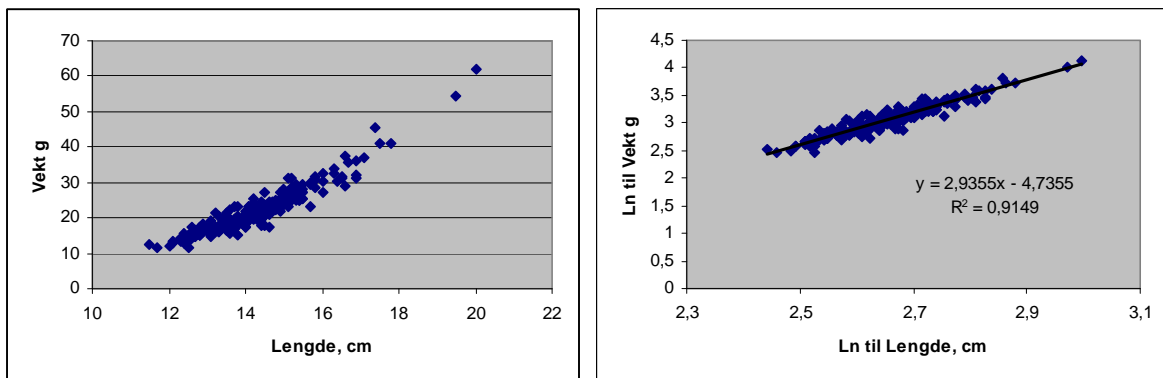


**Figur 29.** Lengde til fisk analysert som hybrid, laks eller ørret vha genetiske analyser hos NINA.

## 5.4 Smoltfangst ved Fosstveit

Felle ble tømt daglig. All fisk fanget i fella ble artsbestemt og lengdemålt. Sammenhengen mellom lengde og vekt til laks er vist i **Figur 30**. Det ble fanget 4333 laksesmolt ved Fosstveit (**Tabell 10**, **Tabell 11**). Av disse ble 507 benyttet til bureksporeringer i fjorden, til prøvetaking av laks i elva samt i et riggforsøk driftet av UMB. Totalt ble 3329 smolt merket, enten med PIT-merking (n=263) eller ved at FF (fettfinnen) ble tatt (n=3066).

Det ble fanget 850 ørretsmolt ved Fosstveit (**Tabell 11**). Ørret utgjorde 16,4 % av all smolt fanget (n=5183; laks+ørret). All levende ørret ble fettfinnemerka (n=751). Det ble plukket opp 11 døde og 1 levende blankål nedstrøms kraftverket.



**Figur 30.** Sammenheng mellom lengde og vekt til laks fanget i smoltfella ved Fosstveit. I figuren til høyre er verdiene omgjort til naturlige logaritmer.

**Tabell 10.** Regnskap over fangst i smoltfella nedstrøms Fosstveit kraftverk. Antall fisk fettfinnemerka (FF) og PIT-merka er angitt. Dødelighet (total) og %-andelen døde av totalt antall fisk er beregnet.

	Laks							Ørret		
	Total fangst (levende + død)	Døde i kraftverk	PIT-merka	FF-merka	Sum merka	Gj.fangst utsettingssted Benyttet til andre formål, levende	Total fangst (levende + død)	Døde i kraftverk	FF-merket	
%-andel døde		11,5						11,5		
%-andel gjenfangst						1,4				
%-andel merka av levende utsatt			6,9	79,9		13,2			100	
Antall	4333	497	263	3066	3329	507	43	850	98	751

Ingen PIT-merka smolt døde i løpet av restitueringsperioden. Det ble PIT-merka 6,9 % av andelen smolt som var i live etter passering av turbinen. Disse ble satt ut i elva nedenfor kraftverksturbinen. Fettfinnen ble klippet av 79,9 % av smolten som var i live. Det var en gjenfangst på 1,4 % av FF-

merka smolt (n=40) i fella ved Fosstveit. Det ble gjenfanget tre PIT-merka smolt. Dette gir en gjenfangst på 1,1 % i fella. Dette innebærer at noen fisk vandret >20 m oppstrøms for å krysse ledegarnet for så å bli fanget i smolthjulet på nytt. Vi kan ikke ut fra FF-merking avgjøre om denne fisken sto kort eller lang tid i elva fra merking til gjenfangst. Basert på PIT-merkene ble de gjenfanget dagen etter merking. Gjenfangstene illustrerer samtidig at ledegarnet ikke var "tett". Det er dermed sannsynlig at vi heller ikke fanget all smolt som kom ut fra turbinen.

Vi har ikke noe mål for hvor mange smolt som nedvandret via minstevannføringsløpet. Basert på vannføring i laksetrappa og over Fosstveit er det ikke sannsynlig at mange smolt nedvandret denne ruten. Fellefangsten ble avsluttet før smoltvandringen var over. Fangsten i fella gir således heller ikke smoltproduksjonen oppstrøms kraftverket. Ettersom vi ikke vet fangsteffektivitet til smoltfella, kan ikke produksjonen estimeres med sikkerhet. Ettersom vi håndterte 4333 laksesmolt og 850 ørretsmolt ved Fosstveit vet vi at produksjonen oppstrøms kraftverket var minst så stor. Hvis man antar en fangsteffektivitet på 75 % vil produksjonen ha vært 5777 laks og 1133 ørret. Ettersom fangsten ble avsluttet tidlig, antar vi at kun 75 % av utvandringen ble registrert. Med denne justeringen estimeres det en utvandring på 7700 laks og 1500 ørret fra områdene oppstrøms kraftverket.

**Tabell 11.** Daglig fangst av laks, ørret, abbor og ål i smoltfella ved Fosstveit. Total sum laks er summen av PIT- og FF-merka, fisk som døde i turbinen og fisk benyttet til andre formål samt at noen fisk ble sluppet umerket.

	Laks					Ørret		Abbor	Ål	Ål	Temp
	PIT-merka	FF-merka	Død turb.	Andre formål	Sum død + levende	Død Turb.	Sum levende FF-merket		Død	Levende	
28. april			4*			4					
1. mai						5					
2. mai.	123		4		127	1					
3. mai.		127	14		141	6**	45	3			8.9
4. mai.			15	50	65	5	20	1	2		
5. mai.			40	324	364				4		
6. mai.	20	399	60	133	592		94				9.7
7. mai.	20	536	105		661	15	145	3	1		10.7
8. mai.	20	485	65		570	18	109	1	2		12.3
9. mai.	20	537	56		613	17	120	1	1	1	10.4
10. mai.	20	315	50		385		58				
11. mai.	20	468	55		543	10	73				
12. mai.	20	219	33		272	17	87		1		
Avsluttet	Før utvandring var ferdig										
Sum	263	3066	497	507	4333	98	751	9	11	12	

3 vinterstøing

\*\* 2 vinterstøing

**Tabell 12.** Antall ørret fanget fordelt på lengdekategorier på de ulike fangstdagene ved Fosstveit. Død fisk ble ikke lengdemålt.

Lengde kategori	02. mai	03. mai	06. mai	07. mai	08. mai	09. mai	10. mai	11. mai	12. mai	Grand Total
120-125	1		3	1	1		1			7
125-130	2		2	2	4	2		2		14
130-135	3	2	5	9		3		4		26
135-140	2	1	2	4	5	7	6	2	3	32
140-145	7	4	7	9	3	4	1	7	7	49
145-150	2	2	5	9	13	5	3	5	4	48
150-155	5	3	7	15	10	16	6	5	9	76
155-160	3		7	19	15	18	6	11	23	102
160-165	2	4	11	16	14	17	12	7	10	93
165-170	5	1	10	14	12	14	6	6	9	77
170-175	4	1	12	15	8	10	5	6	6	67
175-180	5		7	12	4	9	3	7	3	50
180-185		2	8	5	8	5	3	6	2	39
185-190	1		4	8	4	1	2		2	22
190-195					3	2	2	2	2	11
195-200			1	2	1	1		1	3	9
195-201	3		3	5	4	6	2	2	4	29
	45	20	94	145	109	120	58	73	87	751

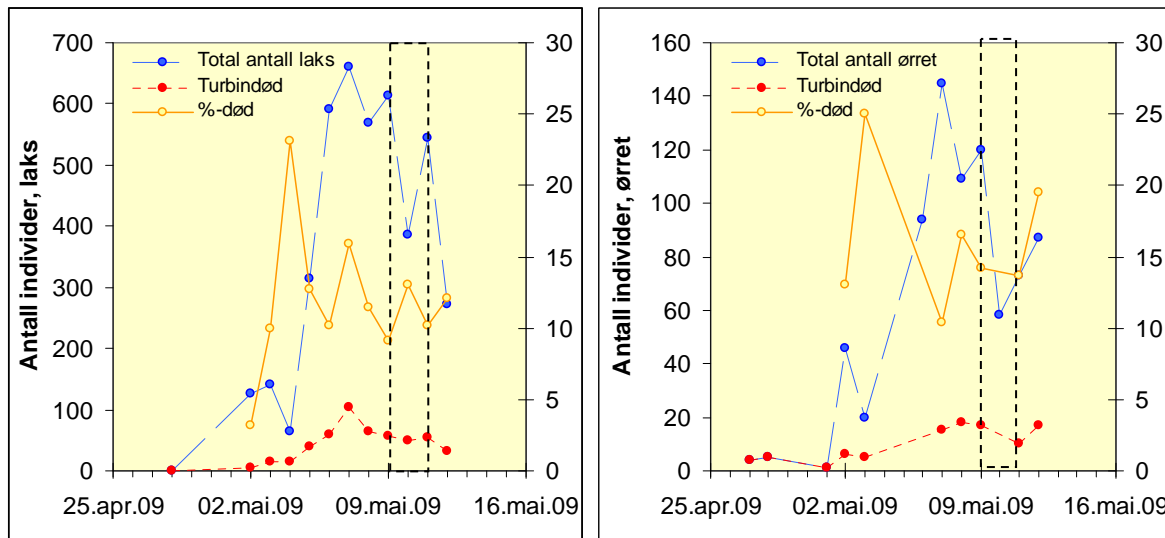
**Tabell 13.** Antall laks fanget og merket fordelt på lengdekategorier på de ulike fangstdagene ved Fosstveit. Død fisk og fisk medgått til andre formål er ikke medregnet her.

Lengde kategori	02. mai	03. mai	06. mai	07. mai	08. mai	09. mai	10. mai	11. mai	12. mai	Grand Total
105-110				1						1
110-115		1		4	1	2				8
115-120	2	1	7	3	15	10	12	2	1	53
120-125	4	13	28	69	65	59	62	30	7	337
125-130	17	18	63	122	104	109	70	55	20	578
130-135	22	24	107	145	109	124	56	58	32	677
135-140	24	18	75	90	65	69	30	54	18	443
140-145	21	21	53	64	40	62	39	55	26	381
145-150	16	13	31	18	48	39	14	56	30	265
150-155	10	8	20	18	20	33	18	65	26	218
155-160	3	6	7	11	16	21	12	57	29	162
160-165	2	2	6	6	7	10	9	30	17	89
165-170	2	1	1	2	4	6	7	7	19	49
170-175		1	1	4	2	6	3	10	9	36
175-180				3	2	3		2	2	12
180-185				1	1	3		4	2	11
185-190					1	1		1		3
190-195					1	1		1		3
195-200							1			1
200-250								1	1	2
	123	127	399	556	505	557	335	488	239	3329

## 5.5 Dødelighet ved Fosstveit kraftverk

Av de 4333 laksesmoltene fanget ved Fosstveit var 497 døde som følge av turbinpassering. Dette utgjør 11,5 % av all laks. Av 850 ørretsmolt var 92 døde. Dette utgjør også 11,5 % av fangsten. Det var dermed ingen forskjell i dødelighet knyttet til art.

Fangsten i smoltfella var i litt lavere 9. til 11. mai (døgn med sperrenot) enn fangsten i perioden forut. Fangsten avtok ytterligere når sperrenota ble tatt bort. Endringene som ble observert kan være mer knyttet til endringer i smoltutvandring enn en effekt av sperringen. Når sperringen ikke reduserte antall smolt i fella betydelig mer enn det som ble observert vurderes sperrenota slik den var plassert i 2009 som mindre effektiv.



**Figur 31.** Antall laks (venstre figur) og ørret (høyre figur), antall døde samt % andel død registrert nedstrøms Fosstveit kraftverk våren 2009. Perioden med sperrenot er antydnet med vertikale stipla linjer.

## 5.6 Predasjon fra gjedde

I følge Huitfeldt-Kaas (1918) kom det gjedde til Lundeavatn i 1799, fra en dam ved Nes Verk (Hesthagen og Østborg, 2002). Gjeddefestivalen ble avholdt 9. og 10. mai 2009. Det deltok 72 personer på festivalen. Det ble fanget til sammen 36 gjedder ifølge arrangementsansvarlig Ingvar Tveite. Fisken ble ikke veid. De største var på 5 og 7 kg. Gjeddemagene ble undersøkt for PIT-merker. Det ble innrapportert 7 merker. Flere av merkene lå løst i magen og laksesmolten var oppløst.

Gjedda tok minst 2,7 % av all PIT-merka smolt sluppet ved Fosstveit. Reell predasjon var sannsynligvis betydelig større, uten at vi kan si hvor stort dette tapet faktisk var. I gjeddemagene (n=31) ble det forøvrig påvist ørret, smolt av laks og ørret, sørv, havniøye og abbor (**Tabell 14**). Rådataene er gitt i vedlegg C. Smolt var det vanligste byttet og ble påvist i 19 mager. Til sammen hadde gjeddene spist 82 smolt. Det var ikke mulig å artsbestemme smolten. Midlere forekomst av smolt var på  $4,3 \pm 2,5$  individ basert på gjedder med smolt i magen, eller  $2,6 \pm 2,9$  individ basert på hele materialet. Åtte gjedder hadde ingen fisk i magen.

**Tabell 14.** Fiskearter påvist i gjeddemagene innfanget under gjeddefestivalen i 2010.

	Sikker ørret	Smolt	Sørv	Ni-øye	Abbor	Ingen fisk
Antall gjedder påvist	3	19	2	4	4	8
Antall individer spist	7	82	2	8	5	0

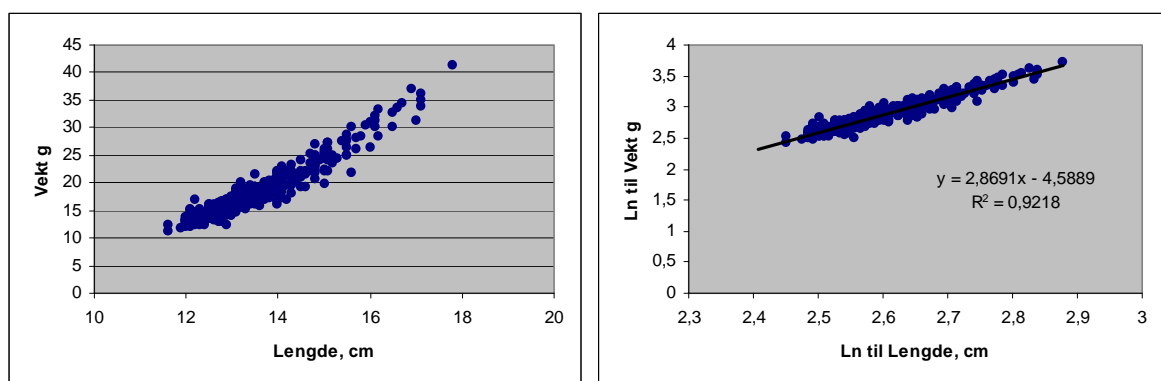
## 5.7 Smoltfangst i Strømmen

Smoltfella i Strømmen var plassert ca 130 m nedstrøms Lundevatn og PIT-stasjon 1870. Det var få smolt i fella fram til 1. mai. 2009. Det ble fanget til sammen 1981 utvandrende laks og 826 ørret i 2009. Ørret utgjorde 29,4 % av total smoltfangst (laks + ørret). Sammenhengen mellom lengde og vekt til laks er vist i **Figur 32**. Utover dette ble det fanget 1042 sørv og 31 sik i tillegg til 1 boks med makrell i tomat. Av eldre fisk ble det fanget 7 vinterstøing av laks og 2 av ørret. Det ble tatt 4 blankål i fella. En av disse hadde betydeligs sårskader og soppinfeksjon i sårflatene.

Av laksene var 1453 tilstrekkelig store til at de kunne PIT-merkes i Strømmen. Av disse var 420 FF-merka (merket v/Fosstveit). FF-merka smolt utgjorde 20,1 % av all smolt fanget i fella.

Det ble tatt 101 FF-merka ørreter. FF-merka ørretsmolt utgjorde dermed 12,3 % av ørretsmolten fanget i Strømmen. Mens gjenfangsten av laks var i størrelsesorden 20 % var gjenfangsten av ørret på 12 %. Dette tyder på at andelen ørret på laks nedstrøms kraftverket er forskjellig fra andelen oppstrøms.

Det ble gjenfanget 19 smolt som var PIT-merka i Strømmen i felle ved Strømmen. Dette gir en gjenfangst på 1,4 %.



**Figur 32.** Sammenheng mellom lengde og vekt til laks fanget i smoltfella ved Fosstveit.

**Tabell 15.** Regnskap over fangst i smoltfella ved Strømmen. Gjenfangst av fettfinne (FF) merka og PIT-merka fisk merket ved Fosstveit (Foss) er angitt sammen med gjenfangstprosent.

	Laks								Ørret	
	Total fangst	Døde + Hybrid	For små til å merkes	Antall PIT-merka Strømmen	Gj.fangst av PIT-merka Foss.	Gj.fangst av FF merka Foss.	Gj.fangst av PIT-merket Strømmen	Sum fangst av smolt merka Foss	Total fangst	Gj.fangst FF merket ved Foss.
Regnskap smolt fanga Strømmen	1981	135	532	1318	37	420	19	457	826	101
%-andel smolt merka Strømmen i forhold til total fangst i elva (Fosstveit + Strømmen)	31,4									
Gjenfangst (%) av smolt merket ved Fosstveit i Strømmen					14,1	13,7	1,4			13,4
%-bidrag av smolt merket på Fosstveit till total smolt fangst i Strømmen					1,9	21,2	23,1			12,2

**Tabell 16.** Smoltfangst i Strømmen. I tabellen er daglige fangster fordelt på totalsum, antall gjenfangster av FF merket (ved Fosstveit) antall gjenfangster av PIT-merka smolt (satt ut ved henholdsvis Fosstveit og Strømmen), antall smolt som ble PIT-merka samt antall ørret, sik, sørv og ål fanget i fella. Daglig vannføring (m<sup>3</sup>/sek) ved Lundevann er inkludert i datasettet.

