

389

# OPPDRAKSMELDING

## Bestand og rekruttering av laks i Orkla

Nils Arne Hvidsten  
Arne J. Jensen  
Bjørn Ove Johnsen  
Jan Gunnar Jensås



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

# Bestand og rekruttering av laks i Orkla

Nils Arne Hvidsten  
Arne J. Jensen  
Bjørn Ove Johnsen  
Jan Gunnar Jensås

## NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

### NINA Fagrapport NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

### NINA Oppdragsmelding NIKU Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befaringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

### Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

### Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Hvidsten N.A., Jensen, A.J., Johnsen & B.O. Jensås, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. - NINA Oppdragsmelding 389: 1-27.

Trondheim, mars 1995

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0642-0

Forvaltningsområde:  
Bærekraftig høsting, fisk  
Sustainable harvesting, fish

Rettighetshaver ©:  
Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning  
NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:  
Tor G. Heggberget

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:  
Synnøve Vanvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

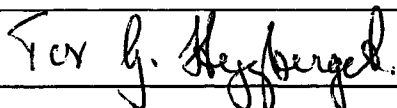
Opplag: 300

Kontaktadresse:  
NINA•NIKU  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim  
Tel: 73 58 05 00  
Fax: 73 91 54 33

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.:13127 Bestandsovervåking

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgivere:

Direktoratet for naturforvaltning  
Kraftverkene i Orkla, Fiskefondet for Orkla  
Energiforsyningens fellesorganisasjon  
Norges Vassdrags og Energiverk

## Referat

Hvidsten N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Jensås, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. - NINA Oppdragsmelding 389: 1-27.

Orkla ble bygd ut for kraftproduksjon og driften av kraftverket ble satt igang i 1982-1983. Det ble foretatt undersøkelser av smoltatferd før utbygging og resultatene førte til konstruksjon av et bunninntak som hindrer at smolten går inn i Svorkmo kraftverk.

Laksen dominerer i Orkla og laksesmolten utgjør 90 % av totalt antall laks- og sjøauresmolt. Laksesmolten er tre og fire år gammel, og det er omlag like mange av hver aldersgruppe. Smoltalderen synes å ha økt med et halvt år som følge av nedsatt vanntemperatur etter regulering. Seksti prosent av smolten er hunnfisk.

Atferden til smolten er nært knyttet til vannføringen under utvandringen i Orkla. Smolten vandrer om natta i hovedstrømmen i overflatelaget. Stor og vekslende vannføring i mai sikrer at smolten unngår å gå inn i Svorkmo kraftverk. Dersom mesteparten av elvevannet blir ført gjennom kraftverket (ved liten vannføring) vil smolt bli utsatt for stor dødelighet.

Det ble funnet sterk sammenheng mellom minste vinter-vannføring og smoltproduksjon. Smoltproduksjonen var 85 % høyere i gjennomsnitt etter regulering i forhold til tidligere. Elvestrekningen nedenfor Raubekken og ned til sjøen er lakseproduserende etter at tungmetallbelastningen har blitt redusert.

Skjellprøver av voksen laks viser store årlige variasjoner i alderssammensetning. Årlig gjennomsnittsvekt i fangstene varierer derfor sterkt.

Fangststatistikken for voksen laks viser økte fangster i Orkla etter regulering. Dette synes å ha sammenheng med økningen i smoltproduksjonen. Mengden oppfisket kvantum sjøaure synes å ha avtatt.

Emneord: Laks - bestandsutvikling - smoltutvandring - vassdragsregulering.

Hvidsten N.A., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Jensås, J.G. Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7005, Trondheim

## Forord

Undersøkelsene av laks og aure i Orkla startet med planene for kraftverkutbygging. Fiskeribiologiske undersøkelser har blitt gjennomført siden 1979. Atferdsstudier av utvandrende smolt ble gjennomført for å kunne identifisere mulig utforming av inntaket til Svorkmo kraftverk. Senere har undersøkelsene blitt gjennomført for å følge reguleringsvirkningen på smoltproduksjonen i Orkla. Dette langsiktige arbeidet har gitt grunnlag for å gjennomføre et bestands og rekrutteringsprosjekt i Orkla.

Prosjektet har fra 1993 vært finansiert av Direktoratet for Naturforvaltning, Energiforsynings Fellesorganisasjon, Norges Vassdrags og Energiverk, Kraftverkene i Orkla, Fiskefondet for Orkla og NINA. Vi takker for den finansielle støtten.

For å gjennomføre prosjektet var det nødvendig med hjelp fra en rekke bidragsytere. Vi takker de som har gjennomført feltarbeide, og den enkelte grunneier og fisker som gir fangstopplysninger.

Trondheim, februar 1996  
Nils Arne Hvidsten  
prosjektleder

## Innhold

Referat .....	3
Forord.....	3
1 Innledning.....	4
2 Områdebeskrivelse.....	5
3 Metoder.....	8
3.1 Undersøkelser av ungfisk.....	8
3.2 Smoltundersøkelser.....	8
3.3 Undersøkelser av voksen laks.....	9
4 Resultater.....	10
4.1 Undersøkelser av ungfisk.....	10
4.1.1 Tetthet.....	10
4.1.2 Vekst.....	10
4.2 Smoltundersøkelser.....	11
4.2.1 Alder og vekst hos smolt.....	11
4.2.2 Vandringssatferd.....	13
4.2.3 Ernæring hos utvandrende smolt.....	15
4.2.4 Smoltproduksjon.....	16
4.2.5 Dødelighet hos utvandrende smolt.....	16
4.3 Undersøkelser av voksen laks.....	19
4.3.1 Telling av gytelaks.....	19
4.3.2 Alder og vekst hos voksen laks og sjøaure.....	19
4.3.4 Vandringssatferd.....	20
4.3.5 Beskatning og fangststatistikk.....	22
5 Diskusjon.....	24
5.1 Smoltutvandring.....	24
5.2 Smoltproduksjon.....	24
5.3 Gytebestand.....	25
6 Konklusjon.....	25
7 Litteratur.....	26

## 1 Innledning

Ved kgl. res. av 16. juni 1978 ble Orklavassdraget vedtatt utbygd for produksjon av elektrisk kraft. Reguleringene ble satt i drift i 1982-83. Utbyggingen omfatter i alt 5 forskjellige kraftverk. Ett av kraftverkene har inntak nedenfor viktige oppvekstområder for laks og sjøaure. Driftsvann fra Orkla føres gjennom en ca. 15 km lang tunnel fra Bjørset i Meldal til Svorkmo gjennom Svorkmo kraftverk. Fordi det meste av laksens gyte- og oppvekstområder ligger ovenfor tunnelinntaket, var det av avgjørende betydning for den fremtidige produksjonen av laks og aure i elva at utvandrende laks- og sjøaureunger (smolt) kan passere inntaket uten å bli ført inn i driftstunnelen. For å sikre dette er det i medhold av konsesjonsvilkårene fastsatt manøvreringsreglement som regulerer vannslippet i elveleiet forbi inntaket. Konsesjonen hjemler endring av manøvreringsreglementet dersom allmenne hensyn blir skadet. Inntak av driftsvann fra Orkla for kraftproduksjon i Svorkmo kraftverk i perioder med stor smoltutgang, kan bli krevd stanset dersom det blir påvist store skader på smoltbestanden. For om mulig å hindre smolt i å gå inn i kraftverket ble vanninntaket utformet som et langstrakt bunninntak. Regulanten kan videre pålegges å bygge smoltsperrer som hindrer smolten i å gå gjennom kraftverket.

For å kartlegge eventuelle skader på utvandrende smolt satte Reguleringsundersøkelsene ved Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk i gang undersøkelser i 1979. Hensikten var å kartlegge tidsrom for utvandringen og atferden hos laks- og auresmolt. Studier av starttidspunkt, varighet og fordeling gjennom sesongen, døgnet og i hvilke vannlag smolten vandrer i elva har inngått i undersøkelsene. For å kartlegge hvilke fysiske forhold som regulerer smoltutvandringen ble utvandringen korrelert til omgivelsesvariabler. Det var imidlertid først nødvendig å utvikle fangstfeller som gjorde det mulig å fange smolt om våren i ei stor elv som Orkla med store vannstandsendringer over kort tid. Resultatene er lagt frem i fire tidligere rapporter fra Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene (Hesthagen, Garnås & Gunnerød, 1980, Hesthagen & Garnås 1982, Garnås & Hvidsten 1984) og Norsk Institutt for Naturforskning (Hvidsten 1990).

Smolten begynner å vandre ned til sjøen ved økning i vannføringen i slutten av april eller begynnelsen av mai. Det meste av smolten går ut i løpet av mai i netter med stigende vannføring mellom klokka 2100 og 0300 (normal tid) i de øvre vannlag av hovedstrømmen (Hesthagen & Garnås 1986).

Magasinering og drift av kraftverkene i vassdraget ga endringer i vannføring og vanntemperatur, og var forventet å virke inn på produksjonen av laks- og aureunger. Det var viktig å kartlegge smoltproduksjonen før reguleringen i vassdraget. Beregning av smoltproduksjon i ei så stor elv som Orkla er imidlertid vanskelig på grunn av vannføringsforholdene. Fangst av smolt under utvandringen fra 1979 til 1982 ble vellykket, og fra våren 1983 ble det gjennomført

undersøkelser av laksesmoltproduksjonen. Villsmolt av laks ble merket og satt tilbake i elva. Gjenfangstene av merket smolt fanget i fellene dannet grunnlag for å beregne smoltproduksjonen.

Virkninger på smoltproduksjonen ved drift av Svorkmo kraftverk har blitt undersøkt. Omfanget av smolt som har passert gjennom kraftverket og dødeligheten på smolten har blitt estimert (Hvidsten 1990).

Denne undersøkelsen beskriver langtidseffekten av reguleringen på atferd og produksjon av smolt. Samtidig presenterer rapporten innledende undersøkelser med sikte på å kartlegge nødvendig antall gytefisk i Orkla. Dette prosjektet omfatter undersøkelser av voksen laks og sjøaure. Målet er å skaffe tilveie data om hvor mange rognkorn som er nødvendig for å opprettholde produksjonen av smolt i Orkla. Som et supplement til undersøkelsene i Orkla blir en tilsvarende studie gjennomført i Ingdalselva i Agdenes kommune.

## 2 Områdebeskrivelse

Orkla ligger i Hedmark og Sør-Trøndelag fylker. Den er 170 km lang og har sitt utspring i Store Orkelsjø (1060 m o.h.) i Oppdal. Videre renner den gjennom kommunene Kvikne, Rennebu, Meldal og Orkdal og har sitt utløp i sjøen ved Orkanger (figur 1).

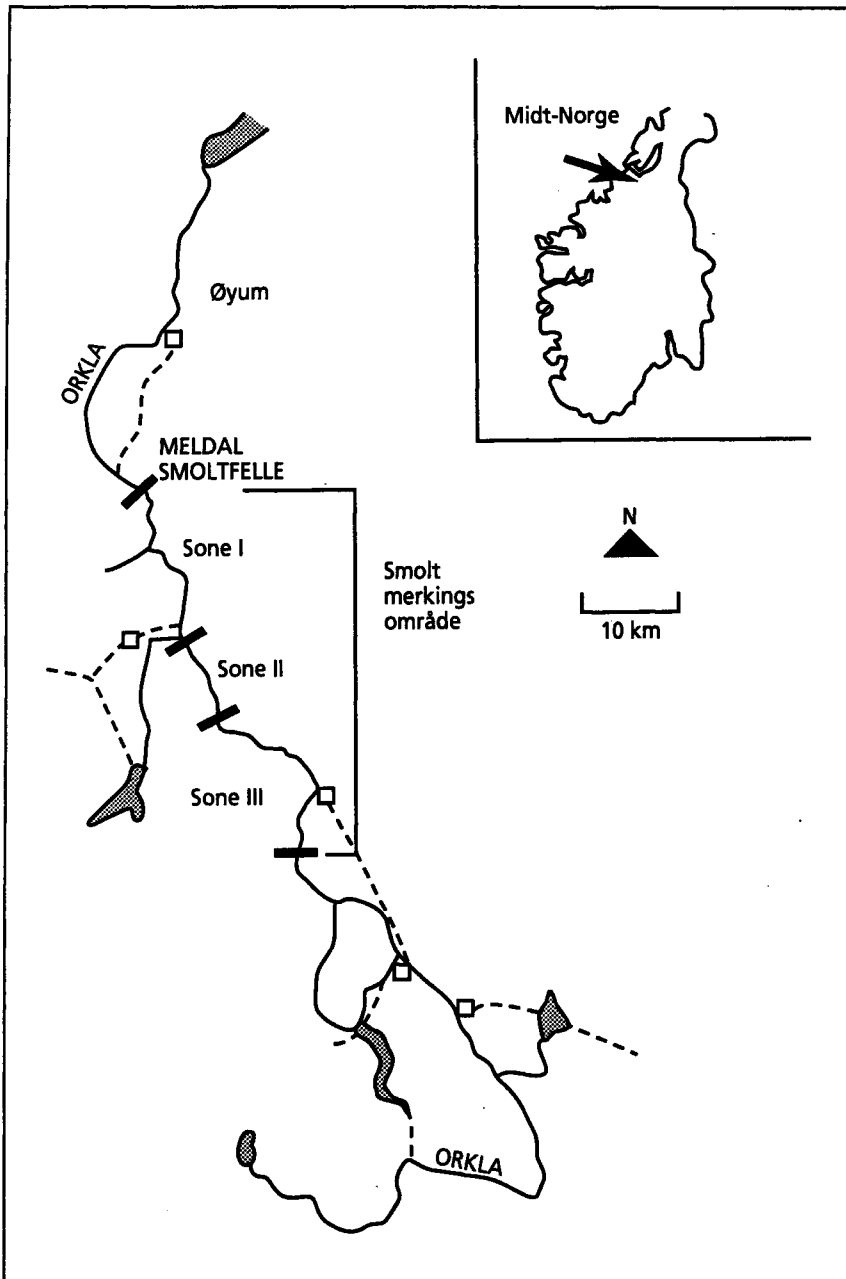
Orkla er lakseførende opp til Stoenfossen i Rennebu, en strekning på 92 km. Foruten laks (*Salmo salar* L.) er det følgende fiskearter i Orkla: stasjonær og sjøvandrende aure (*Salmo trutta* L.), ål (*Anguilla anguilla* L.), trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus* L.) og skrubbe (*Platichthys flesus* L.). Det fiskes de fleste år omkring 15 tonn laks og 1,5 tonn sjøaure i Orkla.

