

Ei teoretisk vurdering av  
verknadene av  
utsleppa frå Hylen kraftverk  
på tilbakevandringa av laks  
til Suldalslågen



Kurt Urdal,  
Harald Sægrov  
og  
Geir Helge Johnsen

Rådgivende Biologer AS  
INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

Rapport nr. 156, april 1994.



# Rådgivende Biologer AS

---

## INSTITUTT FOR MILJØFORSKNING

### RAPPORTENS TITTEL:

Ei teoretisk vurdering av verknadene av utsleppa fra Hylen kraftverk  
på tilbakevandringa av laks til Suldsalslågen

### FORFATTERE:

Cand.scient. Kurt Urdal

Cand.real. Harald Sægrov

Dr.philos. Geir Helge Johnsen

### OPPDRAKTSGIVER:

Statkraft Engineering, ved Finn Gravem, Postboks 191, 1322 HØVIK

### OPPDRAKET GITT:

17 mars 1995

### ARBEIDET UTFØRT:

Mars-april 1995

### RAPPORT DATO:

28.april 1995

### RAPPORT NR:

156

### ANTALL SIDER:

23

### ISBN NR:

ISBN 82-7658-051-3

### RAPPORT KONKLUSJON:

Det føreligg fagleg sett bedre argument for drift av Hylen kraftverk i juni-juli enn for stans. Dette byggjer på teoretiske vurderinger ut fra det ein i dag veit om laksevandringer og kva forhold som pregar fisken ved utvandring. For fisken er det viktig at det er tilskap i systemet ved ut- og innvandring. Oppgangen av laks i Suldsalslågen synes ikke å ha endra seg etter Olje-Førre utbygginga. Flest laks går framleis opp i elva i august-september da Hylen kraftverk er i drift.

### EMNEORD:

### SUBJECT ITEMS:

- Laks  
- Heimsökling  
- Vasskraftregulering

- Atlantic salmon  
- Hornung  
- Hydroelectric power regulation

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS  
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen  
Foretaksnr. 843667032  
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75



## FØREORD

Rådgivende Biologer as. har etter oppdrag frå Statkraft Engineering, gjennomført ei teoretisk vurdering av verknadene av utsleppa frå Hylen kraftverk på tilbakevandringa av laks til Suldalslågen. For å betra grunnlaget for vurderingar av Suldalslaksen sine tilhøve ved gytevandringa, er det føreteke ein litteraturgjennomgang på laksevandringar generelt. Dette vert så samanhalde med den kunnskapen ein sit inne med om Suldalslågen og laksen der. Utfrå dette er det gjort vurderingar av kva verknader ein kan venta drift av Hylen kraftverk kan ha på Suldalslaksen sine vandringar i Sandsfjordsystemet.

Denne rapporten inneheld ei oppdatering av kjent kunnskap om laksevandring generelt og ein spesiell del der denne kunnskapen vert nytta til å evaluera verknadene av drift av Hylen kraftverk på vandringane til Suldalslaksen. Litteraturen som her er gjennomgått er oppdatert til og med 1994. Mykje av forskinga er gjort på ulike artar av stillehavslaks (*Oncorhynchus spp.*), men det generelle mønsteret ved laksevandringar gjer at det meste har relevans også for atlantisk laks. I dei tilfella det er avvik mellom atlantisk og stillehavslaks vil dette verta understreka.

Nokre av referansane er sekundære (t.d. "Meerburg 1986, referert i Stabell 1987"). Dette inneber at me ikkje har fått tak i originalartikkelen, på grunn av begrense tid ved gjennomføringa av arbeidet,- og har då referert denne artikkelen utan sjølv å ha lese han. Av dei artiklane me har gått gjennom er følgjande særleg anbefalt lesnad ved introduksjon til temaet:

*Quinn & Dittman 1990: "Pacific salmon migrations and homing: Mechanisms and adaptive significance"*

*Quinn 1993: "A review of homing and straying of wild and hatchery-produced salmon"*

*Hansen et al. 1993: "Oceanic migration of homing Atlantic salmon"*

*Hansen & Jonsson 1994: "Homing of Atlantic salmon: Effects of juvenile learning on transplanted post-spawners"*

Fullstendige referansar står i referanselista. Vidare har me i heile arbeidet nytta det engelske ordet "homing", som på norsk tyder "heimsøkjing". Dette er grunna at ordet i seg sjølv er innarbeidd i vanleg fagterminologi.

Rådgivende Biologer as. ynskjer å takke Harald Lura, Antonio B.S. Paleo, Finn R. Gravem, Sigurd K. Bjørntuft og Leif Lillehammer, for deres sin kritiske gjennomgang av rapporten, og takkar Statkraft Engineering ved Finn R. Gravem for oppdraget.

Bergen, 19. mai 1995.



## INNHOLD

FØREORD .....	3
INNHOLD .....	4
SAMANDRAG .....	5
LAKSEN SIN LIVSSYKLUS OG VANDRINGAR .....	6
Livssyklus .....	6
Laksevandringar .....	6
Bakgrunn og hypotesar .....	6
Preging ved utvandring frå elv .....	7
Vandring i sjø .....	9
Homing i elva .....	11
SULDALSSYSTEMET .....	13
Vassdraget .....	13
Fjordsystemet .....	14
LAKSEN I SULDALSSYSTEMET .....	16
Laksen i Suldal .....	16
Preging ved utvandring frå elva .....	16
Vandring i sjø .....	16
Homing i elva .....	17
Feilvandringar .....	18
Scenario .....	19
OPPSUMMERING .....	20
REFERANSELISTE .....	20



## SAMANDRAG

Rådgivende Biologer as. har etter oppdrag frå Statkraft Engineering, gjennomført ei teoretisk vurdering av verknadene av utsippene frå Hylen kraftverk på tilbakevandringa av laks til Suldalslågen. Vurderinga byggjer på ein teoretisk gjennomgang av føreliggande kunnskap om laksen sine vandringar, kva som regulerar desse og korleis dette sannsynlegvis er i Suldalssystemet.

### GENERELET OM LAKS

- Laksesmolten vert prega på elvevatnet i heimeelva under utvandringa. Preginga synest å inkludera diskriminering av sideelvar. Laksesmolt kan pregast på kunstige luktstoff men kva slags substansar han normalt vert prega på er uklart.
- Feromonhypotesa er avvist, sjølv om laksen er i stand til å diskriminera mellom slektingar eller sambuarar og framand fisk.
- Kort eksponeringstid (pregingsperiode) er vist å gje dårligare preging på utsett fisk.
- Ein konsekvens av preging er at dersom vasskjernien endrar seg etter at smolten har forleite elva vil den vaksne fisken få problem med å finna attende.
- Til og frå beiteområda i havet orienterer laksen etter ein nedarva kompassretning. Det er framleis uklart om denne retninga er bestemt av magnetfelt, solvinkel, polarisert lys, stjernebilete, lågfrekvent lyd eller kombinasjonar av desse.
- I fjordsistema har laksen ei åferd som inkluderer raske horisontale og vertikale kryssingar som tyder på at han leitar etter luktstoff i ferskvasslag, eventuelt med andre komponentar i eit minnebilete.
- Laksen er i stand til å finna attende til oppvekststaden i elva, noko som er ein føresetnad for fleire lokale populasjoner innan same vassdraget.

### LAKSEN I SULDALSSYSTEMET

- Suldalslågen er rekna som lakseførande på den 22 km lange elvestrekninga frå Suldalsvatnet til sjøen. Det er den kjemiske samansettinga i vatnet frå denne elvestrekninga, inkludert sideelvar som pregar utvandrante laksesmolt i april/mai.
- Nyare forsking har avvist feromon-hypotesa i si opprinnelige form og denne ville uansett ikkje vere relevant for den aktuelle problemstillinga knytta til eventuell feilvandring i samband med drift av Hylen kraftstasjon.
- I Sandsfjorden må laksesmolten læra å skilja den ferske overflatestraumen frå Suldalslågen (heimeelva) frå ein fersk overflatestraum frå Saudafjorden (<5%) og ein brakkvasstraum frå Hylsfjorden (>14%). Det er vesentleg å merkja seg at laksesmolten på veg ut har lært at det finst ein brakkvasstraum frå Hylsfjorden.
- På veg heim er systemlikskap viktig for laksen dersom han skal finna attende. Stans i drifta av Hylen kraftverk representerer ei endring i systemet, noko som kan skape forvirring.
- I elvenære område held laksen seg i overflatelaget og einkvar laks som kjem inn i Sandsfjorden er tvungen til å treffa på beltet av ferskvatn frå Suldalslågen som går på tvers av fjorden. Ein godt prega fisk kan ikkje ta feil dersom systemet er intakt. Dette tilseier også at fisken bør finna elva sjølv om Hylen kraftverk står. Tilførsle av ekstra magasinvatn til Suldalslågen kan riktignok skape forvirring.

### KONKLUSJON

- Ut frå det ein i dag veit om laksevandringar og spesielt systemlikskap ved ut- og innvandring, er det betre argument for drift av Hylen kraftverk i juni-juli enn for stans. Dette er teoretiske vurderingar og effektane er ikkje testa. Det er likevel eit viktig argument at oppgangen av laks i Suldalslågen ikkje synest å ha endra seg etter Ulla-Førre utbygginga ved at flest laks går opp i elva i august-september då Hylen kraftverk er i drift.



## LAKSEN SIN LIVSSYKLUS OG VANDRINGAR

Denne delen av rapporten inneholder ei generell kortfatta oversikt over laksen sin livssyklus og ein oppdatert oversikt over laks og vandringane hans frå han forlet elva som smolt til han vender attende til elva for å gyta.

