

# Sjøauren i Lærdalselva; vekstmønster og fjordvandringar før og no



**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 Sjøauren i Lærdalselva; vekstmønster og fjordvandringar før og no	Løpenr. (for bestilling) 6122-2011	Dato 17.10.2011
	Prosjektnr. Undernr. O-10225	Sider Pris 32
Forfatter(e) Torstein Kristensen, Henning A. Urke, Thron O. Haugen (UMB), Atle Rustadbakken, Jo A. Alfredsén (NTNU), Knut Alfredsén (NTNU), Bjørn O. Rosseland (UMB)	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Sogn og Fjordane	Oppdragsreferanse 2010/233 - 415
-----------------------------------------------------	-------------------------------------

**Samandrag**

Forsknings- og utgreiingsarbeid knytt til behandlingar mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva har framkaffa interessante data på sjøaurestamma sin biologi. Telemetristudier av vandringsåtfærd i elv og fjord er gjennomførde. Det er i tillegg innsamla skjelprøvar av all merka fisk. Samstundes eksisterar unike historiske data frå fjordsystemet. Frå byrjinga av 50- til midten av 60-talet er merke-gjenfangsstudie og skjellanalysar utførde. Vekst i ferskvatn og alder/storleik ved smoltifisering synast å ha endra seg mellom dei to periodane, med ein betre vekst og høgre alder/storleik ved første gongs sjøvandring i dag. Vandringane i sjøen er lange, og til dels lengre enn rapportert i andre studie på aure. Store delar av bestanden nyttar seg av ytre fjordstrøk og fjordmunningen som sitt marine fødeområde. Vandringarfarta kan være høg. Opphaldstida i det marine miljø er varierende, og ein ser døme på fisk som oppheld seg i sjøen i vinterhalvåret. Resultata viser at Lærdalsauren nyttar seg av store delar av fjordsystemet og kystnære strøk, og at tiltak knytt til å ivareta stamma bør omfatta vurderingar av heile Sognefjorden med tilgrensande område.

Fire norske emneord 1. Fiskeøkologi 2. Sjøaure 3. Vekstmønster 4. Fjordvandring	Fire engelske emneord 1. Fish ecology 2. Sea trout 3. Growth pattern 4. Fjord migration
---------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------



Torstein Kristensen  
Prosjektleder



Åse Åtland  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

**Sjøauren i Lærdalselva; vekstmønster og fjordvandringar før og no**

## Forord

Prosjektet er gjennomført som eit samarbeid mellom Lærdal Elveeigarlag, Ljøsne Klekkeri og NIVA i perioden 1/3 2010 til 1/3 2011.

Finansiering av arbeidet er gjeve av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane via finansieringsordninga for fisketiltaksmidlar, noko me takkar for. Prosjektet er tufta på tilgong til data og biologisk materiale framskaffa og finansiert via andre kjelder. For å ha gjeve tilgong til originale merkeskjema og skjellprøver etter Leif Rosseland, samt for aktiv oppmuntring til å starte arbeidet med dette unike materialet, går ein stor takk til professor Bjørn Olav Rosseland.

Nyare studie som har framskaffa data og biologisk materiale er finansiert av fleire kjelder. Direktoratet for Naturforvaltning har finansiert studiane på vaksen sjøaure, medan smoltstudiane er finansiert av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Lærdal Elveeigarlag, Lærdal kommune, Marine Harvest Norway AS, Osland Havbruk AS, Sogn og Fjordane Fylkeskommune, Sulefisk AS og Østfold Energi. Ein stor takk går til alle desse.

Resultat frå prosjektet er formidla til lokale interesser og oppdragsgivar gjennom foredrag på møte i Fagrådet for Lærdalselva 14.2.2011 og konferanse 6.4.2011 i Leikanger, samt for eit vitenskapleg publikum på 1st International Conference of Fish Telemetry, Sapporo, Japan, Juni 2011.

Sidan ein ikkje skal bruka for mange store ord og adjektiv i faglege rapportar, nyttar eg høve til å sitere ei skildring av studieområdet skriven av G. Herbert Nall i artikkelen SEA TROUT OF THE LAERDAL i Salmon and Trout Magazine, 1932.

*Except near its entrance, where the rocks have been worn down by the action of ice and water, the Sogne and its ramifications are flanked by lofty mountains, intersected here and there by transverse valleys, which decline gently as they approach the sea level and expand into stretches of level land, dotted with hamlets and farms. The village of Laerdalsoren lies on a small marshy, alluvial plain at the mouth of the Laera, or Laerdal river, hemmed in by sombre mountains.*

Bodø, 24.2.2011



Torstein Kristensen

---

# Innhald

<b>Samandrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innleiing</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Mål for studien	8
1.3 Områdeskildring	9
1.3.1 Lærdalselva	9
1.3.2 Sognefjorden	9
1.4 Sjøauren sin økologi	9
1.4.1 Generell økologi	9
1.4.2 Første utvandring og smoltifisering	9
1.4.3 Vandringar i sjøen	10
1.5 Status for sjøauren i Lærdalselva	10
<b>2. Metodikk</b>	<b>10</b>
2.1 Vekst i ferskvatn og alder ved smoltifisering	10
2.1.1 Avlesing av skjelprøvar	10
2.1.2 Skjelmateriale frå 1955 - 1966	11
2.1.3 Skjelmateriale frå 2008 og 2009	12
2.1.4 Statistisk samanlikning av vekst og alder ved sjøvandring før og no.	12
2.2 Vandringsmønster	12
2.2.1 Merke-gjenfangstmateriale frå 1950-1965.	12
2.2.2 Telemetristudie 2008-2010	14
<b>3. Resultat</b>	<b>16</b>
3.1 Vekst og alder	16
3.1.1 Vekst i ferskvatn	16
3.1.2 Smoltalder	17
3.1.3 Modelltilpassing av skjellprøvedata	17
3.2 Vandringsmønster	19
3.2.1 Merke-gjenfangst data frå 1950-1965	19
3.2.2 Telemetristudie 2008-2010	21
Utvandringstidspunkt frå Lærdalselva våren 2009	22
Registreringar i sjø	23
<b>4. Diskusjon</b>	<b>26</b>
4.1 Vekst og alder	26
4.2 Vandringsmønster	27
4.2.1 Utvandringstidspunkt	27
4.2.2 Vandringsavstandar	27

---

<b>5. Oppsummering</b>	<b>27</b>
<b>6. Referansar</b>	<b>28</b>

## Samandrag

I dei siste åra har forsknings- og utgreiingsarbeid knytt til behandlingar mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva framskaffa interessante data på sjøaurestamma si generelle biologi i Lærdalselva. Studiar av vandringsåtferd i elv og fjord er gjennomførde ved bruk av akustiske telemetrimerke og automatiske lyttestasjonar/hydrofonbøyer. Det er i tillegg innsamla skjelprøvar av all merka fisk for analysar av alders- og vekststruktur og vevsprøvar for genetiske analysar.

Samstundes eksisterar det unike historiske data frå fjordsystemet som ein kan nytte som samanlikningsgrunnlag. Merkestudiar utførde frå byrjinga av 50- til midten av 60-talet syner store vandringsavstandar i fjordsystemet. Tilgong på originaldata på merke-gjenfangsstudie og skjellanalysar frå denne perioden gav moglegheit for å samanlikne vekstmønster og vandringsåtferd mellom dei to periodane.

Vekst i ferskvatn og alder/storleik ved smoltifisering er trekk som synast å ha endra seg mellom dei to undersøkte periodane i denne studien, med ein betre vekst og høgre alder/storleik ved første gongs sjøvandring i dag.

Vandringane i sjøen er lange, og til dels mykje lengre enn rapportert i andre studie på aure, både for eldre fisk og smolt. Dette mønsteret verkar være nokså likt for dei to periodane, men mogleg med ein noko større andel fisk som vandrar til fjordmunningen i dei eldre studia. Det er ikkje mogleg å korrigere dette talet for fangsttinningsgrad på dei ulike segmenta av fjorden, så hovudkonklusjonen blir at store delar av bestanden nyttar seg av ytre fjordstrøk og fjordmunningen som sitt marine fødeområde.

Vandringsfarta kan være høg, så aure frå Lærdalselva kan være i fjordmunningen 2-3 veker etter utvandring frå elva. Opphaldstida i det marine miljø er varierende, og ein ser døme på fisk som oppheld seg i sjøen i vinterhalvåret.

I samband med trugsmålsvurderingar knytt til det marine miljø, viser desse resultatata at Lærdalsauren nyttar seg av store delar av fjordsystemet og kystnære strøk, og at tiltak knytt til å ivareta stammen bør omfatta vurderingar av heile Sognefjorden med tilgrensande område.

## Summary

Title: Sea trout (*Salmo trutta*) from River Lærdalselva, W Norway: A comparison of growth and migratory patterns in older and recent studies.

Year: 2011

Author: Torstein Kristensen, Henning A. Urke, Thron O. Haugen , Atle Rustadbakken, Jo A. Alfredsen , Knut Alfredsen, Bjørn O. Rosseland

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-5857-8

During recent years, R&D efforts linked to the ongoing *Gyrodactylus salaris* eradication projects in River Lærdalselva have generated interesting data on the biology of anadromous brown trout (*Salmo trutta*). Telemetry studies on the behaviour in the river and fjord have been conducted, and scale samples as well as genetic samples have been collected.

A unique historical dataset consisting of mark-recapture studies conducted during the 1950ies and 60ies, as well as extensive scale analysis dataset from the same period, were made available for a comparative study of growth patterns and marine migrations.

Growth in the freshwater phase and age/size at first marine migration (smoltification) was traits that seemed to differ between the two periods, with increased growth and age/size at smoltification in the recent dataset.

Marine migration distances were long, and in some cases much longer than reported in other studies, both for post-spawners and smolts. The pattern seem to be the same for the two periods, but possibly with more fish undertaking long migration in the older dataset. With no possibility to correct these data for catch-effort along the various fjord segments, the main conclusion is that large parts of the population used the outer fjord and adjacent coastal areas as their marine feeding habitat.

The migration speed was in some instances high, and trout from River Lærdalselva may reach the fjord mouth already 2-3 weeks after leaving the river.

In relation to risk-assessments regarding the marine environment, the results from this study show that River Lærdalselva sea trout utilize the whole Sognefjord system and adjacent coastal areas, and that conservation efforts for this stock should include this area.



# 1. Innleiing

## 1.1 Bakgrunn

Sjøaurebestandane på Vestlandet og i Midt Noreg har dei siste åra opplevd ein kraftig tilbakegang (Direktoratet for naturforvaltning, 2009). Trugsmåla mot vandrane fiseslag som sjøauren er mange, så vel i elvane som i sjøen. Beskatning av sjøaurestamma, oppveksttilhøva i elvane, mattilgang i fjordane og indirekte trugsmål som til dømes infeksjonar av lakselus og andre sjukdommar frå oppdrettsnæringa, er alle faktorar som kan tenkast har endra seg mykje seinare tiår. Det er manglande kunnskap om sjøauren sin bruk av fjord- og kystnære område. Det finst i dag lite kunnskap om korleis auren frå Lærdalselva bruker det marine miljøet. Med betre kunnskap om dette vil ein ha eit godt grunnlag for å kunne gjennomføre målretta og effektive tiltak

I dei siste åra har forsknings- og utgreiingsarbeid knytt til behandlingar mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva framskaffa interessante data på sjøaurestamma si generelle biologi i vassdraget. Studiar av vandringsåtfærd i elv og fjord er gjennomførde ved bruk av akustiske telemetrimerke og automatiske lyttestasjonar/hydrofonbøyer. Det er i tillegg innsamla skjelprøvar av all merka fisk med tanke på analysar av alders –og vekststruktur og vevsprøvar for genetiske analysar.