Daglig fangst	Laks									Ørret		Sørv Sik Ål			Vannføring Lundevann	
	Gjenfangst merka FF	PIT-gj.fangst Fosstveit	PIT-gj.fangst Strømmen	PIT-gj.fangst merka løslatt	Antall PIT- merka løslatt	Merkedød	Merkedød	Antall PIT- merka løslatt	For små og andre formal	Daglig fangst	Gjenfangst merka FF	Merknader	Sørv	Sik		Ål
28.apr	5									9			13	2		15,19
29.apr	5									15			32	4		14,62
30.apr	10									20			23	1		13,88
01.mai	15									23		Fella stansa tømmerstokk	33	3		12,92
02.mai	27				62			62	0	46		Fella stoppa	127	8		10,81
03.mai	15									41			64			7,98
04.mai	20									41	2		54			5,7
05.mai	20											Fella stansa tømmerstokk				5,19
06.mai	38		2		75	8	8	75	12	10						5,04
07.mai	94	4			78	9	9	78	7	26		1 gjedde	18			5,59
08.mai	60	2	2		46	3	3	46	11	11			8	1		5,81
09.mai	69	12			56	3	3	56	10	10		1 makrell i tomat	17	2		5,65
10.mai	52	6			38	3	3	38	11	30			1	1		5,32
11.mai	129	29	7	1	92	12	12	92	25	35	8	Minstemålet økes fra nå	3	1		4,95
12.mai	176	68	3	1	126	17	17	126	33	54	12		18	1	1	4,62
13.mai	174	68	6		116	22	22	116	38	40	11		66	2		3,73
14.mai	317	111	7	1	138	20	20	138	159	54	12		39		1	3,28
15.mai	78	25		1	38	4	4	38	36	27	7		5	1	2	3,21
16.mai	158	41	5		81	8	8	81	69	37	7		7	1		3,2
17.mai	18															3,02
18.mai	19	6			19	2	2	19	16	60	17		26	1		3,16
19.mai	103															3,33
20.mai	102	28	1	2	139	0	0	139	33	38	10		67	1		3,1
21.mai	57															3,09
22.mai	56	8	2	4	95	11	11	95	7	40	4		25	1		3,34
23.mai	35															3,69
24.mai	35	2	1	3	45	9	9	45	16	38	6		19			3,78
25.mai	17															3,7
26.mai	17	4		1	27	3	3	27	4	32	1		78			3,62
27.mai	10															4,03
28.mai	10												72			4,13
29.mai	10															4,03
30.mai	10															3,78
31.mai	10												155			3,53
01.jun	10	6		5	47	1	1	47	12	89	4		72			3,28
Sum	1981	420	36	19	1318	135	135	1318	532	826	101		1042	31	4	



**Tabell 17.** Antall laks fanget fordelt på lengdekategorier på de ulike fangst dagene i Strømmen.

Laks	02.mai	06. mai	07. mai	08. mai	09. mai	10. mai	11. mai	12. mai	13. mai	14. mai	15. mai	16. mai	18. mai	20. mai	22. mai	24. mai	26. mai	01.juni 40.v mai	Grand Total
<100					1	1	1		1		1		2		1				8
100-105						1						1					1		3
105-110		2		1	1	2	1	1	1	3		1							13
110-115		3	3	6	3	1	2	3	4	7	2	3	1	3	1				42
115-120	3	6	4	4	5	5	9	12	2	12	7	6	1	8	1	5	1	2	93
120-125	3	16	15	11	8	10	13	17	30	62	15	28	7	10	3	6	2	9	265
125-130	6	17	18	9	10	10	27	27	25	58	9	29	4	10	19	9	6	6	299
130-135	12	19	12	9	15	7	25	25	44	52	16	27	9	23	12	8	5	6	326
135-140	9	10	18	8	7	5	18	29	19	32	12	20	5	17	14	7	3	5	238
140-145	14	7	12	4	7	5	12	18	14	33	4	10	2	14	10	10	4	2	182
145-150	6	2	4	5	4	1	6	10	8	19	3	10	1	12	8	4	3	3	109
150-155	3	4	4	3	5	1	5	15	11	13	4	9	1	52	12	5	7	4	158
155-160	3	4	1		1	1	5	6	5	12	2	8		14	6	4		4	76
160-165	2	2				2	3	6	5	3	3	2	2	16	13	5		7	71
165-170		1	1		2		1	5	2	8		2	2	10	6	5		6	51
170-175		2	2						3	3		2		8	5		2	2	29
175-180	1						1	1						2	2			3	10
180-185														5		1		1	7
185-190														1					1
190-195								1								1			2
	62	95	94	60	69	52	129	176	174	317	78	158	37	205	113	70	34	60	1983

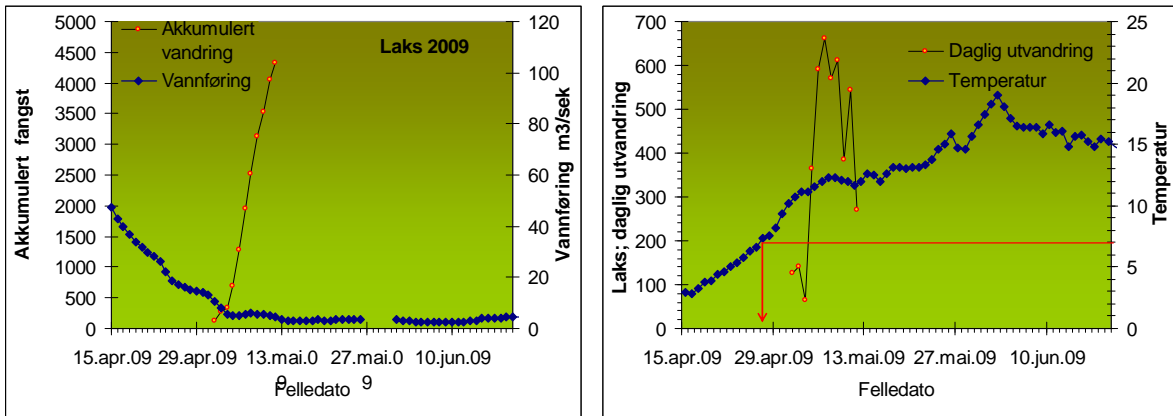
**Tabell 18.** Antall ørret fanget fordelt på lengdekategorier på de ulike fangst dagene i Strømmen.

Ørret	28.apr.	29. apr	30. apr	01.mai	02. mai	03. mai	04. mai	07. mai	08. mai	11. mai	12. mai	13. mai	14. mai	15. mai	16. mai	18. mai	20. mai	22. mai	24. mai	01.juni 40.v mai	Grand Total	
<100												1					1			1	3	
100-105														1				1			1	3
105-110			1																			1
110-115																					1	1
115-120			1	1		1					1					1			1			6
120-125		1		1	1		2						1		1	2	1					10
125-130	1	2	2		2		3			1	1		3	2			1		1		1	20
130-135	1	1		2	3	1	3	2		1	2	2	3		1	2	1		2		4	31
135-140	1		1		3	1	7	4	1	3	4	1	1		1	2	2	1	1	2	4	40
140-145	1		1	1	7	4	1	5	3	2	5	5	6	4	2	2	2	2	9	2	11	75
145-150			1	3	2	4	3	1	1	3	5	2	6	3	2	3	4	5	3	3	6	60
150-155		2	5	3	6	2	5		1	2	9	7	3	2	5	8	7	3	1	1	15	87
155-160			2	2	3	5	3	2		3	2	4	8	4	4	6	4		2	4	5	63
160-165	1	2	4	3	1	4	3	1		3	5	5	3	3	6	5	6	2	4	4	10	75
165-170	3			1	5	3	3	3	1	5	6	2	5	2	6	5	3	2	1	4	8	68
170-175		3		3	4	3	1	5	1	4	3	3	4	3	2	12	2	7	2	4	6	72
175-180			1	1	5	3	2	2	2	2	2	1	2		2	7	2	6	2	3	9	54
180-185		2		1		2	1	1		3		4	1	1	1	3	1	2	4	1	4	32
185-190			1		1	2	1		1		1	2	3		1	1	1	3	1	1	3	23
190-195				1		2					1	1	2	1		1		3	2		1	15
195-200										2	1							1		1		5
195-201	1	2			3	4	3			1	6		3	1				2	2	1		29
	9	15	20	23	46	41	41	26	11	35	54	40	54	27	34	60	38	40	38	32	89	773

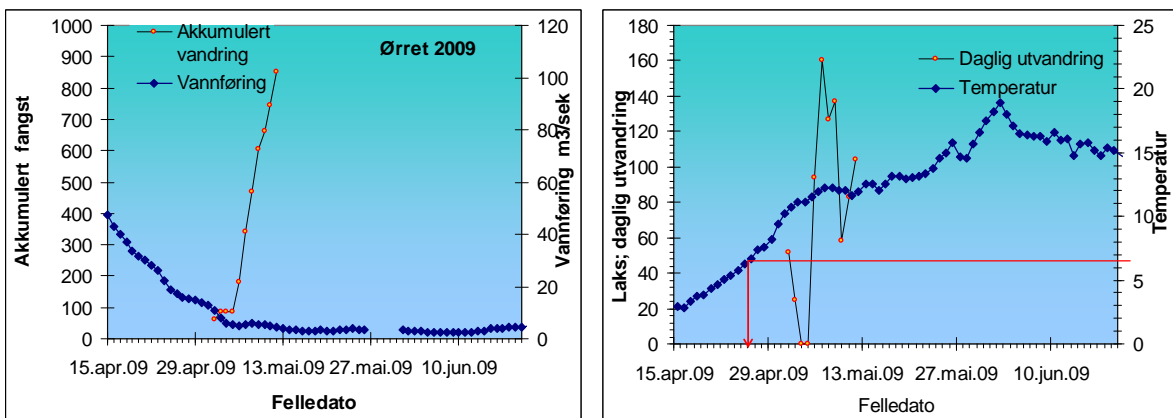
## 5.8 Utvandringstidspunkt, smolt

### 5.8.1 Fosstveit

Smoltfella ble igangsatt 2. mai. Det ble fanget et økende antall smolt fra første dag. I løpet av de to første ukene ble det tatt 4333 laksesmolt og 850 ørretsmolt (henholdsvis **Figur 33** og **Figur 34**). Fella ble satt ut av drift før utvandringen var over. Prosentvis daglig utvandring er derfor ikke beregnet.



**Figur 33.** Akkumulert og daglig fangst av laksesmolt i smoltfella ved Fosstveit i 2009. I figuren til venstre er vannføring lagt til mens temperatur er inkludert i den til høyre. Fella ble satt ut av drift før utvandringen var over. Rød strek markerer tidspunkt vanntemperaturen økte forbi 7°C.



**Figur 34.** Akkumulert og daglig fangst av ørretsmolt i smoltfella ved Fosstveit i 2009. I figuren til venstre er vannføring lagt til mens temperatur er inkludert i den til høyre. Fella ble satt ut av drift før utvandringen var over. Rød strek markerer tidspunkt vanntemperaturen økte forbi 7°C.

### 5.8.2 Strømmen

Det ble fanget til sammen 1981 utvandrende laks og 826 ørret i 2009. Smolt har blitt innfanget årlig i Strømmen siden 2005. Det første året ble det benyttet en River-Fishlift (fella utviklet av HI). Senere er det brukt smolthjul. Data fra 2009 er sammenstilt med data fra tidligere år i **tabell 19**. Det ble påvist smolt i fella allerede 1. døgn (**Figur 35**). Høyest daglig fangst ble registrert 14. mai. Fangsten økte med avtagende vannføring og økende temperatur. Daglig vannføring er inkludert i figurene som viser akkumulert og daglig fangst av laks. Her er også dato for når elvetemperaturen (målt ved Hauglandsfossen) overstiger 7 °C vist.

**Tabell 19.** Samletabell over datoer når temperaturen økte til over 7 og 10 °C i Strømmen i Storelva, dato for når smoltfella ble satt ut, dato med maksimal fangst og datoer for når 25, 50, 75 og 90 % av laksesmolten var fanget de enkelte årene. Antall dager det tok fra fangsten gikk fra 25 % nivået til 90 % nivået er beregnet. Årene 2005 til 2008 er inkludert for sammenligning.

	2005	2006	2007	2008	2009
Temp >7 °C fra	17. april	9. mai	13. april	24. april	27. april
Temp >10 °C fra	28. april	11. mai	24. april	4. mai	1. mai
Fella satt ut	3. mai	2. mai	26. april	15. april	26. april
1. smolt fanget	3. mai	6. mai	26. april	20. april	28. april
Dag med max fangst	11. mai	17. og 25. mai	27. og 30. april	3. og 6. mai	14. mai
25 % fangst	10. mai	18. mai	27. april	4. mai	10. mai
50 % fangst	11. mai	24. mai	29. april	6. mai	13. mai
75 % fangst	12. mai	28. mai	3. mai	9. mai	16. mai
90 % fangst	13. mai	2. juni	15. mai	13. mai	22. mai
Antall dager 25 til 90 % fangst	3	15	18	9	12

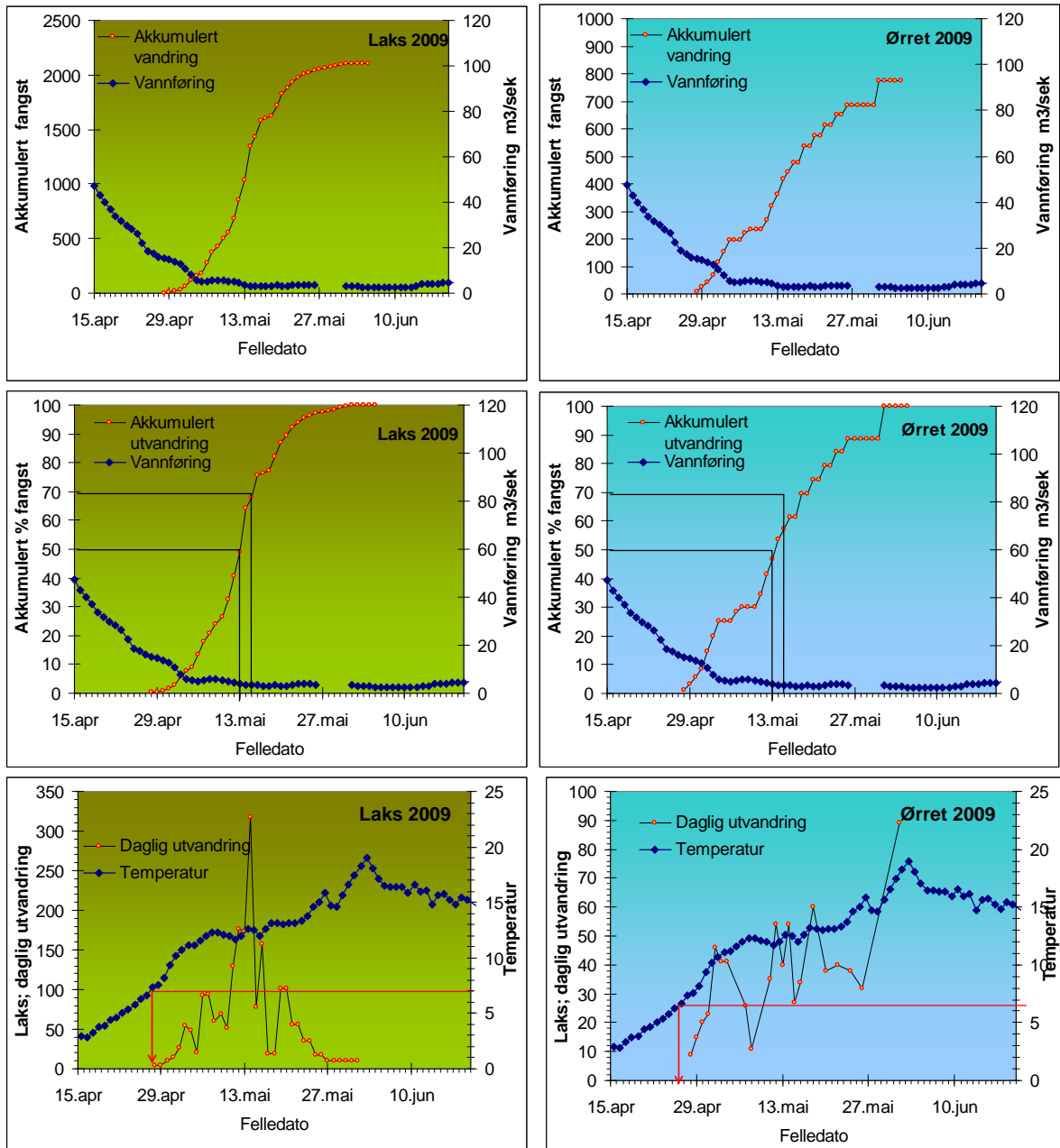
Basert på passeringstidspunkt forbi PIT-antenna ved St.1870 kan det angis når i løpet av døgnet smolten vandret (**Tabell 20**). Basert på 30 smolt vandret majoriteten (70 %) mellom kl. 20:00 og 05:00. Det var også et betydelig antall (20 %) som utvandret mellom kl. 08:00 og 11:00. Majoriteten utvandret etter at sola hadde gått ned og før soloppgang. Materialet fra 2009 er for lite til at dette resultatet kan betraktes som mer enn en indikasjon på når smolten vandrer. Fordelen i denne undersøkelsen er at vandring ikke hindres av fysiske installasjoner som vil være tilfellet ved bruk av smoltfeller, demninger, Woolf feller eller andre typer sperringer. En sperring som påvirker villighet til å passere objektet vil innvirke på passeringstidspunkt.

**Tabell 20.** Tidspunkt for sol og måne oppgang og nedgang i Tvedestrand for dagene 5. til 12. mai. og klokkeperiode for når fisk passerte PIT-antenna på stasjon 1879 (Strømmen) i 2009.

demring	sol opp	Senit	sol ned	Skumring	måne opp	måne ned
04:17-03:56	05:10-04:43	13:15-13:14	21:21-21:37	22:15-22:35	03:50—01:15	17:02—05:51

Fra kl.	05:00	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	02:00	
til kl.	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00	23:00	02:00	05:00	Sum
05.mai							2		2
06.mai							1	2	3
07.mai						3	1		4
08.mai							3	1	4
09.mai		4			1	4	1	1	11
10.mai	1							2	3
11.mai									0
12.mai		2	1						3
Sum	1	6	1	0	1	7	8	6	30



**Figur 35.** Akkumulert antall fisk og daglig fangst av laksesmolt (grønn bakgrunn) og ørretsmolt (blå bakgrunn) i smoltfella i Strømmen i 2009. I midterste figur er akkumulert utvandring omgjort til %. I øverste figur er vannføring lagt til mens temperatur er inkludert i resten. Sorte strek i midtre figur angir dato for 50 og 70 % utvandring. Rød strek i nederste figur markerer tidspunkt vanntemperaturen økte forbi 7°C.

## 5.9 Nedvandringstid fra Fosstveit til Strømmen

### 5.9.1 Beregninger fra fellefangst

En usikker nedvandringstid fra Fosstveit til Strømmen kan beregnes ut fra FF-merka laksesmolt. Hvis man antar at fangststoppen ved Fosstveit kan gjenfinnes som ny fangststopp ved Strømmen, brukte fisken ca 7 dager på å vandre ca 6,4 km (**Figur 36**).