### LIVSSYKLUS

Lakseggene vert gravne ned i grusen om hausten, 15-30 cm under overflata, der dei klekkjer etter 70-160 dagar først og fremst avhengig av vasstemperatur (Stabell 1987; Heggberget 1988). Etter klekking held plommesekkyngele seg nede i grusen i omlag 3-4 veker, og når plommesekkyngele er mest oppbrukt kjem dei opp av grusen og startar for alvor å ta til seg næring. Yngelen held seg i elva i 2-5 år før den smoltifiserer. Oppveksttida er bestemt av vasstemperatur og næringstilgang og hovudregelen er at veksttid i elv aukar med breiddgrad (Thorpe 1989). Men temperaturvariasjonane er også store mellom elvar på tilnærma same breiddgrad. Eksempelvis er Oselva i Hordaland ei varm elv utan store smeltevasstoppar og her går laksen ut etter to år i elv. Flåmselva i Sogn og Fjordane er på den andre sida ei kald elv med sommarvassføring dominert av smeltevatn og her går ikkje laksen ut før som 5-åring (Sægrov 1995).

Dersom ungfisken har nådd over ein viss storleik om hausten, smoltifiserer den neste vår og går ut i sjøen. (Metcalfe & Thorpe 1990?) Normal smoltlengd i Vestlandselvar er 12-15cm, men smoltalder er avhengig av vekst hastighet og smoltlengda aukar litt med aukande smoltalder (Økland et al. 1993)

Opphaldstid i sjø varierer og er genetisk bestemt, dvs. stammespesifik (Meerburg 1986, referert i Stabell 1987). Norsk laks beiter hovudsakleg i det nordlege Norskehavet, enkelte så langt vest som Grønland (Hansen 1988, referert i Hansen et al. 1993). Etter 1-5 år returnerer laksen til norskekysten i perioden mai-juli og går opp i elvane der han gyt om hausten/tidleg vinter. Gytetida varierer mellom stammar og er sannsynlegvis genetisk betinga (Heggberget 1988; Lura & Sægrov 1993). I Suldalslågen gyt laksen først i desember - januar, altså svært seint (Heggberget et al. 1994).

### LAKSEVANDRINGAR

#### BAKGRUNN OG HYPOTESER

Eitt av dei store mysteria opp gjennom åra har vore laksens vandringar frå heimelva til havet og attende. Trass i mykke forsking på dette området og er det usenyttig om korleis laksen navigerer. Enkelte hevdar at returmigrasjonen frå havet er retningsbestemt, andre meiner det er tilfeldig søking. To hovud-hypoteser om mekanismane bak laksens vandringar ligg føre:

- Feromon-hypotesa:** Nordeng (1977) hevdar at kjønnsmogen laks har ei nedarva attkjennung av populasjonsspesifikke feromon og navigatorer attende til heimeelva ved hjelp av feromon utskild av beslektade smolt på veg frå elva og ut til oppvekstområda i havet.

Faktorar som er rekna å vera i favør av feromon-hypotesa er m.a. at smolten vanlegvis vandrar ut før den vaksne fisken kjem attende og at det såleis kan verda laga eit "luktspor" som kan nyttast av returfisk (Nordeng 1977). I tillegg er det vist at vaksen fisk kan respondera på populasjonsspesifikke feromonar, dvs. at laksen går etter lukta oppover elva (Stabell 1994).

- Pregings-hypotesa:** På veg ned elva og vidare ut i havet lærer laksen seg særpreg ved omgjevnadene som den nyttar ved tilbakevandring (Hansen et al. 1993).

Hansen & Jonsson (1994) sette ut smolt av Lonestammen (Hordaland) i Imsa (Rogaland) og i Lone-elva.



Denne smolten returnerte som vaksen til den elva der den vart sett ut. Ved retur vart laksane strokne og flytta attende til den elva der dei hørde heime genetisk. Likevel kom dei attende som andregongsgytarar til den elva der dei vart sleppt som smolt, dvs. ei elv der det ikkje fanst slektingar. Dette viser at dersom laksane vert prega på feromon, noko ein ikkje kan avvisa, så er det likevel ingen genetisk komponent med i biletet. Eventuelle feromon som laksen kjenner att er frå "sambuarar" som er vaksne opp i den elva han gjekk ut frå som smolt.

Dei seinare 5-6 åra har det kome ei rekke resultat som er sterkt i favor av pregingshypotesa, og per i dag er det lite som tidlegare vart forklart utfrå feromon-hypotesa som ikkje kan forklaraast like godt og betre utfrå pregings-hypotesa. Her må det understrekast at dette gjeld den genetiske delen av feromon-hypotesa, det er ingen tvil om at laks er i stand til læra seg å identifisera luktstoff frå annan fisk og skilja mellom "sambuarar" og andre artsfrendar (m.a. Stabell 1994). Men resultata til Hansen & Jonsson (1994) nemnd ovanfor viser at eventuelle luktpreferansar har samanheng med pregging, ikkje genetikk. Den overveldande støtta pregings-hypotesa har fått i litteraturen dei seinare åra gjer at me i den følgjande oversikta vil ta utgangspunkt i at laksevandringar kan forklaraast med pregging og vil såleis ikkje koma nærmere inn på feromon-hypotesa.

## PREGING VED UTVANDRING FRÅ ELV

### Når skjer pregginga ?

Forsøket til Hansen & Jonsson (1994) viste at pregging på ellevatn i smoltfasen er tilstrekkeleg for vellukka tilbakevandring. Fisken vart alen fram i eit klekkeri i Imsa og først sleppt som smolt. Hasler & Scholz (1983, referert i Quinn et al. 1989a) fann at coho-smolt (*Oncorhynchus kisutch*) som vart eksponert for eit kunstig luktstoff før dei starta vandringa nedover elva seinare vart tiltrekt av dette stoffet ved kjønnsmogning. Dette fekk forfattarane til å hypotetisera at pregging kun skjer éin gong, like før smolten startar nedstraums vandring, og har samband med thyroid-hormona som vert produserte i store mengder ved smolifisering. Selvare oppdaga Dickhoff et al. (1987, referert i Quinn et al. 1989a) at dersom coho-smolt i nedvandringsfasen vart eksponert for ein vasstype dei ikkje hadde opplevd før, førde dette til ein auke i thyroidhormon-nivået. Dersom thyroid-hormon spelar ei rolle ved luktpregging tyder desse resultata på at pregginga foregår i heile nedvandringsfasen, noko som inneber at sideelvar og/eller samlaup med andre elvar kan vera viktige pregingspunkt for smolten.

### Stillehavslaks: To vandrings- og pregingsfasar

Fleire av stillehavslaksane føretok ei nedstraums vandring kort tid etter dei kjem opp av grusen, der dei forlet fødebekken og anten går ut i hovudelva eller ned i innsjøar som finst i elvesystemet. Der held dei seg under oppveksten til dei smolifiserer og går ut i sjøen. Yngel av chinook-laks (*Oncorhynchus tshawytscha*) forlet føde-bekken og går ut i hovud-elva nesten umiddelbart etter at den kjem opp av grusen (Unwin & Quinn 1993). Likevel kjem dei attende til dei elvane der dei kom opp av grusen og passerer dermed staden dei forlet som smolt (Quinn et al. 1987, referert i Quinn et al. 1989a). Sidan laksen seinare er i stand til å finna att føde-bekken når han sjølv skal gyta, må pregging på bekken skje svært raskt etter at yngelen kjem opp av grusen. Forfattarane konkluderer med at laksen har to pregingsfasar, ein straks yngelen kjem opp av grusen for å prenta inn kvar gytinga seinare skal finna stad, og ein ny fase når fisken vandrar ned elva på veg mot sjøen.

Også adult coho-laks returnerer til staden dei kom opp av grusen, ikkje til staden dei heldt til som smolt (Lister et al. 1980, referert i Quinn et al. 1989a). Ved eit flyttingsforsøk returnerte det aller meste av fisken til sleppstaden, men ein del vart og funnen att på oppvekststaden (Quinn et al. 1989a). Dette forsøket viste fleire ting. Pregging i smoltfasen er tilstrekkeleg til at laksen i alle høve finn heim att til staden der han vart sleppt, men han har og eit minne om staden der han vaks opp. Grunnen til at laksen her gytte på sleppstaden og ikkje på oppvekststaden er sannsynlegvis at han vart flytta så langt nedover i elva at det vart eit hol i vandringsruta slik at han ikkje hadde innprenta referansepunkt å gå etter vidare oppover elva. Ein



stor innsjø mellom oppvekststad og sleppstad forsterka dette biletet ved at den innebar ei så sterk fortynning av lukta at dei fleste ikkje klarte å registrera luktspor frå oppvekststaden. Dei laksane som likevel fann attende til staden dei vaks opp har anten kjent eit spor som dei så har følgd eller dei har berre rota rundt til dei "dumpa borti lukta heimanfrå". Me kjenner ikkje til at det er gjort forsøk på å finna ut av prosessane bak yngel-preging.

Yngel av atlantisk laks etablerer seg i nærleiken av den staden dei kjem opp av grusen. Det er difor ikkje så naudsynt å merka seg fødestaden, sidan den stort sett er den same som yngelen seinare forlet som smolt, og så vidt me veit er det ikkje registrert to pregingsfasar hjå atlantisk laks.