Orklautbyggingen omfatter 3 magasiner og 5 kraftverk. I øvre del av vassdraget ligger tre av kraftverkene, Ulset og Litjossen i Tynset kommune og Brattset i Rennebu kommune. I nedre del av elva omfatter reguleringen Svorkmo kraftverk i Orkdal kommune. Driftsvannet fra kraftverket blir ført i en ca 15 km lang tunnel fra Bjørset ca 2 km nedenfor Meldal sentrum. Videre er sideelva Grana regulert gjennom Grana kraftverk i Rennebu. Nedslagsfeltet til Orkla er 3072 km<sup>2</sup> med to kunstige innsjøer: Innerdalsmagasinet og Granasjøen. Omlag 39 % av nedslagsfeltet er regulert.

Gjennomsnittlig årlig avrenning er 50 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Før reguleringen varierte vannføringen mellom 1 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> og 1000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> gjennom året målt som døgnmiddel. I perioden 1972 til 1982 (før reguleringen) var den gjennomsnittlige laveste vintervannføringen 3,4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (variasjonsbredde 1,0-6,6 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>). Den laveste vannføringen ble registrert i februar-april måned, mens vannføringen i vårfloppen kunne bli mer enn 1000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Manøvreringsreglementet for reguleringen bestemmer at minstevannføring gjennom året skal være 10 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> ved Brattset, som er vesentlig høyere enn uregulert vinteravrenning (figur 2). I elveleiet mellom Bjørset og Svorkmo skal det inntil endelig pålegg fastsettes, være minst 22 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> fra 1. mai til 1. september, og deretter 8 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> til gyteperioden er over 1. november. Etter dette og frem til 1. mai skal vannføringen være 4 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Grana kraftverk ble satt i drift i april 1982 og Litjossen og Brattset kraftverk senhøsten 1982.

Av hensyn til utvandrende smolt og liten vannføring ble kjøringen av Svorkmo kraftverk redusert i sju netter i 1991. I 1994 ble det gjennomført spyleflom for å initiere smoltutgang etter en lang periode med for liten vannføring til at smolten ville vandre ut.

Det ble tidlig i utbyggingsfasen fokusert på endringer i vanntemperatur, og derfor er vanntemperaturforholdene undersøkt gjennom en årrekke både før og etter kraftutbyggingen. Det foreligger måleserier fra Merk bru og Øyum bru i regi av NVE fra 1971-dd. Videre er temperaturen målt ved Bjørset i perioden 1971-75, i Meldal i perioden 1975-83, og i driftsvannet fra Brattset, Grana, Svorkmo og Ulset



**Figur 1.** Oversiktskart over Orkla med inntegnete merkesoner og plassering av fangstfellene. . angir kraftverk med utløp til lakseproduserende del av elva.

kraftverk fra 1984-dd. I tillegg har KVO målt vanntemperaturen ved Syrstad i perioden 1984-dd.

Berge et al. (1982) beregnet de temperaturendringer som kunne forventes langsmed Orkla som følge av utbyggingen. De utførte beregningene med data fra 1965, som var et normalår både med hensyn til lufttemperatur og vannføring. De fant at for et slikt år vil vanntemperaturen like nedenfor utløpet av Grana kraftverk, i middel for perioden fra slutten av juni til oktober, bli ca. 2,5 °C lavere enn ved uregulerte forhold og maksimalt ca. 5 °C lavere. Tilsvarende tempera-

turendringer i Orkla ved Orkanger ble beregnet til i middel ca. 1,5 °C og maksimalt 2,5 °C.

Tvede (1992) sammenlignet temperaturen målt ved Merk bru og Øyum bru i en periode før (1975-81) og etter (1983-90) kraftutbyggingen. For å skille effekter av reguleringene fra naturgitte endringer forårsaket av endringer i værforholdene benyttet han målinger i nærmeste uregulerte elv (Forra i Stjørdalsvassdraget) som korreksjon. Tvede fant at reguleringene har gitt en nedgang i vanntemperaturen på 1,0 °C ved Merk bru i gjennomsnitt for perioden juni-september, med de største endringene i juli (-1,5 °C) og

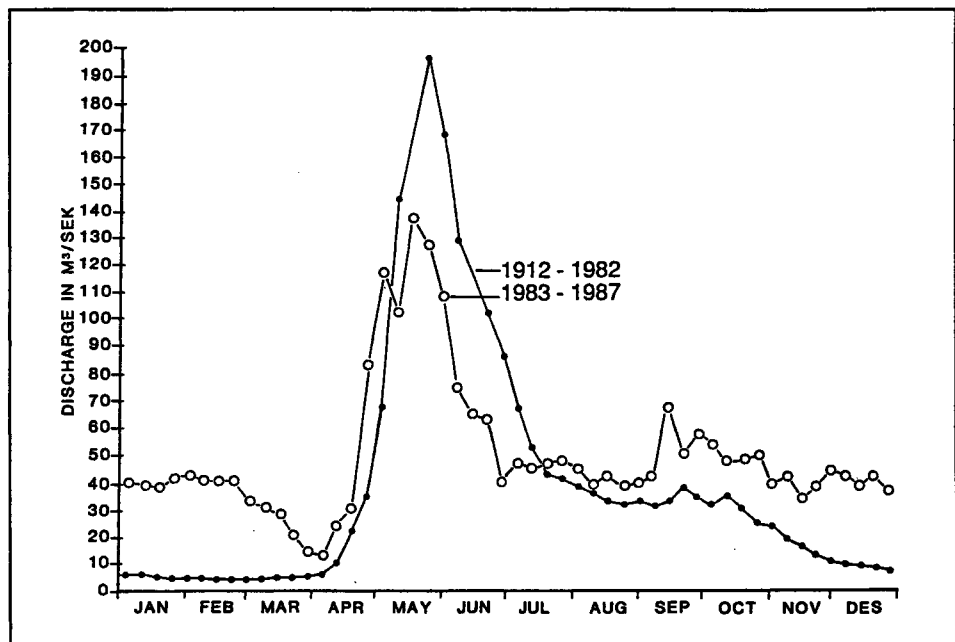
august (-1,3 °). Ved Øyum bru var endringene mindre, med en nedgang på 0,5 °C i gjennomsnitt for de fire månedene, og med størst avvik i juni (-1,1 °C) og juli (-0,7 °C). Disse avvikene er noe mindre enn det Berge et al. (1982) kom fram til.

Det er stor forskjell i temperaturendring nedover i vassdraget, og de største endringene forekommer like nedstrøms Brattset og Grana kraftverk (Berge et al. 1982). Om sommeren er temperaturen i avløpsvannet fra kraftverkene ofte betydelig lavere enn i elva. Derfor har temperaturen sunket kraftig like nedstrøms kraftverkene. Nedstrøms Brattset kraftverk beregnet Berge et al. (1982) maksimale reduksjoner i elvetemperaturen på 5 °C, og den midlere reduksjonen i sommerperioden til omlag 3 °C. Videre ned

over elva utjevnes temperaturen på grunn av tilrenning fra restfelt og varmeutveksling med atmosfæren. Men temperaturen synker kraftig igjen nedenfor Grana kraftverk, for så på nytt å øke nedover i elva på grunn av varmeutveksling med atmosfæren og tilrenning fra restfelt. Reduksjonen nedstrøms Grana kraftverk er i samme størrelsesorden som nedenfor Brattset kraftverk.

Stasjonene der det i dag måles vanntemperatur ligger langt fra utslippsstedene, og det er etterlyst mer systematiske målinger nedenfor kraftverkene (Berg & Faugli 1992). Målestasjonene er ikke helt representative for den viktigste lakseførende strekningen av Orkla (Brattset-Meldal), der vanntemperaturen i gjennomsnitt er blitt kraftigere redusert enn det som kommer fram av de pågående måleseriene.

**Figur 2.** Vannføring i Orkla i perioden 1912-1982 og 1983 til 1987 i percentiler. Den første perioden er uregulert og den andre er regulert for kraftproduksjon.





## 3 Metoder

### 3.1 Undersøkelser av ungfisk

Det blir i forbindelse med andre prosjekter enn bestand og rekrutteringsprosjektet gjennomført ungfisktellinger ved hjelp av elektrisk fiskeapparat på 12 områder i Orkla. Dette omfatter hele elvas lakseførende strekning inkludert området nedenfor Bjørsetdammen. Tetthet av fiskeunger ble beregnet ved å fiske av et fast avmerket område av elva tre ganger etter hverandre med ca ½ times mellomrom mellom hver fiskeomgang (Zippin 1958, Bohlin 1984).

Ungfisk av laks ble samlet inn til vekstundersøkelser med elektrisk fiskeapparat våren 1982 og hver vår i perioden 1985-95 på Grut.

### 3.2 Smoltundersøkelser

Undersøkelsene har pågått i tiden april til juni fra 1979 til og med 1995, med unntak av 1989. I perioden 1979 til 1982 ble det kun gjennomført atferdsstudier under smoltutgangen. Smoltproduksjonsundersøkelser ble gjennomført i årene 1983 til 1988 og fra 1990 til 1995. Til innsamling av smolt under utvandringen til sjøen, ble det benyttet fangstfeller som er beskrevet av Tyler & Wright (1974) og Hesthagen & Garnås (1986). Fellene ble manøvrert ved hjelp av vinsjer fra Meldal bru. Åpningen på fellene var 1 m<sup>2</sup>, de var påmontert en notpose som var 5,6 m lang med en avtakbar bakre del. Maskevidden i posen har vært 9,5 til 10,5 mm. Disse fellene lot seg manøvrere i vannføringer opptil ca 250 m<sup>3</sup>/sek i hovedstrømmen. Ved større vannføring ble fellene enten flyttet til mindre strømeksponeerte posisjoner eller det ble benyttet mindre fangstfeller på 1/4 m<sup>2</sup> lysåpning.

Innsamlingen av smolt har blitt foretatt med forskjellig hyppighet gjennom døgnet etter som ulike problemstillinger skulle analyseres. De første årene ble fellene benyttet til døgkontinuerlig innfangning med hyppige tømninger. Etter 1982 har fellene blitt operert døgkontinuerlig ved lave vannføringer, mens fellene har blitt satt ut kl 2100, ettersatt og satt ut på nytt kl 2400 og blitt tatt opp igjen kl 0300 (normaltid) ved stor vannføring. Til beregning av fangst pr. time har fangsttiden mellom kl 2100 og 0300 blitt regnet som effektiv fangsttid, slik at om fellene sto ute hele døgnet ble bare fangsttiden innenfor dette tidsrommet regnet med.

Smoltproduksjonsundersøkelsene ble satt i gang i 1983. Petersens metode med merking og gjenfangst ble benyttet (Ricker 1975). I april hvert år har smolt blitt merket og sluppet ut igjen på elva (tabell 1). Til innfangningen er det benyttet elektrisk fiskeapparat. Orkla fra Meldal til Brattset ble inndelt i tre soner (figur 1). Sone I: Meldal-Grana (19 km), sone II: Grana- Rennebu (8 km) og sone III: Rennebu-Brattset (20 km). Smolt større eller lik 11 cm ble merket ulikt ved finnekipping på de ulike sonene. Sone I:- fettfinne,

sone II: fettfinne og høyre bukfinne og sone III: fettfinne og venstre bukfinne. Etter merkingen ble smolten oppbevart i 30 til 60 minutter før den ble satt ut i samme område som den ble fanget.

**Tabell 1.** Fordeling av laksesmolt merket på strekningen Meldal bru - Brattset hver vår i perioden 1983 til 1995, med unntak av 1989. Presmolten var > 10,9 cm ved merking. Sone I = Meldal bru - Grana, sone II = Grana - Rennebu, sone III = Rennebu - Brattset.