### 5.9.2 PIT-antenne

Et mer nøyaktig estimat kan beregnes ut fra gjenfangst av laksesmolt PIT-merka ved Fosstveit. Det ble registrert 30 PIT-merka smolt i PIT-antennene den tiden denne var operativ (5 til 11. mai). Dette tilsvarer 11,4 % av fisken PIT-merka ved Fosstveit. Størstedelen (n=21) av fangsten var fra merkingene utført 2. mai. Fisken brukte  $5.0 \pm 2.6$  dager fra merking og utsetting til registrering eller på å vandre 4.5 km i elv pluss 1.1 km i Lundevatn (**Tabell 21**). Mens 9 fisk brukte inntil 3 dager, brukte 12 fisk > 6 dager.

Antenna svikta 11. mai uten at vi på det tidspunktet klarte å påvise feilen. Feilen ble senere identifisert til et kretskort som hadde sviktet. I fremtidige merkeforsøk bør det foreligge reserveutstyr på plassen da reparasjon av utstyr ikke er mulig på kort varsel.

**Tabell 21.** Antall dager (d) smolten brukte fra utsetting ved Fosstveit til den ble gjenfanget i PIT-antenne stasjon 1870.

Antall dager fra Fosstveit til PIT-antenne	Dager										Middeltid dager
	1	2	3	4	5	6	7	8	10		
Antall fisk	2	4	3	3	4	2	8	1	3	5,0±2,6	

### 5.9.3 PIT-merkefangst i smoltfelle

I smoltfella i Strømmen ble det registrert 37 gjenfangster av PIT-merka smolt satt ut ved Fosstveit (**Tabell 22**). Fangstene var størst i perioden 7. til 16. mai. Fisken brukte i snitt  $8,1 \pm 4,6$  dager på denne strekningen (**Tabell 23**). Det var en gjenfanget av 4 smolt i både PIT-antenne og smoltfelle. Fra deteksjon i PIT-antenna til fangst i smoltfella brukte disse fiskene henholdsvis 0, 1, 2 eller 7 dager. Differansen i midlere tid til detektering i PIT-antenne, alternativt til fangst i smoltfelle var på 3 dager. Noen fisker bruker således lang tid fra PIT-antenna til smoltfella, en avstand på ca. 150 m.

Når antall døgn fra Fosstveit til smoltfella i Strømmen plottes mot merkedato synes det å være tendenser til at smolt merket tidlig i perioden vandret rasket (**Figur 36**). Mens smolt løslatt før 15. mai brukte i snitt  $6,0 \pm 3,4$  dager på strekningen brukte smolt løslatt fra 15. mai  $11,8 \pm 4,6$  dager, eller en dobling av tiden.

**Tabell 22.** Datoer PIT-merka smolt satt ut ved Fosstveit ble gjenfanget i smoltfella i Strømmen.

Dato fanget	06.mai	08.mai	11.mai	12.mai	13.mai	14.mai	16.mai	18.mai	20.mai	22.mai	24.mai
Antall smolt	2	2	7	3	6	7	5	1	1	2	1

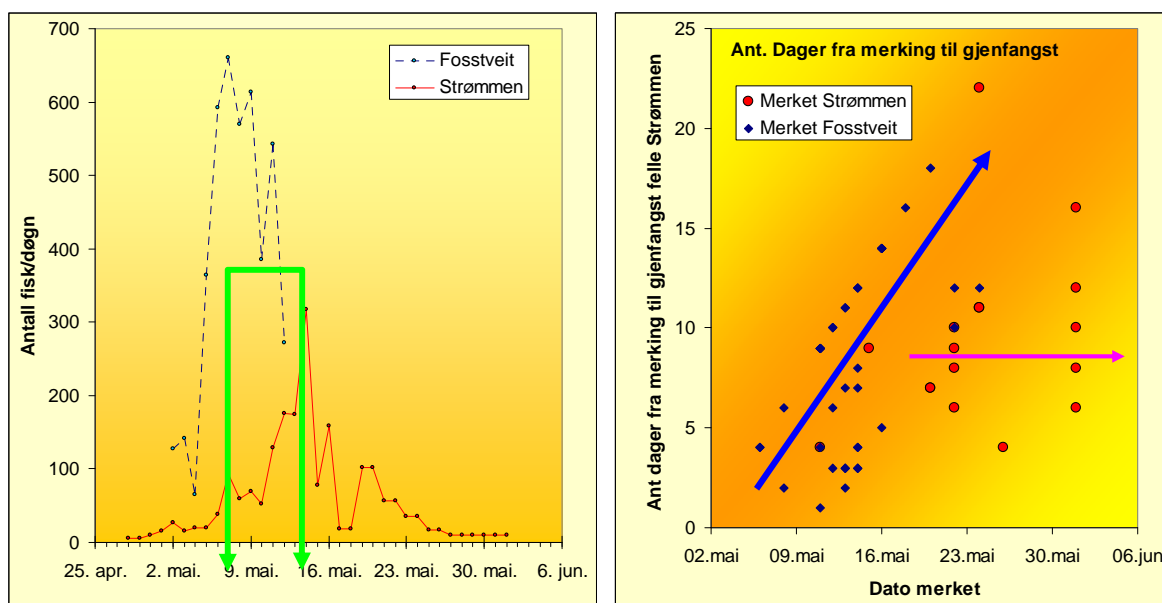
**Tabell 23.** Antall dager smolten brukte fra utsetting ved Fosstveit til den ble gjenfanget i smoltfella i Strømmen. Tilsvarende tall fra PIT-antenna er inkludert for å lette sammenligningen. Felt merket grå inngår ikke i tidsserien for PIT.

Antall dager fra Fosstveit til Smoltskrue	Dager															Middeltid dager
	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	14	16	18	
Antall fisk	1	2	2	5	5	1	0	3	5	2	2	3	4	1	1	8,1±4,6
Dager til PIT-antenne	0	2	3	3	3	4	2	8	0	1						5,0±2,6

### 5.9.4 Gjenfangst i Strømmen av smolt satt ut i Strømmen

Det ble gjenfangst smolt (1,2 %) i Strømmen fra utsettingene i Strømmen. Denne fisken brukte fra 2 til 22 dager fra utsetting til gjenfangst (**Tabell 24**). Midlere tid var  $9,2 \pm 4,2$  dager, eller 8 dager i mediantid. Det var ingen tydelig sammenheng mellom utsetningsdato og antall dager til gjenfangst for smolt satt ut i Strømmen (**Figur 36**).

Gjenfangst-% ble endret over tid. I perioden 2. til 14. mai ble det satt ut 385 smolt fra Strømmen. 0,8 % ( $n=3$ ) av disse ble gjenfanget i Strømmen (**Tabell 33**). Fra 15. mai ble det satt ut 241. Av disse ble det gjenfanget 6,6 % ( $n=16$ ). Det ble således gjenfanget mer smolt fra utsettingene fra 15. mai enn fra perioden før. Dette resultatet er i samsvar med forskjellene i nedvandringstid observert for fisk satt ut ved Fosstveit. Forskjellene i gjenfangst-% kan knyttes til endringer i saltnivå i området.



**Figur 36.** Venstre figur. Smoltfangst i fella ved Fosstveit samt i Strømmen. Fangsttopp de ulike stedene er antydnet med grønn pil. Høyre figur. Antall dager det tok fra PIT-merking av smolt ved Fosstveit eller i Strømmen til den ble gjenfanget i fella i Strømmen i forhold til dato for merking.

**Tabell 24.** Antall dager smolten brukte fra utsetting i Strømmen til den ble gjenfanget i smoltfella i Strømmen.

Antall dager smoltfelle	brukt	til	Dager										Middeltid dager
			4	6	7	8	9	10	11	12	16	22	
Antall fisk			2	3	2	3	2	2	2	1	1	1	9,2±4,2

## 6. Estimering av bestand og tapsfaktorer

### 6.1 Smoltestimat - ferskvann

#### 6.1.1 Felleeffektivitet

Det ble i 2008 gjort forsøk på å antyde en fangsteffektivitet for smoltfella i Strømmen. Vannføringen i 2009 var på samme størrelsesnivå som vannføringen var i samme periode i 2008. Fangsteffektiviteten målt i 2008 kan derfor anvendes i 2009 (**Tabell 25**). Fangsteffektiviteten var på samme nivå i 2010 (data ikke vist her).

For å antyde fangsteffektivitet ble til sammen 237 laks og 192 ørret fanget i smoltfella i Strømmen fettfinneklippet og satt ut i elva like nedstrøms Lundevatn i 2008 (**Tabell 25**). Fra disse utsettingene ble henholdsvis 19,4 % for laks og 20,3 % for ørret gjenfanget i smoltfella. Enkelte fisk ble først gjenfanget flere dager etter at utsettingene opphørte. Det synes rimelig å anta at fangsteffektiviteten til fella i Strømmen var på ca 20 %. Tilsvarende beregninger av felleeffektivitet ble gjort for Fosstveit i 2010. Beregningene her antyder en felleeffektivitet på 65 %. Data vises ikke her. Ettersom denne smoltfella var utstyrt med ledegarn samt bunntål er det rimelig å forvente høyere effektivitet.

**Tabell 25.** Gjenfangst av smolt fanget (fgst.) i smoltfella som etter fangst ble fettfinneklippa (FF) for så å bli satt ut i Storelva 250 m oppstrøms fella i 2008.

Dato	Vannføring	Daglig	Daglig	Antall FF	Antall FF	Gjenfgst.	Gjenfgst.
	Lundevann	laksefgst.	ørretfgst	merka utsatt Laks	merka utsatt Ørret	Laks	Ørret
14.05.2008	4,4	70	54	142	119		
15.05.2008	4,25	63	46	34	27	29	19
16.05.2008	4,08	45	33	40	27	5	6
20.05.2008	2,71	21	19	21	19	6	10
21.05.2008	2,69	8	4			1	
22.05.2008	2,71	10	4			3	
28.05.2008	2,58	14	21			1	3
30.05.2008	2,51	3	4			1	1
Sum ant				237	192	46	39
% av utsett						19,4	20,3

#### 6.1.2 Bestandsestimat basert på fellefangst av laks og ørret

**Oppstrøms Fosstveit:** Ettersom vi håndterte 4333 laksesmolt og 850 ørretsmolt ved Fosstveit vet vi at produksjonen oppstrøms kraftverket var minst så stor. Vi antar at fangsteffektiviteten for denne fella er betydelig høyere enn for Strømmen på grunn av ledegarnet. Hvis man antar en fangsteffektivitet på 65 % vil produksjonen være 8900 laks og 1750 ørret (**Tabell 26**). Dette tallet representerer sannsynlig produksjon oppstrøms kraftverket.

**Tabell 26.** Estimat over smoltproduksjon av laks og ørret oppstrøms Fosstveit kraftverk gitt fangsteffektiviteten var i området 50 til 90 %. Vi antar at felleeffektivitet på 65 % (målt i 2010) gir det rimeligste estimatet og at effektiviteten er lik for laks og ørret.

Fangst	Laks	Laks	Laks	Ørret	Ørret	Ørret
Felle effektivitet	Felle fangst	Justert for kort registreringsperiode	Antall smolt gitt felleeffektivitet	Felle fangst	Justert for kort registreringsperiode	Antall smolt gitt felleeffektivitet
50 %	4333	5777	11555	850	1133	2267
65 %	4333	5777	8888	850	1133	1743
75 %	4333	5777	7703	850	1133	1511
90 %	4333	5777	6419	850	1133	1259

**Fosstveit til Strømmen:** Smolt som var umerket når de ble fanget i smoltfella ved Strømmen kan stamme fra områdene nedstrøms kraftverket men kan også være umerket fisk som unnslett fella ved Fosstveit. Ved å ta antall laks- og ørretsmolt fanga i Strømmen (n=1981) minus fisk som var merket ved kraftverket (FF samt PIT=457) har man ett mulig tall for produksjon av smolt nedstrøms kraftverket. Det beregnes her 1524 laksesmolt og 725 ørretsmolt (**Tabell 27**). Korrigert for fangsteffektivitet blir dette 7600 laksesmolt og 3600 ørretsmolt. Denne beregningen gir sannsynligvis et for høy estimat for produksjon mellom kraftverket og Strømmen da det er rimelig å anta at fisk som unnslett fella ved Fosstveit inngår i fangsten ved Strømmen.

Bidrag nedstrøms kraftverket kan estimeres direkte fra anslagene for Fosstveit hvor man tar hensyn til felleeffektivitet i Strømmen. Produseres det 8888 laksesmolt oppstrøms Fosstveit og vi håndterte 4333 av disse, kan bidraget av umerket smolt fra Fosstveit i Strømmen bli på 4555 laksesmolt. Gitt en felleeffektivitet i Strømmen på 20 % kan det da forventes at vi gjenfanger 911 av disse. Andel umerket smolt fanget i Strømmen var 1524. Trekkes det fra bidraget fra oppstrøms kraftverket (911) estimeres bidraget fra produksjon nedstrøms kraftverket til 612 smolt. Utføres samme regneøvelse for ørret var ca 546 ørret fra produksjonen nedstrøms kraftverket.

Legges det til grunn at 613 av 1524 umerka smolt fanga i fella ved Strømmen stammer fra produksjon mellom Fosstveit og Strømmen og at fangsteffektiviteten i Strømmen var på 20 % produseres det minst 3065 laksesmolt nedstrøms kraftverket (**Tabell 27**). Tilsvarende estimat for ørretsmolt (546 av 725) antyder en produksjon på 2730. Produksjonen var sannsynligvis større da beregningsmetoden angir mengde smolt som ble registrert i Strømmen. Smolt spist av gjedde inngår ikke i estimatet. Det er senere i rapporten (kap 3.15.2) antydning at det er en overlevelse for smolt fra Fosstveit til Strømmen på 70 %. Tapet på 30 % kan skyldes gjedde. Legges et tilsvarende estimat til grunn for anslå smoltproduksjon nedstrøms kraftverket økes antall laksesmolt fra 3065 til 3984. En tilsvarende økning for ørretsmolt antyder en produksjon på 3551 smolt.

**Smoltproduksjon i Storelva:** Gitt forutsetningene over estimeres det at Storelva ovenfor Fosstveit produserer 8900 laksesmolt og 1750 ørretsmolt. Nedenfor kraftverket produseres det sannsynligvis minst 4000 laksesmolt og 3600 ørretsmolt. Disse verdiene er korrigert for redusert overlevelse mellom Fosstveit og Strømmen. Dette gir en samlet produksjon i størrelsesorden 13.000 laksesmolt og 5300 ørretsmolt i Storelva (**Tabell 28**).



**Tabell 27.** Estimert antall smolt som utvandret over Strømmen av laks og ørret produsert nedstrøms Fosstveit kraftverk. Estimert er basert på umerka smolt fanget ved Strømmen, hvor antallet er nedjustert for å ta høyde for umerka smolt som unnsnapp fella ved Fosstveit samt kort fangstperiode. Fangsteffektivitet på 10 og 15 % er inkludert for å antyde effekten av en feil i fangsteffektivitet.

Fangst effektivitet	Umerka Laks målt fangst	Laks justert	Laks Antall smolt	Umerka Ørret målt fangst	Ørret justert	Ørret Antall smolt
10 %	1524	613	6130	725	546	5460
15 %	1524	613	4087	725	546	3640
20 %	1524	613	3065	725	546	2730

**Tabell 28.** Mulig estimert av smoltproduksjon i Storelva. Det antas her en felleffektivitet på 65 % ved Fosstveit og at fangstperioden medførte at kun 75 % smolten ble registrert. Smoltbidraget nedstrøms Fosstveit beregnes ut fra umerket smolt fanget i Strømmen korrigert ned i forhold til umerket smolt som faktisk stammer fra områdene oppstrøms kraftverket. Det er antatt en felleffektivitet på 20 % i Strømmen. Tap knyttet til overlevelse er estimert fra fellefangster i Fosstveit og Strømmen.

	Sum laksesmolt	Sum ørretsmolt	Sum smolt	%-andel ørret
Oppstrøms Fosstveit	8900	1750	10650	16
Nedstrøms Fosstveit	3050	2750	5800	47
Tap pga predasjon	915	825	1740	
Sum produksjon	12900	5330	18200	

### 6.1.3 Bestandsestimat basert på fangst-gjenfangst

Det ble fanget 37 smolt i Strømmen som var tidligere PIT-merka ved Fosstveit. Dette utgjorde 14,1 % av antallet merket ved Fosstveit. Gjenfangst av FF merket laks (n=3066) fra Fosstveit i Strømmen var 13,7 %. Gjenfangst av FF-merka ørret ved Fosstveit var 13,4 %. Gjenfangst av FF-merka og PIT-merka laks- og ørretsmolt var således tilnærmet lik, noe som tyder på at merketmetoden og art til sammen ikke hadde avgjørende betydning for overlevelse. Det skal likevel ikke utelukkes at de to artene responderte ulikt på merketmetode og dermed hadde ulik overlevelse. Disse forskjellene kan til sammen medføre tilsynelatende lik overlevelse. Dette skal vurderes mer nøye i fremtidige prosjekt.

Andelen smolt merket ved Fosstveit i forhold til antall smolt fanget i Strømmen antydte en reduksjon i andel laks fra Fosstveit til Strømmen. 23,1 % av laksen fanget i Strømmen var merket tidligere ved Fosstveit (PIT++ FF). 12,2 % av ørreten fanget i Strømmen var merket ved Fosstveit. Fordi bidraget av ørret var lavere enn for laks, kan dette tyde på at det var mer ørret enn laks nedstrøms kraftverket, alternativt at det var forskjeller i fangbarhet.

Basert på antall laksesmolt FF-merka ved Fosstveit (n=3066), antallet gjenfanget i Strømmen (n=420) i forhold til total smoltfangst i Strømmen (n=1981) kan et estimat på smoltmengde ved Strømmen på 14.500 smolt beregnes (**Tabell 29**). Samme regneøvelse basert på PIT-merka smolt (n=263 v/Fosstveit, 37 v/Strømmen) gir et estimat på 14.100 smolt. Disse to estimatene er dermed svært like og tyder på en produksjon på ca 14.000 laksesmolt i Storelva. Denne beregningen bryter imidlertid med forutsetningene som legges til grunn for å bruke merke-gjenfangst; at det ikke skal tilføres ny fisk samt at dødelighet skal være lik for merket og umerket fisk. Dette estimatet vurderes derfor som ugyldig.

Estimatet kan imidlertid også utføres for produksjon oppstrøms Fosstveit. Hvis antall smolt fanget i Strømmen reduseres med estimatet for smoltbidrag nedstrøms kraftverket beregnes det en fangst på 1368 (1981-613) laksesmolt og 280 (826-546) ørretsmolt i Strømmen av smolt sluppet ved Fosstveit. Legges disse tallene til grunn beregnes det en smoltproduksjon på minst 10.000 laksesmolt og 2000 ørretsmolt oppstrøms kraftverket. Dette vil være et minimumsestimat da vi ikke vet hvor mange smolt som er spist av gjedde nedstrøms kraftverket og hvordan dette påvirker estimatene.