### Kva vert fisken prega på ?

Alt tyder på at lukte- og/eller smakssansen er viktig i preggingssamanheng, men førebels har ingen kunna fastslå sikkert kva slag stoff laksen vert prega på når han går ned elva. Hasler & Scholz (1983, referert i Quinn & Dittman 1990) foreslår at det kan vera ein kombinasjon av lukter frå jord, planter, stein og andre særdrag ved elva. Men samstundes har både Hasler & Scholz (1983, referert i Quinn et al. 1989a) og andre funne at laks kan pregast på eitt enkelt kunstig luktstoff. Nevitt et al. (1994) prega laks på ei svak løysing av fenyl-etyl alkohol ved smoltifisering. Året etter viste luktceller frå prega fisk ein høgare følsomhet for fenyl-etyl alkohol enn kontroll-fisk. Laks har såleis eit perifert luktminne (kan sannsynlegvis samanliknast med ein allergireaksjon).

Det er vist i ei rekke forsøk at laks er i stand til å kjenna att lukta til slektingar og til andre populasjoner av same art. Stabell (1994) viste at coho laks føretrekker lukt av slektingar framføre lukt av andre artsfrendar, men han fann også at dette er noko som må lærest. Dersom ein plasserer ut lakseegg og lar dei klekkja og veksa opp blant andre enn slektingar vil denne preferansen ikkje finnast lenger. Det vil seia at den genetiske komponenten ikkje er nok, det er også naudsynt med sosial røynsle. Brannon & Quinn (1990) fann at coho laks føretrekker den staden dei er vaksne opp framfor vatn med lukt av slektingar og artsfreender elles. Dei kan, kjemosensorisk, velja, populasjons- og familiespesifikt. Forsøket viste også at pregging i samband med utvandring er viktigare enn røynsle frå tidleg oppvekst. "Lakselukt" synest ikkje vera nokon viktig/isolert faktor for å finna vegen heim, med kan naturlegvis vera ein del av heile luktbiletet.

Eit forsøk gjort av McIsaac & Quinn (1989) indikerer at det kanhende ikkje berre er pregging som får laksen attende til rett stad, ettersom dei påviser i homing-åtferda til chinook-laks. Homing til utsetningsstaden var dårlegare enn hjå kontrollfisk som vart sleppt på oppvekststaden (58 vs. 98%), og ein del (9%) vandra attende til der forldra vart fanga før gytting. Denne staden var langt oppstraums utsetningsstaden, men i same systemet. Forfattarane antydar at mogelege forklaringar inkluderer m.a. nedarva preferansar for lukt, vass temperatur og -hastighet eller substratttype, kanskje også symjedistanse. Dette forsøket er det einaste som har kome fram til at arvelege komponentar i gjenkjenningsa av oppvekststaden kan spela ei rolle ved homing i elva. Ei alternativ forklaring kan vera at fisken ikkje veit kor han skal, og går vidare oppover i elva forbi utsettingsstaden. Frå Vosso veit vi at oppdrettslaks er overrepresentert i øvre del av vassdraget (Sægrov m. fl 1994).

### Kva kan forringa pregging ?

Jonsson et al. (1991, referert i Quinn 1993) fann at klekkeri-oppdretta smolt hadde høgare feilvandring enn villsmolt frå Imsa. Dei tilskreiv dette at klekkeriet som smolten vart sleppt frå ligg berre ca. 100 meter ovanfor elvemunninga og at smolten fekk kort eksponeringstid for ellevatn og dermed var dårleg prega.

Fleire undersøkingar (Quinn et al. 1991, Labelle 1992, Unwin & Quinn 1993) fann at gammal fisk (chinook og coho laks) har høgare feilvandring enn ung. Ein meiner dette kan skuldast minnetap eller gradvis kvalitative endringar i vasskjemi som vil gjera at elva endrar seg stadig meir i høve til slik ho var då dei forlet ho.



Yngel som har opplevd andre vassstypar enn den i heimeelva (t.d. der klekkeria ein periode måtte nyta grunnvatn pga. svært låg vasstand i elva) viste seg å ha høgare feilvandring enn annan fisk (Labelle 1992)

### Når går smolten ?

Unge smolt (1-årige) går mot sjøen seinare om våren enn fleirårige og vaksne (Jonsson et al. 1990b). Smolt i Imsa vert ikkje påverka av høg vassføring og går vanlegvis på fallande eller låg vassføring. I andre system er vassføring vist å vera viktig for smoltutgang (t.d. Hesthagen & Garnås 1986, referert i Jonsson et al. 1990b). I Imsa synest nøkkelstimuliet å vera temperaturauke (Jonsson & Ruud-Hansen 1985, referert i Jonsson et al. 1990b).

Hansen et al. (1989) fann at det var skilnad mellom tidlegare dverghannar og umogne fisk når det gjaldt både utvandringstidspunkt og -villighet. Tidlegare dverghannar gjekk ut seinare og ein større del av desse vart ståande att på elva. Ei forklaring på dette kan vera motivasjon. Hovudgrunnen til å gå ut i sjøen er å få ein høgare vekst og dermed ein høgare forventa reproduktiv suksess når ein returnerer som storlaks. Men dverghannar har, dersom dei har fått gyta, allereie ein viss reproduktiv suksess og har såleis eit betre utgangspunkt enn umogen fisk og verdien av sjøfasen i form av forventa gevinst er relativt sett mindre. Thorpe (1987, referert i Hansen et al. 1989) reknar kjønnsmogning og smoltifisering for å vera gjensidig hemmende prosesser. Dersom dverghannane vart strokne før dei vart sleppt var det 20% færre som vart ståande att på elva (Lundquist et al. 1988, referert i Hansen et al. 1989)

### VANDRING I SJØ

Kva som styrer laksens vandringer i sjøfasen er usikkert og mykje omdiskutert. Faktorar som lågfrekvent lyd (Sand 1990), solkompass, polarisert lys, havstraumar, temperatur, lukt og elektriske eller magnetiske stimuli har vorte foreslått som navigatorskjelder (Royce, Smith & Hart 1968, referert i Quinn & Dittman 1990). Forsøk gjort med ung sockeye laks (*Oncorhynchus nerka*) i innsjøar viste at desse orienterte i høve til solposisjon, polariserte lysmønster og jordas magnetfelt (Groot 1965, Quinn 1980, referert i Quinn & Dittman 1990). Det er funne magnetitt-kristallar i skalleskjelettet til sockeye-laks (Walker et al. 1988, Mann et al. 1988, referert i Quinn & Dittman 1990) og i sidelinjeorganet hjå atlantisk laks (Moore et al. 1990). Desse er eigna til magnetfelt-oppfatting og står såleis under indikasjonane på at jordas magnetfelt vert nyatta ved navigering. Men pr. dato manglar det harde fakta på kva laksen navigatorer etter i sjøfasen.

### Korleis finn laksen attende frå oppvekstområda i havet ?

Det mest sentrale arbeidet som er gjort på sjøvandringar er det av Hansen et al. (1993). Smolt som vart prega på ei elv kom seinare attende til denne elva, uavhengig av genetisk opphav. (Sjå også Hansen & Jonsson 1994.) Smolt som vart sleppt i sjøen utan elvepreging returnerte til sleppstaden og fann seg elvar i nærleiken der dei gjekk opp og gytte. Ei gruppe smolt vart frakta til beiteområda ved Færøyane og sleppt der. Desse vart seinare funne att på fiskefeltet der dei vart sleppt og fleirer stader langs norskekysten. Det var ingen fangstar i elv av denne gruppa, og det vart heller ikkje registrert fangst i andre land som til dømes Skottland. Dette er ein sterk indikasjon på at næringsvandringa til Norskehavet og gytevandringa heim att har ein genetisk betinga kompassretning. Samstundes tyder den svekka evna hjå uprega fisk til å finna inn til ferskvatn at det er fleire faktorar inne i biletet ved sjøvandring. Ein nedarva kompasskurs får fisken attende til kysten, men for å klara å ta seg inn til fjordsystema og elvane synest den å trengja røynsle i form av pregning på utveg.

### Navigering ved kysten



Forskarane ser altså for seg to distinkte fasar i sjøvandringane, ei grov aust/vest vandring frå og til kysten og ei meir presis orientering i kystnære strøk og fjordar. Harden Jones (1968) hevda at laksen orienterer ved hjelp av straumretningar. Men Hansen et al. (1993) awiser dette, i og med at fisk som var prega og hadde vandra ut på vanleg måte kom inn att til kysten både nord og sør for heimstaden. M.a.o. er det inga fiksert retturnute frå havet heilt inn til elva, enkelte fisk måtte symja mot kyststraumen for å finna heim, andre sumde medstraums. Dette verkar nett som i ei elv, Manglar ein lukta driv ein med straumen, finst lukta går ein aktivt mot straumen. Per i dag er ingen i stand til å forklara kva haldepunkt laksen har ved den kystnære orienteringa. Ein reknar med at det må vera stabile faktorar, som t.d. solvinkel, stjerneorientering, eller jordas magnetfelt. Men når ein veit at det er mykje dårlig vêr langs norskekysten er det lite sannsynleg at lys-/stjerneorientering åleine kan vera nok. Ein har i mange år visst at m.a. fuglar nyttar både sola og geomagnetisme for orientering under trekk (m.a. Alerstam og Högstedt 1983). Det er lett å tenkja seg at ein slik kombinasjon også vil kunna nyttast av laks, men det er førebels ikkje undersøkt om det er tilfelle.