År	Sone I	Sone II	Sone III	Totalt
1983	1497	331	517	2345
1984	1707	590	1094	3391
1985	2130	660	1420	4210
1986	2532	965	1592	5089
1987	2435	1173	1658	5266
1988	2082	1076	1620	4778
1990	1502	912	1733	4147
1991	2361	974	1393	4728
1992	1921	946	2077	4945
1993	2153	1024	1326	4503
1994	2200	1030	1487	4717
1995	2259	903	1558	4725

På grunnlag av gjenfangsten av merkete smolt i fellene, ble totalt antall smolt på elvestrekningen regnet ut ved hjelp av formelen:

$$N = \frac{(M + 1)(C + 1)}{(R + 1)} \quad (\text{Ricker 1975})$$

N = antall smolt (dvs. ungfisk av laks større eller lik 110 mm) ved merking.

M = Antall merkete smolt.

C = Antall smolt tatt i fellene.

R = Antall gjenfangete smolt.

Totalfangst og antall fangete smolt er vist i tabell 2.

Viktige årsaker til variasjonene i antall fangete smolt er forskjellig fangsteffektivitet under varierende vannføring de enkelte år, og at ulike maskevidder har blitt benyttet i fangstposene. Den viktigste enkeltfaktoren kan være at notposene ikke er effektive når store mengder av smolt passerer, fordi dette ofte skjer på stor og stigende vannføring som gir tilstopping av notposene. Den store fangsten i 1991 skyldes at vannføringen var liten under smoltutvandringen. Totalantallet utvandrende smolt har også variert betydelig fra år til år.

**Tabell 2. Totalt antall fangete smolt i smoltfellene på Meldal bru og antall gjenfangster av finneklippet fisk fra de ulike sonene i perioden 1983 til 1995 (unntatt 1989). Totalt antall gjenfangster hvert år er også oppgitt.**

År	Tot. fangst	Merket sone I	Merket sone II	Merket sone III	Tot. ant merkede
1983	1258	16	4	4	24
1984	1777	17	6	9	32
1985	779	10	5	3	18
1986	889	10	6	3	19
1987	2848	26	14	22	62
1988	1778	23	13	19	55
1990	2802	10	9	16	35
1991	6524	68	31	27	126
1992	2335	20	7	16	43
1993	989	9	4	1	14
1994	1335	18	11	8	37
1995	1738	31	7	8	46

Til beregning av antall smolt som passerte gjennom Svorkmo kraftverk ble det benyttet merking og gjenfangst (Ricker 1975). Carlin-merket oppdrettssmolt ble satt direkte i inntaket til kraftverket. Utsettingene foregikk i perioden 1984-89, og i alt ble det benyttet 11 000 Carlin-merkete smolt. Metodene for mengdebestemmelsen av smolt som passerte Svorkmo var de samme som for smoltproduksjonsundersøkelsen. Dødeligheten til smolten som passerte gjennom Svorkmo kraftverk har blitt undersøkt ved parallelle utsettinger av Carlin-merket smolt direkte i kraftverksinntaket, slik at smolten måtte gå gjennom kraftverket, og nedenfor inntaksdammen til Svorkmo kraftverk.

Den fellefangete smolten ble undersøkt med hensyn til generelle biologiske parametre som alder, lengde, kjønn, kjønnsmodning og ernæring. Alderen ble bestemt ved hjelp av otolitter og skjell.

På grunnlag av lengdefordeling i materialet av utvandrende smolt av laks og aure ble laksunger og aureunger definert som smolt når de var større enn henholdsvis 94 og 99 mm.

Data om vannføring og temperatur er innhentet hos Norges Vassdrags og Energiverk (NVE) og hos Kraftverkene i Orkla (KVO). Smoltproduksjonsarealene ble av praktiske grunner beregnet på kart med målestokk 1 : 20 000. Arealene representerer derfor arealet fra bredd til bredd, og består både av permanent vanddekt areal og arealer som kun er vanddekt ved flom.

Utvandringen av smolt er korrelert til omgivelsevariabler ved hjelp av statistikkmetoden generalisterte interaktive lineære modeller (GLIM) (Crawley 1993). Omgivelsesvariablene som

ble analysert var vannføring, endring i vannføring, vann-temperatur, endring i vanntemperatur og månefase.

Det er foretatt Carlin-merking av vill og utsatt oppforet smolt for å øke kunnskapen om laksen i Orkla. I perioden 1987-95 har det blitt merket 7 000 villsmolt. Disse merkingene har blitt gjennomført for å analysere effekten av reguleringen ved turbinpassasje gjennom Svorkmo kraftverk. Merkingene har gjort det mulig å undersøke overlevelse i munningsområdet (beiting fra torsk og sei), vandringer hos laks i elva og sjøen, hjemvandring og feilvandring. Gjenfangstene av merket laks har også gitt opplysninger om forskjeller i overlevelse hos ulike årsklasser av smolt.

### 3.3 Undersøkelser av voksen laks

Bestanden av voksen laks er beregnet ut fra en kombinasjon av indirekte og direkte metoder. Oppvandrende laks blir talt med elektronisk fisketeller på Bjørsetdammen. Denne er av skotsk type (Logie fish counter). Telleren angir dato, tidspunkt og relativ størrelse på fisken som passerer. Den teller fisk som vandrer både opp og ned. I sesongen 1994 ble det også benyttet døgnkontinuerlig overvåking av fiskepassasjen over damluka på Bjørsetdammen ved hjelp av video. Dette for å kunne sikre telling av laks hele sesongen og for om mulig å kalibrere størrelsen på fisken som passerer fisketelleren.

Telling av oppvandrende laks er basert på at vann leder elektrisk strøm. Ledningsevnen til vannet og til en fisk er forskjellige. Når en fisk passerer over en elektrisk leder (elektrode) som krysser over elva, vil motstanden i den elektriske lederen bli forandret. Fisketelleren registrerer denne endringen i motstanden og sorterer fisk fra andre objekter som flyter på elva.

Det samles inn skjellprøver fra sportsfiskere av all laks og sjøaure som fanges ovenfor Bjørsetdammen. Antallet gytefisk er differensen mellom antall oppvandrende fisk og antall oppfiskete laks og sjøaure. Forholdet mellom hanner og hunner bestemmes gjennom skjellprøverapportene og fra størrelses sammensetningen på oppvandrende fisk.

Det ble benyttet dykking for å telle antall gytefisk etter fiske sesongen i 1993 og 1994. Antall gytegroper har blitt talt fra helikopter i regi av Fiskeforvalteren i 1993 og 1994.

## 4 Resultater

### 4.1 Undersøkelser av ungfisk

#### 4.1.1 Tetthet

Tettheten av ungfisk av laks større enn årsyngel varierte mellom 16 og 57 individer pr 100 m<sup>2</sup> ovenfor samløpet med Raubekken i perioden 1978-94 (figur 3a). Høyest tetthet ble registrert i 1994. Det ble ikke funnet noen trend i utviklingen, men en betydelig variasjon mellom år (Jensen et al. 1996).

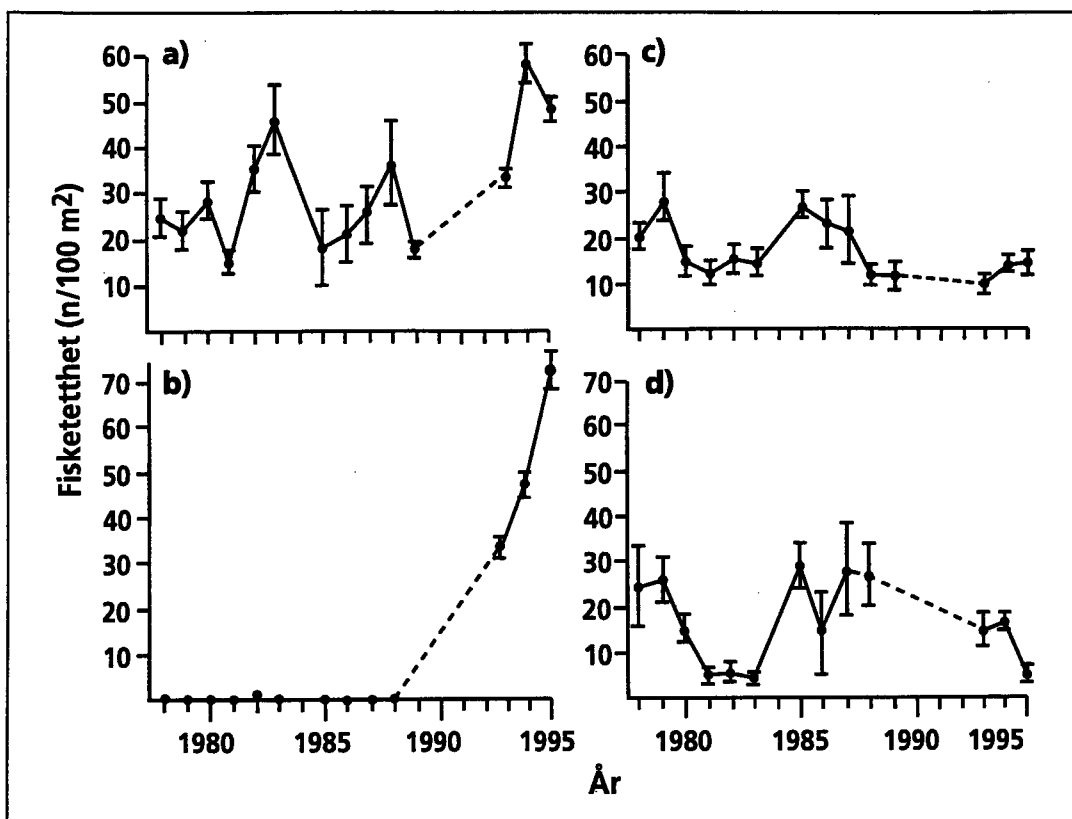
I den nederste delen av Orkla nedenfor Raubekken ble det knapt registrert ungfisk av laks i perioden 1978-89 (figur 3b). Ved undersøkelsene i 1993 og 1994 var tetthetene like store som ovenfor Raubekken og i 1995 var de høyere (72,0 og 48,3 pr. 100 m<sup>2</sup> henholdsvis nedenfor og ovenfor Raubekken).

Tettheten av aure var mindre enn tettheten av laksunger i den øvre delen av elva. Gjennomsnittstetthetene var 10-30 individer pr. 100 m<sup>2</sup> (figur 3c). Nedenfor Raubekken var tettheten av aure omlag lik tetthetene ovenfor, men det ble observert en større forskjell mellom år. Spesielt i årene 1981-83 var tetthetene lave i den nederste delen av elva. I 1995 ble det bare registrert 5,1 aureunger pr. 100 m<sup>2</sup> nedenfor Raubekken. Nedgangen kan skyldes økt tetthet av laksunger på strekningen, og dermed økt konkurranse.

1993 årsklassen av laksunger var mer tallrik enn de forgående. Dette førte til høye tettheter av 1 + i 1994 og 2 + 1995, både ovenfor og nedenfor Raubekken. De neste årsklassene (1994- og 1995 -årsklassen) synes ikke å være like sterke som 1993 årsklassen.

#### 4.1.2 Vekst

Laksungenes gjennomsnittslengde etter ett år i elva har variert mellom 39 og 47 mm. Dårligst vekst ble registrert våren 1988, 1990 og 1991, og best vekst i 1982, 1987 og 1989 (tabell 3).



Figur 3. Tetthet av ungfisk av laks og aure i Orkla. Figur a og b viser henholdsvis tetthet av laksunger ovenfor og nedenfor Raubekken. Figur c og d viser henholdsvis tetthet av aure ovenfor og nedenfor Raubekken.