Beregningen over gir et estimat for lakseproduksjon som er rimelig i samsvar med det som beregnes gitt fellefangst korrigert for fangsteffektivitet og varighet. Som et første forsøk på å estimere bestandsstørrelse i Storelva godtas estimatet. Det må være et mål å redusere usikkerhetene knyttet til bl.a. predasjon i senere undersøkelser og produksjonsbidrag nedstrøms kraftverket i fremtidige estimat.

**Tabell 29.** Estimert av antall smolt utvandret fra Fosstveit i Storelva våren 2009. I tabellen er det beregnet et antall gitt at det ikke tilføres fisk nedstrøms kraftverket (smoltestimat A) eller at det tilføres smolt nedstrøms kraftverket (smoltestimat B). Estimert B er sannsynligvis det riktige. Estimertene er utført ved Petersen metoden.

	Merke metode	Total fangst Strømmen	Estimert andel fra Fosstveit	Gj.fangst av smolt merket Fosstveit	Antall merket Fosstveit	Smoltestimat A (total fangst)	Smoltestimat B (korr for prod. nedstr. k.verk.)
Laks	PIT	1981	1368	37	263	14080	9720
Laks	FF	1981	1368	420	3066	14460	9990
Ørret	FF	826	280	101	751	6150	2080

#### 6.1.4 Bestandsestimat basert på el-fiske og elvearealer

Gytebestandsmålet for laks i Storelva er oppgitt til 565 kg hunnfisk (Anon. 2010). Legges det en smolttetthet på 6 laksesmolt/100 m<sup>2</sup> til grunn (estimat for Mandals- og Tovdalselva) beregnes det en smoltproduksjon 25.000 laksesmolt gitt et produksjonsareal på 409.570 m<sup>2</sup> eller en overlevelse fra egg til smolt på 3 %. Elvearealet er her estimert av NINA i forbindelse med utarbeiding av gytebestandsmål (GBM).

Basert på elvebredder målt ut fra inntegnet elvebredde i Norgesglasset samt lengder på de ulike elveavsnittene kan et alternativt mål for produksjonsareal estimeres. Arealet beregnes her til 207.500 m<sup>2</sup> eller ca 1/2-parten av det som er estimert for GBM fastsettelse (**Tabell 30**). Arealforskjellene skyldes at beregningsmetoden er forskjellig. Noe av forskjellen skyldes at vi her ikke har inkludert arealer innenfor Ubergsvatn samt Lundevatn og elvestrekningen fra Angelstad til Strømmen. Vi antar at disse områdene er lite produktive. Denne forskjellen er ukomplisert faglig, hvor redusert areal i praksis kun betyr at man skal forvente høyere smolttetthet der det er smolt i elva enn den midlere tettheten på 6 laksesmolt/100 m<sup>2</sup> som er benyttet til fastsettelse av GBM.

Dersom en antar at hovedtyngden av laksungene går ut av elva som 2-årig smolt og benytter tettheter (gjennomsnittlig antall individer/100 m<sup>2</sup>) av ungfisk eldre enn årsyngel (>0+) målt i overvåkingen av vassdraget (se årsrapporter fra DN på kalkings FoU for data), estimeres det en tetthet av eldre ungfisk på ca 20.000 individ fra Hauglandsfossen til Angelstad. Dette gir en midlere tetthet på 9,6 ungfisk eldre enn 0+. Økes tetthet av eldre ungfisk til 13 ind./100 m<sup>2</sup> økes antallet eldre ungfisk i elva til 27.000 individ. Legges det imidlertid en tetthet på 5 ind./100 m<sup>2</sup> inn i estimatet avtar antallet til 10.000 individ. Antar man en overlevelse fra eldre ungfisk til smolt på 70 % kan det estimeres en mulig smoltproduksjon. Gitt de ulike antagelsene (variabel smolttetthet, 13 eller 5 ind./100m<sup>2</sup>) er dagens smoltproduksjon i Storelva i intervallet 7000 til 19.000 beregnet ut fra ungfisktettheter (**Tabell 30**). Ettersom tettheten av yngel har vært avtagende de senere år skal dette resultere i at smoltproduksjonen også avtar over tid. Dette skyldes dels redusert produksjon oppstrøms Hammerdammen. Arealet fra Hammerdammen til Hauglandsfossen utgjør halvparten av produksjonsarealet mellom Hauglandsfossen og Nes Verk.

**Tabell 30.** Beregninger av elveareal og presmoltproduksjon i ulike deler av Storelva, fra vandringshinderet ved Hauglandsfossen til Angelstad. Det er benyttet tettheter for ungfisk av laks eldre enn 0+ (angitt som eldre i tabellen) hentet fra kalkingsovervåkingen (variabel tetthet) eller antatte tettheter på henholdsvis 13 og 5 eldre/100 m<sup>2</sup>.

		Lengde	Bredde	Areal	Ant eldre 100 m <sup>2</sup>	Ant eldre Variabelt antall	Ant eldre 13/100 m <sup>2</sup>	Ant eldre 5/100 m <sup>2</sup>
Hauglandsfossn	Ubergsvt	4500	12	54.000	5	2700	7020	2700
	Ubergsvt	2700						
	Ubergsvt	2500	13	32.500	8	2600	4225	1625
	Nes Verk	4500	18	81.000	13	10.530	10.530	4050
	Fosstveit	2000	20	40.000	10	4000	5200	2000
Sum				207.500		19.830	26.975	10.375
Hauglandsfossen til Fosstveit				167.500		15.830	21.775	8375
Fosstveit til Angelstad				40.000		4000	5200	2000
<b>Gitt 70 % blir smolt</b>								
Hauglandsfossen til Fosstveit						11.081	15.242	5862
Fosstveit til Angelstad						2800	3640	1400
Sum						13.881	18.882	7262

Vi vet ikke hvilket estimat som er riktigst, ei heller hva som er faktisk bæreevne for elva. Det antas at en variabel tetthet reflekterer produksjonen best i 2009. Tetthetene av smolt oppstrøms Hammerdammen (Nes Verk) vil kunne være lavere enn bæreevnen for elva som følge av denne demningen. Hammerdammen var ikke et vandringshinder for laks før denne demningen igjen ble bygd fra våren 2003. Dette året var bunntappeluka åpen til 30. oktober slik at oppvandring neppe var vesentlig hemmet dette året. Fra 2004 vil oppvandring være avhengig av om fiskeheisen virker samt om bunntappeluka var åpen eller ikke. Denne informasjonen må innhentes til bruk i fremtidige estimater. Hvis vi antar redusert oppvandring fra 2004, vil rogn fra denne årsklassen kleske i 2005 og nedvandre som 2- og 3-årig smolt i 2007 og 2008. Fangsten av smolt ved Fosstveit i 2009 kan således være redusert som følge av Hammerdammen.

## 6.2 Estimat over smolttap

### 6.2.1 Kraftverket

Av de 4333 laksesmoltene fanget ved Fosstveit var 497 døde som følge av turbinpassering. Dette utgjør 11,5 % av all laks fanget. Vi fant sannsynligvis ikke all død smolt. Vi fanget heller ikke all laks. Dødelighet knyttet til kraftverket settes likevel til 500 individer da dette er det sikreste tallet vi har.

### 6.2.2 Overlevelse fra kraftverket til Strømmen

Et mål for overlevelse fra Fosstveit til Strømmen kan estimeres ut fra tall generert i 2009. Selve estimatet forutsetter at ikke noe smolt tilføres fra andre kilder undervegs. Antall smolt fanget ved Strømmen er derfor justert ved å ta bort estimert produksjon mellom kraftverk og elvemunning. Antall smolt fanga ved Strømmen vil være lik:

$$= \text{antall smolt ved Fosstveit (estimert)} * \text{sannsynlighet for å fanges ved Strømmen} * \text{sannsynlighet for å overleve fra Fosstveit til Strømmen.}$$

Hvis man tar utgangspunkt i at laksesmoltproduksjonen ved Fosstveit er på 9800 individ og at det gjenfanges 1368 av disse i Strømmen (fangst korrigeret for produksjon nedstrøms kraftverket (=1981-613) og man antar (ut fra målingene i 2008) at fangbarheten i Strømmen er 0,2, så vil overlevelsen

være ca 70 % fra Fosstveit til Strømmen ( $1368/(0.2*9800)$ ) (**Tabell 31**). Reduseres produksjonen oppstrøms til 8900 smolt øker overlevelse til ca 75 %. Regnestykket antyder et smolttap på 30 % eller på 3900 laksesmolt mellom kraftverket og elvemunningen. Dette smolttapet kan skyldes gjedde, uten at vi skal utelukke andre årsaker som predasjon fra andre arter (fisk + fugl) samt forsinka dødelighet etter en turbinpassering. Denne faktoren kan vi ikke vurdere fra dette datasettet. Smolt som er svekket som følge av en påkjenning kan være et lettere byttedyr for en predator. Kraftverket kan således forsterke betydningen av en predator.

Et mulig anslag over smolt tapt til gjedde kan beregnes hvis man multipliserer forekomst av smolt i gjeddemager med et anslag for gjeddetetthet. Gitt at hver gjedde spiser 2 smolt daglig over en periode på 20 dager og at det er 100 fiskespisende gjedder i vannet kan gjedda ta ca 4000 smolt. Dette tallet er nært det estimert over uten at tallene dermed er nødvendigvis riktige. Estimert antyder uansett at gjedda kan være en viktig trussel mot smoltproduksjon innenfor vassdraget.

Vi antar at gjedde er den viktigste årsaken til dette tapet av smolt. Vi har ikke grunnlag for å anta at bestanden er vesentlig forskjellig nå fra hva tettheten var før. Det er grunnlag til å anta at hvis smoltproduksjonen var større, vil ikke tapet nødvendigvis øke proporsjonalt. Dobles smoltproduksjonen vil tapet knyttet til gjedde sannsynligvis prosentmessig avta og andel smolt som når havet øke. Vi anslår her at smolttapet ved predasjon fra gjedde er på ca 3500 individ (**Tabell 31**). Det vil være et mål å opprettholde så stor smoltproduksjon som mulig. Alternativt kan det også utredes tiltak i forhold til gjedde. Tiltak her kan være gjeddefrie vandringskorridorer for smolt (not korridor) eller å sette gjedda i fangstnot i perioden smolten er under utvandring. Det må samtidig tas hensyn til gyteperioden for gjedde.

**Tabell 31.** Estimert antall laksesmolt som gikk tapt mellom kraftverket og Strømmen. Tapet kan skyldes forsinka død som følge av skader påført fisken ved vandring gjennom kraftverksturbinen, men også predasjon,

	Antall smolt	Redusert overlevelse	Tap av smolt mellom kraftverket og Strømmen
Oppstrøms kraftverket	9800	30 %	2940
Nedstrøms kraftverket	3965	30 %	1190
Sum			4130

### 6.2.3 Konklusjon bestandsestimater ferskvann

Hvis en variabel presmolttetthet legges til grunn og overlevelse fra eldre til smolt er på 70 %, estimeres det en smoltproduksjon på 14.000 laksesmolt. Ut fra merke gjenfangst samt ut fra fellefangst ble det estimert en produksjon på 13-14.000 laksesmolt. Antas det at rognoverlevelse i Storelva er som i andre Sørlandselver estimeres det en smoltproduksjon på 25.000 individ (Anon. 2010). Mens dette tallet er antatt å representere det minimum av smolt elva må produsere for å oppfylle kravene til gytebestandsmål vil estimatet på 12-14.000 smolt reflektere det antallet som i dag produseres. Basert på dette produseres det for få smolt til at GBM oppfylles.

Antall smolt som utvandrer fra Storelva vil være lavere enn det som estimeres som produksjon på grunn av tap i kraftverket og som følge av et tap mellom kraftverket og elvemunningen. De ulike beregningene som er utført kan benyttes til å estimere hvor mange smolt som utvandret over Strømmen. Dette vil være det antall som vandrer inn i brakkvann (**Tabell 32**). Basert på 1981 laksesmolt fanga og en felleeffektivitet utvandra det ca 9900 laksesmolt fra Storelva i 2009. Hvis estimatet for produksjon på 13.000 til 14.000 laksesmolt justeres for estimerte tap på 4500 smolt beregnes det en utvandring i størrelsesorden 8500 til 9500 laksesmolt. Dette tilsvarer det som ble estimert ut fra fellefangstene.

**Tabell 32.** Oppsummering av beregninger utført for å estimere et mulig tall for antall smolt som passerte elvemunningen i Storelva våren 2009.

	Produksjon	Tap	Utvandret
Produksjon oppstrøms kraftverket	9-10.000		
Død i kraftverket		500	
30 % dødelighet nedstrøms kraftverket ( $9800 \cdot 0,3$ )=		2940	
Produksjon nedstrøms kraftverket	4000		
30 % dødelighet nedstrøms kraftverket ( $4000 \cdot 0,3$ )=		1200	
Sum utvandret			8500-9500

## 6.3 Smoltoverlevelse – saltvann

### 6.3.1 Sjøoverlevelse

Marin overlevelse kan ikke vurderes i denne rapporten. Tilbakevandring av laks forventes først i 2010. Det ble PIT-merka og satt ut 633 smolt i Sandnesfjorden og 626 smolt i Songevatn (Strømmen). Dette antallet er lavere enn opprinnelig ambisjon i prosjektet, og skyldes at vi ikke ønsket å merke fisk som var turbinskadet. Vi valgte derfor å flytte merking av smolt fra Fosstveit til Strømmen.

I tillegg til smolt merket i Strømmen er det et ukjent antall smolt fra Fosstveit som vil ha vandret ut i Songevatn (**Tabell 33**). Det ble her merket 263 smolt, men vi vet ikke hvor mange som har blitt spist av gjedde, laksender med mer før de nådde fjorden. Denne gruppen representerer likevel en utsettingsgruppe hvor vi har mindre kontroll med antallet. Gitt at overlevelse fra Fosstveit er på 70 % er det sannsynlig at gjedda kan ha spist 30 % av smolten PIT-merka ved Fosstveit. Antall som unnslett blir da 184 smolt. Gitt at dødelighet var lik for umerka og merka smolt er 184 smolt et estimat over størrelsen på den PIT-merka gruppen som utvandret til Songevatn.

Hypotesen er at smolt som settes ut i Songevatn (ved Strømmen) skal ha en dårligere utvandring fra elv til hav enn smolt som ikke opplever Al i brakkevann langs utvandringsruten. I tillegg forventer vi hemming av preging, noe som vil øke feilvandringsprosent. Ved å transportere smolt forbi ”problemområdene” i bil eksponeres ikke fisken for mulig skadelig kjemi innenfor fjorden. Hypotesen er at saltnivåer  $>1$  promille hemmer vandring. Ettersom det var endringer i saltnivået i Songevatn gjennom merkeperioden vil ikke all smolt satt ut i Strømmen ha opplevd samme grad av hemming. Smolt satt ut i periode 1 (fra merkestart til 15. mai) ble primært satt ut i en periode hvor Songevatn hadde et saltnivå  $<1$  promille. Denne smolten vil kunne hemmes i områdene fra Doknes til Pålene fra omkring 13. mai. Smolt satt ut etter 15. mai ble satt ut i vann med  $>1$  promille i store deler av fjorden. Data fra dette prosjektet vil tidligst foreligge i 2010, hvor innvandring av to-sjøvinterlaks må følges i 2011 for preliminnære konklusjoner trekkes.

Det ble gjenfanget en smolt merket i Strømmen og satt ut i Sandnesfjorden allerede våren 2009. Denne gjenfangsten ble gjort i magen på en sjøørret!

**Tabell 33.** Antall fisk merket og satt ut i henholdsvis Sandnesfjorden og i Songevatn i 2009. Utsettingene er skilt på perioden 1 og 2. Disse atskilles i forhold til saltnivåer i Songevatn som var økende fra 13. mai ved Doknes.

Datoer	Sandnesfj. utsett	Songevatn utsett	Datoer	Sandnesfj. utsett	Songevatn utsett
02.mai	30	32	15.mai	15	22
06.mai	35	38	16.mai	34	42
07.mai	41	37	18.mai	5	13
08.mai	23	22	20.mai	71	65
09.mai	29	24	22.mai	45	44
10.mai	20	18	24.mai	23	18
11.mai	49	35	26.mai	11	15
12.mai	56	64	01.jun	21	22
13.mai	56	54			
14.mai	69	61			
Sum periode 1	408	385	Sum periode 2	225	241
Totalsum	633	626			

### 6.3.2 Predatorfiske i fjorden

Det ble gjennomført et predatorfiske i Songevatn og Nævestadfjorden i mai. Det ble tatt flere vinterstøinger i starten av mai. Fisket ble derfor stanset og gjenåpnet 7. mai. Til tross for at det var mange som deltok har det vært vanskelig å få inn fangstskjema og vi fikk inn totalt tre skjema. Muntlige rapporter tyder likevel på at det ikke var mye fisk å få, og at det ikke var smolt i fiskemagene. Unntaket her er fisket bedrevet av Sundsdal ved Skjæret (innerst i Songevatn). Han fikk 4 vinterstøinger 2. mai. Senere fikk han hovedsakelig ørret, samt en laks, en torsk og en sei. Her ble smolt påvist i to ørreter fanget henholdsvis 4. og 23. mai. Resten av fisken hadde enten tomme mager eller en blanding av sik og sørv (se vedlegg H).

Det ble samtidig utført et fiske i Nævestadfjorden (se vedlegg H). Fangsten her besto hovedsakelig av torsk, hvitting, lyr, sei, sik og torsk. Når det var fisk i magene (n=5) var dietten hovedsakelig sild/brisling. Flertallet av fisken hadde tomme mager (n=17). Det ble ikke påvist smolt i mager til noen av fiskene fanget i Songevatn 27. mai (se vedlegg H). Det ble heller ikke påvist smolt i mager til fisk fanget lenger ut i fjorden i forbindelse med lakselusovervåkingen (se vedlegg for fangst).

Basert på årets garnfiske synes ikke marine predatorer i området fra Strømmen til Hopestranda å utgjøre en vesentlig trussel mot smolten. Dette samsvarer med det som er observert tidligere år. De få smoltene som ble tatt i 2009 ble gjenfunnet i magen til sjøørret.

### 6.3.3 Aluminium i brakkvann

Basert på tidligere års erfaringer fra telemetristudiene nådde ca 50 % av smolten de ytterste delene av fjorden når saltnivået i Songevatn/Nævestadfjorden var < 1 promille for å bli redusert til ca 20 % når saltnivået økte forbi dette nivået. Hvis 50 % overlevelse fra Storelva til kystvannet representerer naturtilstanden vil en reduksjon i overlevelse fra 50 til 20 % innebære en reduksjon i smoltmengde med 40 %.