Frå Lærdalselva har ein eit unikt innsamla historisk materiale frå 50 og 60- talet i samband med utgreiingane knytte til vasskraftutbygginga (t.d. Rosseland, 1965). Eit større tal smolt og vaksne sjøaure vart merkt med utvendige merke som gav ein pengepremiering for den som sende inn merka saman med informasjon om fangststad, tidspunkt og fisken si lengd og vekt. Eit stort skjelmateriale vart og samla inn, og ein god del av dette er avlest. Det vart og starta opp gytetiskregistreringar som er gjennomførde etter same lest i heile perioden fram til i dag, noko som har resultert i ein sær verdifull tidsserie. Delar av det innsamla materialet er tidlegare rapportert i Fiskeriinspektøren sine årsmeldingar, men har aldri før vore samla og rapportert med hensyn på den geografiske fordelinga av gjenfanga fisk frå merkestudiane eller samanliknande studie med seinare periodar.

Sjøauren i Lærdalselva utgjær ein sers verdifull ressurs, både som grunnlag for lokal verdiskaping gjennom sportsfiske, og som ein stor og genetisk viktig bestand regionalt så vel som nasjonalt.

## 1.2 Mål for studien

For å sikre optimal utnytting av desse datasetta, og overføring av kunnskap til lokale og regionale interessar, vart det i 2010 gjeve midlar gjennom Fylkesmannen i Sogn og Fjordane sine fisketiltaksmidlar.

Målet med dette prosjektet har vore å: *framskaffe grunnleggande kunnskap om Lærdalsauren sin økologi og genetikk med tanke på ei sikker og god forvaltning av denne ved å belyse følgjande delmål*

1. Samanlikne vekstmønster, tidspunkt for sjøvandring og gyttemønster hos Lærdalsaure innsamla på 50-60 talet og 2000-talet med tanke på å avdekke endringar i bestanden.
2. Analysere eksisterande data på Lærdalsaurens vandringar i sjøen i tid og rom for å vurdere kor stor del av bestanden som kan vera utsett for lakselusmitte, og i kva tidsrom dette gjeld.
3. Bestemme dagens effektive bestandsstorleik gjennom genetisk mikrosatelitt-analyse av innsamla genprøvar frå 90 sjøaurar fra Lærdalselva (50 vaksne fisk og 40 presmolt innsamla i 2008-2009)

4. Formidla generert kunnskap til lokale interessentar og forvaltning i både vitenskapleg og populær form

Grunna redusert bevilgning jamført med omsøkt beløp, vart punkt 3, genetiske studiar, teke ut av den opprinnelige prosjektplanen. Delmål 1,2 og 4 er gjennomført som skildra i prosjektplanen.

## 1.3 Områdeskildring

### 1.3.1 Lærdalselva

Lærdalselva er 44 km lang og munnar ut i Lærdalsfjorden inst i Sognefjorden i Sogn og Fjordane fylke. Lærdalselva sitt nedbørfelt er 1188 km<sup>2</sup>, der ca. 1000 km<sup>2</sup> ligg høgare enn 900 m o.h. og spesifikk avrenning er 30,6 l/s/km<sup>2</sup>. Middelvassføringa er 36,4 m<sup>3</sup>/s ([www.nve.no](http://www.nve.no)). Vassdraget er regulert av Østfold Energi AS, og reguleringa har direkte innverknad på vassføringa i elva frå Sjurhaugfoss til utløpet ved Lærdalsøyri. Sjurhaugfoss ligg 24 km frå utløpet, og er eit naturleg vandringshinder for oppvandrande fisk. Ved Sjurhaugfoss er der i dag ei laksetrapp som er stengt grunna *G. salaris* smitte. Laks og sjøaure er dei dominerande fiskartane i vassdraget.

### 1.3.2 Sognefjorden

Sognefjorden er den lengste og djupaste fjorden i Noreg. Etter Scoresbysundet på øst-Grønland er Sognefjorden og verdas nest lengste fjord. Fjorden er omtrent 204 km lang fra Skjolden til Solund, og 1308 m på det djupaste. Den ligger sør i Sogn og Fjordane fylke og strekker seg fra Skjolden ved foten av Jotunheimen i øst og til Solund ved kysten av Vestlandet. Lærdalsfjorden er en fjordarm på sørsida av Sognefjorden i Lærdal kommune. Den strekker seg 9 km søraustover til Lærdalsøyri. Fjordåpninga ligg mellom Sva i sør og Fodnes i nord. Lærdalselva munnar ut i fjorden ved Lærdalsøyri.

## 1.4 Sjøauren sin økologi

### 1.4.1 Generell økologi

Ein andel bestandar av aure er anadrome, noko som vil seie at ein del av individa i bestanden vandrar ut av elva på fødevandring i fjord og kyststrøk, for seinare å vende attende til ferskvann for gyting og/eller overvintring. Til skilnad frå laks er vandringane generelt kortare i avstand og varighet (oftast overvintring i ferskvatn), og innslaget av fleirgongsgytarar større (høygare overlevelse etter gyting og repeterte næringsvandringar til sjøen). Kunnskapen om sjøauren sin økologi er oppsummert av Klemetsen et al. (2003). Generelt er auren fleksibel i sin livshistore, og i sjøaurebestandar finn ein og individ som velger å bli værande i elva og gjennomføre heile sin livssyklus der. I mange anadrome bestandar er det påvist såkalla seksuell dimorfisme. Dette tyder at fleire hofisk enn hannfisk vandrar ut på matleting i det marine miljø. Forklaringa kan være at hoene sin reproduktive suksess er meir storleiksavhengig enn hannane sin, og at avveinga mellom god vekst og auka predasjonsrisiko i sjøen gjær anadromi til ein meir lønnsam strategi for hofisken (Jonsson & Johnsson, 1993). I Norge er slik dimorfisme hos aure påvist i varierende grad i mange små vassdrag (Jonsson et al., 2001).

### 1.4.2 Første utvandring og smoltifisering

Generelt er auren større enn laks ved første utvandringstidspunkt som smolt, men dette trekket viser stor variasjon og synes å være avhengig av fysiske tilhøve, klima og næringstilgong i elva (Jonsson et al., 2001). Uttrykket smoltifisering vert brukt om dei mange ulike prosessane som parren, den unge laksefisken, gjennomgår i ferskvatn før han som smolt vert i stand til å leve i sjøvatn (Hoar 1988, Wedemeyer 1996). Denne prosessen er styrt av ein indre biologisk rytme som vert synkronisert av fisken sine ytre miljøforhold, slik at utvandring kan skje på eit tidspunkt som er optimalt i høve til overleving og vekst (Hoar 1988, Hansen 1993). Smoltifisering inneber endringar i morfologi, åtferd, fysiologi, biokjemi og metabolisme for parren. Mesteparten av smolten vandrar ut i løpet av ein kort periode om våren eller tidleg sommar i løpet av det såkalla "smoltvindauget" (Ruggles 1980, Hansen

& Jonsson 1989, Hansen 1994, Urke *et al.* 2010). Utvandringstidspunkt frå elva er meir variabelt for aure enn for laks, og i nokre høve verkar vandringa skje i like stort omfang på hausten som i det tradisjonelle smoltvindauget på våren (Jonsson & Jonsson, 2002). Prinsipielt sett gjennomgår laks og aure dei same prosessane, men auren sin smoltifisering kan være mindre fullstendig, då mellom anna fullstendig toleranse for sjøvattn (34-35 promille) ofte ikkje er tilstades når han vandrar ut (Bystriansky *et al.*, 2006; Urke *et al.*, 2010). Dette kan skuldast at auren held seg i brakkvasslaga over lengre tid enn laksen, og slik sett får tid til å utvikle toleranse for fullt sjøvattn, noko som er vist for anna laksefisk (Hirdi & McCormick, 2007) eller at den ikkje treng sjøtoleranse for 35 ppt då den aldri oppheld seg over lengre tid under slike miljøforhold.

### 1.4.3 Vandringar i sjøen

Generelt er sjøvandringa hos aure kortare i avstand og tid enn hjå laksen, og ein finn sjeldan fisk i ope hav. Dei fleste individa finn ein innanfor 100 km frå heimelva (Klemetsen *et al.*, 2003), sjølv om det fins døme på fisk som har vandra over mykje større avstandar (Euzenat, 1999). Det er skilnadar i vandringsavstand mellom bestandar som kan skuldast både genetiske og miljømessige faktorar (Berg & Berg, 1987; Jonsson *et al.*, 1995). Hovudmønsteret i vandringane er at auren vender attende til ferskvattn på hausten og overvintrar der, men det er aukande dokumentasjon på at ein god del individ avvik frå dette mønsteret ved å opphalde seg i sjøen gjennom vinteren, eller vandrar mellom ferskvattn og sjø gjennom vinterhalvåret (t.d. Rikardsen *et al.*, 2006). Ein må difor rekne med at delar av ein sjøaaurebestand til ei kvar tid oppheld seg i det marine miljø.

## 1.5 Status for sjøauren i Lærdalselva

Historisk sett er Lærdalsauren kjend som storvokst (Nall, 1932), og han er ettertrakta som sportsfisk. Sidan 2007 har Lærdalselva vore stengd for fiske, grunna låge laksebestandar og påvisning av G. salaris. Sidan 1999 er antal gytefisk av sjøaure (< 1 kg) registrert årleg, med resultat som varierer mellom 108 (2005) og 447 (2003) fisk (Sættem, 2010). Ungfiskregistreringar med El-fiske på fleire stasjonar er og gjennomført med unntak av to år sidan 1991. Resultata frå desse undersøkingane tyder på ein meir stabil produksjon av aure enn laks over tid. Basert på tala fra 2006-2008 konkluderar Gladsø (2009) med at det er lite som tyder på at behandlingane med aluminiumsulfat har hatt ein negativ innverknad på ungfisk av aure (og laks). Sjøaurebestanden er i dag av Direktoratet for Naturforvaltning klassifisert som kategori 4c, noko som tilsvarar ein bestand med betydelig redusert ungfiskproduksjon og for liten gytebestand. I følge Solbakken *et al.* (2011) er graden av lakselusinfeksjon i Sognefjorden fortsatt så høg at den truleg har bestandsregulerande effekt på sjøaure, med størst effekt i ytre delar av fjorden.

## 2. Metodikk

### 2.1 Vekst i ferskvattn og alder ved smoltfisiering

#### 2.1.1 Avlesing av skjelprøvar

Metodikk for avlesing av alder og vekstmønster frå skjelprøvar av laksefisk er i all hovudsak den same no som i tidlegare tid (Nordeng og Johnson, 1978). Identifisering av vintersonar med mindre vekst, og dermed mindre avstand mellom vekstringane på skjela nyttast som identifikasjon av år, medan fisken si lengd på fangsttidspunktet og avstandane mellom vintersonane nyttas til å tilbakebereikne årleg vekst. Tilbakeberekning av vekst frå skjel er basert på lineær proporsjonalitet mellom lengde- og skjelvekst. Tolkinga av vekstsonar og vintersonar er generelt robust, men der kan være grunnlag for tolkingar basert på avlesaren sin eigen erfaring. I nyare tid er difor digitalisering av avlesingsresultata innført som standard metodikk hjå NIVA (*Figur 1*).



Det lukkast ikkje å finna allereie avleste skjell frå denne perioden, men eit utval på 23 skjell frå 1956 blei avlest med ny metodikk for å danna seg eit bilete av om det var store skilnader i avlesingar utført i dei to periodane.

Av det totale antal fisk som var kjønnsbestemt (199 fisk), var 165 av desse hofisk (83%). Statistiske testar (t-test) gav ingen signifikante skilnad i smoltalder eller vekst mellom hofisk og hannfisk.

### **2.1.3 Skjelmateriale frå 2008 og 2009**

Skjelprøvar vart tatt frå all større sjøaure som i ulike prosjekt er merka med akustiske sendarar. Dette materialet frå 2008 (19 fisk) og 2009 (24 fisk) vart avlest i prosjektet.

I tillegg vart skjelmateriale frå aure som døydde under kjemisk behandling mot *G. salaris* i 2005-2006 (Pettersen m.fl. 2006) sikra i frå Veterinærinstituttet med tanke på ei utviding av datagrunnlaget frå nyare tid. Dette materialet er førebels ikkje avlest.