**Tabell 3. Lengde ( $\pm$  95% konfidensintervall) av laksunger fanget på Grut om våren, før vekstsesongens start, i perioden 1982-94. Antall fisk er gitt i parentes.**

Alder	1 år	2 år	3 år	4 år
30. april 1982	47,0 $\pm$ 6,0 ( 5)	79,8 $\pm$ 3,8 (10)	124,0 $\pm$ 19,0 ( 5)	
8. mai 1985	46,1 $\pm$ 1,5 (10)	71,0 $\pm$ 2,2 (29)	97,2 $\pm$ 2,5 (38)	117,4 $\pm$ 6,2 (10)
21. april 1986	45,9 $\pm$ 1,8 (19)	73,2 $\pm$ 1,3 (63)	99,2 $\pm$ 3,1 (41)	120,7 $\pm$ 4,4 (23)
6. april 1987	46,7 $\pm$ 1,2 (29)	71,8 $\pm$ 1,3 (74)	102,2 $\pm$ 2,5 (54)	123,8 $\pm$ 4,9 (17)
6. april 1988	39,2 $\pm$ 0,9 (42)	67,4 $\pm$ 1,2 (60)	98,2 $\pm$ 2,3 (82)	128,0 $\pm$ 3,5 (26)
12. mai 1989	47,0 $\pm$ 3,4 (23)	70,2 $\pm$ 3,5 (27)	97,9 $\pm$ 7,1 (11)	117,9 $\pm$ 3,4 (31)
14. febr. 1990	39,8 $\pm$ 1,0 (13)	65,2 $\pm$ 2,6 (26)	88,7 $\pm$ 4,6 (27)	119,1 $\pm$ 5,1 (10)
19. april 1991	41,0 $\pm$ 1,3 (24)	64,5 $\pm$ 1,5 (45)	91,9 $\pm$ 3,5 (43)	112,2 $\pm$ 3,2 (49)
22. april 1992	45,3 $\pm$ 0,9 (54)	68,2 $\pm$ 1,1 (81)	96,5 $\pm$ 3,1 (51)	122,7 $\pm$ 4,2 (23)
25. mars 1993	45,4 $\pm$ 1,6 (11)	67,9 $\pm$ 2,1 (28)	98,5 $\pm$ 4,3 (35)	122,3 $\pm$ 4,7 (14)
3. mai 1994	45,5 $\pm$ 1,6 (41)	71,7 $\pm$ 2,4 (25)	99,5 $\pm$ 4,8 (31)	114,7 $\pm$ 5,8 (10)

Gjennomsnittsstørrelsen på to år gamle laksunger varierte fra 65 til 80 mm, med størst fisk i 1982 og minst fisk i 1991. Tilsvarende varierte størrelsen på tre år gamle laksunger mellom 89 og 124 mm (tabell 3). Som for to år gammel laks var fisken som ble samlet inn i 1991 minst og de fra 1982 størst. Både to og tre år gamle laksunger var signifikant ( $p < 0,05$ ) større våren 1982 enn alle andre år (unntatt to år gammel laks i 1986).

Ser vi på hele materialet under ett, så var gjennomsnittsenngden etter ett år 45 mm, og årlig tilvekst de tre neste årene var henholdsvis 25, 29 og 21 mm.

Materialet fra våren 1982 er det eneste som ble samlet inn før kraftutbyggingen ble gjennomført. Til tross for at det er lite, viser det at laksungenes vekst var betydelig bedre før utbyggingen. Den reduserte veksten etter utbyggingen har klar sammenheng med redusert vanntemperatur i elva. Det er generell enighet om at det er vanntemperatur, fiskestørrelse og energiinntak som er de tre viktigste variablene som påvirker fiskens vekst (Donaldson & Foster 1940, Brett et al. 1969, Elliott 1975a,b, 1994). Jensen (1987) beregnet ved hjelp av en modell som beskriver vekst hos aure i forhold til vanntemperatur at aurens vekst i Orkla ville avta med ca. 18 % etter kraftutbyggingen på grunn av lavere vanntemperatur. Også i forbindelse med Altautbyggingen er det påvist dårligere vekst hos laksunger etter reguleringen på grunn av lavere vanntemperatur (Saksgård et al. 1992, Forseth et al. 1996).

## 4.2 Smoltundersøkelser

### 4.2.1 Alder og vekst hos smolt

Laksesmoltten består av tre aldersklasser, den er tre, fire og fem år gammel. Det er tre og fire år gammel smolt som dominerer. Laksesmoltten dominerer i Orkla og andelen har

variert fra 81,2 til 97,5 % i perioden 1982 til 1995. Andelen av auresmolt var i gjennomsnitt 10,9 % ( $\pm 2,1$  c.i. = 0,95).

Laksens smoltalder har variert mellom 3,0 og 3,8 år i den undersøkte perioden (figur 4). Gjennomsnittsalderen har vært 3,6 år. Smoltalderen synes å ha blitt omlag et halvt år høyere etter regulering. Dette har trolig sammenheng med lavere vanntemperatur i vekstperioden for ungfisken og dermed dårligere vekst etter reguleringen.

Smoltalderen hos sjøauren har variert mellom 2,5 og 3,7 år (figur 5). Sjøauresmolten var yngre enn laksen. Aldersforskjellen synes å utgjøre et halvt år. Det var ikke signifikant sammenheng mellom gjennomsnittsalderen hos aure- og laksesmolten i perioden 1982 til 1995 ( $p > 0,05$ ).

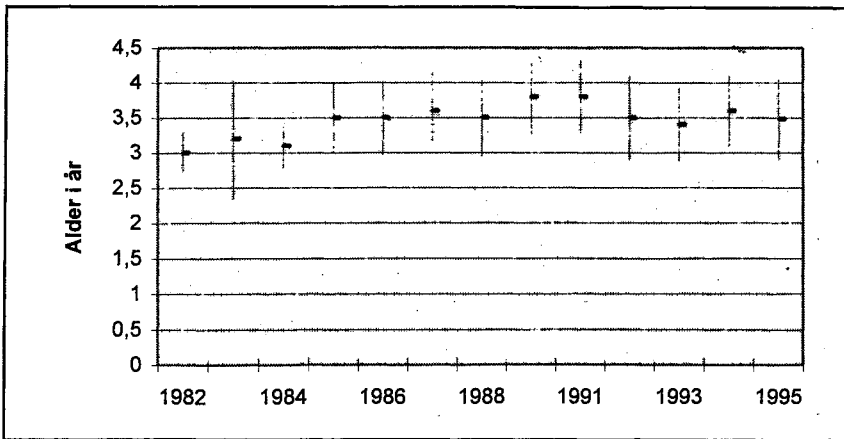
Gjennomsnittslengden hos treårig laksesmolt har variert mellom 116 og 126 mm, og fireårig smolt har variert mellom 130-140 mm, (figur 6 og 7).

Det var signifikant positiv sammenheng mellom smoltalder og smoltlengde ( $p = 0,04$ ) i materialet av laks.

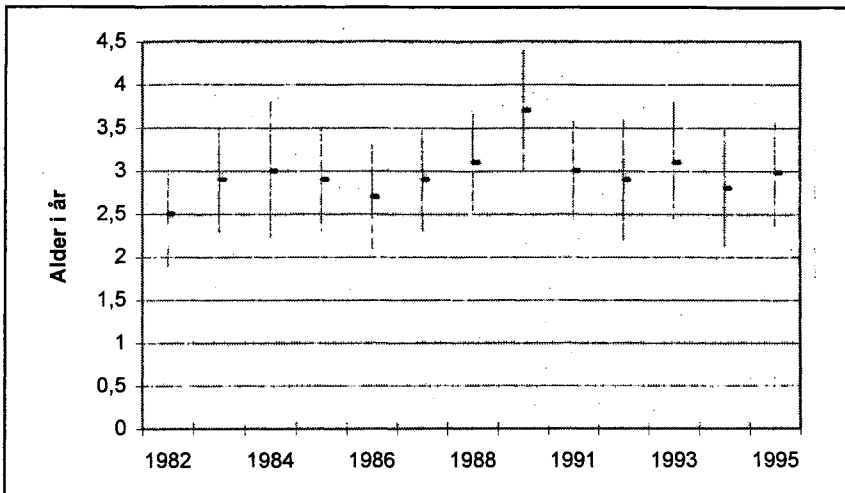
Gjennomsnittslengder hos tre- og fireårige hanner av laks var ikke samvarierende mellom år ( $p > 0,05$ ) (figur 8 og 9).

Det var overvekt av hunner og andelen hanner var i gjennomsnitt 39,8 % (varierende mellom 34,8 og 42,9 %) i perioden 1982 til 1995. Det var tendens til nedsatt lengde hos molten med økende andel hanner, men sammenhengen var ikke signifikant ( $p = 0,11$ ).

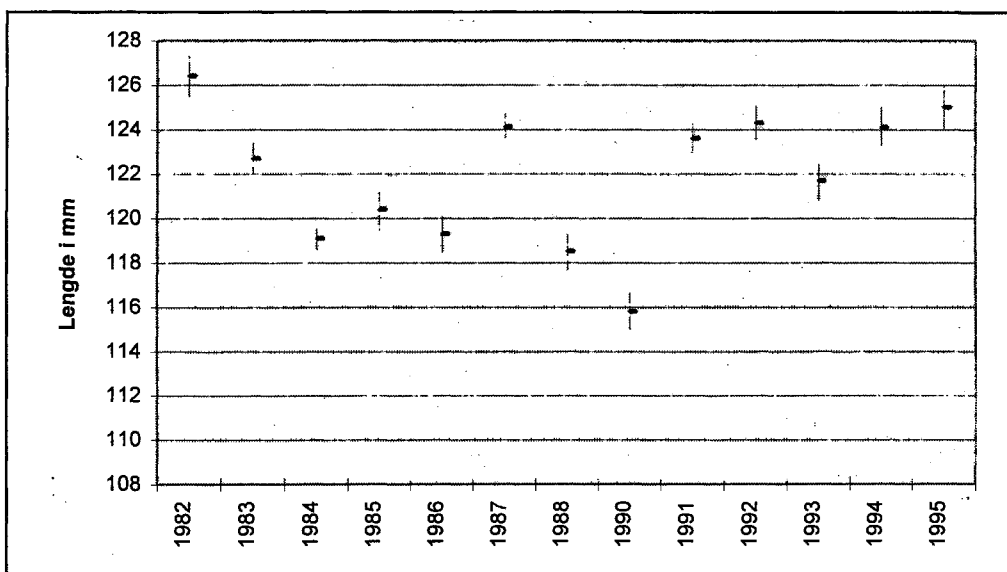
En del av hannene blir kjønnsmodne og utvikler melke før de vandrer ut som smolt. Andelen av smolt med utviklete gonader har variert mellom 4 og 14 % i perioden 1986 til 1995 blant utvandrende smolt. Kjønnsmodning kan nedsette veksten (Myers et al. 1986) og medfører økt dødelighet. Mangel på samvariasjon i vekst hos tre- og fireårig smolthanner kan ha sammenheng med nedsatt vekst og



**Figur 4.** Alder hos laksesmolt fanget på Mel-dal bru 1982-1995 (untatt 1989). Gjennomsnittsverdier og standardavvik er vist.

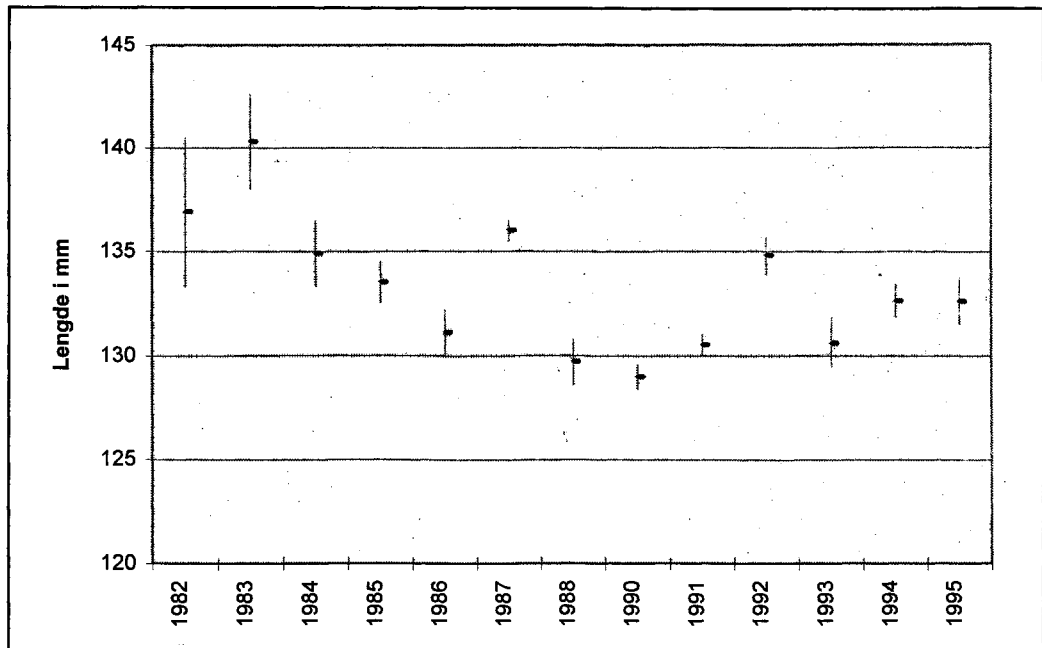


**Figur 5.** Alder hos auresmolt fanget på Mel-dal bru 1982-1995 (untatt 1989). Gjennomsnittsverdier og standardavvik er vist.