Basert på estimatet for utvandring fra Storelva innebærer dette at 4625 smolt kunne ha nådd frem til kyststrømmen hvis det ikke var Al i brakkvannsområdet. Det var en velutviklet estuarin blandsone i 2009. Det beregnes derfor at utvandringen til kyststrømmen ikke var på mer enn 1850 smolt. Dette tilsvarer 14 % av samlet produksjon eller 19 % av de som passerte ved Strømmen.

### 6.3.4 Lakselusovervåking

Det ble utført et eget fiske etter sjøørret i Sandnesfjorden. Målet her var å fange sjøørret knyttet til lakselusovervåkingne (Bengt Finstad, NINA). I dette fisket ble det påvist flere fiskearter, mest lyr. Rådata fra denne undersøkelsen er gitt i vedlegg.

De få årene denne overvåkingen har pågått er det ikke påvist urovekkende mengder lakselus. Det konkluderes derfor med at lakselus ikke er en trussel for smolt fra denne regionen.

### 6.3.5 Konklusjon smoltoverlevelse saltvann

Redusert smoltoverlevelse i fjorden begrunnes normalt med predasjon. Ut fra eget garnfiske antas det at forekomsten av predatorer var lav i fjorden våren 2009. Dette samsvarer med det vi har erfart tidligere år. Lav fangst og få smolt i magen til predatorene innebærer ikke at det ikke spises smolt, men dette trenger ikke være den viktigste årsaken til tap av smolt. I forhold til innsatsen brukt på å fange fiskespisende predatorer i fjorden vurderes predasjon som mindre viktig. Predasjon er sannsynligvis ikke årsak til at kun 20 % av radiomerka smolt ankom ytre kyst (data fra 2007 og 2008) eller at laksefangsten i Storelva er lav.

Forekomst av lakselus i fjorden er lav. Lakselus synes ikke å foreligge i mengder hvor effekter på smoltoverlevelse forventes. Lakselus er heller ikke årsak til lav fangst av laks i Storelva.

Al i brakkvann kan desimere antall smolt som når kyststrømmen betydelig såfremt resultat oppnådd med bruk av radiotelemetri også er representativ for umerket fisk. Denne trusselen vil operere uavhengig av smolttetthet. Al i brakkvann må ut fra dette betraktes som en vesentlig trussel. Tapt smoltproduksjon blir i størrelsesorden 4500 til 7000 individ. Al i brakkvann er dermed minst like alvorlig som gjedde. Sannsynligvis vil Al i brakkvann ha en større negativ effekt i år med lav vannføring enn i år med høy vannføring.

## 6.4 Fangst av voksen fisk laks i Storelva, 2009

Voksen fisk er registrert med bruk av video (laksetrappa ved Fosstveit), på stamfisket (nedstrøms Fosstveit) og i det regulære elvefisket (stangfiske).

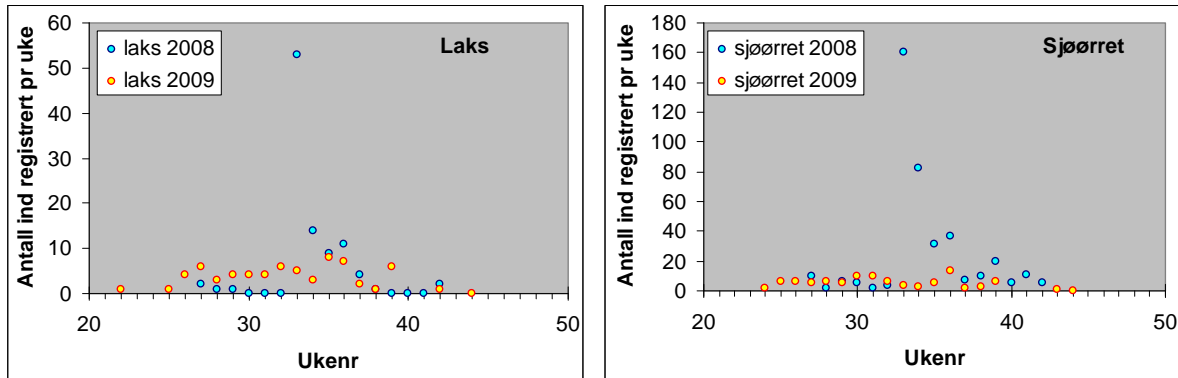
### 6.4.1 Videoregistrering

Video var plassert i nederste laksetrapp ved Fosstveit i 2008 og i ny lakstrapp ved Fosstveit i 2009. Dataene er her bearbeidet av grunneierlaget. I videoregistreringene ble det telt 98 laks i 2008 og 66 laks i 2009. Tilsvarende for sjøørret var henholdsvis 397 og 93 (**Tabell 34**). Sjøørret utgjorde 80 % av registreringene i 2008 og 58,5 % i 2009. Andelen ikke-artsbestemt fisk var høy i 2009, så %-fordelingen er svært usikker dette året. Fordelinga mellom laks/ørret er helt forskjellig fra fordelinga av laks- og ørretsmolt i elva. Laks ble stort sett registrert forbi kraftverket (video) mellom uke 33 og uke 38/40 de to årene (**Figur 37**).

**Tabell 34.** Oppgang av laks og sjøørret i 2008 og 2009 basert på videoregistrering i ny laksetrapp ved Fosstveit.

	Laks	Sjøørret	Ukjent	Sum laksefisk	%-andel sjøørret
2008	98	397		495	80,2
2009	66	93	74	159*	58,5

\* fisk av ukjent art er ikke inkludert i andelsestimatet.



**Figur 37.** Antall laks og sjørørret registrert i videokamera i forhold til ukenummer i Storelva i Holt i 2008 og 2009. Fisk med ukjent art er ikke inkludert.

### 6.4.2 Fangststatistikk

Laks fanget i 2009 var større enn fisken fanget i 2008. Størrelsesforskjellen var noe mindre for sjørørret (**Tabell 35**). I fangststatistikken for Storelva ble det innrapportert 11 laks i 2008 og 21 laks i 2009 fra sone 1. Denne sonen går fra elvemunningen til Ubergsvatn. Tilsvarende tall for ørret var 74 i 2008 og 42 i 2009. Sjørørret utgjorde 86,9 % av registreringene i 2008 og 67,2 % i 2009. Denne fordelinga er helt forskjellig fra fordelinga av laks- og ørretsmolt i elva, men rimelig lik fordelinga observert på videoovervåkinga.

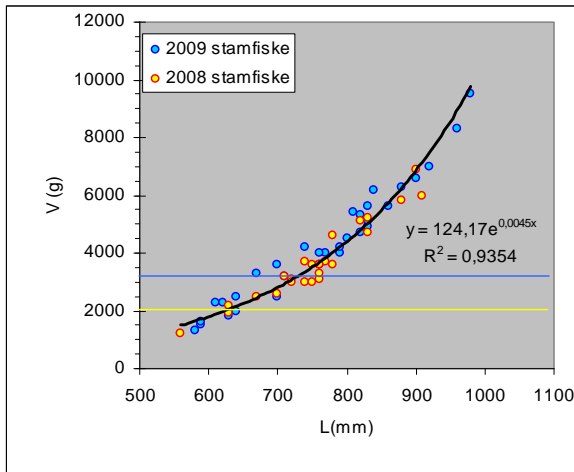
**Tabell 35.** Størrelsesfordeling av antall laks og sjørørret fanget i elvefisket Storelva i 2008 og 2009. Fangst av laks og sjørørret registrert fra Storelva i Scanatura-basen. <http://www.laksefisk.no/fangstrapport/default.aspx?ID=6>. Fangstdatoer er fordelt på uke i vedlegg til rapporten.

		<1kg	<2kg	<3kg	<4kg	<5kg	<6kg	<7kg	Snittvekt	Antall
Laks	2009	2	2	7	5	2	2	1	3,17±1,42	21
Laks	2008		5	4	2				2,05±1,01	11
Sjørørret	2009	12	25	3	1		1		1,33±0,92	42
Sjørørret	2008	39	28	6	1				1,15±0,56	74

### 6.4.3 Stamfiske

Under stamfisket ble det i 2008 fanget 25 laks mens det ble fanget 33 laks i 2009 (**Tabell 36**). Fiskene var gjennomgående større enn det som ble tatt under det regulære fisket i elva (**Figur 38**). Denne fisken fanges primært nedstrøms kraftverket og inngår således ikke i videoregistreringene. Laks > 3 kg tyder på stort innslag av laks eldre enn 1 år i sjø.





**Figur 38.** Sammenheng mellom lengde og vekt til laks fanget under stamfisket i Storelva i 2008 og 2009.

**Tabell 36.** Fangst av laks i tilknytning til stamfisket i 2008 og 2009.

	Stamfisk hann	Stamfisk hunn	Sum
2008	12	13	25
2009	15	18	33

#### 6.4.4 Rognutlegging i Storelva

Det foregår utsetting av lakseyngel (0+) og rognplanting i Storelva (**Tabell 41**). Utsettingene er fra overskudd av rogn av Storelvastamme som ikke benyttes til reetablering av laksebestander andre elver i forsursområdet. Utsettingene er i hovedsak oppstrøms Fosstveit.

**Tabell 41.** Oversikt over utsettinger av lakseyngel (plommeseckkyngel) og rognplanting i Storelva i perioden 2000-2009. Tabellen er hentet fra DN kalkingsovervåking og levert av Jim Güttrup.

År	Antall lakseyngel satt ut	Antall lakserogn lagt ut	Utsettingslokalitet
2000	1 500	0	Hauglandsfoss - Ubergsvatn
2001	7 500	0	Hauglandsfoss - Ubergsvatn Ubergsvatn-Nes Verk
	7 000	0	
2002	3 000	0	Ubergsvatn-Nes Verk
2003	0	27.500	Fosstveit-munningen
2004	0	0	
2005	0	20.000	Hauglandsfoss - Ubergsvatn
		14.000	Ubergsvatn-Nes Verk
		5000	Skjerka
2006	0	0	
2007	0	0	
2008	0	61.000	Stormo til Klova
2009		43.200	Stormo
		9900	Skjerka

#### 6.4.5 Konklusjon voksen fisk

Det er registrert fangst av laks i fangststatistikken, på video og under stamfisket (**Tabell 37**). Ved å summere alle registreringene får man et mulig nivå for mengde laks og sjørørret i elva. Fisk fanget under stamfisket oppstrøms kraftverket kan ha blitt registrert på video før fangst. Antall laks i elvefangsten i forhold til det som ble registrert på video var såpass lavt at en feil her har liten betydning. Feilen kan bli stor for sjørørret. Fisk fanget under stamfisket nedenfor Fosstveit var sannsynligvis ikke registrert på video ved Fosstveit.

Eventuelle feil i denne summeringen kan reduseres ved at det knyttes fangststed til den enkelte fisk. Dette er ikke oppgitt i dagens innrapportering, men kan bli gjort fra 2011 hvis vi ønsker det (E.Angelstad pers.medd). Vi vil anbefale at det opprettes flere soner i elva for å øke verdiene av dataene. Det må da være et soneskifte ved videokameraet.

Ørretfangstene utgjør i størrelsesorden 50 til 80 % av anadrom fangst i elva. Denne %-andelen er vesentlig forskjellig fra fordelinga til laks- og ørretsmolt i elva.

Foruten den laks som er påvist i laksetrappa ved Fosstveit (video) er det sannsynlig at det også gyter laks nedstrøms kraftverket. Gitt at antall gytelaks reflekteres i andel smolt fra områdene oppstrøms og nedstrøms kraftverket, estimeres det ut fra 100 laks på video at det kan være 40 laks nedstrøms kraftverket. Det estimeres da en samlet forekomst av laks til ca 140 individ. Gitt at kjønnsfordelingen er 50:50 betyr dette 70 hunner. Hvis disse har en vekt på 2,5 kg og det gytes 1400 egg pr kg hunnfisk vil det deponeres 245.000 egg i elva. Gitt 3 % overlevelse fra egg til smolt innebærer dette et smoltestimat på 7350 individ, et anslag som er lavere enn i estimatene basert på smoltfangst i elva. Det kan antas at den faktiske laksebestanden i elva var høyere enn 140 individer, alternativt må overlevelse fra rogn til smolt være høyere enn det som benyttes til fastsettelse av GBM.

Det var ingen rognutlegging i 2007 og 2008 slik at det forventes ikke smolt bidrag fra rogn utplantet i elva i 2009.

**Tabell 37.** Summering av antall laks og sjøørret fanget under stangfisket, på video og i stamfisket i Storelva i 2008 og 2009. Det er usikkert hvor mange fisk som kan være registrert dobbelt samme år. Fisk fanget i stangfisket oppstrøms kraftverket kan også være registrert på video. Etersom elvefangst av laks er lav vil feilen her bli liten. Vi har ikke her estimert oppvandring av sjøørret.

	Art	Video	Fangst	Stamfisket	Sum	Estimat nedstrøms Fosstveit	Mulig estimat over antall voksne som oppvandet
2008	Laks	98	11	25	134	40	174
2009	Laks	66	21	33	120	40	160
2008	Sjøørret	397	73		470		
2009	Sjøørret	93	42		134		
2009	Ukjent	74			74		

Hvis antall laksesmolt som når kyststrømmen er i størrelsesorden 1850 individer når det er AI i brakkvannet, vil en tilbakevandring på 165 voksne laks (ca nivå i 2008 og 2009) tilsi en sjøoverlevelse på 9 %. Hvis antall smolt som nådde frem til kyststrømmen ikke var redusert på grunn av AI i brakkvann kunne tilbakevandringen kunne ha vært i størrelsesorden 420 voksne laks, eller ca 2,5 ganger den mengden som i dag innvandrer. Dette understreker betydningen AI i brakkvann kan ha på laksebestanden.

## 6.5 Hva betyr truslene samlet for gytebestandsmåloppnåelse

Det ble estimert en laksesmoltproduksjon i Storelva på 13-14.000 individer ut fra vår beregning av produksjonsareal med utgangspunkt i kartverket Norgesglasset og ut fra fangsteffektivitet til smolthjul eller fra merke-gjenfangst studiene. Dette er halvparten av det som legges til grunn i GBM (Anon. 2010). GBM basert på smolt er således underskredet. Antall smolt som forlater elva og som når frem til kyststrømmen vil med rimelig sannsynlighet være ytterligere redusert som følge av tap av smolt som går gjennom kraftverksturbinen, predasjon (fortrinnsvis fra gjedde) og på grunn av giftig AI i brakkvann.

Det ble påvist at kraftverket drepte ca 500 smolt. Det estimeres et tap på ca 1000 smolt. Gjedda (eller en annen predator) reduserte bestanden med ca 4000 smolt (estimat for smoltbidrag oppstrøms samt nedstrøms kraftverket). Hvis 50 % overlevelse fra elvemunningen til kyststrømmen er en naturtilstand som angir et normalt eller forventet smolttap, reduserer AI i brakkvann nivået med ytterligere 30 %.

Hvis vassdraget ikke var påvirket av noen av truslene nevnt over vil ca 14.000 smolt ha nådd kyststrømmen. Gitt 50 % initial marin død og 11 % sjøoverlevelse deretter, vil dette bety 560 laks tilbake til elva. For å oppnå en bærekraftig bestand må smoltproduksjonen i elva dobles i forhold til dette. AI i brakkvann vil ta sin %-andel uavhengig av produksjon i elva. Denne trusselen er således størst. Betydningen av gjedde vil sannsynligvis avta med økende smoltproduksjon. Gjedde kan imidlertid medføre at smoltproduksjonen ikke vil kunne øke ved at den desimerer utvandringen kraftig når bestanden er svak. Det er mulig å iverksette tiltak ved kraftverket.

## 7. Diskusjon

### Problemstilling

Kalking har resultert i økt laksefangst i de fleste elvene. Noen elver, deriblant Vosso, Lygna og Storelva i Holt har imidlertid ikke svart til forventningene. Mens årsaken til resultatavviket i Vosso knyttes primært til lakselus i fjorden er resultatavviket i Lygna knyttet til kalkingsstrategien. Det er siden tidlig på 1990-tallet reist spørsmål om aluminium (Al) i brakkvann kan ha en negativ effekt på utvandring til laksesmolt og innvandring av voksen laks. Remobilisering av Al på akkumulerbar form i brakkvann er påvist utenfor Lygna, Kvina, Suldalslågen, i Masfjorden og omkring Osterøy (Vosso/Ekso). Studiene utført omkring Osterøy på tidlig 2000-tall kunne ikke konkludere i forhold til årsaken til lav laksefangst på grunn av sameksistens av minst to trusler; lakselus og vannkvalitet. Problemstillingen; *har aluminium i brakkvann en effekt på smoltkvalitet?*, ble derfor flyttet til Storelva i Holt i 2005. I havområdene utenfor Storelva er det ikke lakselus, og problemstillingene knyttet til Al i brakkvann kunne isoleres. Dette var den primære motivasjonen for arbeidet i Storelva. I 2009 ble det mulig å utvide trusselsbildet ved at det ble mulig å kvantifisere betydningen gjedde hadde på smoltproduksjonen. Oppstart av Fosstveit kraftverk høsten 2008 medførte av vi i 2009 også kunne dokumentere effekter av kraftverksturbin på smolt.

Prosjektet har i 2009 fokusert på følgende problemstillinger:

- Dokumentasjon av fysio-kjemiske forhold i elv og fjord.
- Utprøving av smolttransport forbi problemområdene for å utprøve om transport av smolt kan brukes som tiltak mot Al i brakkvann.
- Estimere smoltproduksjonen.
- Hva betyr trusselene knyttet til vannkemi, kraftverk og predatorer for smoltproduksjon?

Det legges i diskusjonen vekt på de observasjoner og målinger vi gjorde i 2009.

### Fisk og vannkvalitet; fra elv til hav

Vannkvalitet og smolt ble undersøkt i Storelva i Holt og i de utenforliggende fjordene i 2009 som de forutgående årene. Måling av pH, Al, ANC viste at det vannkjemiske målet for kalkingen ble oppnådd. Både  $H^+$  og konsentrasjon av Al og dens fraksjoner var i 2009 som i tidligere år. I perioder påvises det noe høyere konsentrasjoner av LAI enn ønskelig. Ut fra vannkvalitet forventes det ikke redusert smoltproduksjon i elva. Transport av Al medfører at det forventes mobilisering av Al i brakkvann. Det konkluderes derfor at vannkjemien i Storelva ikke er årsak til lav smoltproduksjon.