### Nærorientering i fjord

Når laksen kjem til det fjordsystemet der heim-elva renn ut byrjar den ei utstrekkt patruljering og kryssing (Waatevik 1980, Quinn et al. 1989b). Ein antek at dette er eit sok etter orienteringspunkt som den vart prega på under utvandringa. Kryssinga er både horisontal og vertikal, laksen dykker ofte og sym gjerne mot kysten att for så å snu. Waatevik (1980) sine undersøkingar på radiomerka Suldalslaks i Sandsforden viste at laksen kunne vandra mange kilometer utover fjorden og kryssa frå landside til landside fleire gonger. Quinn et al. (1989b) fann at dersom laksen støyter på hinder, t.d. ei øy, vil den ikkje følgje strandlinja, men symja attende eit stykke for så å ta ut ny kurs. Generelt unngjekk laksen varmt og brakkt vatn (dvs. under termo- og haloklinen), men hadde gjentekne turar opp gjennom desse, sannsynlegvis for luktorientering. Ein annan nytte vertikalflyttingane kan ha, i følgje Yano & Nakamura (1992), er å skylla lukteepitelet i nytt vatn med jamne mellomrom for å unngå akklimering.

### Når kjem laksen ?

Hansen & Jonsson (1991) påviste at det er ein genetisk komponent i returtidspunkt for laksen. Smolt frå to ulike stammar (Figga- og Imsa-laks) vart sleppt frå Imsa. Som vaksne returnerte fiskane til den tida som var vanleg for den stammen dei kom frå, Figga-laks kom tidlegare enn Imsa-laks. Ein antar at returtidspunkt kan koplast til fysiske elvekarakteristika. Figga er større enn Imsa og har ein markert vårflaum som gjer at laksen kjem seg opp i eit vatn og står der om sommaren. Imsa er mindre, har ingen fast vårflaum og vanlegvis lite vassføring vår og sommar. Det er dermed ikkje alltid laksen kjem seg opp i elva tidleg og sjølv om han gjer det er det få, om nokon, stader han kan opphaldha seg dersom vassføringa er lita.

Generelt kjem gamle laks tidlegare til kysten og elva enn unge (1-sjøwinter) laks (Hansen & Jonsson 1991), men går ofte seinare opp i elva. I elvar med låg vassføring kan forklaringa på at storlaksen ventar vera reint fysisk ved at vassføringa er for liten til at stor laks klarar å koma seg opp i elva.

Hansen et al. (1993) skriv at laks som er sleppt ut i munningen av ei elv nøler lenger med å gå opp i elva ved tilbakekomst samanlikna med laks som gjekk ned elva som smolt. Dette indikerer at mangfull pregning kan senka motivasjonen til å gå opp i elva. Jonsson et al. (1990) fann at sjølv om havbeitelaks vart prega på ei elv, gjekk dei seinare opp i elva enn villlaks. Dei forklarer det med at oppdrettslaksen vart sleppt i elvemunningen og såleis hadde ei dårligare pregning enn villfisk, noko som kan tenkja til føra til større usikkerhet eller lågare motivasjon.

Oppdrettslaks kjem ofte seinare til elva enn villlaks (Gausen & Moen 1991, Heggberget et al. 1993). I følgje Hansen et al. (1987) kan dette skuldast at oppdrettslaks ikkje er prega på elv og rotar rundt i sjøen til gytemotivasjonen vert høg nok. Då går dei opp i nærmaste elv for å gyta. Heggberget et al. (1993) utførde eit radiotelemetri-studium på skilhadene mellom oppdrettsfisk og villfisk i den siste sjøfasen på veg mot Altaelva. Villfisen vandra raskare enn oppdrettsfisk og hadde ei perfekt homing til Altaelva, medan oppdrettsfisken, som kom direkte frå eit anlegg og ikkje hadde elvepreging, gjekk seint og havna opp i fleire



forskjellige nærliggjande elver. Det faktum at dei fleste oppdrettslaksane gjekk opp i Altaelva vert forklart som ein konsekvens av at Altaelva har større vassføring enn nabovassdraga. Dette samsvarer med resultata til Labelle (1992) som også påviste ein samanheng mellom vassføring og tiltrekking av framand laks.

## HOMING I ELVA

Fisk vandrar ofte i rykk og napp oppover elva på veg til staden dei til slutt gyt, med lange opphold i eigna hølar (Heggberget et al. 1988). Vassføring og vasstemperatur påverkar oppstraumsmigrasjonar, auke i vassføring fremjar oppgang (Jensen et al. 1986). Svært høg vassføring kan resultera i nedstraums vandrings.

Heggberget et al. (1988) påviser lokal homing hjå gytefisk. Fisk som vart flytta nedstraums (6km) frå staden dei vart fanga, returnerte til denne staden. Fisk som vart flytta oppstraums, hadde derimot større vanskar med å finna attende. Dette vert forklart ut frå luktsporing.

Undersøkjingar gjort av Heggberget et al. (1986) antyder, basert på genetiske skilnader, at det kan vera fleire lokale laksepopulasjonar i Altaelva, eit resultat av lokal homing. Også Quinn & Fresh (1984) viste at stillehavslaks returnerer til den delen av elva dei forlet.

Lokal homing innan ei elv resulterer i ei optimal fordeling av gytefisk på dei ulike stadane i elva.

## Feilvandring i naturlege situasjonar

Når ein diskuterer feilvandring av laksefisk er det viktig å vera klar over at ein viss grad av feilvandring alltid har førekome og har ein evolusjonær betydning. Quinn & Dittman (1990) påpeikar at mesteparten av dei spesialiserte laksestammene ein no har i Europa og Nord-Amerika først etablerte seg etter den siste istida, ettersom isen trekte seg attende og eksponerte nye bekkar og elver. Feilvandring er viktig for kolonisering av nye habitat og etterfylling av habitat etter naturkatastrofar som t.d. vulkanutbrot og raske klimaendringar. Så før ein slår fast at feilvandring er eit problem i eit system bør ein freista finna ut kor stor grad av feilvandring som er naturleg. Ein skal ikkje sjå bort frå individuelle skilnader i pregingspotensiale, men feilvandring er ikkje nødvendigvis eit evolusjonært blindspar.

## Korleis vurdera kva som er naturleg feilvandring ?

I følgje Stabell (1987) er typisk feilvandringsprosent for atlantisk laks 4%, men eit problem ved vurdering av feilvandring er at det er stor variasjon mellom og innan ulike lakseartar når det gjeld feilvandringsprosent (Quinn 1993). Forsking som er gjort for å fastslå variasjon i naturleg feilvandring har ikkje kome fram med konkulsive resultat. Dette innebefatter at den einaste sikre måten fastslå om feilvandringa har endra seg, t.d. etter eit naturinngrep som ei vassdragsutbygging, er ved samanlikning av feilvandring i same elva før og etter inngrepet. I dei fleste tilfella vil ikkje dette vera råd, sidan gode data frå før naturinngrepet ikkje eksisterer. For ytterlegare å komplisera det heile er det indikasjonar på at det er mellomårsvariasjonar innan same elva når det gjeld feilvandringsprosent (Quinn 1993).

## Preging - viktigaste enkeltfaktor for god homing

Den gjennomgående trenden i det meste av nyare laksevandringslitteratur er understrekkinga av kor viktig det er med god preging. I dei aller fleste tilfella der det er påvist feilvandring utover det ein normalt kan forventa vert det forklart med: A) Dårleg preging ved at smolten vert sleppt langt nede i elva/elvemunningen og dermed får kort pregingstid; B) smolten vert eksponert for eit forvirrande luktibilete (t.d. grunnvatn, jfr. Labelle 1992); C) endringar i elva sin vasskjemi frå smoltutvandring til gytevandring.



## Forvirring av luktbiletet

I 1980 var det dårlegare homing til ei elv som var påverka av oske frå vulkanen Mount Saint Helen (Quinn et al. 1991b). Dette kan skuldast to ting: 1) at det var så mykje oske i elvevatnet at det verka fråstøytande på laksen, eller 2) at laksen ikkje kjende att elva når han kom attende for å gyta. Det er også kome indikasjonar på at kalking av ei elv kan ha den same effekten som den Quinn et al. (1991b) påviste (Heggberget et al. 1994). Men utfrå det ein veit om preging skulle dette berre vera eit problem dersom kalkingsaktiviteten er forskjellig når smolten går i høve til når han kjem att for å gyta. Ei kontinuerleg kalking skulle ein berre venta å vera problematisk for den/dei smoltårgangane som forlet ei ukalka elv og kjem attende til ei kalka. For smolt som går ut frå ei kalka elv skulle ein tru at annleis vasskjemi som følgje av kalking er ein del av det luktbiletet som smolten vert prega på. Kalking t.d begrensa til flauktoppen om våren kan såleis ha som sideeffekt at ein får auka feilvandring på anadrom laksefisk i vassdraget. Det bør vera ei prioritert oppgåve å skaffa seg faktakunnskap på dette området.

Ein annan faktor som kan forringa hominga til ei elv er kopla opp mot vassføring. Quinn (1993) indikerer mellomårsvariasjonar i feilvandring. Dette kan ha med å gjera at det er variasjonar i vassføring ved smoltutgang og innvandring, dvs. at enkelte år er elva vanskelegare å finna anten pga. luktendringar eller ferskvassmengd ut i sjøen. Quinn et al. (1989a, sjå litteraturgjennomgang) påpeikar at det sannsynlegvis foregår ei sekvensiell preging nedover elva. M.a.o. vil laksen merka seg sideelvar på veg nedover og verta prega på det samansette luktbiletet han opplever nedover elva. Generelt er det lettare å finna inn til ei elv di høgare vassføringa er (Labelle 1992, Heggberget et al. 1993) men ved endringar i relativt bidrag mellom dei ulike sideelvar/vatn kan vasskjemien endra seg og medføra dårlegare homing.