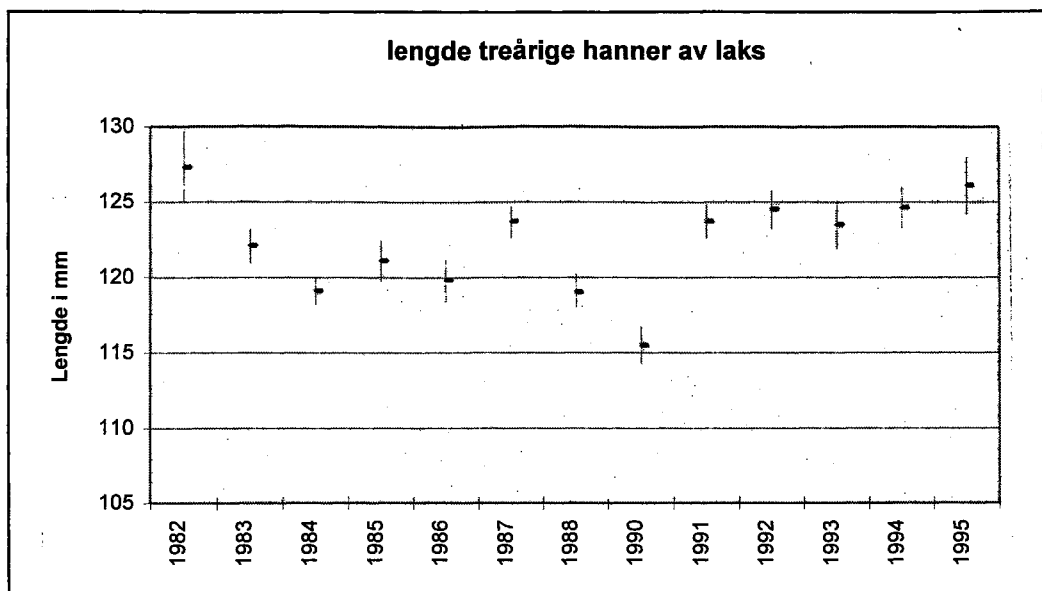


**Figur 6.** Lengde ( $\pm$  95 % konfidensintervall) hos treårig smolt av laks i Orkla i perioden 1982 til 1995 (untatt 1989).

**Figur 7.** Lengde ( $\pm$  95 % konfidensintervall) hos fire-årig smolt av laks i Orkla 1982 til 1995.



**Figur 8.** Lengde ( $\pm$  95 % konfidensintervall) hos tre-årig smolthanner av laks i Orkla 1982 til 1995.



varierende andel av kjønnsmodning. Det var imidlertid ingen sammenheng mellom andel gyteparr og lengde hos fireårig hannsmolt ( $p = 0.90$ ). Det var liten andel gyteparr i 1994 og 1995 (4,8 % og 4,2 %). Dette kan tyde på at det er en tett bestand av lakseparr (Myers et al. 1986).

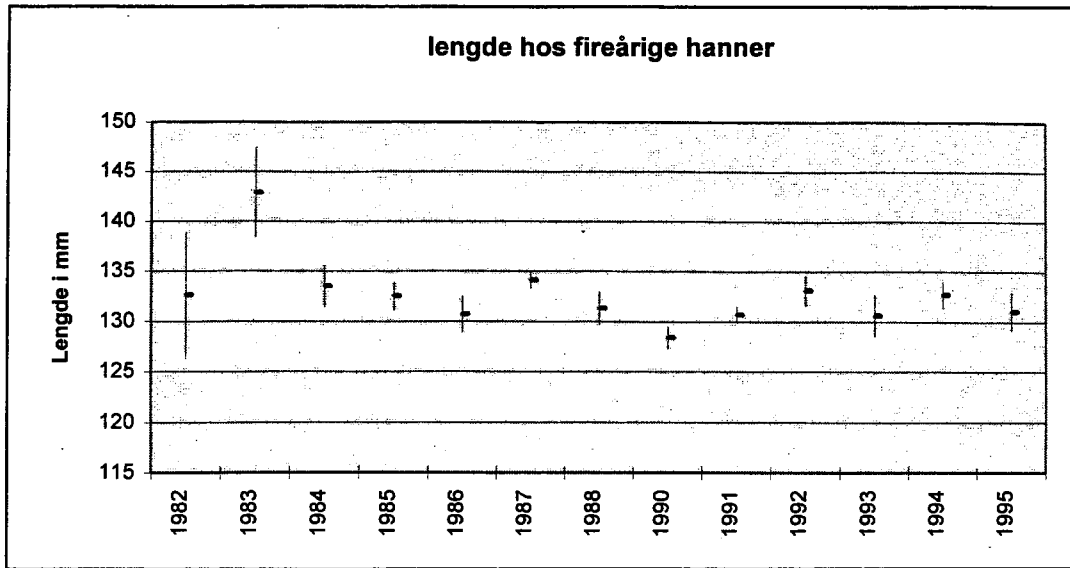
Det var signifikant sammenheng i lengde mellom tre- og fireårige hunner etter 1984.

Trolig var det for lite ungfisk i 1983 og 1984 til å fylle opp elva etter reguleringen som ga større vanddekte arealer. En ser at lengden var spesielt stor for fireårssmolten i totalbestanden av utvandrende smolt i 1983 (figur 7).

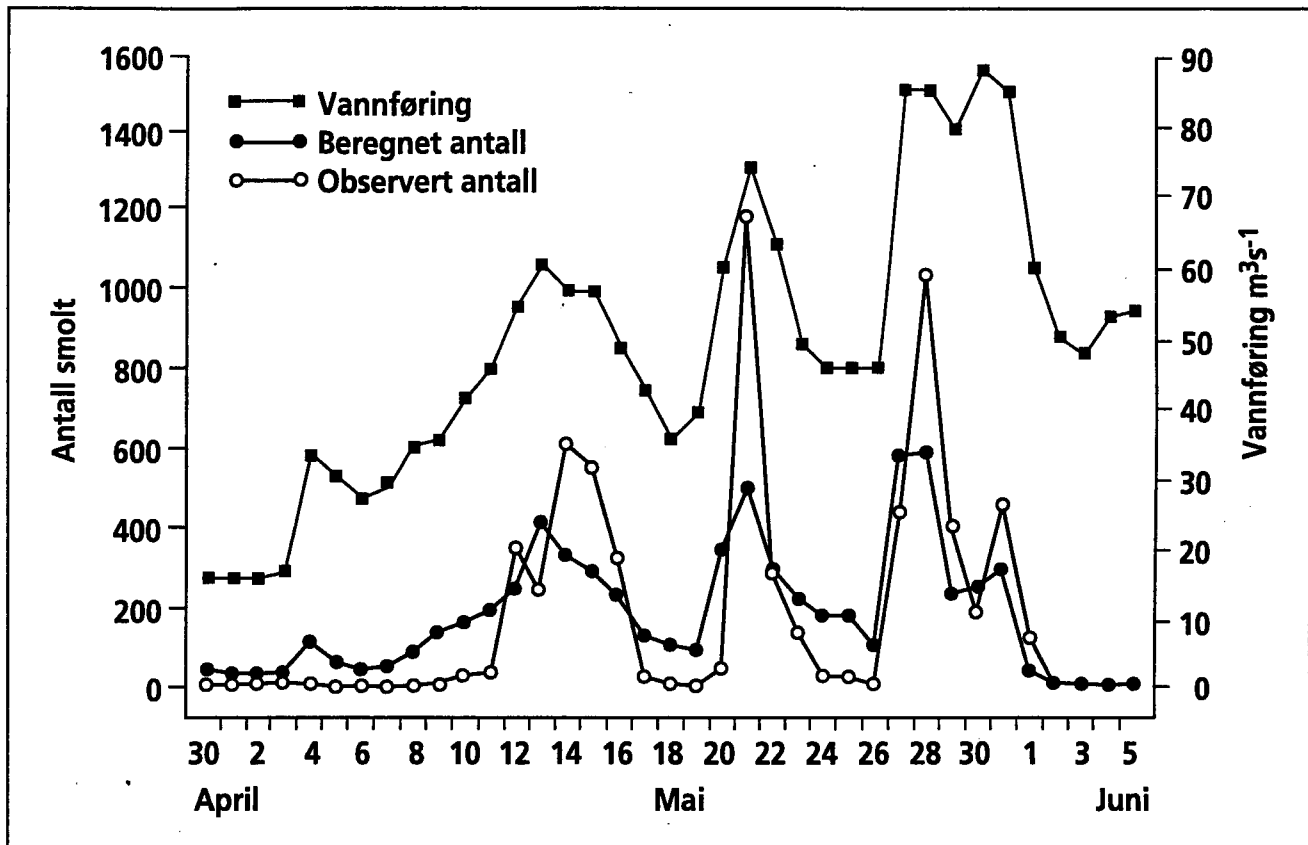
Det var signifikant sammenheng mellom smoltalder og lengde hos både laks- og auresmolten ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2.2 Vandringsatferd

Smoltutvandringen i Orkla er registrert i perioden 1979 til 1995, med unntak av 1989. Utvandringen av laksesmolt i Orkla er konsentrert til mai måned (figur 10). Undersøkelser av smolt før og etter mai ved hjelp av fellefangst og elektrisk fiske, bekrefter at smoltutvandringen i april og juni er ubetydelig. Smoltutvandringen synes å starte med økende vannføring i begynnelsen av mai. Smolten viser en klumpvis utvandring der mange smolt vandrer ut i løpet av en til tre etterfølgende netter. Smolten vandrer i hovedstrømmen i den mørkeste perioden om natta.



Figur 9. Lengde ( $\pm$  95 % konfidensintervall) hos fireårige smolt-hanner av laks i Orkla i perioden 1982 til 1995 (untatt 1989).



Figur 10. Smoltutvandring i Orkla i 1991. Beregnet utvandring er gjennomført på grunnlag av modell for smoltutvandring basert på omgivelsesvariabler (Hvidsten et al. 1995).

Smoltutvandringen i Orkla er korrelert til vannføring, endring i vannføring, vanntemperatur, endring i vanntemperatur og månefaser. Intensiteten i utvandringen er målt ved antall smolt som er fanget pr. fangsttime som avhengig variabel i GLIM-analysen. Alle omgivelsesvariablene som ble testet ga signifikant bidrag i ligningen (figur 10) (Hvidsten et al.

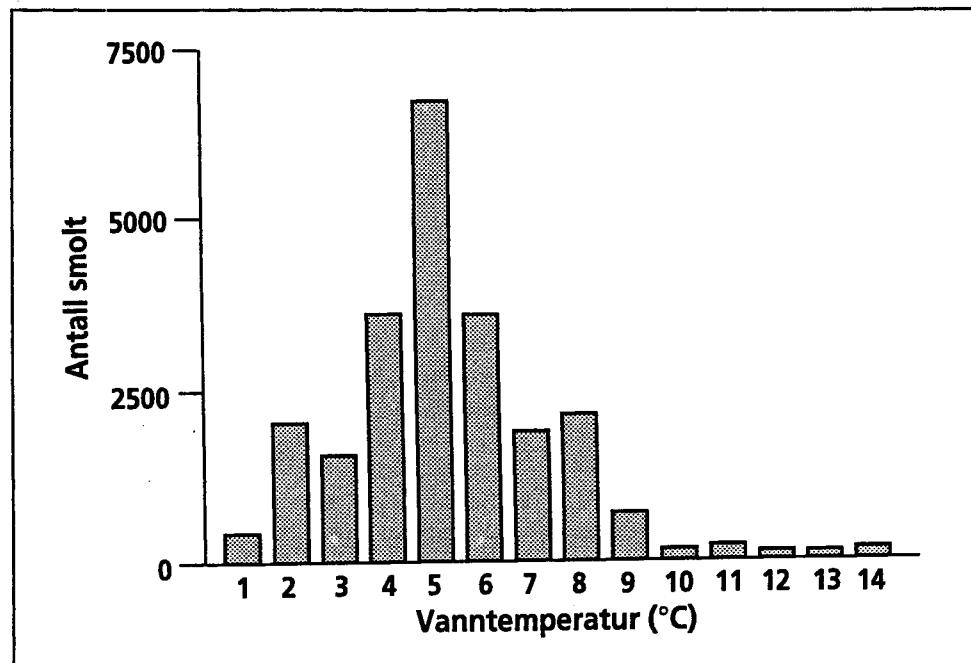
1995). Vannføring var den viktigste enkeltfaktoren. Absolutt vanntemperatur og endring i vanntemperatur var viktigere enn endring i vannføring. Ligningen viste dårlig evne til å forutsi stor smoltutgang. Smolten synes å samles i stimer ved stigende vannføringer, derfor kan en liten vannføringsøkning føre til en stor smoltutgang. Dersom en får en

større vannføringsøkning bare få dager etter dette, vil en ikke alltid få en ny stor smoltutgang. Trolig har den til da vandringsklare smolten vandret ut på dette tidspunktet, selv om omgivelsesvariablene var de beste for utvandring. En viktig faktor som ikke er med i ligningen og som trolig gjør at store topper i utvandringen ikke forklares av ligningen er biologiske forhold. Vi mener at smolten påvirker hverandre innbyrdes, slik at smolt som står langt oppi elva drar med seg smolt som står lengre nede. Smolt er merket i forskjellige soner i elva og de største stimer opptrer når merket smolt fra flere soner blir fanget samtidig. Dersom smolten svømte uavhengig av hverandre nedover elva, og det bare var fysiske stimuli som styrte smoltutvandringen, ville smolt fra nedre sone, som står nærmest fellene komme først, smolten fra sone II som nummer to og fisken fra sone III til slutt. Ved chi-kvadrat test ble det sannsynliggjort at det er tidsuavhengighet når den merkete smolten fra de ulike sonene kommer i fella. Dette indikerer at smolten influerer på hverandre på en slik måte at smolt fra de øverste områdene trekker med seg smolt fra nedenforliggende områder. Vi har kalt dette sosial atferd hos smolt (Hvidsten et al. 1995).