Det påvises normalt ikke Al konsentrasjoner på fiskens gjeller av betydning i vassdraget. Nivåene klassifiseres som god i henhold til vannforskriften, selv om konsentrasjonen av Al<sub>i</sub> (uorganisk monomert eller kationisk Al) var moderat lav ( $14 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Det er stedvis variasjon i konsentrasjon av  $H^+$  og Al innenfor vassdraget. Mens konsentrasjonen av total-Al var  $<100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  oppstrøms Hauglandsfossen (kalkingsanlegget) ble det målt  $>200 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  i Songedalselva (sidevassdrag rett oppstrøms Ubergsvatn). I selve hovedelva nedstrøms kalkingsanlegget var verdiene i overkant av  $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Denne variasjonen i rom bør belyses ytterligere da den kan ha betydning i forbindelse med fremtidig optimalisering av det kjemiske tiltaket i elva. Bl.a. er dosen natriumsilikat nødvendig for å avgifte Al knyttet til Al-konsentrasjon. Denne kunnskapen er ikke en forutsetning for å igangsette kjemisk tiltak, men vil være nyttig kunnskap når tiltaket skal evalueres. Slike målinger trenger ikke bli utført før tiltak iverksettes. Målingene støtter konklusjonen over; vannkvaliteten i elva er tilfredsstillende. Transport av Al med elvevannet er kilden til akkumulert Al i brakkvann.

Smolten innfanget under utvandring hadde i hovedsak normal fysiologisk status. Det var imidlertid tendenser til at fisk prøvetatt seint i sesongen kunne ha løse skjell samt noe redusert aktivitet på enzymet  $\text{Na}^+\text{K}^+\text{-ATPase}$  (NKA). Dette vil ikke ha noen negativ innvirkning på sjøoverlevelse til hele

smoltbestanden, men kan bidra til at de som utvandret sist, var mindre fysiologisk robust. Det er ikke påvist at nedvandringstidspunkt forsinkes av forsurening (Kroglund m.fl., 2008). Fysiske hindre kan imidlertid hemme utvandring. Det bør avklares om den nye demningen ved Fosstveit påvirker utvandringstidspunkt og hastighet. Hvis denne trenerer utvandring kan dette ha en negativ bestandseffekt ved at smolt kan desmoltifisere før de når havet.

Temperaturutviklingen våren 2009 var relativt lik utviklingen i 2008 og betydelig varmere enn i 2006. Vannføringen i elva har betydning for utbredelse av brakkvann i fjordsystemet. Vannføringen i 2009 var høy i april for så å avta til lavere nivåer i siste halvdel av mai. Utviklingen i 2009 var delvis lik den i 2008, men svært ulik den i 2005 og 2007 (tørr vår) eller 2003 og 2006 (våt vår). Brakkvannet inneholdt i 2009 som i tidligere år gjellereaktivt Al. Konsentrasjonen av Al på fiskens gjeller var lave så lenge de indre fjordbassengene hadde et saltnivå <1 promille. Når saltnivået økte til over 1 promille, økte akkumuleringen av Al på gjellene for så å avta når saltnivået passerte 4 til 5 promille og var fraværende når saltnivået steg vesentlig over 10 promille. Dette resultatet er i samsvar med tidligere års resultater. Kilden til Al er i ferskvann. Når ferskvann blandes med saltvann, endres likevekt mellom ulike former av Al, fra likevekt under kalka betingelser i elv til likevekt knyttet til salt i brakkvann. Når ionestyrke økes, endres tilstandfordelingen til Al og gjellereaktive former av Al dannes. I analysene vises dette med at konsentrasjonen av Al som er reaktivt for en ionebytter (Al<sub>i</sub>, positivt ladd) øker i brakkvannet. Konsentrasjonen økte med økende innblanding av sjøvann fra 0 til 5 ppt, var høyest i vann med salinitet 5-10 ppt for deretter å avta med ytterligere innblanding av sjøvann til saltnivåer fra 10 til 30 ppt. I de samme vannprøvene avtok total Al med økende saltnivå. Endringene i reaktivitet til Al innebærer at mer Al vil måles på fiskens gjeller. Endringene i gjelle-Al konsentrasjon er relatert til endringer i fraksjonsfordeling til Al, men selve kurveforløpet er forskjellig. Konsentrasjon av Al på gjellene avtar raskere med økende saltnivå forbi 5 promille raskere enn endringene i Al<sub>i</sub> tilsier. Måling av Al på fiskens gjeller antas å reflektere en eventuell belastning best, men kunnskap om sammenheng mellom endringer i reaktivitet og akkumulering er viktig for å forstå årsaks - virkningsmekanismer. Mekanismer og transformasjoner av Al i brakkvann omtales ytterligere i egen rapport (Teien m.fl., 2009). Områdene med gjellereaktivt Al vil variere innenfor og mellom år, hvor variasjonen er knyttet til vannføring i elva samt innsig av saltvann fra Sandnesfjorden.

Endringene i Al på fiskens gjeller vil være knyttet til to forhold; tilførsel av Al med elvevannet og saltnivået på en stasjon. Basert på dybdeprofilmålinger (med bruk av CTD) varierte saltnivået på dyp mellom 0 og 6 (stedvis 7 m) over tid, mens saltnivået i vannmassene dypere enn 6 m var stabilt salte. I de øverste vannmassene (<1 m) økte saltnivået i overflatevannet i Songevatn forbi 1 promille omkring 18. mai. Økningen i saltnivået i det sirkulerende vannlaget skyldes innsig av saltere vann som ble innlagret på dybder mellom 4 og 6 m, først i Nævestadfjorden, deretter i Songevatn. Denne endringen i saltnivå spores på innsiden av Lagstrømmen fra ca. 4. mai. Etter hvert som vannsirkulasjon omfordeler vannet i Nævestadfjorden og Songevatn ser man at vannet blir saltere over tid i alle lag, hvor denne prosessen inntreffer først i vann dypere enn 1 m. Likeledes øker saltnivået ved Doknes (ytterst i fjorden) og før ved Holmene i Nævestadfjorden enn i Songevatn (innerst i fjorden). Fra 18. mai var overflatevannet >1 promille på alle stasjoner i Songevatn og Nævestadfjorden. Denne grenseverdien ble passert ca 1 uke tidligere ved Doknes. Disse endringene observeres også i de kontinuerlige saltmålingene (WTW). De kontinuerlige målingene viste samtidig at det ikke var en gradvis endring i saltnivå, men at det er store variasjoner i saltnivå innenfor døgnet på en stasjon. Systemet vil således være meget dynamisk og det kan være uriktig å angi saltnivået på et dyp på en dag med kun én verdi. Dette har samtidig betydning for den empiriske sammenhengen mellom Al tilførsel, saltnivå og gjelle-Al. Det vil være tidsforsinkelser mellom endringer i saltnivå og endringer i gjelle-Al. Vår nåværende kunnskap tillater oss imidlertid ikke å etablere modeller som er tilstrekkelig dynamiske til at all slik variasjon kan beskrives. Det er utviklet en modell som beskriver de gradvise endringene i saltnivåer i fjordsystemet (Tjomsland m.fl., 2010). Endringer i saltnivåer er her simulert ved bruk av den matematiske modellen GEMSS ([www.erm-smg.com](http://www.erm-smg.com)).

Endringene i saltnivåer i 2009 var forholdsvis like situasjonen i 2008. Dette året var undersøkelsene supplert med telemetristudier (Diserud mfl. In prep). Basert på erfaringer fra 2008, kan det forventes at smolt som nådde Lagstrømmen før ca 13. mai vil kunne komme seg forbi områdene hvor Al var akkumulert og derfor også raskt komme fram til saltvann. Fisk som ankom dette området senere enn 13. mai, vil i økende grad ha opplevd akkumulering av Al på gjellene i de indre fjordbassengene. Basert på tidligere års erfaringer innebærer dette en økende oppholdstid i og redusert utvandring fra Songevatn/Nævestadfjorden. Dette innebærer at færre smolt når kystvannet og at de som kommer fram kommer senere enn forventet. Dette har blitt omtalt som en hemming av utvandringsevillighet.

I 2009 ble det også gjort observasjoner i smoltfella i Strømmen som kan tyde på en hemming av utvandringen. Mens gjenfangstraten til PIT-merket smolt sluppet fra Strømmen var lav frem til ca 15. mai, økte den fra 0,8 til 6,6 % etter denne datoen. Denne økningen i gjenfangstrate kan knyttes til økningen i saltnivået i Sandnesfjorden. Mens smolt satt ut ved Fosstveit før 15. mai brukte i snitt  $6,0 \pm 3,4$  dager på strekningen fra kraftverket til å bli fanget i Strømmen, brukte smolt løslatt etter denne datoen  $11,8 \pm 4,6$  dager på samme strekning. En mulig tolkning på disse observasjonene er at fisk løslatt i elva i stor grad utvandrer utenom smoltfella i Strømmen. Ettersom fangsteffektivitet er estimert til 20 % forventes det at 80 % unnslipper fella. Når de indre fjordbassengene er dominert av ferskvann hemmes ikke videre utvandring og fisken kommer seg over i Nævestadfjorden og Sandnesfjorden. Når det er svakt brakkvann i de samme områdene hemmes utvandring og fisken oppholder seg i større grad i de indre fjordområdene, eller i nærmiljøet til fella. Dette øker sannsynlighet for å bli fanget i smoltfella (jfr. all PIT-merka fisk satt ut i brakkvann som ble gjenfanget nederst i elva). Det er da samtidig rimelig å anta at tid fra utsetting ved Fosstveit til gjenfangst i Strømmen vil øke ettersom fisken har et fjordopphold før fangst.

Basert på slike observasjoner kan vi ikke ut fra målinger utført i 2009 forkaste hypotesen om at Al i brakkvann hemmer smoltutvandring. Basert på tidligere års erfaringer fra telemetristudiene nådde ca 50 % av smolten de ytterste delene av fjorden når saltnivået i Songevatn/Nævestadfjorden var < 1 promille for å bli redusert til ca 20 % når saltnivået økte forbi dette nivået. Hvis 50 % overlevelse fra Storelva til kystvannet representerer naturtilstanden vil en reduksjon i overlevelse fra 50 til 20 % innebære en reduksjon i smoltmengde med 60 %. Dette vil innebære at sannsynlighet for å oppnå gytebestandsmål (GBM) avtar. Forventninger knyttet til utvandringsevillighet med mer diskuteres i Diserud mfl. (in prep).

En alternativ hypotese til lav smoltoverlevelse i Songevatn til Sandnesfjorden er at smolten blir spist. Denne hypotesen forkastes ut fra at predatorfangst gav lavt fangstutbytte i 2009 som i de tidligere årene dette er undersøkt. I den grad det ble påvist smolt i en fiskemage var denne i sjøørretmager. Vi skal ikke hevde at det ikke spises smolt under utvandring, men finner det urimelig at tapet knyttet til predasjon kan være stort når man ikke klarer å fange predatorer.

En annen hypotese til utvandringsevillighet er at vi har merket hybrider (kryssninger mellom laks og ørret). Analyse av hybrider fra 2009 tyder ikke på at frekvensen av disse i elva er høy, og heller ikke at de største fiskene (som vi merket) er dominert av hybrider. Det er lite sannsynlig at vi kun har merket hybrider. Denne hypotesen forkastes derfor.

I 2009 ble det merket og transportert PIT-merket smolt forbi de brakkvannsområdene som inneholdt akkumulert Al. Gjenfangster fra disse utsettingene forventes først i 2010 og 2011 og diskuteres derfor ikke her.

**Bestandsdata; laks og ørret**

I 2009 ble det fanget inn smolt ved bruk av smoltfeller plassert nedstrøms Fosstveit kraftverk samt i elvemunningen (Strømmen). På Fosstveit ble det til sammen fanget 4333 laksesmolt og 850 ørretsmolt. Vi antar at felleeffektiviteten her var høy og omkring 65 % på grunn av et godt fungerende ledegarn (denne effektiviteten ble målt i 2010). Samtidig vil antall smolt fra produksjonsområdene oppstrøms Fosstveit være underrepresentert ettersom fangsten ble avsluttet før smoltutvandringen var ferdig.

Fella i Strømmen var plassert på samme sted som benyttet tidligere år. Her ble det i 2008 og 2010 estimert en fangsteffektivitet på 20 % når vannføringen er på det nivå vi hadde i 2009. Denne fella var ikke utstyrt med ledegarn. I fella ble det fanget 1981 utvandrende laks og 826 ørret. Denne fella var operativ hele utvandningsperioden.

Det var en forskjell i %-fordeling mellom laks og ørret ovenfor og nedenfor kraftverket. Mens ørret utgjorde 16,4 % av all smolt fanget ved kraftverket utgjorde ørret 45 % av all fisk i Strømmen. Andelen ørret nedstrøms kraftverket synes derfor å være høyere enn oppstrøms. Vi har ikke felledata fra tidligere år så vi kan ikke konkludere med at dette er en naturtilstand eller et avvik.

**Smoltutvandringstidspunkt våren 2009**

Som i tidligere år foregikk smoltutvandringen i en periode der vannføringen var avtagende og temperaturen var økende. Basert på verdier fra Strømmen synes hypotesen om at smolten utvandrer når vanntemperaturen overstiger 7 °C ikke motbevist. Det er ingen vesentlig temperaturforskjell fra Hauglandsfossen til Fosstveit. Det er sannsynligvis heller ingen temperaturforskjell fra Fosstveit til Strømmen i utvandningsperioden. Ettersom smolt ble fanget ca 1 uke tidligere ved Fosstveit enn i Strømmen kan det hende at smoltvandringen trigges ved lavere temperaturer enn det fangst ved Strømmen antyder. Det er ikke utført noen analyse av materialet om alternative forklaringsmodeller til hva som initierer nedvandring. Det foreligger nå fem år med utvandningsdata så dette kan modelleres.

Prosjektet hadde ikke som formål å fastslå bestandsstørrelse, men data generert innenfor prosjektet kan brukes til å antyde noen nivåer. Gytebestandsmålet for elva er oppgitt til 565 kg hunnfisk (Anon. 2010). Legges det en smolttetthet på 6 smolt/100 m<sup>2</sup> til grunn (estimat for Mandals- og Tovdalselva) beregnes det en smoltproduksjon 25.000 smolt med utgangspunkt i et produksjonsareal på 409.570 m<sup>2</sup> eller en overlevelse fra egg til smolt på 3 %. Denne beregningen antyder at det skal minst være 25.000 laksesmolt i Storelva for at GBM skal oppfylles gitt normal sjøoverlevelse. Vi velger å definere dette smoltantallet som naturtilstanden for elva.

I 2009 ble det estimert en produksjon oppstrøms Fosstveit på ca 9500 laksesmolt og ca 1750 ørretsmolt. Dette nivået estimeres ut fra fellefangst (korrigert for effektivitet og fangstperiode) og ut fra merke-gjenfangstforsøkene. Gjenfangst av PIT-merka laksesmolt satt ut ved Fosstveit i Strømmen var på 14,1 %. Gjenfangst av fettfinnemerka laksesmolt og ørretsmolt var på henholdsvis 13,7 og 13,4 %. Gjenfangst av FF-merka og PIT-merka laks- og ørretsmolt var således tilnærmet lik, noe som tyder på at merkemethoden og art ikke hadde avgjørende betydning for overlevelse.

Estimatet for produksjonen nedstrøms kraftverket vil være mer usikkert. Umerka fisk fanget i Strømmen kan være fisk som passerte Fosstveit (umerket) og kan være fisk produsert nedstrøms anlegget. Korrigeres fangstene ved Strømmen for et mulig bidrag fra områdene oppstrøms kraftverket estimeres det en smoltproduksjon nedstrøms kraftverket på 4000 laksesmolt og 3600 ørretsmolt.

Estimatene for produksjon oppstrøms og nedstrøms Fosstveit antyder en samlet produksjon i størrelsesorden 13-14.000 laksesmolt og 5300 ørretsmolt i Storelva. Dette vil sannsynligvis være et underestimat ettersom vi ikke vet hvor mange smolt som blir spist av gjedda. Estimatene er uansett langt lavere enn naturtilstanden.

Et mål for smoltproduksjon kan også antydes ut fra elvearealer og tetthet av eldre lakseunger. Når et estimat over produksjonsareal og målt tetthet av eldre ungfisk legges til grunn beregnes det en smoltproduksjon på ca 14.000 laksesmolt. Denne produksjonen er nært det vi har beregnet ut fra smoltfangst og langt lavere enn naturtilstanden.

### **Elvetrusler; kraftverk og gjedde**

Smolt som nedvandret fra områdene oppstrøms Fosstveit måtte våren 2009 passere et nyetablert kraftverk. I smolthjulet plassert på utløpet av kraftverksturbinen var 11,5 % av laksesmolten og 11,5 % av ørretsmolten fanget død. Det var altså ingen forskjell knyttet til art. Selv om vi ikke har lengdemålt død smolt og vinterstøing samt ål synes kraftverket å drepe større fisk lettere enn mindre fisk. Dette er å forvente og knyttes til det vannvolum som er tilgjengelig for fisk mellom turbinbladene. Stor fisk krever mer plass og er følgelig mer utsatt for å bli truffet av et blad. Det er mulig å utføre teoretiske beregninger på treffsannsynlighet. Dette er ikke utført her.

Det ble gjort forsøk på å hindre molten i å komme frem til kraftverksinntaket. Ei 3,5 m dyp not trukket tvers over innløpet hemmet ikke molten fra å utvandre via turbin. Til tross for at vi ikke observerte positive effekter av sperrenota, bør sperrenot likevel utprøves mer systematisk. Det kan tenkes fisken i Storelva fant det mer attraktivt å dykke 3,5 m for å følge vannstrømmen inn mot kraftverket enn å søke et mindre attraktivt smoltoverløp over damkrona. I andre kraftverk kan det foreligge alternative utvandringsruter som gjør at en sperrenot gir ønsket effekt. For at et tiltak skal virke må det både hemme innvandring til uønsket vandringsrute og øke utvandring ønsket rute. I Storelva var vandringsalternativene vannoverløpet i damkrona, rensekanalen (kanal i demningen rett til høyre for nota) og laksetrappa (motsatt side av damkrona). Disse alternativene trenger ikke være attraktive for smolt når tilnærmet hele vannføringen går gjennom kraftverket. Ønsket rute var dermed ikke attraktiv nok for fisken.

Nedstrøms kraftverket ble det registrert flere døde blankål. Disse var delt i minst to deler av kraftverket. Ettersom ålen ble innfanget nedstrøms kraftverksutløpet, kan det antas at den var på vandring.

Det var en 30 % reduksjon i smolttetthet fra Fosstveit til Strømmen. Vi antar dette skyldes predasjon fra gjedde. Ut fra målingene tok gjedda tok minst 2,7 % av all PIT-merket smolt sluppet ved Fosstveit. Midlere forekomst av smolt var på  $4,3 \pm 2,5$  individ basert på gjedder med smolt i magen, eller  $2,6 \pm 2,9$  individ basert på hele materialet. Åtte gjedder hadde ingen fisk i magen (31 gjeddemager ble undersøkt). Vi estimerer at gjedda har tatt ca 4000 smolt våren 2009.