### **2.1.4 Statistisk samanlikning av vekst og alder ved sjøvandring før og no.**

Resultat frå avlesingar av skjelmateriale frå 1955-1966 og 2008-2009 vart nytta til å analysere vekst i ferskvannsfasen, alder og storleik ved smoltifisering og første sjøvandring.

Ved å tilpassa ein generalisert mixed model (GLMM) med vekst og tilbakebereikna lengd ved alder, og til binære data om smoltifisert eller ikkje (smoltifisert =1, ikkje smoltifisert =0), får vi ein modell for å prediktere sannsynlighet for å smoltifisere under gitte vekstforløp. Ein slik type modell kallast probabilitisk vekstbasert reaksjonsnorm for smoltifisering (PVRNS). Fordi PVRNS per definisjon er justert for vekstforløp vil ein gjennom å samanlikne slike mellom ulike periodar innan same populasjon ha eit verktøy for å vurdere om det har skjedd genetiske endringar i populasjonen i forhold til trekket smoltifisering. For å korrigere for avhengighet i observasjonar frå same individ, vart individ-ID brukt som random-variabel i modellen. Modellane vart tilpassa ved bruk lmer-prosedyren i R-biblioteket lme4. Ei rekke modellstrukturar vart tilpassa og den beste modellen vart plukka ut med AIC (Aikake Information criterion)-vurderingar.

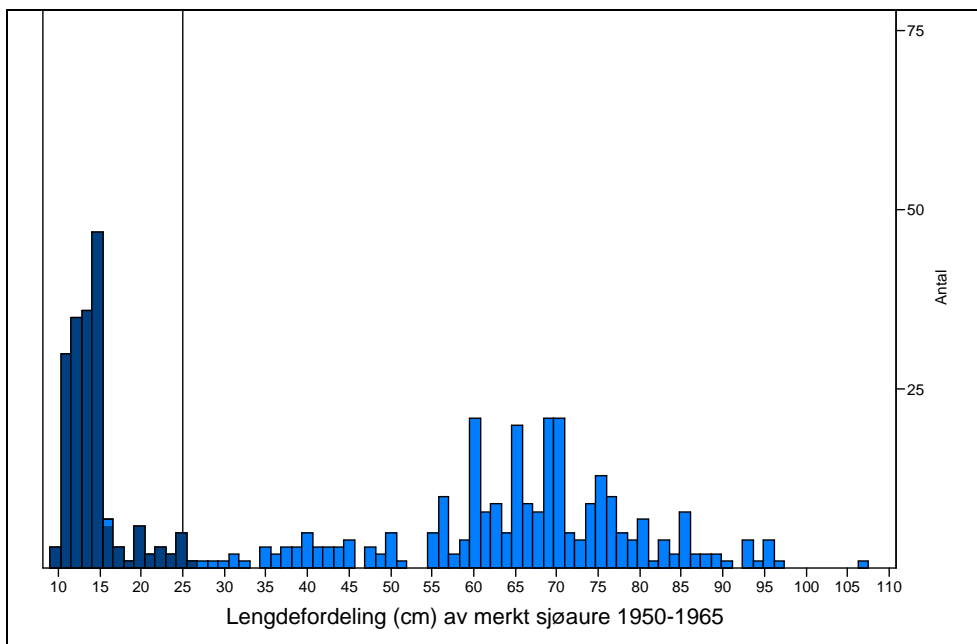
## **2.2 Vandringsmønster**

### **2.2.1 Merke-gjenfangstmateriale frå 1950-1965.**

Basert på dei originale merke-gjenfangstskjema og tidlegare samanstillingar av desse, vart alle data frå 1950 til 1965 samanstilt og fangststad for fisk gjenfanga i sjøen koordinatfesta basert på dei gjevne opplysningane.

Totalt 460 merka fisk vart registrert og av desse var 280 vaksne fisk og 180 smolt. Storparten av merkinga var basert på notfangst og stongfiske i elva på våren (april-mai). I 1952 vart 17 fisk fanga og merka i elvemunningen i juni-juli. Lengda på desse fiskane indikerte at det ikkje var utvandrande smolt med eit unntak. Av merka fisk var 243 kjønnsbestemt. Av desse var 164 (67%) hofisk.

**Figur 3.** Originalt skjema for merking og gjenfangst av sjøaure frå Lerdalselva frå 1964 etter Leiv Rosseland. Foto: B.O. Rosseland, NIVA/UMB.



**Figur 4.** Lengdefordeling av merka aure frå 1950-1965. Fisk merka på våren og som er sett på som smolt er markert med mørkare farge. Lengda på smolten var 13,9 cm i gjennomsnitt, med 95% av verdiane innanfor området 13,4 til 14,4 cm. Snittlengda på vaksen fisk var 64,9 cm

## 2.2.2 Telemetristudie 2008-2010

I nyare tid har studie som nyttar telemetri i mange høve erstatta dei tradisjonelle merkestudia. Denne teknologien gjev moglegheiter for meir detaljerte åtferdstudier, ved at ein følger individuelle fisk i tid og rom. For studie i sjøvatn er hydroakustikk, der implanterte merke i fisken sendar ut eit signal som registrerast av utplasserte lyttebøyer i miljøet, den mest nytta metoden. (t.d. Moore et al., 2000, Lacroix *et al.*, 2004, Thorstad *et al.*, 2007, Urke et al 2009). I tillegg til geografisk individinformasjon når ein merkt fisk er innanfor rekkevidda til ei lyttebøye, kan koda signal også innehalde anna informasjon som til dømes djupne og temperatur (Urke et al 2009, Plantalech Manel-la *et al.*, 2011).

Det vart merka totalt 31 vaksne sjøaurar og 40 auresmolt i Lærdalselva gjennom to ulike prosjekt (AFAB og LÆST) i perioden 2008-2009. Detaljar om merkemethodikk er gjengjeve i Urke et al. (2010).



**Figur 5.** Merking og utsetting av sjøaure i utløpet av Lærdalselvai oktober 2008.

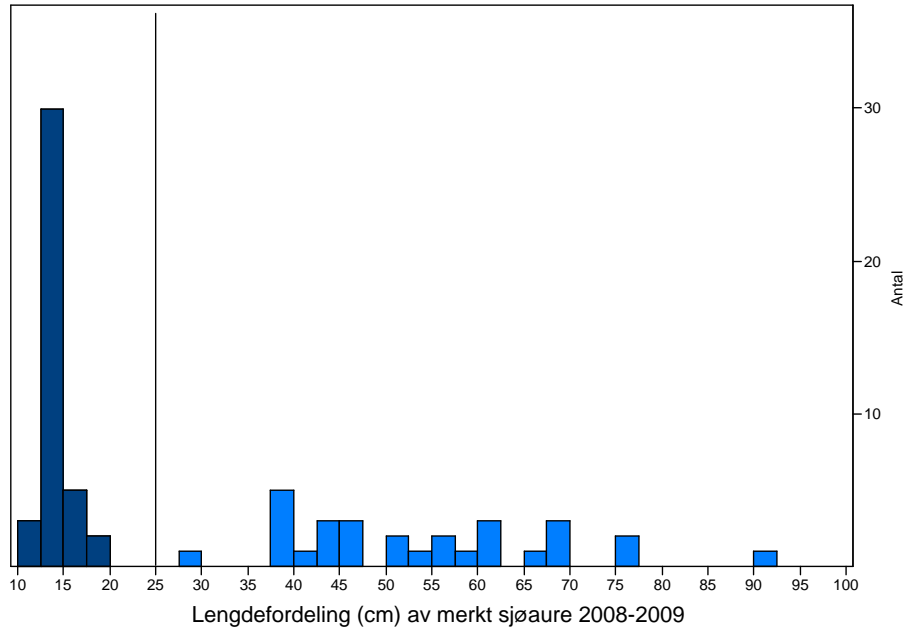
Den 2. oktober 2008 vart 22 sjøaure frå Lærdalselva merka med akustiske fiskemerke. Sjøaurane vart tekne frå laksetrappa ved Norsk Villakssenter og representerte eit utval av fisk med ulik storleik, kjønn (60% hofisk) og status på kjønnsmodning. All fisk hadde vandra inn til vassdraget på ulike tidspunkt i løpet av sommaren og hausten, og hadde vidare gått inn i laksetrappa ved laksesenteret på naturleg måte. Etter merking vart fisk så slepte i elva, og dei fleste gjekk opp og vart ståande på elva fram til våren 2009.

Ytterlegare 8 vaksne fisk vart innfanga frå elva og merka 30. april 2009, og ein fisk 22. juni 2009 (dette var ein hannfisk på 90 cm.). Vaksne sjøaure vart merkt med spesialutvekla ADTST-MP-13 fiskemerke frå Thelma Biotel AS med ei batterilevetid på minimum 15 månader. Teknologitutvekinga knytt til desse merka og dei tekniske spesifikasjonane er beskrivne i Urke et al. (2011).



**Figur 6.** Vaksen aure, hannfisk på 90 cm merka juni 2009 (ID 61/62). Denne fisken gjekk på elva hausten 2009 og vandra ut i Sognefjorden våren 2010. Den vart i juli 2010 registrert heilt ute i Sognesjøen

Auresmolt vart innfanga med elektrisk fiskeapparat frå elva og merka 29. april 2009. Auresmolt vart merkt med 7,3 mm smoltmerke frå same leverandør med ei levetid på minimum 7 månader. Resultat frå auresmoltane er tidlegare samanstillt og rapportert saman med resultat frå merka vill og klekkeriprodusert laksesmolt i LÆST studien (Urke et al., 2010).



**Figur 7.** Lengdefordelinga av akustisk merka fisk 2008-2009. Fisk merka våren 2009 beteckna som smolt er markert med mørkare farge. Lengda på smolten var (13,8 cm i gjennomsnitt, med 95% av verdiane innanfor området 13,3 til 14,3 cm).

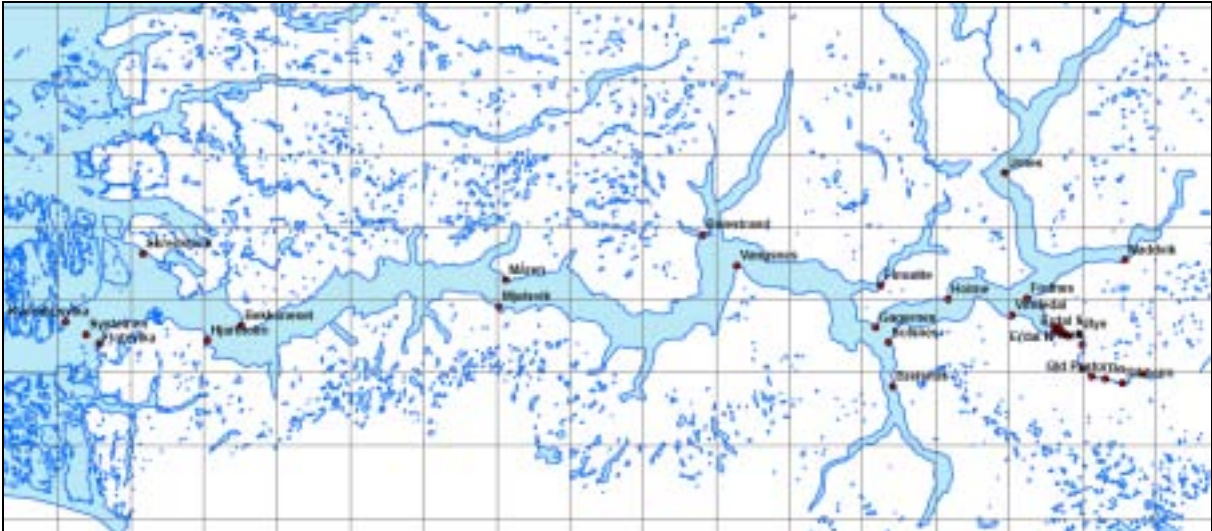
#### Stasjonsnett for lyttebøyer

Det vart sett ut eit nettverk av automatiske lyttebøyer i Lærdalselva og Sognefjorden for å registrere fisken sine rørsler i vassdraget og i det tilgrensande fjordsystemet, som vist i **Figur 5** og **Figur 8**. Det var størst tettheit av lyttebøyer i utløp og i sjølve Lærdalsfjorden (**Figur 8**). Enkeltbøyer vart plassert ut i Aurlands-, Årdals-, Sogndals- og Lusterfjorden. I ytre del vart lyttebøyer hovudsakleg plassert ut ved oppdrettsanlegg ved lokalitetane Mjølsvik, Bekksneset, Hjartholm, Skredstivik og Kvernhusvika. Rekkeviddetestar gjennomført i Lærdalsfjorden viser at smoltmerka hadde ein rekkevidde på 120-150 meter ved stille sjø, medan merka som vart brukt på større fisk hadde ei rekkevidde på rundt 600 m.