Forløpet i utvandringen er ulikt de enkelte årene. Utvandringen startet ved vanntemperaturer mellom 1,7 og 4,4 °C og fortsatte selv om vanntemperaturen gikk ned til 1,5 °C. Mesteparten av smolten vandret ut ved temperaturer mellom 2 og 8 °C (figur 11).

Halvparten av smolten passerte Meldal bru mellom 8. og 28. mai. Tidlig utvandring kan noen år være knyttet til stor og plutselig vannføringsøkning tidlig i utvandningsperioden.

**Figur 11.** Frekvens av antall smolt ved forskjellige vanntemperaturer i perioden 1980-1992 (antall = 22461).



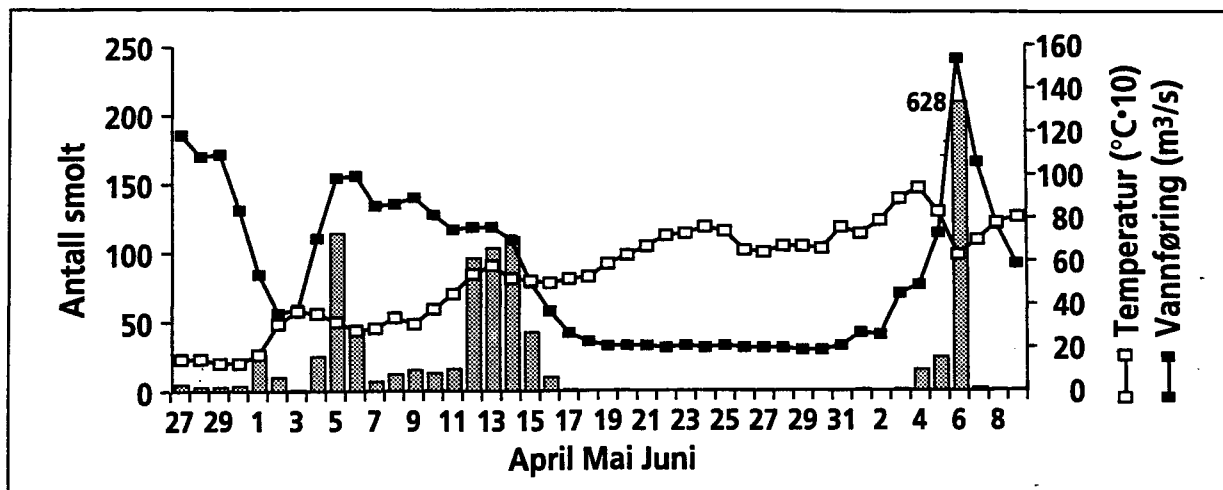
Sein utvandring får en tilsvarende i år med liten vannføring eller avtagende vannføring i første halvdel av mai. Etter midten av mai i år med sein utvandring, synes små vannføringsøkninger å initiere stor smoltutvandring. Jevn og høy vannføring i mai medførte at smolten gikk ut i flere og mindre stimer over hele perioden. Utvandringens mønsteret er i noen år kamuflert av at innfangingen av smolt er vanskelig ved store og stigende vannføringer, da mye driv kan tette til fellene og redusere fangsteffektiviteten. Vannføringen er en viktig trigger for at smolt skal vandre ut i Orkla. I 1994 etter en lang periode med synkende og liten vannføring (17/5 til 3/6) ble det sluppet kunstig flom. Vannføringen økte fra ca. 20 til 30 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> og dette initierte smoltutgang. Forløpet av smoltutgangen ble imidlertid styrt av en naturlig flom i etterkant av spyleflommen (Figur 12).

Hesthagen & Garnås (1986) fant at laks- og auresmolten gikk ut om natta symmetrisk om midnatt. Åttisju prosent av laksesmolten gikk ut mellom kl 2200 og 0200.

#### 4.2.3 Ernæring hos utvandrende smolt

Under utvandringen spiser laks- og auresmolten hovedsakelig vårfluelarver, døgnflue- og steinfluenymfer. Det er relativt få tomme mager (Garnås & Hvidsten 1984). Smolten spiser under utvandringen, og dette må for en stor del skje i løpet av dagen når smolten står nært bunnen (Garnås & Hvidsten 1985b).





Figur 12. Smoltutvandring i Orkla i 1994 i forhold til vannføring.

#### 4.2.4 Smoltproduksjon

Under smoltutvandringen ble merket og umerket smolt samlet inn ved hjelp av fellene på Meldal bru. På grunnlag av kjent antall merkete smolt og antall gjenfangster og totalfangst ble smoltproduksjonen estimert. Merkingen og gjenfangsten er gjennomført på samme måte og i henhold til Petersens metode (Ricker 1975) i hele forsøksperioden. Forutsetningen for å regne ut tetthet av populasjoner ved merking og gjenfangstforsøk er i følge Ricker (1975) at den merkete fisken blir blandet tilfeldig med den umerkede, at den er utsatt for den samme naturlige dødelighet og at fangstsannsynligheten er den samme. Videre at det bare er ubetydelig rekruttering til populasjonen under forsøket, og at det ikke er tap av merker.

Alle disse forutsetningene synes å være oppfylt i Orkla. Et større antall merkete smolt og flere gjenfangster ville gitt sikrere estimater (mindre konfidensintervall). Det er i praksis vanskelig å øke antall merkete smolt. Antallet estimerte smolt gjelder andelen av vandrende fisk som var tilstede på merketidspunktet, tabell 4.

Produksjonen av smolt har økt etter reguleringen. I perioden 1984-1995 var smoltproduksjonen 7,4 smolt pr 100 m<sup>2</sup> i gjennomsnitt. Når en betrakter produksjonen i 1983 (4,0 smolt pr 100 m<sup>2</sup>) som representativ for uregulert periode, har smoltproduksjonen i gjennomsnitt økt med 85 % etter regulering (figur 13).

Vannføringen gjennom vinteren har økt som følge av reguleringen. Vi har gjennomført en regresjonsanalyse mellom smoltproduksjon og minstevannføring. Den minste vintervannføringen ble brukt som en indeks for vannføringen. Vi antar at stor vannføring gir stor sannsynlighet for overlevelse, mens liten vannføring reduserer overlevelsen hos ungfisken. Den minste vannføringen som ble registrert hver av de tre siste vintrene før smoltutgangen er brukt i vannføringsindeksen (Hvidsten 1993). Vannføringsindeksen er bygd opp ved at laveste vintervannføring de

enkelte år er dividert med gjennomsnittsvannføringen i den aktuelle perioden. Denne verdien er multiplisert hvert år i de tre vintrene laksungene har vært på elva. Sammenhengen mellom vannføringsindeksen og smoltproduksjonen er signifikant både når en bruker de to og tre siste vintrenes minstevannføring, best sammenheng får en når en bruker minstevannføringen tre år før smoltutvandringen. Analysen gjelder perioden 1983 til 1995, med unntak av året 1989. Smoltproduksjonen er begrenset av den minste registrerte vintervannføringen under oppvekstperioden på elva (figur 14). Sammenhengen mellom smoltproduksjonen og vannføringsindeksen ble beskrevet best av en annengradsligning;

$$y = 4,500 + 2,568x - 0,306x^2, r^2 = 0,50, df = 9, F = 4,54, p < 0,05.$$

Lav smoltproduksjon i Orkla i 1988, 1994 og 1995 skyldes trolig tilfeldig variasjon innenfor det nye vannføringsregimet etter regulering. Vintervannføringen har vært en sterkt begrensende faktor for smoltproduksjonen i Orkla. Reguleringen har sikret en høy vintervannføring, og minstevannføringen har gitt større permanente, vanddekte produksjonsarealer for næringsdyr og fisk. Endringen i smoltproduksjonen skyldes i stor grad stabilisert og høy vannføring om vinteren etter reguleringen.

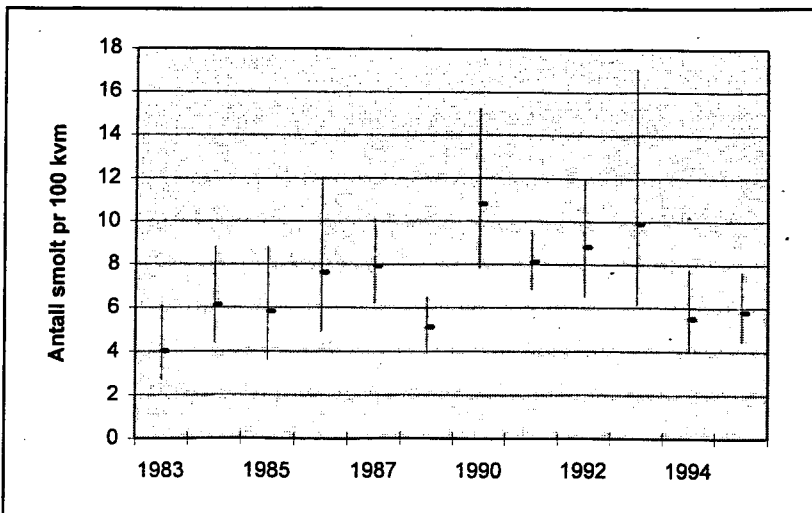
#### 4.2.5 Dødelighet hos utvandrende smolt

Atferdstudiene av utvandrende smolt førte til bygging av et smolttilpasset inntak til Svorkmo kraftverk, som hindrer smolt å gå inn i kraftverket. Inntaket ble bygd som et langstrakt bunninntak med lysåpning 1,5 x 50 m for å unngå smolten.

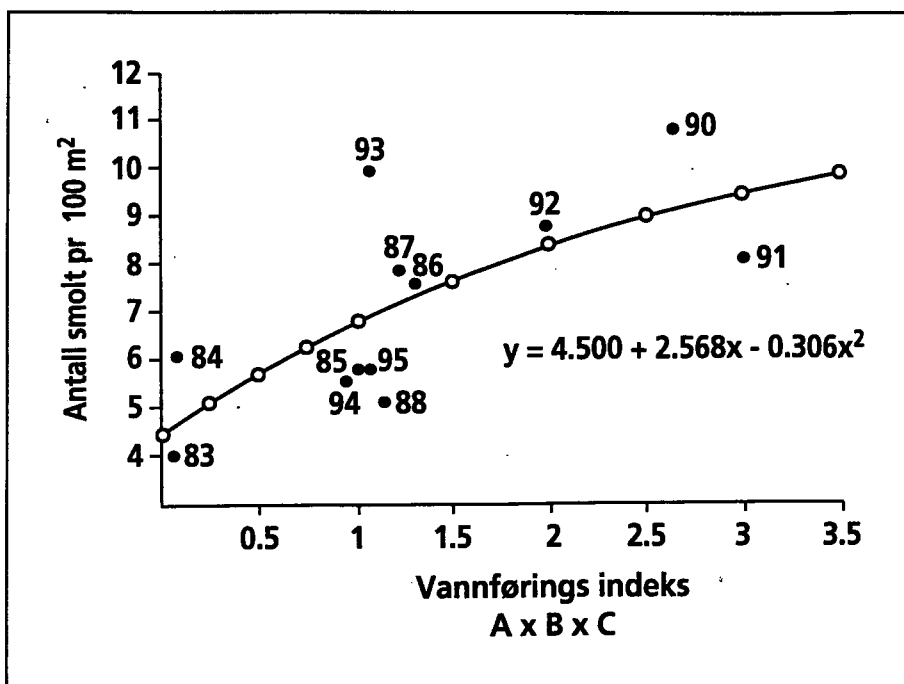
Det ble satt ut Carlin-merket smolt i kraftverksinntaket og nedenfor inntaket for å måle dødelighet som følge av turbinpassasjen. Potensiell dødelighet hos smolt skjer også som følge av at det er ulike predatorer som fiskender (*Mergus*

**Tabell 4. Beregnet antall laksesmolt etter Petersens metode i perioden 1983 til 1994 i Orkla, med unntak for 1989. Produksjonen er beregnet for strekningen ovenfor Meldal bru. M, R, C og N er definert i metodekapitlet.**