Selv om gjedda kan være en vesentlig predator kan den ikke være årsaken til lav laksefangst de senere årene. Gjedda kom til Lundevatn i 1799 (se ref i Hesthagen og Østborg, 2002). Gjedda var således tilstede i elva også når laksefangstene omtales som gode. Gjedda kan derfor ikke alene være årsaken til redusert forekomst av laks de siste 10-årene, men gjedda kan bidra til å redusere antall smolt som kommer frem til saltvann. Tetthet av gjedde samt hvor stort tap man har av smolt i gjedde bør undersøkes nærmere. Det er mulig at sørv som ble registrert i Lundevatn først omkring 1940 kan ha bidratt til å øke forekomst av gjedde. Dette forutsetter at næringstilgangen til gjedda økte med sørvens ankomst. I så fall kan gjedda i dag være en større trussel enn den var tidligere. Likeledes, hvis gjedde tar ca 30 % av en moderat svak smoltbestand vil gjedda kunne ha en betydelig større negativ påvirkning av en svakere laksebestand som er under etablering. En slik bestand har man i Nidelva, Aust-Agder.

### **Hvorfor blir det ikke mer laks i Storelva?**

Det er en produksjon på ca. 14.000 laksesmolt i Storelva. Av dette antallet forsvant ca 5500 laksesmolt i elva på grunn av kraftverket og sannsynligvis gjedde. Det utvandret dermed ca 8400 laksesmolt fra



Storelva. Det estimeres at det oppvandret ca 170 laks i 2008 og 2009. Hvis bestanden i elva har vært rimelig stabil de siste årene tyder dette på en sjøoverlevelse i størrelsesorden 2 %. Sjøoverlevelse for elver i området er tidligere estimert til å ligge i området 3 til 6 % (Hesthagen m.fl. i trykk). Det synes urimelig å anta at laksesmolt fra Storelva skal naturlig ha en dårligere sjøoverlevelse enn fra smolt fra naboelvene. Det burde ha vært minst 250 laks i elva gitt 3 % sjøoverlevelse og 500 laks gitt 5 % sjøoverlevelse. Det er urimelig å anta slike forekomster av laks gitt de dataene vi har. Tidligere fiskerinspektør Harstad antydte at fangster på 2 tonn ikke burde være urimelig (St.prop 4 1972/73). Den gang ble lave fangster i elva begrunnet med forsuring samt utslipp fra Fosstveit tresliperi. I samme skrift omtales store laksfangster før 1950. Det konkluderes med at laksestatistikken fra elva er svært mangelfull og at den ikke gir et representativt bilde over faktisk fangst.

Hvis smoltutvandringen gjennom fjorden hemmes av Al og utvandringen dermed forsinkes vil dette ha samme økologiske effekt som økt smoltdødelighet i sjøfasen. Denne trusselen vil ikke være like aktuell i Mandalselva og Otra ettersom det her ikke er velutviklede brakkvannsområder. Aluminium i brakkvann kan være den faktor som gjør at Storelva avviker fra naboelvene i området. Denne trusselen er ikke av nyere dato og kan vel ha påvirket smolt fra vassdraget over mange 10-år og lenge før det ble iverksatt relevant vannkjemisk overvåking.

Telemetriundersøkelsene har påpekt at mengden smolt som når Risør blir redusert når forholdene for Al-mobilisering er tilstedeværende. Gitt at 50 % utvandring representerer naturtilstanden og at 20 % utvandring representerer forholdene når Al er tilstede vil dette innebære en ca halvering av sjøoverlevelse. Reduseres da effekten av Al i brakkvann vil sjøoverlevelse doubles og bli mer lik det som er estimert for naboelvene.

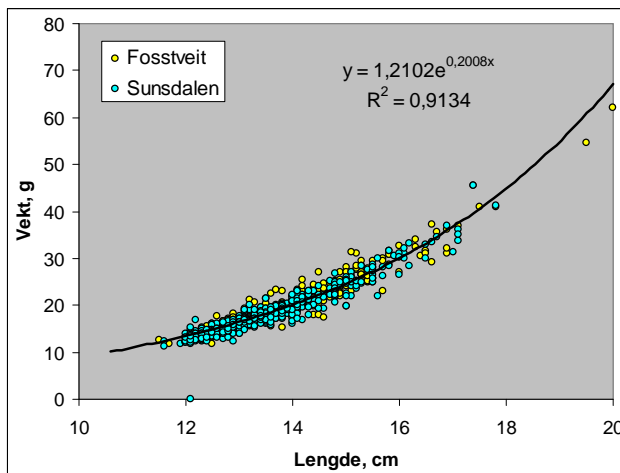
Laks- og ørretsmolt i Storelva utsettes imidlertid for flere trusler enn aluminium. Hammerdammen har redusert gytearealet. Det er estimert at kraftverket og predasjon fra gjedde samlet kan redusere smoltbestanden med omkring 40 %. Når aluminium i brakkvann reduserer antall smolt som når kyststrømmen med et tilsvarende %-nivå, blir antall utvandrende smolt for lavt til at gytebestandsmålet kan oppnås - selv med høy sjøoverlevelse. Det er mulig å gjennomføre avbøtende tiltak på kraftverket. Det er også mulig å gjennomføre tiltak mot aluminium i brakkvann ved for eksempel å behandle vannet med natriumsilikat, eller ved å transportere smolten forbi de områdene som har en skadelig vannkjemi. Erfaringer fra Storelva antas å ha stor overføringsverdi til andre, forsurete vassdrag med utløp til innelukkede fjorder eller estuarier.

## 8. Litteratur

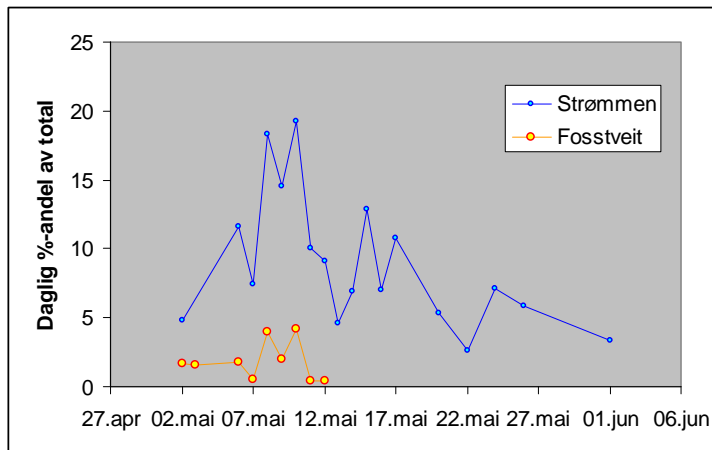
- Anon. 2010. Status for norske laksebestander i 2010. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2, 213 s.
- Bjerknes, V.; Fyllingen, I.; Holtet, L.; Teien, H. C.; Rosseland, B. O.; Kroglund, F., Aluminium in acidic river water causes mortality of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norwegian fjords. Mar. Chem. 2003, 83, 169-174.
- Direktoratet for naturforvaltning, 2009. Kalking i laksevassdrag. Effektkontroll i 2008. Sammendragsrapport. Notat 3-2009
- Diserud O.H., Kroglund, F. Teien, H.-C. Tjomsland, T., Økland, F. (i trykk) Modellering av aluminiumspåslag på gjellene hos utvandrende laksesmolt. NINA-rapport xxxx.
- Hesthagen, T. og G. Østborg., 2002. Kartlegging av innsjøer med naturlig fiskesamfunn og fisketomme lokaliteter på Sørlandet, Vestlandet og i Trønderlag. NINA Oppdragsmelding 724: 48 s.
- Hesthagen m.f. (i trykk) 2010. Reetablering av laks på Sørlandet DN-utredning 7-2010.
- Kroglund, F.; Rosseland, B. O.; Teien, H. C.; Salbu, B.; Kristensen, T.; Finstad, B., Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminum simulating episodes. Hydrology And Earth System Sciences 2008, 12, 491-507.
- Kroglund, F., Gutterup, J. Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B. og Teien, H.-C. 2007. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA-rapport 5366-2007, 47 s.
- Kroglund F, Finstad B, Stefansson SO, Nilsen TO, Kristensen T, Rosseland BO, Teien HC, Salbu B. 2007. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. Aquaculture 273(2-3):360-373.
- Teien HC, Kroglund F, Salbu B, Rosseland BO. 2006a. Gill reactivity of aluminium-species following liming. Science Of The Total Environment 358(1-3):206-220.
- Teien HC, Standring WJF, Salbu B. 2006b. Mobilization of river transported colloidal aluminium upon mixing with seawater and subsequent deposition in fish gills. Science Of The Total Environment 364(1-3):149-164.
- 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. Institutt for plante- og miljøvitenskap. Rapport nr 2/2009. 65 s.
- Tjomsland, T., Kroglund, F., 2010. Modellering av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør. NIVA. Rapport l. nr OR-6049. 31 s

## Vedlegg A. Lengder til laks og ørret

Det var ingen tydelig forskjell i lengde/vektforholdet mellom fisk merket ved Fosstveit eller Strømmen (**Figur 39**). Det ble fanget mer små nedvandrende fisk i Strømmen enn ved Fosstveit (**Figur 40**). Mens 1,9 % av fisken som ble lengdemålt ved Fosstveit var <12 cm var andelen på 8,0 % i Strømmen. Dette tyder på at det kan være variasjon i andel stor/små fisk innenfor vassdraget, hvor andelen små fisk er størst nedstrøms kraftverket.



**Figur 39.** Sammenheng mellom lengde og vekt til laksesmolt fanget ved henholdsvis Fosstveit og Strømmen i 2009.



**Figur 40.** Prosentbidrag av smolt < 12 cm til daglig fangst av nedvandrende fisk. Ved Fosstveit var 1,9 % av fisken <12 cm mens 8,0 % var små i Strømmen beregnet over hele perioden.

**Tabell 38.** Midlere lengde til ørret fanget på de ulike fangstdagene ved Fosstveit.

Lengde i kategori	02. mai	03. mai	06. mai	07. mai	08. mai	09. mai	10. mai	11. mai	12. mai	Grand Total
120-125	12,2		12,1	12,4	12,4		12,1			12,2
125-130	12,6		12,8	12,7	12,8	12,7		12,9		12,7
130-135	13,1	13,2	13,1	13,2		13,3		13,2		13,2
135-140	13,6	13,6	13,7	13,7	13,8	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
140-145	14,1	14,2	14,2	14,2	14,3	14,2	14,2	14,3	14,1	14,2
145-150	14,6	14,8	14,6	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
150-155	15,1	15,1	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,1	15,2
155-160	15,7		15,7	15,7	15,6	15,7	15,6	15,7	15,6	15,7
160-165	16,2	16,1	16,2	16,2	16,2	16,2	16,1	16,2	16,2	16,2
165-170	16,7	16,6	16,6	16,7	16,7	16,6	16,7	16,7	16,7	16,7
170-175	17,1	17	17,1	17,2	17,2	17,1	17,1	17,2	17,1	17,1
175-180	17,6		17,7	17,6	17,6	17,7	17,7	17,6	17,5	17,6
180-185		18	18,2	18,1	18,2	18,1	18,1	18,2	18,2	18,1
185-190	18,7		18,7	18,6	18,7	18,7	18,6		18,5	18,6
190-195					19	19,1	19	19,3	19	19,1
195-200			19,6	19,5	19,5	19,5		19,5	19,6	19,5
195-201	21		22	21,4	22	20,8	21,8	22,5	22	21,6
Snitt	15,7	15,3	16,2	16,2	16,3	16,2	16,3	16,2	16,3	16,2

**Tabell 39.** Midlere lengde til laks fanget på de ulike fangstdagene ved Fosstveit.

Lengde i kategori	02. mai	03. mai	06. mai	07. mai	08. mai	09. mai	10. mai	11. mai	12. mai	Grand Total
105-110					10,6					10,6
110-115		11,0			11,2	11,4	11,2			11,2
115-120	11,6	11,7	11,7	11,7	11,8	11,7	11,6	11,9	11,5	11,7
120-125	12,3	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
125-130	12,7	12,6	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,6	12,7
130-135	13,2	13,1	13,1	13,2	13,2	13,1	13,1	13,2	13,1	13,1
135-140	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,7	13,7	13,6	13,6
140-145	14,2	14,2	14,1	14,1	14,2	14,1	14,1	14,2	14,2	14,1
145-150	14,7	14,7	14,6	14,6	14,7	14,7	14,6	14,7	14,6	14,6
150-155	15,3	15,1	15,2	15,1	15,2	15,1	15,2	15,2	15,1	15,2
155-160	15,6	15,7	15,6	15,6	15,6	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
160-165	16,2	16,2	16,1	16,1	16,2	16,1	16,2	16,2	16,1	16,1
165-170	16,8	16,5	16,6	16,7	16,7	16,7	16,6	16,5	16,6	16,6
170-175		17,2	17,1	17,1	17,2	17,2	17,2	17,1	17,1	17,1
175-180				17,6	17,7	17,6		17,9	17,5	17,7
180-185				18,3	18,1	18,0		18,1	18,2	18,1
185-190					18,5	18,8		18,7		18,7
190-195					19,0	19,0		19,0		19,0
195-200							19,5			19,5
200-250								20,0	20,0	20,0
Snitt	13,9	13,7	13,5	13,4	13,5	13,6	13,4	14,4	14,7	13,7

Tabell 40. Midlere lengde til ørret fanget på de ulike fangstdagene i Strømmen.

	28.april	29. april	30. april	01. mai	02. mai	03. mai	04. mai	07. mai	08. mai	11. mai	12. mai	13. mai	14. mai	15. mai	16. mai	18. mai	20. mai	22. mai	24. mai	26. mai	01 juni	Grand Total
<100											9,0						8,8			7,5		8,4
100-105														10,0				10,0			10,2	10,1
105-110			10,5																			10,5
110-115																					11,3	11,3
115-120			11,6	11,8		11,5				11,5						11,5				11,8		11,6
120-125		12,3		12,1	12,2		12,1						12,4		12,1	12,0	12,4					12,2
125-130	12,9	12,7	12,7		12,6		12,7			12,5	12,9		12,9	12,5			12,6			12,8		12,5
130-135	13,0	13,0		13,2	13,1	13,0	13,2	13,2		13,0	13,1	13,2	13,3		13,4	13,3	13,1			13,2		13,2
135-140	13,6		13,7		13,6	13,9	13,6	13,6	13,5	13,7	13,8	13,7	13,5		13,6	13,8	13,7	13,9	13,7	13,7	13,7	13,6
140-145	14,1		14,1	14,1	14,1	14,2	14,1	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,3	14,3	14,2	14,2	14,3	14,2	14,2	14,2	14,2
145-150			14,6	14,6	14,6	14,6	14,5	14,5	14,7	14,5	14,9	14,6	14,7	14,6	14,6	14,8	14,7	14,7	14,6	14,6	14,6	14,7
150-155		15,0	15,2	15,0	15,1	15,4	15,3		15,1	15,3	15,2	15,2	15,2	15,3	15,3	15,2	15,1	15,1	15,3	15,0	15,1	15,2
155-160			15,7	15,7	15,7	15,6	15,5	15,7		15,6	15,5	15,6	15,8	15,5	15,6	15,6	15,7			15,7	15,6	15,7
160-165	16,2	16,2	16,1	16,2	16,3	16,2	16,1	16,0		16,1	16,2	16,2	16,3	16,1	16,1	16,2	16,1	16,2	16,2	16,1	16,1	16,2
165-170	16,6			16,5	16,7	16,5	16,8	16,8	16,5	16,7	16,7	16,7	16,7	16,8	16,7	16,6	16,7	16,7	16,8	16,6	16,6	16,7
170-175		17,1		17,1	17,1	17,2	17,2	17,2	17,3	17,1	17,0	17,1	17,2	17,1	17,0	17,1	17,1	17,1	17,1	17,2	17,1	17,1
175-180			17,7	17,8	17,6	17,6	17,7	17,6	17,8	17,6	17,7	17,8	17,5		17,5	17,6	17,5	17,7	17,5	17,6	17,6	17,6
180-185		18,0		18,2		18,0	18,1	18,0		18,3		18,2	18,1	18,3	18,4	18,1	18,2	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1
185-190			18,7		18,7	18,7	18,8		18,8		18,5	18,7	18,7		18,6	18,5	18,5	18,7	18,9	18,7	18,7	18,7
190-195				19,0		19,0					19,0	19,0	19,3	19,3		19,0		19,0	19,0		19,0	19,1
195-200										19,5	19,5							19,5		19,5		19,5
195-201	20,0	20,0			21,0	22,0	20,6			20,0	22,2		21,3	20,0				21,5	21,5	20,0		21,2
	15,5	16,0	14,9	15,5	15,7	16,6	15,3	15,5	15,8	16,1	16,2	15,8	16,0	15,5	15,8	16,0	15,3	16,9	15,9	16,0	15,7	15,9

Tabell 41. Midlere lengde til laks fanget på de ulike fangstdagene i Strømmen.

	02. mai	06. mai	07. mai	08. mai	09. mai	10. mai	11. mai	12. mai	13. mai	14. mai	15. mai	16. mai	18. mai	20. mai	22. mai	24. mai	26. mai	01. juni	Grand Total
<100					9,8	7,5	7,5		9,0		7,0		9,1		9,0				8,5
100-105						10,1						10,3					10,0		10,1
105-110		10,8		10,5	10,8	10,8	10,7	10,5	10,8	10,7		10,5							10,7
110-115		11,2	11,2	11,3	11,2	11,4	11,2	11,1	11,4	11,2	11,2	11,3	11,1	11,2	11,0				11,2
115-120	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	11,9	11,7	11,8	11,7	11,7
120-125	12,2	12,2	12,2	12,2	12,3	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,0	12,1	12,1	12,1	12,2
125-130	12,6	12,8	12,7	12,8	12,7	12,6	12,7	12,6	12,7	12,7	12,7	12,7	12,6	12,7	12,6	12,6	12,7	12,7	12,7
130-135	13,1	13,2	13,2	13,2	13,1	13,2	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,2	13,3	13,1	13,2	13,1	13,1	13,1	13,1
135-140	13,7	13,7	13,7	13,7	13,6	13,7	13,6	13,7	13,7	13,6	13,7	13,7	13,6	13,7	13,7	13,6	13,8	13,6	13,7
140-145	14,1	14,1	14,2	14,1	14,2	14,2	14,1	14,2	14,1	14,1	14,2	14,2	14,2	14,1	14,1	14,2	14,1	14,1	14,1
145-150	14,7	14,8	14,8	14,7	14,8	14,5	14,7	14,6	14,7	14,7	14,6	14,7	14,5	14,7	14,6	14,6	14,7	14,8	14,7
150-155	15,0	15,1	15,2	15,1	15,0	15,2	15,2	15,1	15,2	15,1	15,3	15,1	15,0	15,1	15,1	15,2	15,1	15,2	15,1
155-160	15,6	15,7	15,5		15,7	15,5	15,6	15,7	15,7	15,6	15,6	15,7		15,6	15,7	15,7		15,7	15,7
160-165	16,1	16,2				16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,0	16,0	16,2	16,1	16,1	16,1		16,1	16,1
165-170		16,6	16,7		16,7		16,5	16,7	16,7	16,7		16,6	16,6	16,7	16,7	16,5		16,6	16,7
170-175		17,1	17,1						17,2	17,0		17,2		17,1	17,0		17,1	17,2	17,1
175-180	17,8						17,5	17,5						17,5	17,6			17,6	17,6
180-185														18,1		18,0		18,0	18,1
185-190														18,5					18,5
190-195								19,0								19,2			19,1
	13,8	13,3	13,3	13,0	13,2	12,8	13,3	13,6	13,4	13,3	13,1	13,4	13,2	14,6	14,3	14,0	13,8	14,5	13,6

## Vedlegg B. Død fisk i turbin

Bilder av død fisk. Fisken stammer enten fra fisk innsamlet fra bunnen av elva eller fra smoltfella. Datoer for de ulike bildene står til høyre. Antall fisk er i hovedsak beregnet ut fra antall haler. Fisken er artsbestemt ut fra halene + kroppsfasong.