Dei to lyttebøylene som vart plassert i utløpet av elva (indikert i **Figur 5**) fungerer som ein ”virtuell port”. Plasseringa deira er gjort slik at ein ved å studere tidspunkt for registrering av ID-kodar i dei to bøylene, kan skilje mellom fisk som går inn og fisk som går ut av vassdraget.

Totalt vart det sett ut 27 lyttebøyer av typen VEMCO VR2W som kan operere automatisk over ein periode på 18 månadar. Data frå desse innhenta og samanstillt i ein felles database for vaksen aure og smolt. Prosjektet hadde ikkje finansiering til å opprettholde stasjonsnettet høsten 2009, men likevel vart bøyer i elv og i ytre del av fjorden opprettholdt med tanke på registreringar av utvandringstidspunkt også denne sesongen.





**Figur 8.** Plassering av akustiske lyttebøyer i Sognefjorden (Holme, Gagernes, Solsne, Balestrand Vangsnes, Måren, Mjølsvik, Bekksneset, Hjartholm, Skredstivik, Kvernhusvika, Systemen og Flotevika, og i sidefjordane Lærdalsfjorden (Fodnes, Vindedal, Erdal S/N), Årdalsfjorden (Naddvik), Lusterfjorden (Urnes), Sogndalsfjorden (Fimreite) og Aurlandsfjorden (Breisnes). Bøyer i Lærdalselva og i elvemunning er og markert.

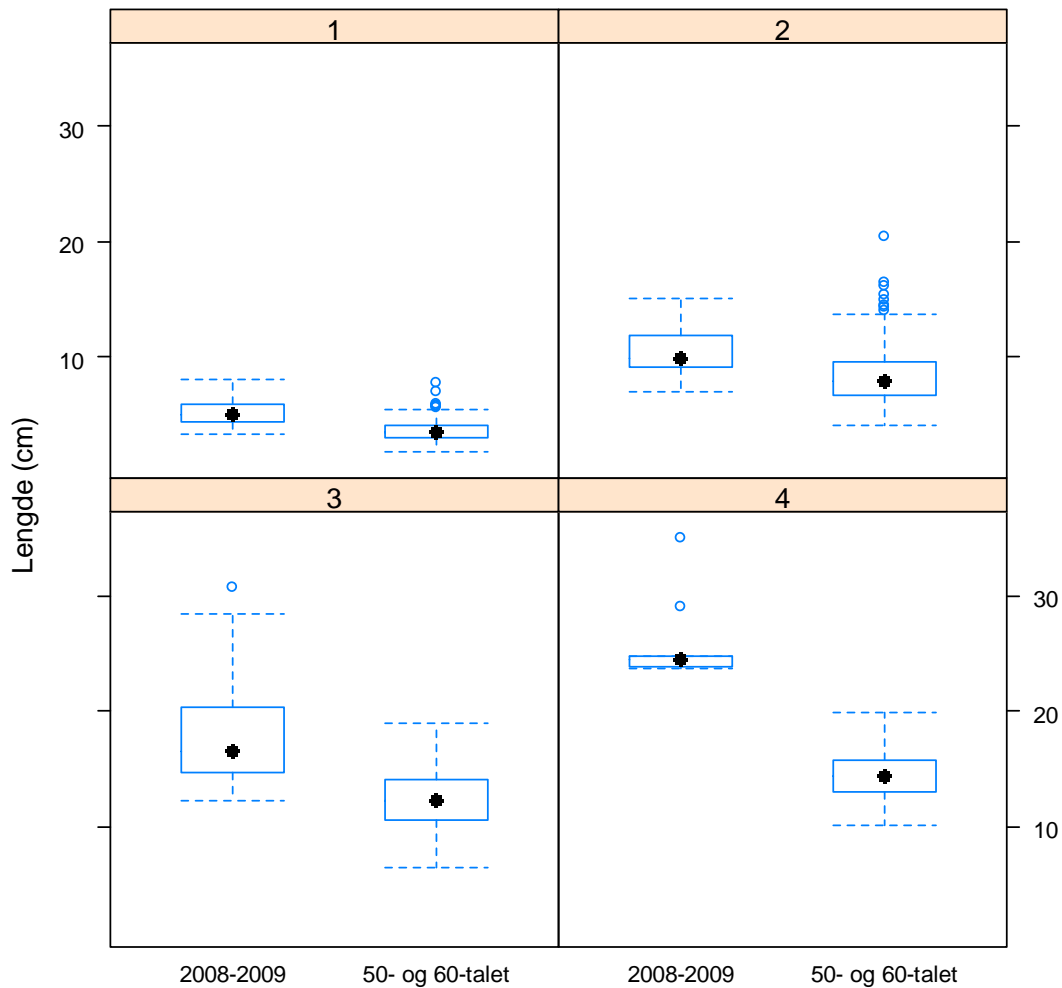
I dei vidare analysane la ein vekt på migrasjonsavstandar frå Lærdalselva, utvandringstidspunkt for vaksen fisk og smolt, samt i kva grad fisken oppheldt seg i dei ulike fjordsegmenta.

## 3. Resultat

### 3.1 Vekst og alder

#### 3.1.1 Vekst i ferskvatn

Basert på avlesningane av skjellprøver, var det ein signifikant økning i lengd ved ein gitt alder for alle ferskvannsaldrar mellom periodane 1950&1960 og 2008&2009 (Welsh Anova,  $t=5,7-7,7$ ,  $p<0.0001$ ). Som vist i **Figur 9**, var ferskvannsvæksten dermed betydeleg betre i nyare tid.



**Figur 9.** Box-plott av aldersspesifikke lengder hjå sjøaure frå Lærdalselva fanga i to ulike periodar. Tallet i panel-headerne indikerar ferskvannsalder. Lengdene utgjør tilbakebereikna lengder.

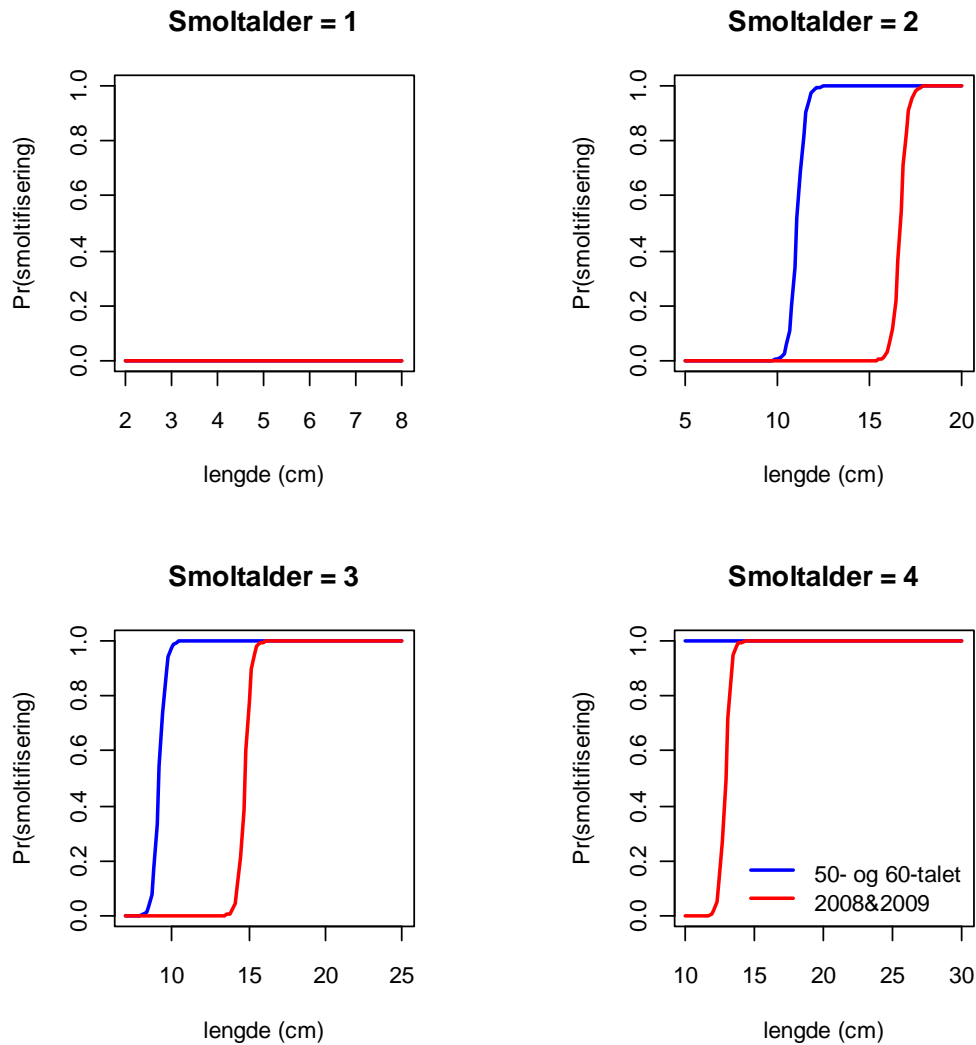
### 3.1.2 Smoltalder

Gjennomsnittleg alder ved første sjøvandring (smoltifisering) var  $3,0 \pm 0,67$  (SD) år i perioden 1950&1960. Dette var signifikant lågre smoltalder enn i perioden 2008&2009, då gjennomsnittleg smoltalder var  $3,5 \pm 0,66$  (Welsh Anova,  $t=$ ,  $p < 0.0003$ ) Lengde ved sjøvandring var signifikant større i nyere tid enn tidligere for sjøalder 1 og 2 (Welsh Anova,  $t=6,8$  og  $4,2$ ,  $p < 0.0001$  og  $p = 0.0007$ , respektivt), men ikkje signifikant større for eldre sjøaldre (Welsh Anova,  $t=1.9-2.1$ ,  $p > 0.07$ )- sjølv om tendensen fortsatt var den same.

### 3.1.3 Modelltilpassing av skjellprøvedata

Den beste GLMM modellstrukturen utgjorde reine additive effektar av lengde og alder, samt av periode. Resultata indikerar at reaksjonsnorma har lik form, men at den har forskjøve seg i både alder og lengdedimensjonen. Det er sterk støtte for ein periodeeffekt ved at AIC aukar med nesten 40 einingar om ein ekskluderar periode som effekt i modellen. Den nest beste modellen som har interaksjonseffekt mellom lengde, alder og periode hadde bare 4 einingar høgre AIC-verdi enn den reint additive modellen. Det kan difor være at den eigentlige endringa i reaksjonsnorma var meir

kompleks enn det vi finn støtte for i foreliggende data, men at dataene manglar power til å fange opp dette.