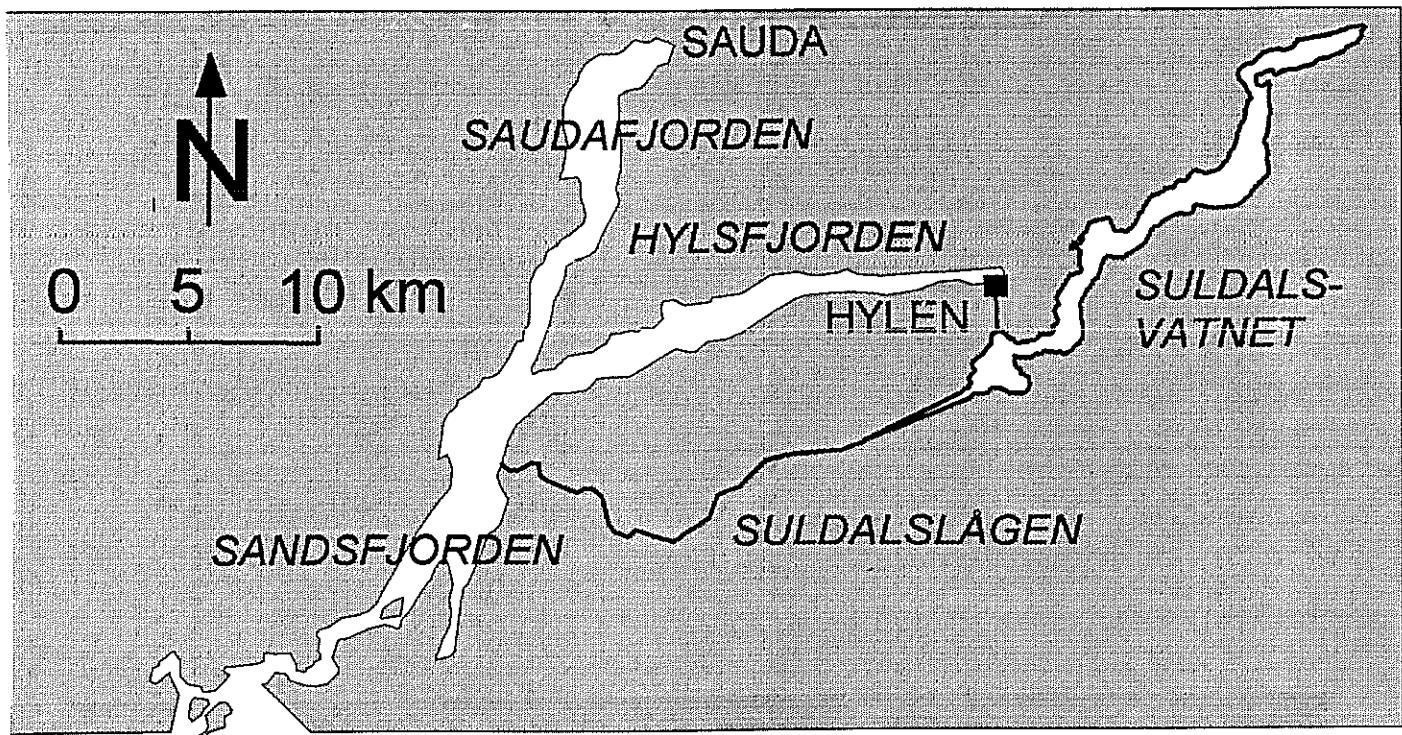
## SULDALSSYSTEMET

### VASSDRAGET

Røldal-Suldalsvassdraget har sitt utspring i Langfjella på vestsida av Hardangervidda og i dei nordre delane av Setesdalsheiane. Suldalslågen med Suldalsvatn utgjer nedste del av dette vassdraget, der Suldalsvatnet ligg 68 m o.h., er 29,5 km langt og har ei overflate på 28,7 km<sup>2</sup>. Suldalslågen startar ved utlaupet av Suldalsvatnet og er ei av dei lengste og vassrikaste elvene på Vestlandet. Elvelengda frå utlaupet i Sandsfjorden og opp til Suldalsvatn er heile 22 km. Elva er nokså brei og relativt stilleflytande, berre avbroten av nokre få fosser eller kraftige stryk.

Ulla-Førre reguleringa i indre delar av Rogaland fører til at vatn frå Suldalsvatnet vert teke ut i Hylen kraftverk inst i Hylsfjorden. Dette vil seia at mykje av det vatnet som ellers ville runne ut Suldalslågen no vert sleppt ut i Hylsfjorden, nærmare 25 km aust for munninga av Suldalslågen (figur 1).

Røldal-Suldalutbygginga førte til at vassmengda i Suldalslågen vart redusert om sommaren og auka om vinteren. Etter Ulla-Førreutbygginga er vassføringa sterkt redusert gjennom heile året. Flaumtoppane er vesentleg mindre, men minstavassføringa vinterstid er auka i forhold til tidlegare. Pålagd minstevassføring om vinteren på 12m<sup>3</sup>/s gjer at ein aldri får så låge minste vintervassføringar som har vore registrert i den uregulerte elva (2m<sup>3</sup>/s). Sideelvene til Suldalslågen kan difor ha hatt minst like stor betydning før elva vart regulert.



FIGUR 1: Kart over Sandsfjordsystemet med Suldalslågen og Suldalsvatnet.



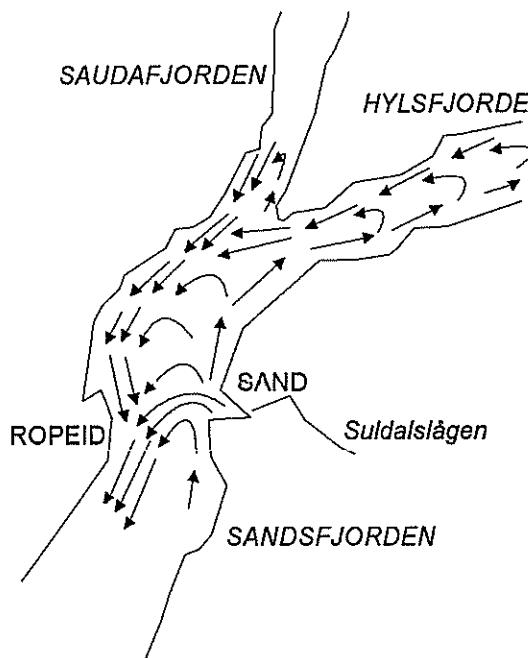
Røldal-Suldalutbygginga gav ein svak auke i vasstemperatur både sommar og vinter. Ein del av denne endringa kan imidlertid skuldast endringar i vertihøve. Ulla-Førreutbygginga har ført til ein reduksjon i vasstemperaturen både soomar og vinter.

Vassføringsauka på våren reduserer temperaturen med 1,5 til 2°C og er derfor med på å redusere temperaturen i startfasen av fiskeungane sin vekstsesong (både 0+ og eldre). Videre fører aukinga i vassføring til ein svært langsam og forseinka temperaturauke i Suldalslågen. Dette er kanskje den største følgja for fisk av vassføringsaukinga om våren.

## FJORDSYSTEMET

Fjordsystemet som fører inn til Suldalslågen er trangt og utgjer den innste delen av Ryfylkefjordane. Lovrafjorden fører inn til Sandsfjorden som igjen delar seg i Saudafjorden og Hylsfjorden vel 5 km innanfor Sand og utlaupet av Suldalslågen. Hylsfjorden er 20 km lang, mens Saudafjorden er 15 km lang (figur 1).

Overflatevasstraumane i Sandsfjordsystemet før Ulla-Førreutreguleringane var i hovudsak ferskvassdrevne. Tidevatnet si innverknad var svært avgrensa. Overflatestraumen ut Saudafjorden og Hylsfjorden går utover langs vestsida av fjorden og samlast på vestsida av Sandsfjorden. På austsida av fjordane finn ein straumar som går inn fjorden for å erstatte det vatnet som vert drive ut av dei utgående straumane (figur 2).



FIGUR 2: Skisse over overflatestraumane i Sandsfjordsystemet før Ulla-Førreutbygginga

Dei naturlege ferskvassstilførslane til Hylsfjorden er små, og den store vassføringa frå Suldalslågen medfører at vassnivået i Sandsfjorden er høgre enn i Hylsfjorden. Dette har store verknader for det naturlege vasstransportmønsteret i Hylsfjorden. Overflatestvatnet i Sandsfjorden trykkjer mot vassmengdene i Hylsfjorden, og brakkvasslaget i fjorden vert klemt inne. Uavhengig av ferskvassstilførslene fra Hylen kraftverk, gjev ferskvassstilførslene fra både Sauda og Suldalslågen såleis opphav til eit markert lag med brakkvatn i Hylsfjorden.



Det kan sleppast ferskvatn frå to kjelder inst i Hylsfjorden,- gjennom det vanlege utlaupet frå Hylen kraftstasjon og gjennom eit flaumovelaup direkte frå Suldalsvatnet. Dei to utsleppa til Hylsfjorden påverkar sirkulasjonsmønsteret i fjorden. Utlaupet frå kraftverket er dykka, slik at vatnet blandast med saltare vatn og raskt får ei saltmengd på nærmere 14%. Flaumoverlaupet slepp vatnet frå nokre meters høgd, slik at vatnet også blandast med saltare vatn. Dette vatnet vert då tyngre enn det naturlege overflatelaget i fjorden.