År	Sone	M	R	%	C	N	N/100 m <sup>2</sup>	
							N/100	95 % C. I.
1983	I	1497	16	1,1	1285	113319	3,8	2,4- 6,3
	II	331	4	1,2	1285	85390	2,8	1,3- 7,1
	III	517	4	0,8	1285	133230	4,4	2,0-11,1
	total	2345	24	1,0	1285	120687	4,0	2,7- 6,1
1984	I	1707	17	1,0	1777	168712	5,6	3,6- 9,3
	II	590	6	1,0	1777	150114	5,0	2,3-10,0
	III	1094	9	0,8	1777	194691	6,5	3,6-13,0
	total	3391	32	0,9	1777	182757	6,1	4,4- 8,8
1985	I	2130	10	0,5	779	151107	5,0	2,9- 9,7
	II	660	5	0,8	779	85930	2,9	1,4- 6,6
	III	1420	3	0,2	779	277095	9,2	3,3-18,5
	total	4210	18	0,4	779	172872	5,8	3,6- 8,8
1986	I	2532	10	0,4	889	204943	6,8	3,9-13,2
	II	965	6	0,9	889	122,820	4,1	2,0- 9,0
	III	1592	3	0,2	889	354443	11,8	4,8-29,5
	total	5089	19	0,4	889	226,505	7,6	4,9-12,1
1987	I	2435	26	1,1	2848	257133	8,6	5,9-12,9
	II	1173	14	1,2	2848	223060	7,4	4,6-12,7
	III	1658	22	1,2	2848	205572	6,9	4,6-10,7
	total	5266	62	1,2	2848	2348269	7,9	6,2-10,2
1988	I	2085	23	1,1	1778	154402	5,1	3,5- 7,9
	II	1076	13	1,2	1778	136856	4,6	2,7- 8,1
	III	1620	19	1,2	1778	151819	4,8	3,1- 7,7
	total	4778	55	1,2	1778	151819	5,1	3,9- 6,5
1990	I	1502	10	0,7	2802	382968	12,8	7,2-24,6
	II	912	9	1,0	2802	255913	8,5	4,7-17,1
	III	1733	16	0,9	2802	285906	9,5	6,0-15,9
	total	4147	35	0,8	2802	322968	10,8	7,8-15,3
1991	I	2361	68	2,9	6524	223363	7,4	5,9- 9,4
	II	974	31	3,2	6524	198809	6,6	4,3-10,9
	III	1393	27	1,9	6524	324852	10,8	6,8-18,4
	total	4728	126	2,7	6524	242966	8,1	6,8- 9,6
1992	I	1921	20	1,0	2335	213799	7,1	5,7-11,3
	II	946	7	0,7	2335	276524	9,2	4,8-19,4
	III	2077	16	0,8	2335	285541	9,5	6,0-15,9
	total	4944	43	0,9	2335	262534	8,8	6,5-12,0
1993	I	2153	9	0,4	989	213246	7,1	3,9-14,2
	II	1024	4	0,4	989	202745	6,8	3,0-16,9
	III	1326	1	-	-	-	-	-
	total	4503	14	0,3	989	297264	9,9	6,1-17,1
1994	I	2200	18	0,8	1335	154765	5,2	
	II	1030	11	1,1	1335	148184	4,9	
	III	1487	8	0,5	1335	220885	7,4	
	total	4717	37	0,8	1335	165875	5,5	4,0- 7,8
1995	I	2259	31	1,37	1738	122816	4,1	
	II	903	7	0,78	1738	196507	6,6	
	III	1558	8	0,51	1738	301233	10,0	
	total	4725	46	0,97	1738	174677	5,8	4,4-7,7



Figur 13. Produksjonen av smolt i Orkla pr 100 m<sup>2</sup> i perioden 1983 til 1995 (unntatt 1989).



Figur 14. Produksjon av laksesmolt i Orkla i perioden 1983-1995 i forhold til vintervannføring. Regresjonskurven for sammenhengen mellom smoltproduksjon og minstevannføringsindeksen er vist.

spp.), måker (*Larus* spp.), terner (*Sterna* spp), oter (*Lutra lutra*) og mink (*Mustela vison*) langs vassdraget. Potensiell predator er også voksen bekk- og sjøaure. Turbindødeligheten ble beregnet til  $73 \pm 12\%$  for smolt som var satt ut i og utenfor kraftverket. I tillegg ble det, for å måle hvor stor andelen av nedvandrende smolt som gikk gjennom kraftverket, satt ut oppdrettet Carlin-merket smolt ovenfor og nedenfor kraftverkets inntak. Det ble imidlertid ikke funnet signifikant forskjell i gjenfangster av smolt satt ovenfor kraftverket (Brattset) og nedenfor kraftverket (Storås, Forve) ( $\chi^2 = 2.24$ ,  $p > 0.05$ ) (Tabell 5). I 1986 var det forskjell i gjenfangstene fra Brattset og Storås (ovenfor og nedenfor kraftverksinntaket) ( $\chi^2 = 6.1$ ,  $p < 0.025$ ). Det var liten vannføring i Orkla under smoltutgangen i 1986, og trolig skyldes forskjellen i dødelighet for smolt som ble satt ut på Brattset og nedenfor, at en stor del av smolten passerte gjennom kraftverket dette året. Predasjonen synes å være ubetydelig langs elva under utvandringen fra fugl, fisk og pattedyr. I

1991 var vannføringen liten og kjøringen av Svorkmo kraftverk ble redusert når det passerte mer enn 10 000 smolt før midnatt på Meldal bru. I 1994 var Svorkmo kraftverk stanset på grunn av tunnelarbeider i mai.

**Tabell 5. Gjenfangster av Carlin-merket smolt satt ut på forskjellige lokaliteter i Orkla i perioden 1984 til 1989.**

År	Utsetningssted Brattset utsatt gjenf			Bjørset, inntak utsatt gjenf			Storås utsatt gjenf			Forve utsatt gjen		
	ant	ant	%	ant	ant	%	ant	ant	%	ant	ant	%
1984	1971	134	6,8	1890	41	2,2	987	52	5,3	986	70	7,1
1985	1984	49	2,5	1946	11	0,6	984	30	3,1	993	31	3,1
1986	1998	13	0,7	999	6	0,6	1928	28	1,5	1000	17	1,7
1987	1867	38	2,0	998	4	0,4	1998	60	3,0	1000	22	2,2
1988	2000	37	1,9	1000	7	0,7	2000	45	2,3	1000	31	3,1
1989	1000	12	1,2	1000	3	0,3	1000	17	1,7	1000	90	0,9
Total	10820	283	2,5	833	72	0,8	8897	232	2,8	5979	180	3,0

## 4.3 Undersøkelser av voksen laks

### 4.3.1 Telling av gytelaks

#### Telling ved hjelp av dykking

Det ble forsøkt talt antall laks og sjøaure på elva etter fiskesesongen i 1993 og 1994 ved hjelp av dykking. Det viste seg vanskelig å gjennomføre en undersøkelse som hadde tilstrekkelig sikkerhet for prosjektets formål. Metoden vil kreve langt større ressurser enn det som er tilgjengelig for å kunne gjennomføre totaltelling av antall gytefisk. Dette skyldes vassdragets størrelse og farget vann som nedsetter sikten.

På strekningen Brattset til Meldal bru ble det talt 63 laks og 45 sjøaure i 1993. I 1994 ble talt 278 fisk, hvorav 143 laks og 109 sjøaure på strekningen Brattset-Jordhølen (ovenfor Grut).

#### Telling ved hjelp av elektrolytteller og video

Sommeren 1994 ble fisketelleren på Bjørsetdammen satt i drift. Fisketelleren dekker bare bredden mellom en av fire damluker. Ved stor vannføring er totaltelling av antall oppvandrede laks og sjøaure ikke mulig. I 1994 ble det talt 5 746 fisk opp over dammen og 1 441 fisk ned, samlet for teller og video. I perioder med stor vannføring gikk det i tillegg opp fisk som ikke ble talt.

Ovenfor Bjørset trengs det i størrelssorden 10 000 000 rognkorn som kan forventes å gi 250 000 smolt. Hunnfisken i Orkla kan i gjennomsnitt ha 1 500 rogn pr. kg fiskekjøtt. Det trengs teoretisk 1 200 hunnfisk på 5,6 kg for å gi dette kvantumet rogn. I 1994 ble antall gytehunner beregnet til 940 stk som gir 8 000 000 rognkorn. Det er stor usikkerhet knyttet til beregningen.

### 4.3.2 Alder og vekst hos voksen laks og sjøaure

#### Laks

Det ble innsamlet hhv 267, 479 og 611 stk skjellprøver av villaks ovenfor Bjørset i 1992, 1993, og 1994. Gjennomsnittsvekten hos laksen varierte mellom 4,1 og 6,3 kg (tabell 6)

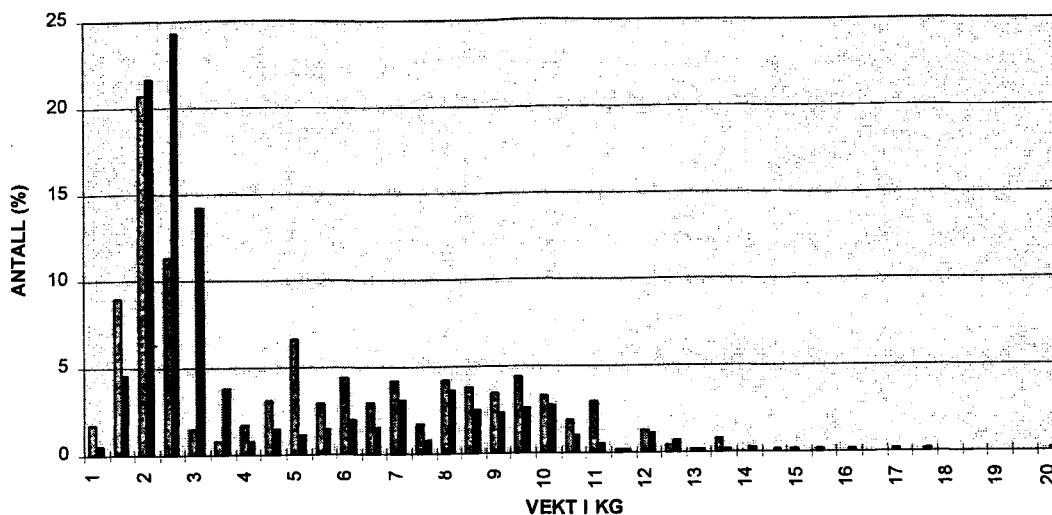
Det var store forskjeller i alderssammensetningen i disse tre årene. I 1994 var det laks som hadde vært en vinter i sjøen som dominerte i fangstene, mens det i 1992 var flest to- og tresjøvinterfisk i fangstene. Andelen av ensjøvinterlaks i materialet var hhv 24,2, 41,8 og 70,2 % i 1992, 1993 og 1994.

Vektfordelingen i materialet av laks i 1993 og 1994 viser at smålaksen var større i 1994 enn i 1993 (figur 15).

**Tabell 6 . Alder og vekt i kg ( $\pm$  95 % konfidensintervall, (antall)) ved fangst i Orkla i 1992, 1993 og 1994, analysert ved hjelp av skjellprøver fra laksen.**

År	1 vintre	2 vintre	3 vintre	4 vintre	Gjennomsn. vekt
1992	2,15 $\pm$ 0,10 (63)	5,77 $\pm$ 0,35 (90)	9,17 $\pm$ 0,37 (101)	11,18 $\pm$ 2,57 (6)	6,32 $\pm$ 0,40(267)
1993	1,98 $\pm$ 0,12 (188)	5,48 $\pm$ 0,24 (107)	9,24 $\pm$ 0,37 (105)	10,20 $\pm$ 1,57 (50)	5,06 $\pm$ 0,31(479)
1994	2,26 $\pm$ 0,05 (389)	5,50 $\pm$ 0,33 (52)	8,99 $\pm$ 0,35 (105)	13,16 $\pm$ 3,40 (8)	4,10 $\pm$ 0,26(611)

**VEKT HOS LAKS I 1993 OG 1994**



**Figur 15. Vektfordeling av laks fanget i Orkla ovenfor Bjørset i Meldal i 1993 og 1994. Søylar til venstre viser fangstfordelingen i 1993.**

Vektfordelingen mellom hanner og hunner viser at smålaksen av begge kjønn var større i 1994 enn i 1993 (figur 16). All laks større enn 13 kg var hannfisk.

Gjennomsnittsalderen hos laksesmolten basert på skjell av voksen laks var 3,5 år og de var i gjennomsnitt 13 cm lange (tabell 7)

Det er funnet ubetydelig (< 1 %) med rømt oppdrettslaks i Orkla i materialet fra sommerfisket og høstundersøkelser (Lund et al. 1993).

#### Sjøaure

Det ble samlet inn henholdsvis 34 og 55 skjellprøver av sjøaure i Orkla i 1993 og 1994.

Gjennomsnittsvekta for sjøauren som har vært inntil 7 somre i sjøen er vist i tabell 8.

En sjøaure trenger 6 til 7 somrer i sjøen for å bli 2 kg. Gjennomsnittsvekta i kg i materialet av sjøaure var 1,3  $\pm$  0,17 (34) og 1,45  $\pm$  0,12 (55) i 1993 og 1994.

Det var ingen kjønnsforskjeller i vektfordelingen av sjøaure (Figur 17).