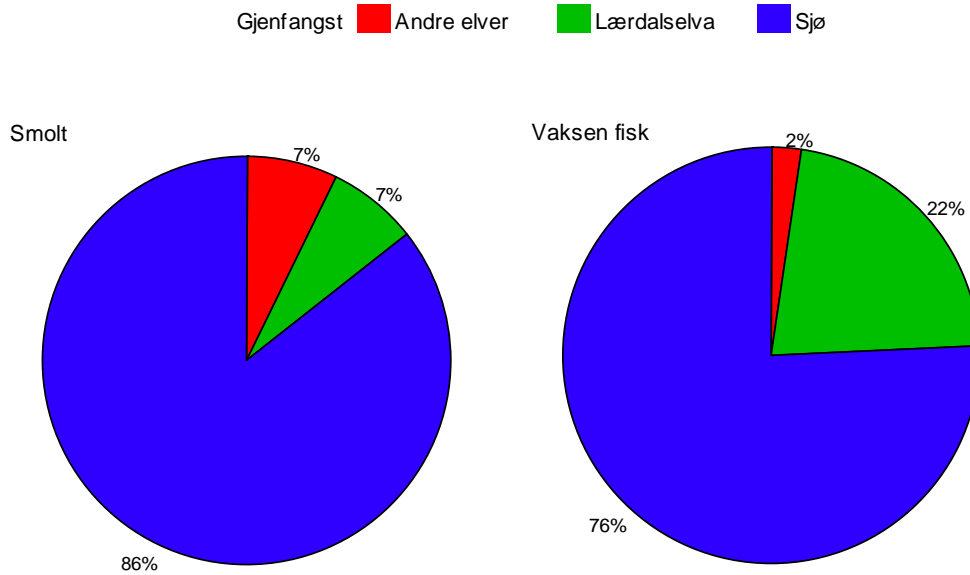


**Figur 10.** Estimerte reaksjonsnormar for smoltifisering for dei to periodane under samanlikning. Figurane angjev aldersspesifikke effektar av fiskelengd på sannsynlegheit for å smoltifisera.

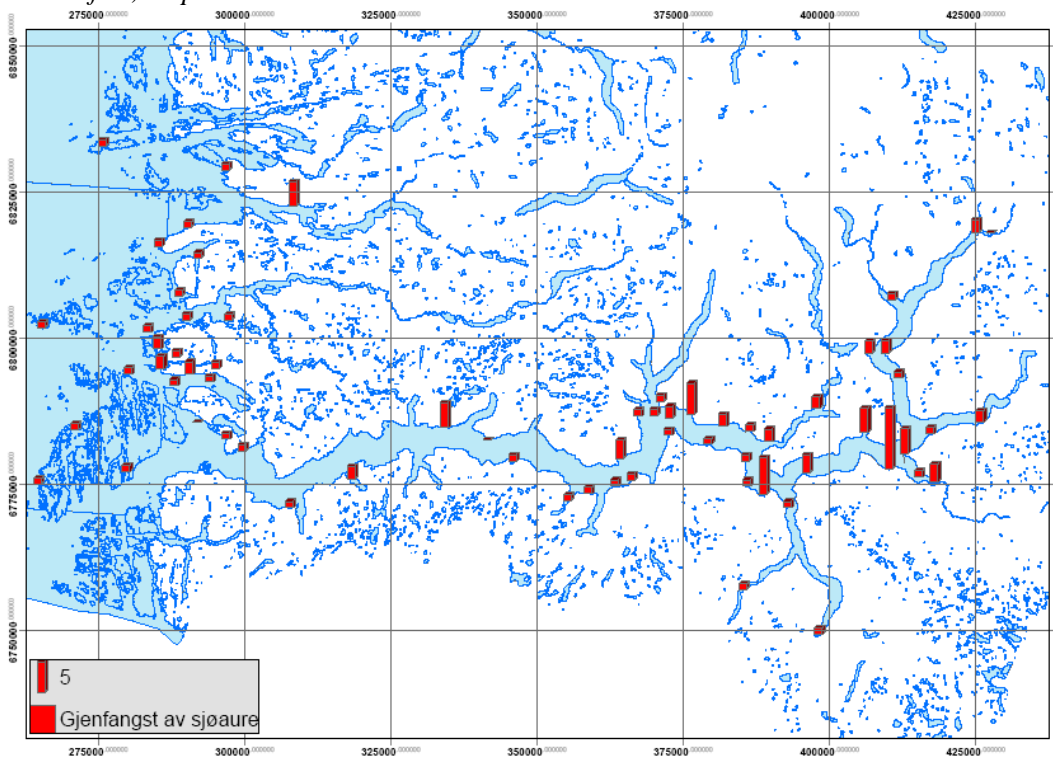
Avlesning av skjelprøver frå 1956 med ny metodikk (N=16) gav ein gjennomsnittleg smoltalder på 3,5 år.

### 3.2 Vandringsmønster

#### 3.2.1 Merke-gjenfangst data frå 1950-1965

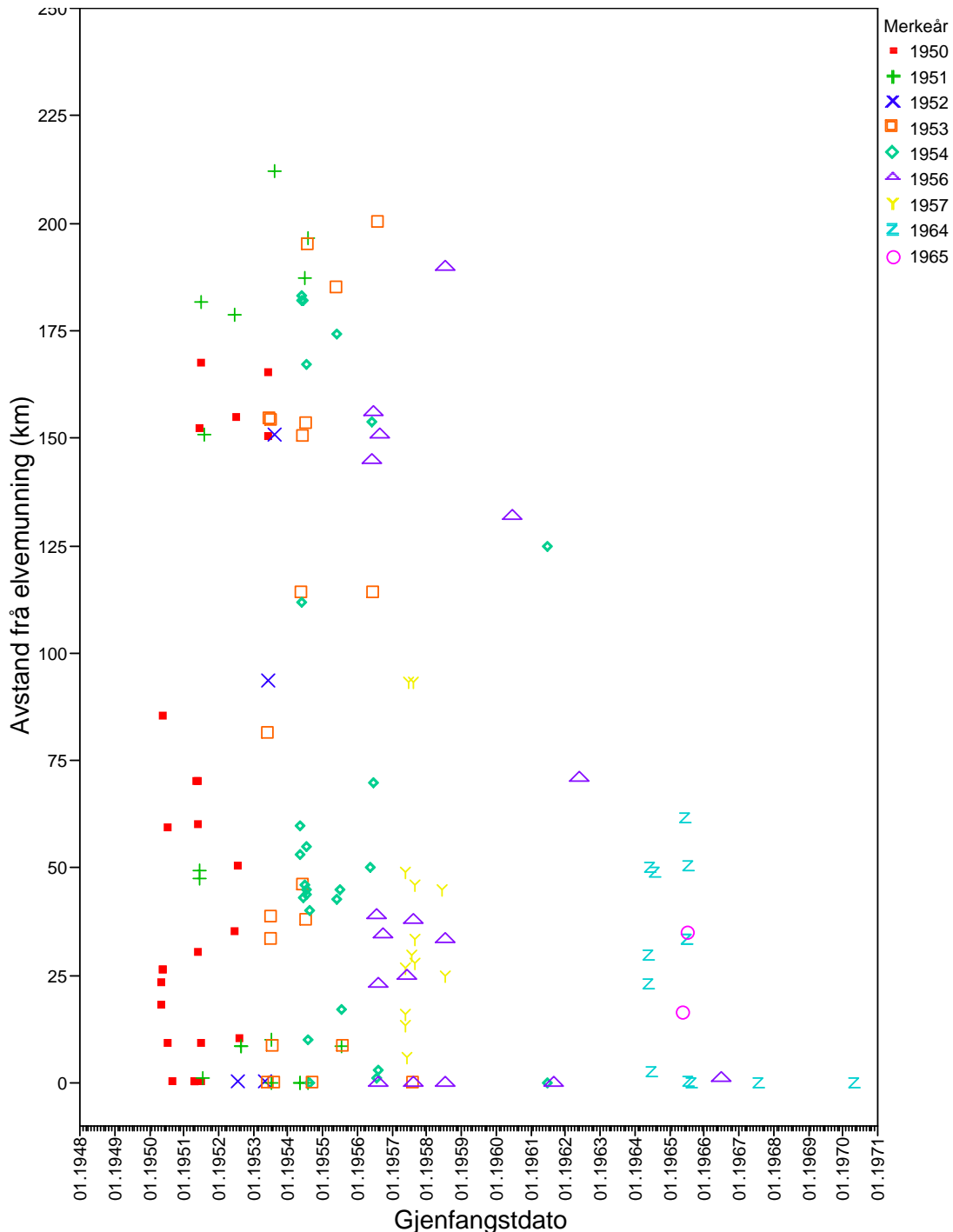


Figur 11. Gjenfangstar av fisk merkt i Lærdalselva i åra 1950 til 1965 fordelt på fisk gjenfanga i andre elvar, Lærdalselva og i sjø. Totalantal gjenfanga fisk var 14 (8%) og 136 (46%) for smolt og vaksen fisk, respektivt.



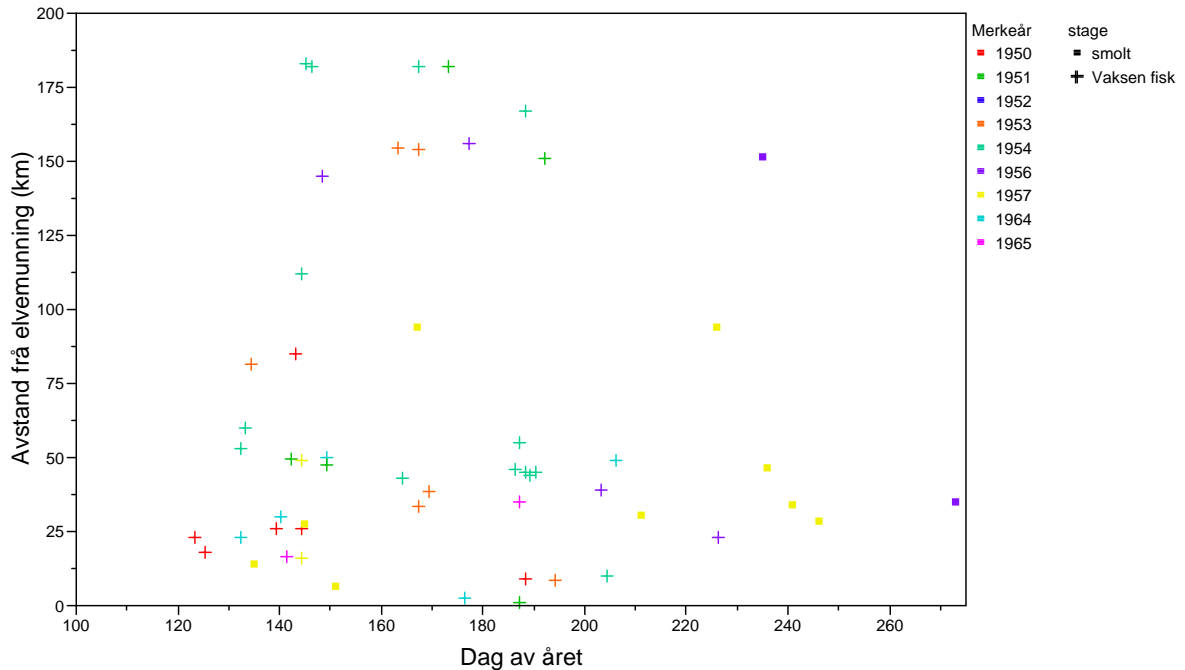
Figur 12. Oversikt over lokaliteter der det vart gjenfanga aure som vart merka i Lærdalselva i perioden 1950-1965.

For alle år var 276 voksne fisk merkt på våren og 19 på hausten i elvemunningen. Av den voksne fisken vart 136 fisk rapportert gjenfanga (46 %). Gjenfangstar av 19 fisk merkt på hausten var hovudsakleg i elvemunningen. Av 181 merka smolt, vart 14 gjenfangstar innrapportert.



**Figur 13.** Gjenfangst i sjø av vaksne sjøaure merka i Lærdalselva i sjøen frå åra 1950-1967 med avstand frå fangststad til munningen av Lærdalselva.. Nokon fisk vart fanga utanfor fylket er ekskludert. Desse vart gjenfanga i sjø ved Bergsøy (Herøy), Ytre Standal (Sykkylven), Kvalvåg (Tingvoll) og i elv i Gaula i Sør-Trøndelag.

45% av gjenfanga fisk vart gjenfanga same år som han vart merka. Desse dataene kan med sikkerheit nytjas til å seie noko om fisk som vandra ut frå Lærdalselva same år.