Tilførsler av ferskvatn frå desse kjeldene inst i Hylsfjorden gjev ei heving av vassoverflata i fjorden, slik at utskiftinga av overflatevatnet går fortare. Resultatet vert at ein får ein tre-lags vassirkulasjon i fjorden, med eit inngåande overflatelag, mens det utstraumande vatnet går ut på nokre meters djup og ein tredje utjamnande vasstraum går inn under dette igjen. Oppholdstida av overflatevatnet i fjorden vert difor redusert i forhold til den naturlege situasjonen i fjorden (Aksnes 1994; Aure & Svendesen 1994).

Frå Saudafjorden kjem det også ut ein tilnærma ferskvasstraum i overflata. Den er vanlegvis mellom to og fire meter tjukk og har saltmengder på rundt 2-6%. Først under vel fire meters djup finn ein saltmengder på 14%. Denne straumen føl vestsida av fjorden utover i overflata, med ein kompenserande inngående straum under. Saudafjorden har noko større ferskvasstilførsle enn Hylsfjorden, slik at vassnivået her ikkje er særleg lågre enn i Sandsfjorden. Dette gjer at det ikkje er ein så stor inngåande overflatestraum i Saudafjorden som i Hylsfjorden (figur 2).

Vatnet frå Suldalslågen går såleis både innover og utover fjorden. Hovedstraumen går tvers over Sandsfjorden og føl vestsida av fjorden saman med vatnet frå både Saudafjorden og Hylsfjorden (figur 2). Dette overflatelaget har svært låge saltkonsentrasjonar i de øvste metrane, og skil seg klårt frå det saltare brakkvasslaget under.



## LAKSEN I SULDALSSYSTEMET

### LAKSEN I SULDAL

Laksestammen i Suldal er storvaksen, det er ikkje uvanleg med fisk på over 20 kg. Sidan 1957 har fangstane lege mellom 1000 og 8000 kg (Heggberget et al. 1994). Andelen smålaks har auka etter at vassdraget vart utbygd men det er ingen klare tendensar til nedgang i fangstantal, korkje for laks eller sjøaure (Heggberget et al. 1994). Laksen i Suldal gyt seint, i desember-januar, og eggja klekkjer i siste halvdel av april. Yngelen kjem opp av grusen i slutten av mai/byrjinga av juni (Heggberget et al. 1994).

Ut frå dei opplysingane me har høyrer all villaks i Suldalssystemet heime i Suldalslågen. Tidlegare var det rapportert laksegyting i Roaldkvamsåna, ei av elvene som renn ut i Suldalsvatnet, men i samband med Røldal-Suldalutbygginga vart denne tørrlagd (Heggberget et al. 1994). Elva i Brattlandsdalen, der ein riktig nok ikkje har registrert gytting av laks, vart også tørrlagd.

### PREGING VED UTVANDRING FRÅ ELVA

Preginga foregår i heile nedvandringsfasen, noko som inneber at sideelvar og/eller samlaup med andre elvar kan vera viktige pregingspunkt for smolten. Dette vil seia at restfeltet nedanfor Suldalsvatnet antakeleg er viktig for preginga av laksesmolten.

#### Kva kan forringa preging ?

Det er kjend at klekkeri-oppdretta smolt kan ha høgare feilvandring enn villsmolt (Jonsson et al. 1991, referert i Quinn 1993). Sjølv om resultata ikkje er eintydige er det viktig å ta med ved vurdering av feilvandring på utsett smolt at fisk som vert sleppt langt nede i elva kan få kort eksponeringstid for elvevatn og dermed verta dårlig prega. Dette er ikkje relevant for Suldalslågen per dato, då det ikkje har vorte sett ut smolt her sidan 1989.

Eksponering for andre vassstypar i oppvekstfasen enn den i heimeelva har vist seg å gje høgare feilvandring enn normalt (Labelle 1992). Dette er ein indikasjon på at stabilitet er viktig for yngelen i oppvekstfasen, og dersom ujamn vassutslepping frå Suldalsvatnet inneber store kvalitative svingingar av elvevatnet i Suldalslågen kan ein ikkje sjå bort frå at det kan påverka ungfisken, sjølv om me ikkje held dette for særleg sannsynleg.

#### Når går smolten ?

I Suldalslågen byrjar smolten å gå ut i slutten av april men det meste går ut i mai (Heggberget et al. 1994). Normal smoltalder i Suldalslågen er 2-4 år, men etter reguleringane har smoltalderen endra seg frå ei overvekt av 2-3 åringer til at det no er 3-4 åringer som dominerer (Heggberget et al. 1994).

### VANDRING I SJØ

Indikasjonane på at store elvar trekkjer til meir feilvandra fisk enn små inneber sannsynlegvis at desse elvene er lette å finna, p.g.a. av at elvevatnet kan oppdagast relativt langt ute i fjordsystemet. Dette skulle også medføra at fisk som har desse elvene som heimeelv relativt tidleg kjem på sporet av elva si. Suldalssystemet er eit av dei største på Vestlandet, med store mengder ferskvatn som renn ut i Boknafjorden. Den store feilvandringa som er påvist for Boknafjorden (sjå nedanfor) tyder på at elvesistema her vert oppfatta langt ute i fjordsystemet. Dette skulle samstundes indikera at når Suldalslaks



kjem så nær heime at han byrjar basera seg på lukturorientering, vil ha relativt små problem med å koma på sporet. Ein veit at sjølv små bekkar kan ha svært god homing, så vassføring er på ingen måte ein kritisk faktor, men me vil tru at Suldalslaksen har mindre problem enn dei fleste når det gjeld å lokalisera den delen av kysten der heimeelva ligg.

### Nærorienteringa i fjorden

Når laksen kjem til det fjordsystemet der heim-elva renn ut byrjar den ei utstrekkt patruljering og kryssing (Waatevik 1980, Quinn et al. 1989b). Waatevik (1980) kartla laksens vandringsmønster i Sandsfjorden v.hj.a. lydmerking av sju laks. Han summerer resultata slik:

*"Laksene, som var fanget i moderelven, ble satt ut i fjorden ca. 10 km fra Suldalslågen. De vandret etter utsetting ca. 10 km ut i fjorden, snudde og vandret tilbake til moderelven. I grove trekk var vandringsmønsteret det samme for alle laksene. Vandringen foregikk i tre faser:*

- |                        |  |
|------------------------|--|
| A. Utvandring          | - til ytre del av fjorden.   |
| B. Søkevandring        | - der laksen søkte mye rundt, særlig i og utenfor smale sund.                        |
| C. Direkte innvandring | - målrettet og rask vandring inn mot moderelven. Kort oppholdstid i munningsområdet. |

*....Forsøksmaterialet var for lite til å vurdere hvilke innvirkninger stor og liten vannføring i Suldalslågen hadde på laksens vandring i fjorden"*

Sjølv om forsøksmaterialet var lite var biletet temmeleg eintydig og me finn det rimeleg å anta at vassføringa i Suldalslågen har relativt lite å seia for laksens vandringer, i alle fall når han er komen så langt inn i fjorden. Det generelle vandringsmønsteret passar godt overeins med det som Quinn et al. (1989b) fann. Laksen heldt seg for det meste i dei øvste to metrane og eftersom laksen nærma seg elva vart meir og meir tid tilbrakt i den øvste halvmeteren.

### Når kjem laksen ?

*"Erfaringsmateriale tilbake til 1957 viser at første laks har blitt fanget nedenfor Sandsfossen i siste uka i mai/første uka i juni. Utbyggingene synes ikke å ha påvirket innvandringstidspunktet." (Heggberget et al. 1994)*

Det er kjend at det er ein genetisk komponent i returtidspunkt for laksen (t.d. Hansen & Jonsson 1991) Det vil seia at returtidspunkt frå oppvekstområda i Norskehavet til fjorden er relativt fiksert, men det kunne likevel vera mogeleg at oppgang i elva kan variera. Ein indikasjon på om stenging av Hylen kraftverk i juni/juli har noko for seg ville ein få ved å samanlikna tidspunkt for inngang av laks til elvemunningen før og etter stenginga vart innførd. Dersom det er nokon effekt skulle ein forventa at meir av laksen kjem til elva i desse to månadene enn år der Hylen går i juni og juli. Denne rapporten er skiven utan at me har hatt tilgang til fiskestatistikkar for Suldalslågen, men ein gjennomgang av fangststatistikkane for området nedanfor Sandsfossen skulle kunna gje svar, eftersom det meste av laksen som kjem til elva ikkje vert ståande utanfor munningen, men raskt går opp i nedre del av elva (Heggberget et al. 1994).

### HOMING I ELVA

Fleire undersøkjingar, m.a. av Heggberget et al. (1986) indikerer at gytefisk er i stand til å finna att den staden i elva der dei sjølve vaks opp, og gjer det. Når laksen har funne heimstaden stansar han der eller på gunstige standplassar i nærliken som t.d. rolege hølar eller nær osen i ein innsjø. Bredeli (1990) rapporterer at det er registrert einskilde laks i nedre del av Suldalsvatnet, men desse slepper seg truleg ned att i Suldalslågen ved gyting.



## FEILVANDRING

Som nemnt på side 11 er typisk feilvandring hjå atlantisk laks omlag 4% (Stabell 1987). Me kallar det feilvandring dersom ein laks går opp i ei anna elv enn den han forlet som smolt og freistar å gyta der (vellukka eller ikkje).