	28. april
	1. mai

	4 mai
	6. mai



	<p>7. mai</p>
	<p>8. mai</p>

 <p>ROKREIS 90-09 FISK KAPDET AV TURBID 12 LAR 18 BOPPE 1 AC ROTEK1 FECT 80P</p>	<p>9. mai</p>
 <p>Musling 200g 20 Rik som er drøgt i part med fallvull å egg 50 Laksmalt 1 Rind 1 H2</p>	<p>10. mai</p>



11. mai



12. mai

## Vedlegg C. Gjeddemager

Merkedatoer og lengde vekt til smolt påvist i gjeddemager

<u>,nr</u>	<u>L</u>	<u>V</u>	<u>merkedato</u>
168274745	14,2	21	07.mai
168273633	13,8	18,1	06.mai
168271954	12,7	15,7	02.mai
168275662	14,7	24,5	02.mai
168273823	13,2	16,6	08.mai
168274977	12,5	13,9	02.mai

Råda med hensyn til mageinnhold til den enkelte gjedda fanget i Lundevatn i 2009.

<u>Gjedde nr</u>	<u>Sikker ørret</u>	<u>Antall smolt</u>			
		<u>Laks/ørret</u>	<u>sørv</u>	<u>niøye</u>	<u>abbor</u>
1	3	9	1	1	
2		6			
3		0			
4			1		2
5		2			
6		4		5	
7	1	1		1	
8		6			
9		0			
10	3	3			
11		2			
12		0			
13		0			1
14		9			1
15		0			
16		2			
17		6			
18		6			
19		0			1
20		6			
21		0		1	
22		0			
23		5			
24		6			
25		0			
26		3			
27		2			
28		0			
29		3			
30		0			
31		1			
Sum	7	82	2	8	5
Snitt		2,733333			
1 SD		2,875981			

## Vedlegg D. Hybrider - analyser









Rådata analyser fisk fra Storelva våren 2009. Det er oppgitt verdier fra de genetiske analysene, hva fisken ble bestemt som i felt samt fiskens lengde.

	Løpenr	Ssosl438	Ssa197	5srDNA	Felt best art	naturlig lengde	Anmerk
	21			Ø	usikker	194	
Pålene 10/5	1	112134	179183	L	L	123	
Pålene 10/5	2	134138	175191	L	L	131	
Pålene 10/5	3	112132	171179	L	L	147	
Pålene 10/5	4	146150	167191	L	L	123	
Pålene 10/5	5	112132	179247	L	L	132	
Fella Foss 11/5	7	no	no	no	L		
Fella Foss 11/5	10	132146	191195	L	L	160	
Fella Foss 11/5	11	112140	179203	L	L	155	
Fella Foss 11/5	12	100138	128171	Hybrid	L	138	Avvik
Fella Foss 11/5	13			L	L	150	
Doknes 18/5	14			Hybrid ?	L	121	Avvik
Doknes 18/5	15			Hybrid ?	L	119	Avvik
Doknes 18/5	16	no	no	no	L	127	
Doknes 18/5	17	132138	171195	L	L	150	
	18	138138	171247	L	L	105	
	19	134138	195263	L	L	161	
	20	116132	199207	L	L	161	
	22	138150	167259	L	L	179	
	23	138146	171183	L	L	150	
	24	112150	167195	L	L	170	
	25	132140	167195	L	L	176	
	26	138146	191195	L	L	176	
	33	112136	195195	L	L	158	
	35	134138	195195	L	L	151	
	36	132150	167247	L	L	163	
	37	112138?	187191	L	L	119	
	38	138138	171195	L	L	138	
Holmene 18/5	39	no	no	no	L	151	
Holmene 18/5	40	132138	179183	L	L	135	
Holmene 18/5	41	138146	191195	L	L	143	
Holmene 18/5	42	132138	187191	L	L	136	
Holmene 18/5	43	134140	191195	L	L	128	
Holmene 18/5	44	112112	179191	L	L	146	
Bunkers 18/5	45	112138	171191	L	L	136	
Bunkers 18/5	46	136150	167195	L	L	128	

Bunkers 18/5	47	138138	183191	L	L	130	
Bunkers 18/5	48	112138	187223	L	L	129	
Bunkers 18/5	49	112138	179191	L	L	130	
Bunkers 18/5	50	136138	191223	L	L	138	
Bunkers 18/5	51	112112	167191	L	L	136	
Foss Felle 18/5	52	138150	167183	L	L	148	
Foss Felle 18/5	53	138146	167195	L	L	173	
Foss Felle 18/5	54	116146	195255	L	L	161	
Foss Felle 18/5	55	138140	171179	L	L	161	
Foss Felle 18/5	56	132138	167167	L	L	127	
Foss Felle 18/5	57	112138	199259	L	L	126	
Son/Næv	58	134146	183195	L	L	131	
Son/Næv	59	134138	203215	L	L	153	
Son/Næv	60	134134	195199	L	L	148	
Son/Næv	61	132134	175191	L	L	141	
Son/Næv	62	132138	171199	L	L	142	
Son/Næv	63	138146	199?199	L	L	146	
2008 fisk	64	132138	171199	L	L	185	
2008 fisk	65	132138	167167	L	L	170	
2008 fisk	66	132138	167199	L	L	163	
2008 fisk	67	138146	167199	L	L	156	
2008 fisk	68	138146	171199	L	L	153	
2008 fisk	69	100106138	124140195247	L+ØH?	L	161	Kontaminering
Strømmen	70	134138	167195	L	L	119	
Strømmen	71	132146	171199	L	L	125	
Strømmen	72	138142	183195	L	L	162	
Strømmen	73	112134	191195	L	L	111	
Strømmen	74	138138	195199	L	L	148	
Strømmen	75	112112	191191	L	L	135	
Strømmen	77	098100134146	124167	LØH?	L	181	Kontaminering
Strømmen	78	138138	167191	L	L	154	
Strømmen	79	138146	171175	L	L	141	
Strømmen	80	112132	167199	L	L	141	
Strømmen	81	132138	195195	L	L	158	
Strømmen	82	132138	167183	L	L	145	
Strømmen	83	138138	207239	L	L	116	
Strømmen	84	138138	191199	L	L	143	
Strømmen	85	134140	163247	L	L		
Strømmen	86	132146	191203	L	L	108	
Strømmen	87	134140	171183	L	L	138	
Strømmen	88	112132	179207	L	L	154	
Strømmen	89	132138	183191	L	L	142	

Strømmen	90	112138	183191	L	L	133	
Strømmen	91	132138	183199	L	L	149	
Strømmen	92	134134	179199	L	L	158	
Strømmen	93	112134	179183	L	L	136	
Strømmen	94	132146	191191	L	L	142	
Strømmen	95	112134	171171	L	L	129	
Strømmen	96	134138	179207	L	L	152	
Strømmen	97	098106?	128128++	L+ØH?	L	174	Kontaminering
Strømmen	98	138138	183183	L	L	140	
Strømmen	99	134138	171191	L	L	115	
Strømmen	100	138146	183223	L	L	144	
Fella Foss 11/5	6	098106	132132	Ø	Ø		
Fella Foss 11/5	8	100106	128136	Ø	Ø	166	
Fella Foss 11/5	9	098098	128136	Ø	Ø	168	
	27	106106	124128	Ø	Ø	183	
	28			Ø (h)	Ø	179	Kontaminering
	29			Ø (h)	Ø	187	Kontaminering
	30	098106	128132	Ø	Ø	150	
	31	098106	128136	Ø	Ø	159	
	32	098106	128128	Ø	Ø	154	
	34	098106	128128	Ø	Ø	133	
Strømmen	76	108108	128128	Ø	Ø	152	

## Vedlegg E. Hybrider – bilder.

		<p>Bilder tatt av fisk prøvetatt til genetiske analyser. Fisknr. henviser til rådataskjema vedlegg D</p>
<p>Fisk nr. 1-5</p>	<p>Fisk nr. 6-9</p>	<p>Ingen bilde</p>
		
<p>Fisk nr. 17-20</p>	<p>Fisk nr. 21-23</p>	<p>Fisk nr. 24-26</p>
		
<p>Fisk nr. 27-29</p>	<p>Fisk nr. 30-32</p>	<p>Fisk nr. 33-35</p>





Fisk nr. 36-38



Fisk nr. 39-44



Fisk nr. 45-50



Fisk nr. 51-56



Fisk nr. 57-62



Fisk nr. 63-68



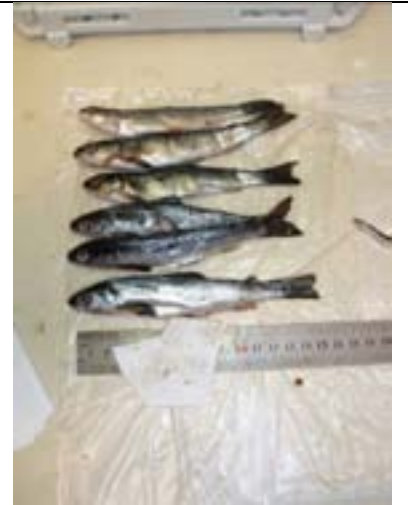

Fisk nr. 68-74



Fisk nr. 75-80



Fisk nr. 81-86

		
<p>Fisk nr. 87-92</p>	<p>Fisk nr. 93-100</p>	

## Vedlegg F. Vinterstøinger

Antall og dato for fangst av vintertøinger i smoltfella ved Fosstveit og Strømmen. Fra Fosstveit er også død fisk innsamlet utenfor fella inkludert.

	<b>Fosstveit laks</b>	<b>Strømmen laks</b>	<b>Fosstveit Ørret</b>	<b>Strømmen Ørret</b>
28.april			3	1
29. april				3
30.april		3		
1.mai		2		
2.mai				
3.mai				1
4.mai				
5. mai				
6. mai				
7. mai			1	
8. mai			1	
9.mai				
Sum		5	5	5

## Vedlegg G. Fiske etter smoltpredatorer

Data fra Sundsdal. Fangststed: Songevatn. Det ble fisket med noen 100 m garn hver gang.

Dato	Sted	Type	Lengde	Vekt	Maskevidde	Mageinnhold
2. mai	Skjæret	Laks vinterstøing	90	4,8	52	Tom
2. mai		Laks vinterstøing	80	3,3	52	Tom
2. mai		Laks vinterstøing	77	3,0	52	Tom – masse rogn
2. mai		Laks vinterstøing	74	2,5	52	Tom
2. mai		Ørret	52	1,0	52	Tom
3. mai		Ørret		1,1	52	4 smolt
4. mai		Laks	104	10,0	52	Tom
23. mai		Ørret	36	0,45	32	1 smolt
23. mai		Sei	40	0,55	32	Tom
23. mai		Torsk	20	0,22	32	4 sik, 10 sørv
30. mai		Ørret	37	0,55	32	9 sik, 17 sørv, 1 ukjent

Data fra Bo Bergendal. Fangststed: Nævestadfjorden. Det ble fisket med 2-300 m garn hver gang. Han skriver: De fire fiskene med småfisk i mage / svelg hadde alle ferske hele sild / brisling (jeg ser pokker ikke forskjell) og ikke smolt eller andre udefinerte arter. Jeg har også fått et par fine ørreter utenfor Laget, og disse hadde beitet på kutlinger. Jeg kunne ikke se noe som lignet på smolt der heller. Derimot biter ørreten godt på wobblere med farger som smoltimitasjoner, så de tar nok litt...

Dato	Sted	Art	Lengde	Vekt	Maskevidde	Mageinnhold
01.mai	Nævestad	Torsk		1,4	52	Nei
01.mai	Nævestad	Lyr		1,2	52	Nei
01.mai	Nævestad	Hvitling		-0,1	52	Nei
01.mai	Nævestad	Ørret		0,2	52	Nei
08.mai	Nævestad	Torsk		0,8	52	Sild / Brisling
08.mai	Nævestad	Torsk		1,1	52	Sild / Brisling
08.mai	Nævestad	Lyr		0,8	52	Nei
08.mai	Nævestad	Lyr		0,9	52	Nei
08.mai	Nævestad	Skrubbe		ca. 0,7	52	Satt levende ut
08.mai	Nævestad	Torsk		1,6	52	Sild / Brisling
08.mai	Nævestad	Torsk		1	52	Nei
08.mai	Nævestad	Sei		0,4	52	Nei
08.mai	Nævestad	Hvitling		-0,1	52	Nei
08.mai	Nævestad	Hvitling		-0,1	52	Nei
08.mai	Nævestad	Hvitling		-0,1	52	Nei
13.mai	Nævestad	Laks	81 cm	3,5	70	Nei
13.mai	Nævestad	Ørret		1,2	52	Sild / Brisling
24.mai	Nævestad	Laks	79 cm	5,2	70	Nei
27.mai	Nævestad	Torsk		1,6	52	Nei
27.mai	Nævestad	Sik		0,3	52	Nei
27.mai	Nævestad	Sik		0,5	52	Nei
27.mai	Nævestad	Sik		0,6	52	Nei

Data fra Jim Güttrup. Fangststed: Sandnesfjorden indre. Det ble fisket med 500 m garn, 52 med mer maskevidde. Garna ble fordelt 50:50 mellom Hopestranda og Bunkers

Dato	Sted	Type	Lengde	Vekt	Maskevidde	Mageinnhold
27. mai	Hopestranda Og Bunkers	Torsk			52	Ingen smolt
27. mai		Torsk				Ingen smolt
27. mai		Torsk				Ingen smolt
27. mai		Berggylte				Ingen smolt
27. mai		Berggylte				Ingen smolt
27. mai		Berggylte				Ingen smolt
27. mai		Knurr				Ingen smolt
27. mai		Knurr				Ingen smolt
27. mai		Knurr				Ingen smolt
27. mai		Knurr				Ingen smolt
27. mai		Knurr				Ingen smolt

## Vedlegg H. Fangst knyttet til garnfiske av sjørøret

Fiskefangst i forbindelse med lakselusovervåkingen 2009. Forekomst av lus rapporteres av overvåkingsprosjektet. Dataene er inkludert her da de sier noe om mulige marine predatorer samt forekomst av fisk merket som smolt i Storelva. Blant annet er fangst av sørv interessant.

Lokalitet	Dato	Salt	Temp	Antall ørret	Makrell	Hestmakrell	Lyr	Sei	Flesing	Beggytte	Bergnebb	Torsk	Diverse	Antall garn-	UTM N	UTM Ø	F.F klippet
St1.	3. juni	13,5	16,7	2			2						3	2	504471	6505168	
St2.	3. juni	17,9	15,7	1			2						10	2	504636	6505153	
St3.	3. juni	23,1	15,6	1			1						4	2	559913	6505592	
St4.	3. juni	23,3	15,7				4		1				4	2	506735	6505560	
St5.	3. juni	23,1	15,2	1			3						1	2	506855	6505650	
St6.	3. juni	24,7	16	2			4						2	2	506936	6505579	
St7.	3. juni	23,5	15,2				1						2	3	506619	6506477	
St8.	3. juni	24,2	15,3	1			4						10	3	508824	6506411	
St9.	3. juni	24,4	15,1	2			3						2	2	510565	6505829	
St10.	3. juni	25,1	14,7	1			6						4	2	510976	6506104	
St11.	3. juni	25	14,7	1			4						2	2	511988	6506105	
St1.	8. juni	25,8	16,2	1			4						1	2			
St2.	8. juni	21,8	16,7				3							2			
St3.	8. juni	22,2	16,5				4						1 hvitting	2			
St4.	8. juni	25,6	16,3		10	1	3						1 hvitting	2			
St5.	8. juni	22,4	16,4	2			3	1					1	2			
St6.	8. juni	23,1	16,6	3	1	4	3		3				3	2			
St7.	8. juni	23,2	16,5	2	1		3						1 knurr	3			
St8.	8. juni	22,8	15,6	2	3	1	2	1					1 hornkjell	3			
St9.	8. juni	24,4	15,4						1					2			
St10	8. juni	25,7	15,9	2			2	2				1	2	2			
St11	8. juni	25,7	15,9	1			3						2	2			

Lokalitet	Dato	Salt	Temp	Antall ørret	Makrell	Hestmakrell	Lyr	Sei	Fjesing	Beggylte	Bergnebb	Torsk	Diverse	Antall garn.	UTM N	UTM Ø	F.F Klippet
St1.	13. juli	20,7	19,8				1			3				2			
St2.	13. juli	19,2	20	2	1	1								2			
St3.	13. juli	20,2	20	1			3							2			
St4.	13. juli	20,2	19,7	8		3								2			3
St5.	13. juli	20,2	19,5		1		1						3 sypiker	2			
St6.	13. juli	20	19,8	4		4	2							3			1
St7.	13. juli	20	19,8			2	1						1 sypike	2			
St8.	13. juli	20,8	19,2		1		1						2 sypiker	3			
St9.	13. juli																
St10	13. juli	22,3	19,1				1						5 sypiker	2			
St11	13. juli	22,7	19	2			2						1 sypike	2			
St12	13. juli	6,5	19,1										86 sørv	2	502941	6504213	
St4.	19. juli	22,3	19,2		2	12								2			
St5.	19. juli	24,4	19,4	1	1			1						2			
St6.	19. juli	24,3	19,4	1	2			1					2 sild	2			
St7.	19. juli	23	19,5					1						2			
St8.	19. juli	24,6	19,6					2		2				2			
Stan	19. juli	21	18,9	1											506164	6505491	

## Vedlegg I. Fangstdata

Fangst av laks og sjørret registrert fra Storelva i Scanatura-basen.  
<http://www.laksefisk.no/fangstrappport/default.aspx?ID=6>

	Laks 2008	Sjørret 2008	Laks 2009	Sjørret 2009
uke 27				1
uke 28				
uke 29			1	4
uke 30			3	17
uke 31			3	6
uke 32		1	7	2
uke 33		18	3	4
uke 34	4	12	3	7
uke 35	2	18		
uke 36	4	7		
uke 37	1	16		
uke 38		1		
uke 39				
Sum	11	73	20	41
%-bidrag til total antall		86,9		67,2
%-bidrag Videoovervåking		80,2		58,5



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)