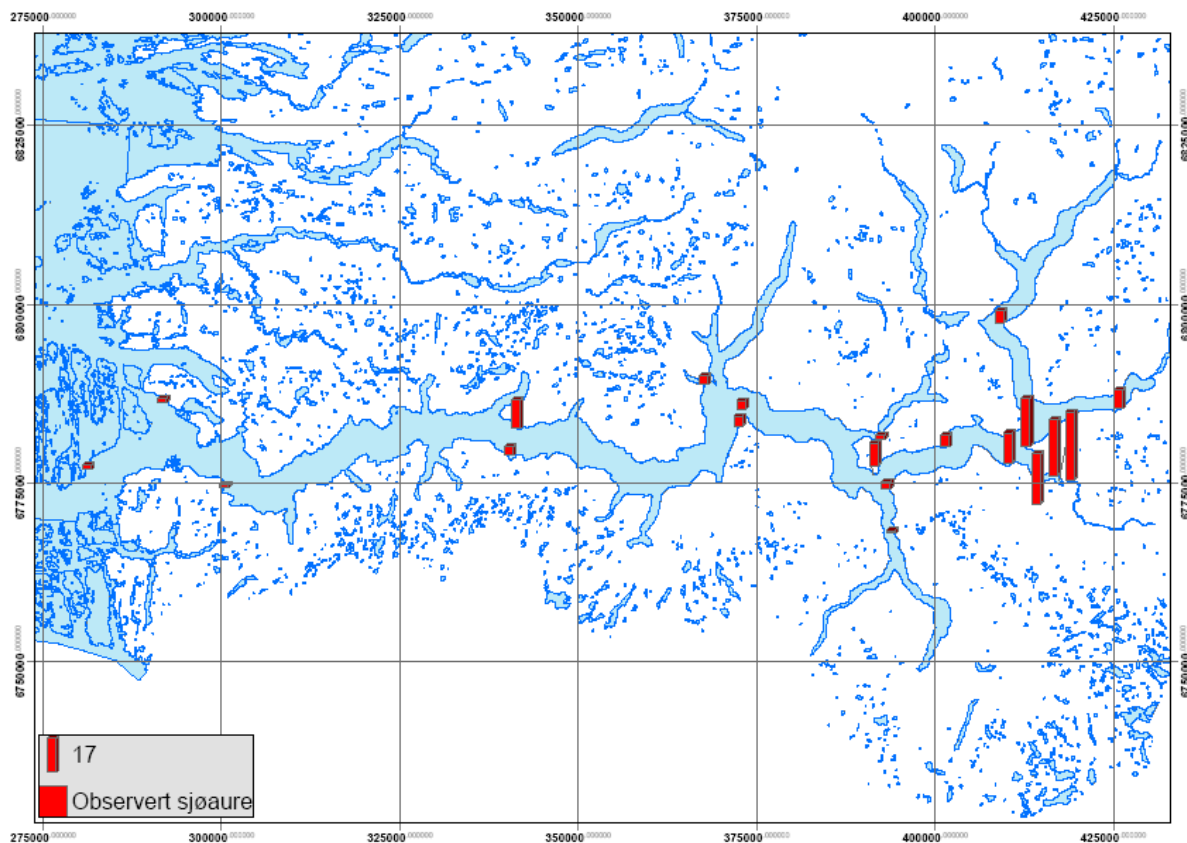


**Figur 14.** Tidspunkt for gjenfangstari sjø same år som merkeår av aure frå Lærdalselva, og avstand frå elvemunningen. Kryss representerar vaksen fisk, medan firkantar representerar smolt

Av **Figur 14** ser ein at fisk vert fanga i både indre og ytre delar av Sognefjorden gjennom heile sesongen. Smolt er og fanga i ytre delar, men i hovudsak i dei indre delane og seint på sesongen

### 3.2.2 Telemetristudie 2008-2010

Auresmolt vart merka på tre ulike stadar i Lærdalselva (Bjørkum-Langhølen, Skulehølen-Tønjumskvittli og Hauge-Rock) og fisk frå alle desse tre stadane er registrert i sjøen. Av desse er flest registrert i sjølve Lærdalsfjorden på lyttebøyene ved Erdal N/S, Vindedal, Fodnes og i sjølve elvemunningen (Fjord indre/ytre, Bruosen). Utover i Sognefjorden er det registrert tre auresmolt ved Holme (ID 108, 112, 130), to ved Solsnes (ID 102 og 108), tre ved Gagernes (ID 102, 108, 130) og ein ved Balestrand (ID 128) (Figur 22, 23 og 24). Innover Lusterfjorden ved Urnes er det registrert tre fisk (101, 107, 112) og i Årdalsfjorden ved Naddvik er det registrert fem fisk (ID 106, 112, 115, 123, 139) trass i liten tettleik av lyttebøyer i desse sidegreinene (figur 24). Ingen registreringar av auresmolt er gjort verken ved Fimreite Sogndalsfjorden eller ved Breisnes i Aurlandsfjorden.



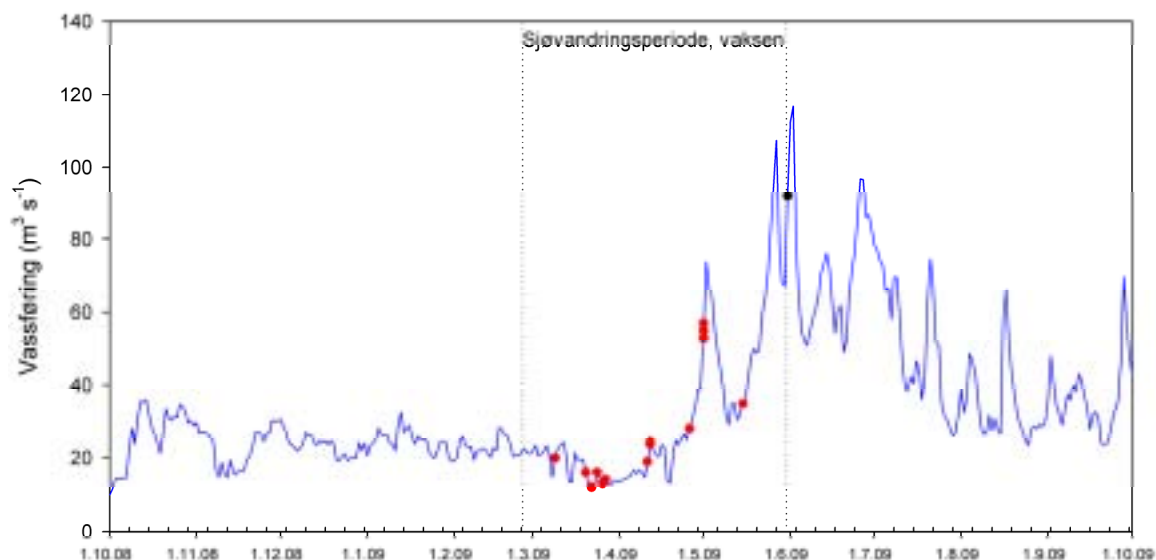
**Figur 15.** Oversikt over lokaliteter der det vart registrert aure som vart merka i Lærdalselva i perioden 2008-2009.

### Utvandringstidspunkt frå Lærdalselva våren 2009

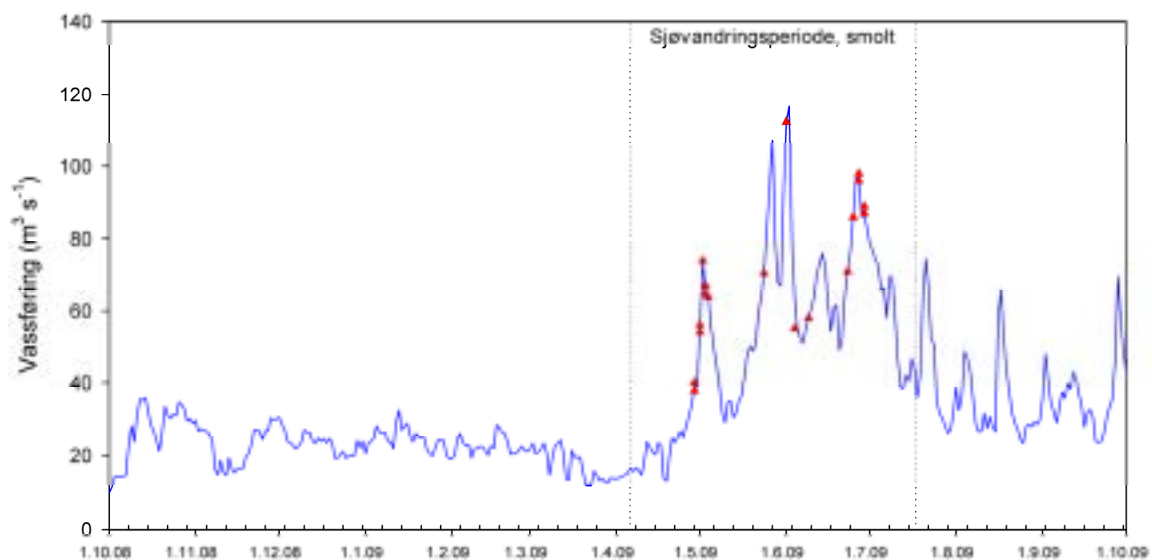
Utvandringstidspunkt på våren hos vinterstøingar (fisk som har gytt hausten 2008 og overvintra i Lærdalselva) og smolt er vist i **Figur 16** og **Figur 17**

For vinterstøingane ser utvandringa ut til å være lite avhengig av vassføring i første del av perioden, medan ein del fisk seinare i perioden vandrar på aukande vassføring

Auresmolten vandra ut i tidsrommet 29. april til 29. juni. Auresmolten har markerte toppar i utvandring og vandrar ut litt meir vilkårleg i forhold til miljøvariablane.



**Figur 16.** Utvandringstidspunkt for vinterstøingar av sjøaure merka i oktober 2008 frå Lærdalselva sesongen 2009. Blå linje angir vassføring ( $m^3/sec$ ), medan raude punkt angir tidspunkt for første registrering i indre Lærdalsfjord. Svart punkt angir ein fisk som truleg døydde i elva eller rett etter under utvandring. Vertikale stipla linjer angir 95% konfidensintervall for utvandringstidspunkt.