Kva tilhøve møter ein laks som er komen inn i Sandsfjorden? På grunn av Suldalslågen si retning i høve til Sandsfjorden vil ferskvasslaget gå tvers over fjorden og bøya av utover samstundes som det treff ferskvassstraumen frå Saudafjorden. Det vil såleis vera ein "vegg" av ferskvatn frå 0-3m djup som dekkjer fjorden i heile breidda. Når Suldalslaksen kjem inn Sandsfjorden møter han ein ferskvassgradient sett opp av vatn frå Sauda og Suldalslågen. Eit stykke inne i Sandsfjorden vil desse to ferskvassstraumane skilja lag og laksen vil då følgja "suldalsvatn" til han når Suldalslågen. Utfrå Waatevik (1980) sine registreringar av laksen sitt vandringsmønster i Sandsfjorden held laksen seg hovudsakleg i dei øvste to metrane av vasssøyla, for det meste i den øvste meteren, og innafor Nævøy heldt han seg mest i den øvste halvmeteren. Sannsynet for at ein laks med slik åferd skulle unngå å finna ferskvassstraumen ut frå Suldalslågen må nærmast rekna for null. Den einaste måten det kunne tenkjast å skje var dersom laksen heldt seg tett ved land på vestsida av fjorden og følgde den andre ferskvassstraumen inn til Sauda, men sjølv dette er svært lite sannsynleg. For det første er luktesansen til laksen så finstilt at han ganske sikkert ville registrera innblanda "suldalsvatn" og gå mot denne gradienten. For det andre viser Waatevik (1980) sine registreringar at laksen dreiv ei utstrekkt kryssing, både på tvers og ut og inn av fjorden, og måtte garantert treffen på "suldalsvatn"

I 1972-76 vart vaksen laks fanga i kilenøter ved Skudeneshavn, Nedstrand og ytterst i Sandsfjorden, merka og sleppt (Vasshaug 1977, referert i Heggberget et al. 1994). Svært få av desse vart fanga att lengre inne i fjorden eller i sjølve Suldalslågen, t.d. berre 7% av dei som vart merkte i Sandsfjorden. Dette tyder på at laks frå mange elvar går langt inn i Boknafjorden før dei snur og går ut att. Suldalsvatn vil truleg vera ein vesentlig komponent i heimvandringa til all Bokn-laks. I lys av desse resultata kan ein tenkja seg at dei villaksane Bredeli (1990) fanga i Hylsfjorden i 1989 ikkje høyrd heime i Suldalslågen men hadde rota seg seg heilt inn i Hylsfjorden på leiting etter heimeelva. For desse ville ikkje Suldalslågen vera attraktiv og dei ville difor kanskje passera rett gjennom ferskvassstraumen. Ein kan heller ikkje utelukka at dei var dårleg prega Suldalslaks eller at eindel av villaksane var oppdrettslaks som hadde gått lenge nok fritt i sjøen til at dei hadde fått kamuflert oppdrettskarakterane.

Kva skjer så dersom ein Suldalslaks feilvandrar inn Hylsfjorden og vert ståande i utsleppsvatnet frå kraftverket? Sjølv om laksen vert stående der ei stund, vil trøngen til å gyta etter kvart tvinga han til å sjå seg om etter ein eigna stad. Dette vil føra han ut att Hylsfjorden og den mest nærliggjande elva er nettopp Suldalslågen. Ein slik situasjon er analog med det ein har funne er tilfelle for oppdrettslaks. Gausen & Moen (1991) slår fast at oppdrettslaks går seinare opp i elvar enn villfisk. Dette vert kopla med gytemotivasjon: Når oppdrettsfisken vert sterkt gytemotivert går den til nærmaste elv for å gyta. (Som eit apropos: I Vosso står mykje laks i utlaupstunnellen av kraftverket i Strandaelva til dei er klare til å gyta og trekker ned til gytestaden. Dette kan ikkje kallast feilvandring, kraftverkshølen kan berre vera ein fin høl å opphalda seg i fram til det skal gyta.)

### Feromon si rolle

Eit viktig argument for stenging av Hylen kraftverk var at feromon i vatnet i kraftverket ville få laksen til å trekka inn i Hylsfjorden. Den store mengda litteratur som har kome på preging dei seinare åra gjer at me ikkje lenger reknar dette for å vera ei relevant problemstilling. Og sjølv om det er feromon med i luktbiletet, noko me ikkje utelukkar, så er desse berre ein del av det luktbiletet laksen dannar seg på veg nedover elva. Men poenget er ikkje kva laksen vert prega på men kvar det skjer. Som nemnd fleire gonger er det påvist at laksen vert prega på sjølve elva og det vatnet som renn der, ei blanding av "magasinvatn" og vatn frå sideelvar. Det vatnet som kjem ut frå Hylen manglar elvekarakteristika og eventuell lakselukt kan berre stamma frå fisk som held til i Suldalsvatnet og ovanfor. Når ein så veit at få, om nokon i det heile, laks går lengre enn Suldalsosen, kan ein i praksis utelukka at Hylen-vatn inneheld luktstoff frå laks.



## SCENARIO

Generell teori tilseier at laksen lettast finn heim dersom tilhøva liknar dei som var når han gjekk ut. Laksen vandrar mot ein gradient av luktstoff. Uansett bidrag frå reguleringsfeltet til Suldalslågen vil det vera store kvalitative skilnader mellom det vatnet som kjem ut Hylen og det i Suldalslågen. Vatnet i Hylen-anlegget er utelukkande frå Suldalsvatnet og systema ovanfor medan Suldalslågen har ei blanding av dette og vatn frå sideelvar. Kor store dei kvalitative skilnadene er avheng av det relative bidraget frå sideelvane til Suldalslågen, men det er viktig å hugsa på at smolten vert prega på vatnet i Suldalslågen, altså eit blandingsvatn.

Stabilt vassutslepp frå Suldalsvatnet fører til stabil samansetnad av pregingsstoff i Suldalslågen og dermed høgare oppvandringsmotivasjon. Auka vassføring med innblanda, "ukjent" vatn kan verka forstyrrende. Som nemnd i teori-delen fann Hansen et al. (1993) at laks som er sleppt ut i munningen av ei elv nøler lenger med å gå opp i elva ved tilbakekomst samanlikna med laks som gjekk ned elva som smolt. Dersom det er dårlig attkjenning som senkar motivasjonen for å gå opp i elva hjå desse laksane kan ein tenkja seg den same responsen ved endring av Suldalslågen sin vasskjemi.

Storelva og Nordelva som renn ut inst i Saudafjorden har i perioden mai-juli ei gjennomsnittleg vassføring på til saman  $50\text{m}^3/\text{s}$ . Dette fører til at det ut Saudafjorden ligg eit ferskvasslag frå 0-3 meter med ein salinitet på 2-4‰, under dette er saliniteten ca 14‰ (Tvede 1992).

Dersom Hylen kraftverk går også i juni-juli, noko me vel å kalla ein normalsituasjon, vil tilhøva i Sandsfjorden vera følgjande: Ut Hylsfjorden går det ein brakkvasstraum med ein salinitet på minst 14‰, i og med at ferskvatnet frå Hylen kraftverk svært raskt vert piska inn i sjøvatnet og hindrar at det dannar seg eit ferskvasslag på toppen. Smolt som forlet Suldalslågen og går ut i Sandsfjorden har då eit totalbilete å forhalda seg til som inkluderer eit ferskvasslag frå Suldalslågen, eit ferskvasslag frå Saudafjorden og eit brakkvasslag frå Hylsfjorden. I den grad smolten dannar seg eit vasskjemisk bilet av fjorden vil dei tre vasstypane nemnd ovanfor vera ein del av dette biletet. Den situasjonen me no har skissert vil vera omlag den same heile sommarhalvåret.

Dersom Hylen står i juni og juli vil biletet verta noko annleis. Brakkvasstraumen ut Hylsfjorden er borte og Suldalslågen har høg vassføring. Det er kanskje ikkje så stor skilnad på total mengd ferskvatn sleppt ut i Sandsfjorden men det har økjad kvalitative endringar. Bidraget av magasinvatn (vatn frå Suldalsvatnet og ovanfor) er auka og vatn frå sideelvene nedanfor Suldalsvatnet utgjer ein relativt mindre del. Utfrå det me før har nemnd om sideelvars betydning for preging og skilnaden på magasinvatn og det vatnet som til slutt renn ut frå Suldalslågen, vil elvevatnet i juni og juli vera kvalitativt forskjellig frå det smolten forlet i mai. I tillegg vil som sagt brakkvasstraumen frå Hylsfjorden vera borte og dette kan vera eit tapt referansepunkt for den innvandrande laksen. Eit anna punkt er at med Hylen stengd i juni-juli vil straumtilhøva endra seg (Bredeli 1990). Den ferskvasskilen som ellers går innover mot Vanvik strekkjer seg då enno lenger innover i Hylsfjorden og ein får såleis meir ublenda ferskvatn i Hylsfjorden dersom kraftverket står enn ved drift.

Me finn grunn til å understreka at konsekvensane av dei to alternative situasjonane i høg grad er spekulasjonar. Men litteraturdata om laksevandringar kopla opp mot dei faktiske tilhøva i Sandsfjord-systemet gjer etter vår meinings dette til eit logisk scenario der stans av Hylen kraftverk i to månader om sommaren faktisk er ein unormal og uønska situasjon.



## OPPSUMMERING

Utfrå det me finn av dokumentert kunnskap om kva som er avgjeraande for homing hjå laks vil drift av Hylen i sommarmånadene ikkje påverka feilvandring hjå Suldalslaksen. Stans av Hylen i juni-juli inneber at laksen møter andre tilhøve enn dei han opplevde då han gjekk ut som smolt.