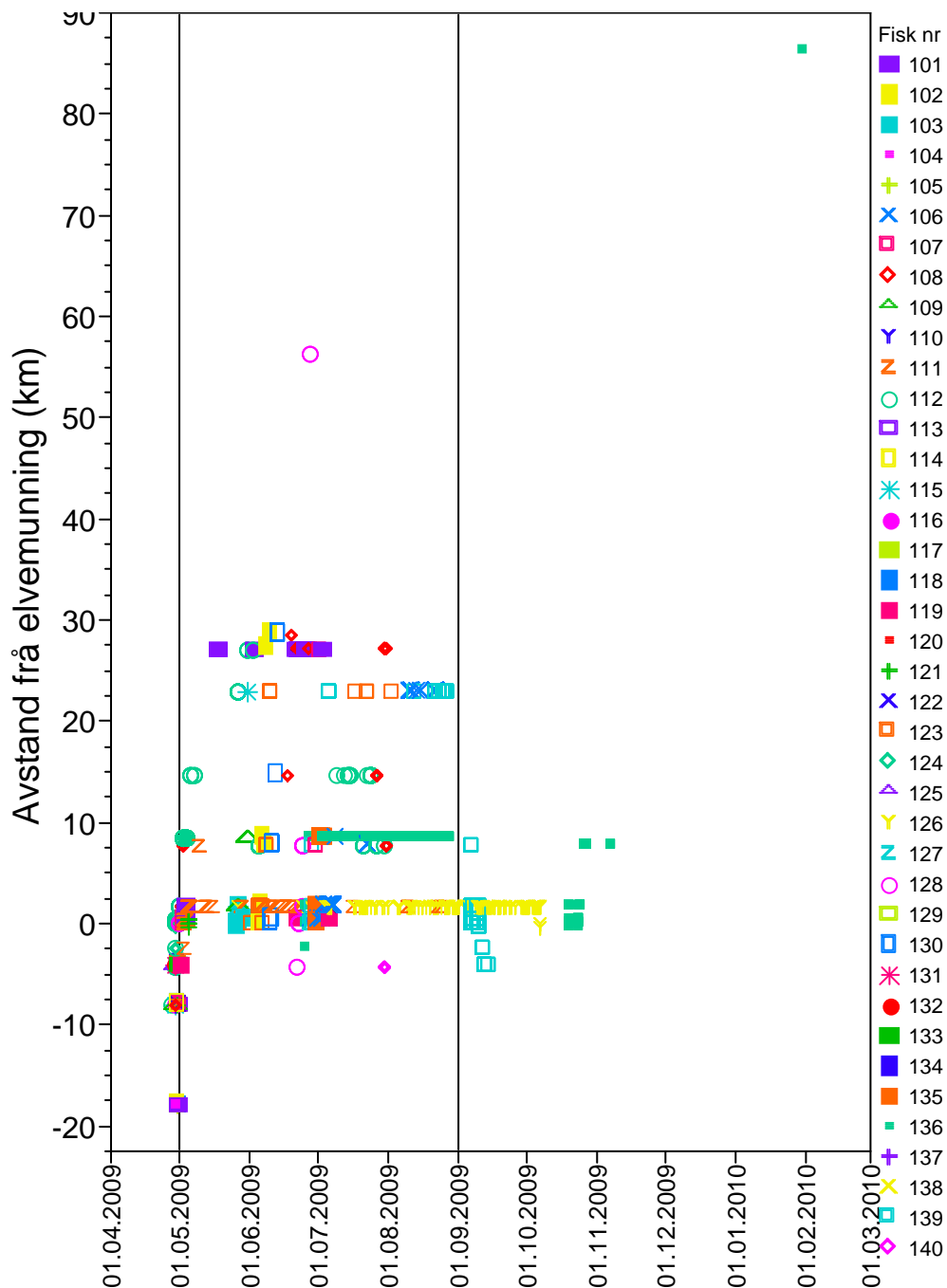


**Figur 17.** Utvandringstidspunkt for smolt av sjøaure frå Lærdalselva sesongen 2009. Blå linje angir vassføring ( $m^3/sec$ ), medan raude punkt angir tidspunkt for første registrering i elvemunning. Vertikale stipla linjer angir 95% konfidensintervall for utvandringstidspunkt.

### Registreringar i sjø

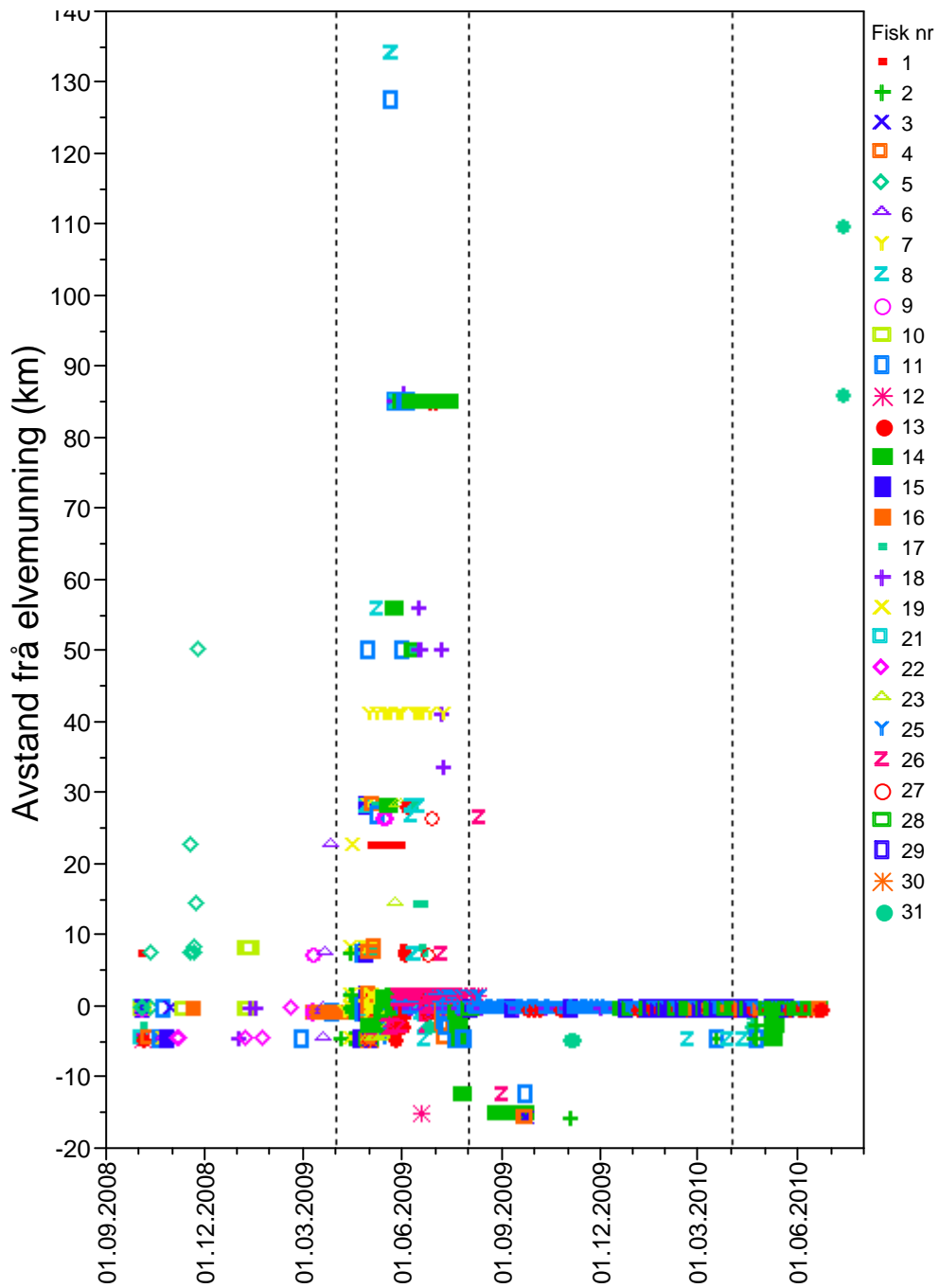
Av dei 40 antekne pre-smoltane av aure som vart merka sesongen 2009 i Lærdalselva, vart 21 registrert i sjø (**Figur 18**)



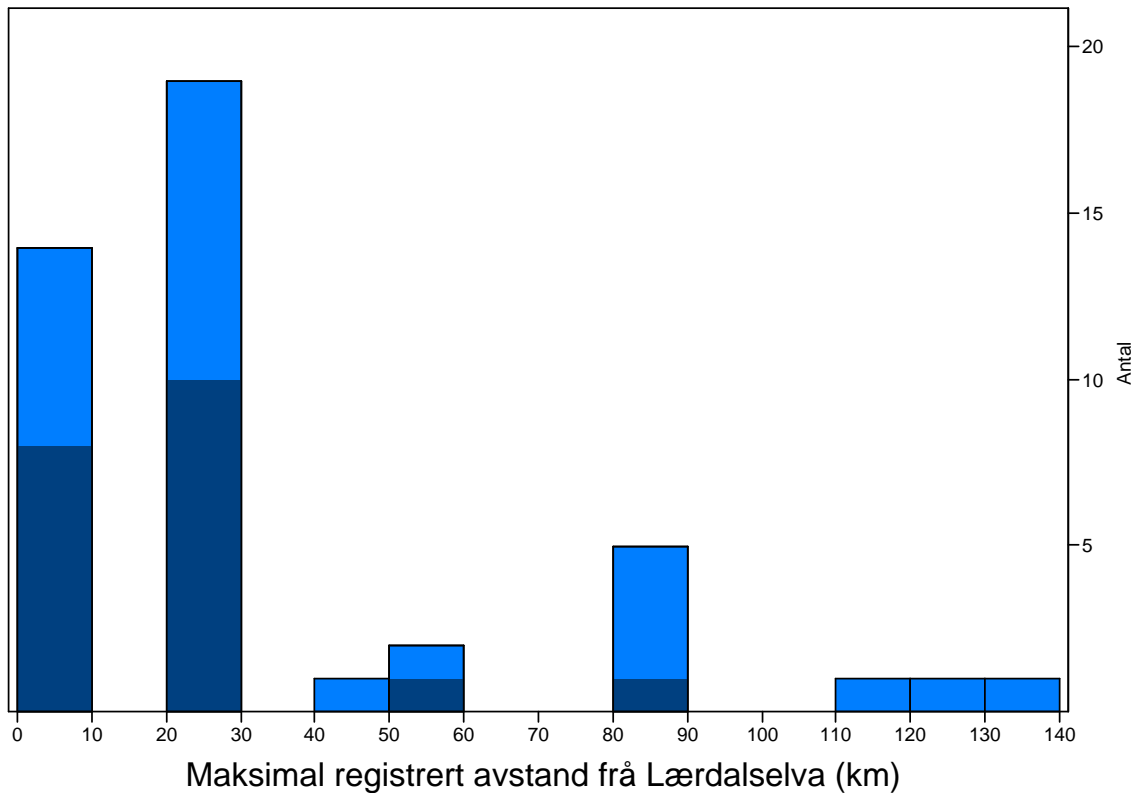


**Figur 18.** Registreringer av auresmolt med avstand frå elvemunning. All fisk merka våren 2009.

Vaksen aure merka hausten 2008 og våren 2009 blei i hovudsak registrert i sjøen gjennom vår – og sommarsesongen 2009. 4 av fiskane merka hausten 2008 vart og registrert i sjøen gjennom vinteren, medan dei resterande fiskane stod på elva til utvandring på våren. Gjennom vintersesongen 2009/2010 registrerast mange fisk i elveosen (**Figur 19**). Sommarvandringa syner ein del fisk langt ute i Sognefjorden på dei ytterste lyttebøyene. Ut fra data på både smolt og vaksen fisk vart minimusavstand fra elva bereikna (**Figur 20**)



Figur 19. Registreringer av vaksen aure merkt i 2008-2009 med avstand frå elvemunning.



**Figur 20.** Minimums registrert vandringsavstand på aure merka i perioden 2008-2009. Smolt er markert med mørkare farge

## 4. Diskusjon

### 4.1 Vekst og alder

Berekning av såkalla reaksjonsnormar, der ein modellerar sannsynligheten for smoltifisering ved en gitt veksthastighet vart utført. Ulikheiter mellom reaksjonsnormen mellom dei to tidsperiodane indikerar genetiske endringar i bestanden. Verifisering av avlesningane fra 50 og 60 talet blei utført på eit mindre antal skjel, og resultatane frå dette gjev indikasjon på noko ulik tolking, med eit resultat som likna meir på avlesningane frå nyare tid. Det er difor førebels ei viss usikkerheit knytta til ei direkte samanlikning av eldre og yngre materiale. Forskjellane mellom tidspunkta er samstundes så markante at ein ikkje skal utelukke at siklnadane i vekstmønster er reelle. Resultatane må sjåast i samband med storleiken på gytebestanden, og estimert/målt yngelproduksjon basert på denne, på dei to ulike tidspunkta. Om ein sett resultatata inn i ein økologisk samanheng, er den mest åpenbare skilnaden på tidspunkta ein mykje større laksebestand i eldre tid. Større konkurranse om ressursane mellom laks og aure i oppvekstfasen i elva burde kunne være ei god forklaring på lågre vekst og tidlegare smoltifisering hjå auren.

## 4.2 Vandringsmønster

### 4.2.1 Utvandringstidspunkt

Det eksisterar ikkje eksakte tal på utvandringstidspunkt frå Lærdalselva i dei eldre merke-gjenfangst studiane, men ein kan sjå på fangsstidane relatert til merkedato for å seie noko om dette. Merking på vårparten gjekk alle år føre seg mellom dag nr 102 til 123 av året, noko som tilsvarende tidsrommet 12. april til 3. mai. Av (**Figur 14**) ser ein at fangstane i sjø byrjar frå omlag dag 120, noko som tilsvarende byrjinga av mai. Kortaste tidsrom mellom merking og fangst i sjø er 16 dagar, og ein finn gjenfangstar meir enn 100 km frå elva frå 25 dagar etter merking. Ein del av dei gjenfanga fiskane må dermed ha vandra ut kort tid etter merking, og hatt ei høg vandringsfart utover fjorden.