Dei fakta som føreligg gjev ingen indikasjonar på at tidspunktet for oppgang av laks har endra seg etter Ulla-Førreguleringa. Fiske med drivgarn i 1989 viste at det går både oppdrettslaks og villlaks innover Hylsfjorden, men det er ikkje dokumentert at Suldalslaks har feilvandra inn hit. Ein kan forventa at det vil førekoma vandrante laks her, då framand laks vart vist å førekoma relativt hyppig langt inne i fjordsystemet mot Sand. For å koma inn til Hylen må laksen gjennom eit område der han ikkje kan unngå å koma i kontakt med tilnærma ferskvatn (<5%) frå Suldalslågen. For å gå vidare må han forlata tilnærma ferskt vatn med "heime-lukt" og gå vidare i ein brakkvasstraum ( $\geq 14\%$ ) der det berre vil vera låge konsentrasjonar av lukt frå heimeelva. Dette skal ein ikkje forventa at godt prega fisk vil gjera.

## REFERANSELISTE

AKSNES, D.L. 1994

Prymnesium parvum i Ryfylke. Sluttrapport 1993. Sammenfatning av resultater - En vurdering av årsaker.  
SMR-rapport 9/93, Universitetet i Bergen, sidene 4-34.

ALERSTAM, T. & G. HÖGSTEDT 1983.

The role of the geomagnetic field in the development of birds' compass sense.  
Nature 306: 463-465.

AURE, J. & H. SVENDSEN 1994

Prymnesium parvum i Ryfylke. Sluttrapport 1993. Delrapport 1: Miljøforhold i Sandsfjorden, Hylsfjorden og Saudafjorden.  
SMR-rapport 9/93, Universitetet i Bergen, sidene 35-80.

BRANNON, E. L. & T. P. QUINN 1990.

Field test of the pheromone hypothesis for homing by Pacific salmon.  
Journal of Chemical Ecology 16(2): 603-610

BREDELI, I 1990.

Registrering av laksevandring i Hylsfjorden i 1989.  
Rapport, 28 sider.

GAUSEN, D. & V. MOEN. 1991.

Large-scale escapees of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) into Norwegian rivers threaten natural populations.  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 48: 426-428.

HANSEN, L. P. & B. JONSSON 1991.

Evidence of a genetic component in the seasonal return pattern of Atlantic salmon, *Salmo salar*  
L. Journal of Fish Biology 38(2): 251-258

HANSEN, L. P & B. JONSSON 1994.

Homing of Atlantic salmon: Effects of juvenile learning on transplanted post-spawners.  
Animal Behaviour 47(1): 220-222



- HANSEN, L. P., K. B. DØVING & B. JONSSON 1987.  
Migration of farmed adult Atlantic salmon with and without olfactory sense, released on the Norwegian coast.  
Journal of Fish Biology 30: 713-721.
- HANSEN, L. P., N. JONSSON & B. JONSSON 1993.  
Oceanic migration of homing Atlantic salmon.  
Animal Behaviour 45(5): 927-941
- HANSEN, L. P., B. JONSSON, R. I. G. MORGAN & J. E. THORPE 1989.  
Influence of parr maturity on emigration of smolting Atlantic salmon (*Salmo salar*).  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46(3): 410-415
- HEGGBERGET, T.G. 1988  
Reproduction in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aspects of Spawning, Incubation, Early Life History and Population Structure.  
Dr.grad, Direktoratet for naturforvaltning, fiskeforskningsavdelingen, Trondheim.
- HEGGBERGET, T. G., L. P. HANSEN & T. F. NÆSJE. 1988.  
Within-river spawning migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*).  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45(10): 1691-1698
- HEGGBERGET, T.G., OKLAND, F. & O. UGEDAL 1993.  
Distribution and migratory behaviour of adult wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) during return migration.  
Aquaculture 118(1-2): 73-83
- HEGGBERGET, T. G., N. A. HVIDSTEN, T. B. GUNNERØD & P. I. MØKKELGJERD 1991.  
Distribution of adult recaptures from hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts released in and off-shore of the River Surna, western Norway.  
Aquaculture 98(1-3): 89-96
- HEGGBERGET, T. G., I. A. BLAKAR, B. O. JOHNSEN, J. NORDLAND & S. J. SALTVEIT 1994.  
Ulla-Førreguleringen. Rapport fra rådgivende arbeidsgruppe for vurdering av undersøkelser og tiltak.  
NINA Utredning 64, 51 sider.
- HEGGBERGET, T. G., R. A. LUND, N. RYMAN & G. STÅHL 1986  
Growth and genetic variation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different sections of the River Alta, North Norway.  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 43: 1828-1835.
- HVIDSTEN, N. A. & B. O. JOHNSEN 1993.  
Increased recapture rate of adult Atlantic salmon released as smolts into large shoals of wild smolts in the River Orkla, Norway.  
North American Journal of Fisheries Management 13(2): 272-276
- JAMON, M. 1990.  
Assessment of the random hypothesis in the ocean migration of Pacific salmon.  
Journal of Theoretical Biology 143(2): 197-214
- JENSEN, A. J., T. G. HEGGBERGET & B. O. JOHNSEN 1986.  
Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Vefsna, northern Norway.  
Journal of Fish Biology 29: 459-465.



- JONSSON, B., N. JONSSON & L. P. HANSEN 1990a.  
Does juvenile experience affect migration and spawning of adult Atlantic salmon?  
Behavioral Ecology and Sociobiology 26(4): 225-230
- JONSSON, N., B. JONSSON & L. P. HANSEN 1990b.  
Partial segregation in the timing of migration of Atlantic salmon of different ages.  
Animal Behaviour 40(2): 313-321
- LABELLE, M. 1992.  
Straying patterns of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) stocks from southeast Vancouver Island, British Columbia.  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 49(9): 1843-1855
- LURA, H & H. SÆGROV 1993.  
Timing of spawning in cultured and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in the River Vosso, Norway.  
Ecology of Freshwater Fish 2: 167-172
- MCISAAC, D. O & T. P. QUINN 1988.  
Evidence for hereditary component in homing behavior of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*).  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45(12): 2201-2205
- MOORE, A., S. M. FREAKE & I. M. THOMAS. 1990.  
Magnetic particles in the lateral line of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.).  
Philosophical Transactions of the Royal Society of London (serie B) 329: 11-15.
- NEVITT, G. A., A. H. DITTMAN, T. P. QUINN & Y. W. J. MOODY Jr. 1994.  
Evidence for a peripheral olfactory memory in imprinted salmon.  
Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 91(10): 4288-4292
- NORDENG, H. 1977.  
A pheromone hypothesis for homeward migration in anadromous salmonids.  
Oikos 28: 155-159.
- QUINN, T. P. 1993.  
A review of homing and straying of wild and hatchery-produced salmon.  
Fisheries Research (Amsterdam) 18(1-2): 29-44
- QUINN, T. P. & A. H. DITTMAN 1990.  
Pacific salmon migrations and homing: Mechanisms and adaptive significance.  
Trends in Ecology and Evolution 5(6): 174-177.
- QUINN, T. P. & K. FRESH 1984.  
Homing and straying in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from Cowlitz River Hatchery, Washington.  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41: 1078-1082.
- QUINN, T. P., E. L. BRANNON & A. H. DITTMAN 1989a.  
Spatial aspects of imprinting and homing in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*.  
U S National Marine Fisheries Service Fishery Bulletin 87(4): 769-774.



- QUINN, T. P., B. A. TERHART & C. GROOT 1989b.  
Migratory orientation and vertical movements of homing adult sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in coastal waters.  
Animal Behaviour 37(4): 587-599.
- QUINN, T. P., R. S. NEMETH & D. O. MCISAAC 1991.  
Homing and straying patterns of fall chinook salmon in the lower Columbia River (USA).  
Transactions of the American Fisheries Society 120(2): 150-156.
- SAND, O. 1990  
Hørsel hos fisk.  
Fiskesymposiet 1990, side 126-137.
- STABELL, O. B. 1987.  
Aspects of olfaction in the life cycle of the Atlantic salmon.  
Dr. philos. avhandling, Universitetet i Oslo.
- STABELL, O. B. 1994.  
Kin recognition by olfaction in fish.  
Fauna (Oslo) 47(1): 37-41.
- SÆGROV, H. 1995  
Tettleik av laks- og aureungar i Oselva i 1991, 1993 og 1994.  
Rapport, 19 sider.
- SÆGROV, H., S. KÅLAS, H. LURA & K. URDAL. Vosso-Laksen. Livshistorie - bestandsutvikling - gyting - rekryttering - kultivering.  
Rapport, Zoologisk Institutt, Økologisk avdeling, Universitetet i Bergen. 44 sider.
- TVEDE, A. M 1992  
Saudauundersøkelsene. Temperatur- og saltholdighetsmålinger i Saudafjorden i 1991.
- UNWIN, M. J. & T. P. QUINN 1993.  
Homing and straying patterns of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from a New Zealand hatchery: Spatial distribution of strays and effects of release date.  
Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 50(6): 1168-1175.
- WAATEVIK, E. 1980.  
Vandringsstudier av laks (*Salmo salar* L.) i Sandsfjorden i Ryfylke ved hjelp av akustiske merker.  
Hovedfagsoppgåve, Universitetet i Bergen.
- YANO, K. & A. NAKAMURA 1992.  
Observations on the effect of visual and olfactory ablation on the swimming behavior of migrating adult chum salmon, *Oncorhynchus keta*.  
Japanese Journal of Ichthyology 39(1): 67-83.
- ØKLAND, F., B. JONSSON, A. J. JENSEN & L. P. HANSEN 1993.  
Is there a threshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon?  
Journal of Fish Biology 42(4): 541-550.