Data frå telemetristudia gjev ein sterk indikasjon på at hovudmengden vaksen sjøaure vandrar ut tidlegare enn auresmolten, og for 2009 sitt tilfelle i forkant av vassførings (og temperatur) auke (**Figur 16**). Smolten vandrar seinare på våren (**Figur 17**), og det er vist godt samsvar mellom utvandringstoppane til auresmolten og laksesmolten (Urke et al, 2010). Desse resultatane indikerar at vinterstøingar vandrar ut tidlegare, og på andre stimuli, enn smolten, og at mykje vaksen fisk allereie kan ha vandra på sjøen før merking tok til i elva på våren, både i det eldre datasettet og ved merking i 2009. I dei nye studia ser ein og eit mønster der ein del fisk vandrar snøgt ut mot ytre deler av fjorden (**Figur 19**) medan andre kun er registrert i dei indre delane (**Figur 20**). Det ser difor ut til at vandringsmønsteret frå eldre tid fortsatt kan gjelde i dag.

### 4.2.2 Vandringsavstandar

Som vist i **Figur 12**, er fangstane i eldre tid størst nær elva, men med ein markant topp i fangstane også i ytre fjordområde. Dette kan være ein konsekvens av ulik fangstinnsats, men det er viktig å merke seg at mykje av fangsten i indre del kan være fisk på veg mellom elva og fødeområde. Ein må konkludera med at ein stor del, om ikkje størstedelen, av bestanden av vaksen Lærdalsaure nytta ytre fjordstrøk og fjordmunningen som eit viktig fødeområde i eldre tid. I dei nye studia ser ein eit liknande mønster, men med ein noko mindre andel fisk registrert i ytre fjordstrøk. Her må ein hugse på at dekninga av lyttebøyer er lågare, slik at ein ikkje kan reikne med at all fisk registrerast like effektivt som i Lærdalsfjorden og indre fjordstrøk fisken må vandra gjennom for å komme seg utover. **minimum** observerte vandringsavstanden gjengitt i **Figur 20** er difor eit svært konservativt tal.

Smolt frå dei eldre merkestudiane er gjenfanga i ytre delar, men i hovudsak i dei indre delane og seint på sesongen. I telemetristudiane forlet smolten i hovudsak Lærdalsfjorden, og ser ut til å nytta både indre halvdel av sjølve Sognefjorden og dei nordlege sidegreinene som sine primære område. Dette indikerer at Aurland- og Sogndalsfjorden ikkje er eit like viktig oppvekstområde for auresmolt frå Lærdalselva, samanlikna med delar av Årdal- og Lusterfjorden. I materialet har ein både fisk som oppheld seg i Lærdalsfjorden gjennom heile forsøksperioden (1 stk.), fisk som vandrar mellom Luster-Årdal og Gagernes-Holme-Fodnes, samt auresmolt som ser ut til å ha ein meir retningsbestemt vandring utover i Sognefjorden. Auren i Lærdal bruker til dømes kortare tid i elvemunningen enn det som er dokumentert i Eresfjorden med fisk frå Eira (Finstad *et al.*, 2005, Thorstad *et al.*, 2007). Ein har også registrert postsmolt av aure som kjem tilbake til Lærdalselva etter eit sjøopphald på 9 -11 veker (Urke et al 2010).

## 5. Oppsummering

Vekst i ferskvatn og alder/storleik ved smoltifisering er trekk som synast å ha endra seg mellom dei to undersøkte periodane i denne studien, med ein betre vekst og høgare alder/storleik ved første gongs sjøvandring i dag.

Utvandringsperioda i eldre tid er ukjent, men gode fangstar i merkestudia i april tyder på at ein del fisk stod igjen på elva til byrjinga av mai. I telemetristudia frå 2008-2009 ser vinterstøingane ut til å vandre ut før vassførings- og temperaturauke tar til i elva, medan smolten vandrar på vassføringsauker i mai/juni. Ein må understreka at eit år med utvandringsdata ikkje er godt nok til å dra generelle slutningar på dette punktet.

Vandringane i sjøen er lange, og til dels mykje lengre enn rapportert i andre studie på aure, både for eldre fisk og smolt. Dette mønsteret verkar være nokså likt for dei to periodane, men moglegens med ein nokre større andel fisk som vandrar til fjordmunningen i dei eldre studia. Det er ikkje mogleg å korrigere dette talet for fangsttinsats på dei ulike segmenta av fjorden, så hovudkonklusjonen blir at store delar av bestanden nyttar seg av ytre fjordstrøk og fjordmunningen som sitt marine fødeområde.

Vandringsfarta kan være høg, så aure frå Lærdalselva kan være i fjordmunningen 2-3 veker etter utvandring frå elva. Opphaldstida i det marine miljø er varierende, og ein ser døme på fisk som oppheld seg i sjøen i vinterhalvåret.

I samband med trugsmålsvurderingar knytt til det marine miljø, viser desse resultatata at Lærdalsauren nyttar seg av store delar av fjordsystemet og kystnære strøk, og at tiltak knytt til å ivareta stammen bør omfatta granskingar av heile Sognefjorden med tilgrensande område.

## 6. Referansar

Asplin, L., Boxaspen, K, and Sandvik, A.D. 2004. Modelled distribution of salmon lice in a Norwegian fjord. ICES CM 2004/P:1, 12 pp.

Anonym 2007. Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. Stortingsproposisjon nr. 32 (2006-2007), Miljøverndepartementet, Oslo, 143 sider.

Anon. 2010. Status for norske laksebestander i 2010. Rapport frå Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 2, 213 s. ISBN: 978-82-93038-02-3.

Berg, O.K. and Berg, M. (1989). The duration of the sea and freshwater residence of the sea trout, *salmo trutta*, from the Vardnes River in northern Norway. *Environmental Biology of Fishes*. 24. 23-32.

Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø. & Hvidsten, N.A. 2010. Nasjonal lakselusovervåking 2009 på ville bestander av laks, sjørørret og sjørøye langs Norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder - NINA Rapport 547. 50s

Direktoratet for naturforvaltning. 2009. Bestandsutvikling hos sjørørret og forslag til forvaltningstiltak. Notat 2009- 1. 28s.

Euzenat, G. (1999). Sea trout (*Salmo trutta* L.) in Normandy and Picardy. In Bagliniere, J.L. & Maise, G., eds. *Biology and ecology of the brown trout and sea trout*. Berlin: Springer-Praxis series in Aquaculture and Fisheries, pp 175-203.

Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E.b. et al. (2005). Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Journal of Fish Biology* 66, 86-96.

Gladsø, J.A. (2009) Ungfiskregistreringar i Lærdalselva 2006-2008. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane Rapport nr 15-2009. ISBN 978-82-9277718-3

Hansen, L. P. 1993. Movement and migration of salmon at sea. In Mills, D. (ed) "Salmon in the sea and new enhancement strategies". Fishing News Books. Blackwell, Oxford.

Hoar, W. S. 1988. The physiology of smolting salmonids. In "Fish physiology" Hoar, W. S. and Randall, D. J. (eds). Academic Press, New York. XIB: 275-343.

Jonsson, B., Jonsson, N. and Hansen, L. P. 1991. Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatchery-reared Atlantic salmon in nature. *Aquaculture* 98: 67-78.

Jonsson, N., Jonsson, B. & Hanssen, L.P. (1995) Brown trout (*salmo trutta* released to support recreational fishing in a Norwegian fjord. *Journal of Fish Biology*. 39: 739-744.

Jonsson, N & Jonsson, B.O. (2002). Migration of anadromous brown trout in a Norwegian river. *Freshwater Biology* 47. 1-11.

Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. and Mortensen, E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecol. Freshw. Fish* 12:1-59.

Lacroix, G. L., McCurdy, P. & Knox, D. 2004. Migration of Atlantic salmon postsmolts in relation to habitat use in a coastal system. *Transactions of the American Fisheries Society* 133, 1455-1471

Moore, A., Lacroix, G. L. and Sturlaugsson, J. 2000. Tracking Atlantic salmon postsmolts in the sea. In *The Ocean Life of Atlantic Salmon: Environmental and Biological Factors Influencing Survival* (Mills, D. D., ed.), pp. 49-64. Oxford: Fishing News Books.

Nall, H.G. 1932. Sea trout of the Laerdal: A report on their rate of growth with short notes on samples from three other Norwegian rivers. *Salmon and Trout Magazine*, Dec. 1932, 1-12.

Nordeng, H. og Jonsson, B. 1978. Skjell, øresteiner og gjellelokk til aldersbestemmelse av fisk. *Fauna* 31: 184-194.

Pettersen, R., Hytterød, S., Mo, T.A., Hagen, A.G., Flodmark, L., Høgberget, R., Olsen, N., Kjørnes, A.J. Øxnedvad, S., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R., Moen, A. and Lydersen, E. 2006. Chemical Treatment against *Gyrodactylus salaris* in River Lærdalselva 2005/2006. NIVA Report. Serial No 5239-2006. ISBN: 82-577-4962-1. In Norwegian, abstract in English, 26 pp.

Plantalech Manel-La, N., Chittenden, C.M., Økland, F., Thorstad, E.B., Davidsen, J.G., Sivertsgård, R., McKinley, R.S. & Finstad, B. 2011. Does river of origin influence the early marine migratory performance of *Salmo salar*?. *Journal of Fish Biology* 78. 624-634.

Rikardsen, A.H., Diserud, O., Elliott, J.M, Dempson, J.B., Sturlaugsson, J. & Jensen, A. (2007). The marine temperature and depth preferences of Arctic charr and sea trout, as recorded by data storage tags. *Fisheries oceanography* 16, 436-447.

Rosseland, L. 1965. Rapport om utførte lakseundersøkelser m.v. Vedlegg til Fiskeriinspektørens årsmelding for årene 1951-1962.

Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No 952. Ix + 39p.

Solbakken, R., Henriksen, K., Reitan, K.I., Arff, J., Ellingsen, I.H., Hindar, K., Robertsen, G., Finstad, B., Aas, Ø., Johnsen, B.O. (2011). Innsamling og sammenstilling av relevant kunnskap om Sognefjorden. Sintef Fiskeri og Havbruk AS. Rapport nr A20471. ISBN 978-82-14-050208-4. 101 s.

Sættem, L.M. (2010). Lærdalselva, Lærdal kommune, Sogn og Fjordane. Registrering av anadrom gytefisk høsten 2010.

Thorstad, E., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgaård, R., Plantalech, N., Bjørn, P.A. and McKinley, R. S. 2007. Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts *Hydrobiologia* 582:99–107.

Urke, H. A, Bjørnsen, J. E., Knight, C., Kristensen, T. and Alfredsen, J. A. 2009. An acoustic transmitter tag with statistical processing capacity – application to the study of depth and thermal habitat preferences of sea trout (*Salmo trutta*) in a Norwegian river-fjord system. Abstract 8th Conference on Fish Telemetry Umeå, Sweden September 14-18, 2009

Urke H. A., Koksvis, J., Arnekleiv, J. V., Hindar, K., Kroglund, F. and Kristensen, T. 2010a. Seawater tolerance of downstream migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*) and *S.salar* –x *S.trutta* , *Fish Physiology and Biochemistry*. 36, 845-853. DOI 10.1007/s10695-009-9359-x.

Urke, H. A. Kristensen, T., Alfredsen, K.T., Daae, K. L.D. og Alfredsen, J.A. 2010b. Utvandringstidspunkt og marin åtfærd hjå smolt frå Lærdalselva. NIVA rapport. 6033-2010 48 sider.

Wedemeyer, G. A. 1996. *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman & Hall.

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)