#### 4.3.4 Vandringsatferd

Vandringsatferden hos den utsatte Carlin-merkete molten ble analysert (Hvidsten, Heggberget & Hansen 1994). Stamslaksen til forsøkene ble tatt i Trondheimsfjorden ved Viggja og er trolig en blanding av Gaula, Orkla og andre stammer. Laksen lærer vandringsruten til elva fra lukt og andre fysiske forhold i forbindelse med smoltifisering og utvandring fra elva (Quinn 1993). Vi analyserte om det var



**Tabell 8 Alder og gjennomsnittsvekt i kg ( $\pm$  95 % konfidensintervall, (antall)) for sjøaure fisket i Orkla i 1993 og 1994.**

År	2 somrer	3 somrer	4 somrer	5 somrer	6 somrer	7 somrer
1993	0,80, $\pm$ 0,14 (4)	1,23, $\pm$ 0,23 (14)	1,60, $\pm$ 0,42 (5)	1,69, $\pm$ 0,36 (5)	1,75, $\pm$ 0,21 (4)	
1994	1,18, $\pm$ 0,19 (15)	1,34, $\pm$ 0,17 (14)	1,48, $\pm$ 0,25 (13)	1,76, $\pm$ 0,46 (6)	1,87, $\pm$ 0,36 (5)	2,20, - (1)

forskjeller i evnen til å finne tilbake til heimelva, om den ble satt ut langt oppe eller nede i elva. Feilvandringen for smolt satt ut i Orkla var 19,4 %, flest feilvandrere gikk til Gaula (tabell 9).

Evnen til å finne tilbake til Orkla var den samme om utsettingsstedet var langt oppe eller langt nede i vassdraget. Utsettingene langt oppe i vassdraget ga gjenfangster av voksen laks lenger oppe i vassdraget enn utsettinger nede i vassdraget. Dette tyder på at laksen går tilbake til det stedet som den ble satt ut som smolt (Hvidsten et al. 1994).

Villsmolt ble merket med Carlin-merker på strekningen mellom Bjørset og Svorkmo og satt ut på samme sted som de ble fanget. Gjenfangstene av voksen laks er generelt små. Hittil er 0,3-1,5 % gjenfanget (tabell 10). Dette har trolig sammenheng med en kombinert effekt av innfangning, bedøving og merking under svært lave vanntemperaturer. Den merkete smolten hadde en lengde på 12,8 cm og mer. Gjenfangstene har variert fra år til år (tabell 10). Relativt stor gjenfangst av merkegruppen i 1993 samsvarer med tilslaget av denne årsklassen med stor oppgang av smålaks i 1994.

Det var en stor andel feilvandrere (35,7 %) av den merkete villsmolten.

**Tabell 9. Antall gjenfangster i elv og sjø og feilvandrere av voksen laks utsatt som oppforet smolt i Orkla i perioden 1984 til 1989.**

Utsettingssted	antall utsatt	gjenfangst elv			antall feilvandrere (%) totalt	totalt antall gjenfangster (%)
		Orkla	Gaula	andre elver		
Brattset	10820	40	5	3	16,7	283 (2,6)
Storås	8897	39	7	6	25,0	232 (2,6)
Forve	5979	25	2	2	13,8	180 (3,0)
Totalt	25696	104	14	11	19,4	695 (2,7)

#### 4.3.5 Beskatning og fangststatistikk

Undersøkelse av beskatningsrate for Orklalaksen er ikke gjennomført. Av 175 voksne laks som ble merket i 1991 i estuariet av elva ble 51 (29,1 %) gjenfanget. Av disse ble 32 gjenfanget i Orkla og 11 i Gaula, mens resten ble fanget i andre elver og i Trondheimsfjorden.

I følge offentlig statistikk var oppfisket kvantum laks i perioden 1971 til og med 1981 før regulering i gjennomsnitt 7,5 tonn pr. år (figur 18). I perioden 1985 til og med 1995 ble det fisket i gjennomsnitt 14,5 tonn laks. Oppfisket kvantum laks er i følge statistikken fordoblet etter reguleringen. Av sjøaure ble det totalt fisket 14,8 tonn i perioden

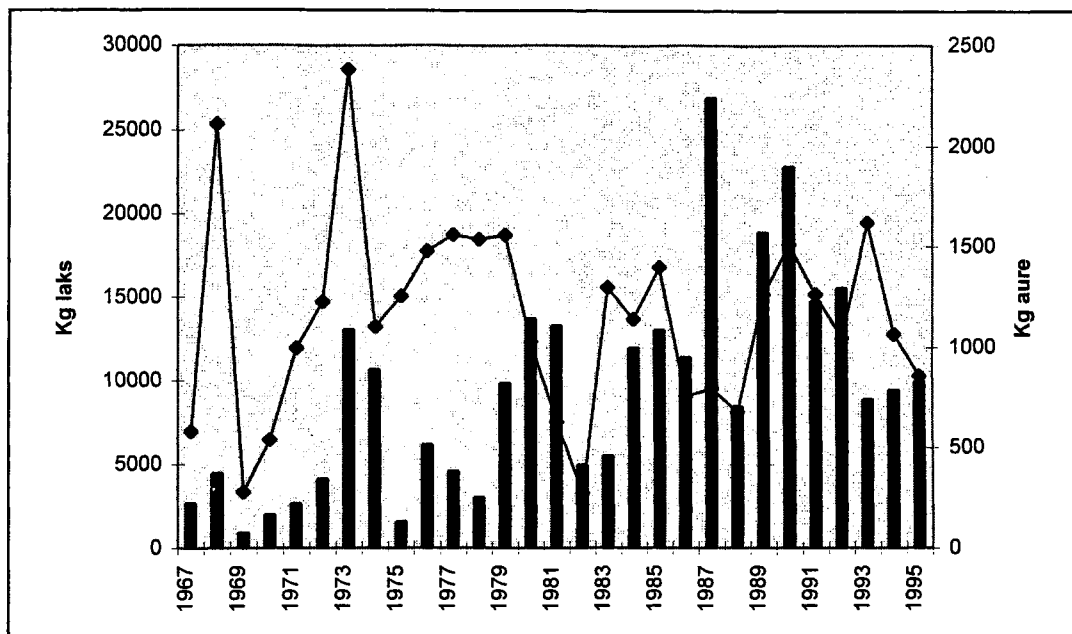
1971 til og med 1981, etter regulering ble det fisket 12,3 tonn. Oppfisket kvantum sjøaure synes å være på samme nivå som før regulering. Det er en rekke forhold som tilsier at det er vanskelig å tolke bestandsutviklingen. Det har skjedd forbedringer i selve innsamlingen av statistikken slik at en større andel av fangstene blir oppgitt. For laks har reguleringene av sjøfisket gitt økt andel elvefangst fra og med 1989 (Lund et al. 1994). Samtidig har forholdene omkring tungmetallforurensingen i Orkla virket inn på produksjonsforholdene for spesielt laks, slik at områdene nedenfor Svorkmo har kommet inn i full produksjon etter 1989 (Jensen et al. 1996). Sjøauren synes å ha vært mindre berørt av tungmetallforurensingen. Det kan derfor synes som om det er en nedgang i avkastningen av aure

**Tabell 10.** Antall gjenfangster i elv og sjø etter villsmoltmerkinger på strekningen Bjørset-Svorkmo i Orkla (pr. des. 1995).

Merkeår	Antall merket	Gjenfangster			
		Orkla	Gaula	Namsen	Totalt (%)
1987	998	3	1	1	8 (0,8)
1991	960	2	0	0	5 (0,5)
1992	928	1	0	0	3 (0,3)
1993	963	3	0	3	14 (1,5)
1994	993	0	0	0	3 (0,3)

etter reguleringen, uten at en kan peke på noen direkte årsak til dette. Den store økningen i avkastningen av laks skyldes trolig at både reguleringen, redusert sjøfiske, forbedring av statistikkinnsamlingen og forbedring i tungmetallsituasjonen trekker i samme retning. Det er imidlertid ingen tvil om at reguleringen har gitt økt avkastning av laks i Orkla. Dette ser en også ved å sammenligne fangststatistikken med andre elver i Midt-Norge (Johnsen & Hvidsten 1995).

**Figur 18.** Oppfisket kvantum av sjøaure og laks i Orkla i perioden 1966 til 1995 i følge offentlig statistikk. Søyler representerer laks.





## 5 Diskusjon

### 5.1 Smoltutvandring

Smolten går ut i mai måned på stor og stigende vannføring. Utvandringen skjer om natta (kl 2100-0300) i overflate-skiktet og i hovedstrømmen. Smolten går i stimer som er en måte å beskytte seg mot fiender på. Stimer oppstår når vannføringen stiger etter en periode med liten og synkende vannføring. Stimdannelsen synes dels å være sosialt initiert ved at vandringsklar smolt nede i vassdraget blir trukket med i stimen og vekk fra sine standplasser når smolt fra ovenfor liggende områder kommer svømmende nedover elva. Indikasjoner på sosial atferd hos utvandrende smolt er vist ved at utsetninger av oppfôret smolt kan initiere smoltutgang hos villsmolt (Kennedy et al. 1984, Hansen & Jonsson 1985). Ved utsetting av smolt i elva oppnår en størst gjenfangster av voksen laks når smolten settes ut i perioder med naturlig smoltutvandring. Når smolten settes ut ved flomtopper øker gjenfangsten av voksen laks. Dette er vist for Gaula, Surna (Hvidsten & Hansen 1988a) og for Eira (Hvidsten & Hansen 1988b). Undersøkelsene i Orkla har sannsynliggjort at utsetninger av smolt i perioder med stor utvandring av vill smolt øker gjenfangsten av voksen laks (Hvidsten & Johnsen 1993). Vi antar at dette skyldes at når et stort antall smolt går ut samtidig, vil predasjonsfaren bli mindre, spesielt i overgangsfasen mellom elva og sjøen.

Det synes å være liten dødelighet på utvandrende lakse-smolt fra pattedyr, fugl og fisk i elva. Under normale vannføringsforhold går det lite smolt gjennom Svorkmo kraftverk. Det vil si at det spesialkonstruerte bunninntaket har vært en vellykket konstruksjon som har virket etter hensikten. Vanligvis er det rapportert at det er færre gjenfangster av voksen laks fra utsetninger høyt oppe i vassdraget sammenlignet med utsetninger langt nede i vassdraget (Hansen 1980, Hansen & Lea 1982). I vannfattige år kan smolt bli ført gjennom kraftverket og overlevelsen av smolt kan bli redusert på grunn av stor dødelighet i turbinene i kraftverket. Dødelighet hos fisk som passerer kraftverks-turbiner øker med treffsannsynlighet og fallhøyde (Montén 1985). Stor vannføring synes generelt å være viktig for overlevelsen hos laks i midt-norske elver. En analyse av gjenfangster av voksen laks etter utsetninger av Carlinmerket smolt, viser at overlevelsen øker med stigende vannføring i elva på utsettingstidspunktet (Hvidsten & Hansen 1988a). Utvandringen om natta på stor vannføring i store stimer skjer for å beskytte seg mot beiting fra marin fisk som samler seg i elvemunningen under utvandringen (Hvidsten & Lund 1988).

### 5.2 Smoltproduksjon

Dempson & Stansbury (1991) har kritisert at antall gjenfangster av merket smolt i produksjonsberegningen i Orkla er for få og dermed at estimatet av smoltproduksjonen blir usikkert. Imidlertid synes smoltproduksjonsberegningen ved

hjelp av Petersens metode å være robust og tåle relativt få gjenfangster for å være representativ. Sikkerheten i smolt-estimatene synes å være gode ettersom det er sammenheng mellom vannføring og smoltproduksjon.

Reguleringen har ført til en økning i smoltproduksjonen som følge av økt minstevannføring om vinteren.

Resultatene av undersøkelsene etter regulering viser at smoltproduksjonen var sterkere begrenset av liten naturlig avrenning om vinteren før reguleringen enn etter. Før reguleringen kunne vannføringen komme ned i  $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , mens manøvreringsreglementet nå bestemmer en minstevannføring på  $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Stabilisert høy minstevannføring om vinteren og resten av året forklarer det meste av smoltproduksjonsøkningen. Resultatene fra smoltproduksjonsundersøkelsene i Orkla overensstemmer med resultatene som er beskrevet fra Douglas Creek, Wyoming, USA, der produksjonen av innlandsaure (*Salmo trutta*) økte med 2 ganger når minstevannføringen økte 5,5 ganger (Wolff et al. 1990). En viktig årsak til økt produksjon er at større arealer er tilgjengelige som habitater for fisk gjennom året, slik at elva gir plass for at flere fisk kan vokse opp (Hvidsten 1993). Det er funnet betydelig variasjon mellom år i smoltproduksjonen uten at en kjenner årsaken til dette. Begrensninger i smoltproduksjonen kan skyldes ekstraordinær dødelighet som følge av isproblemer, stranding og andre tetthetsuavhengige faktorer. Vanntemperaturen om vinteren har økt og har sammen med vannføringsendringen påvirket issituasjonen etter regulering (Tvede 1992). I løpet av vintrene 83/84 til 86/87 var det tildels store isproblemer, mens vintrene 87/88 til 90/91 hadde få eller ingen isproblemer (Tvede 1992). Våren 1990 hadde den største smoltproduksjonen som er registrert i perioden.

Det synes å ha vært større produksjon av smolt i perioder med lite i forhold til mye is på elva. Generelt kan vi ikke utelukke at liten gytebestand kan begrense produksjonen. Smoltproduksjonen i Orkla er høy i forhold til oppgitt smoltproduksjon i litteraturen (Symons 1979). Tetthet av ungfisk tyder på at gytebestandene har vært tilstrekkelige. Liten andel av gytehanner kan også tyde på at elva er fylt opp med ungfisk (Myers et al. 1986).

Smoltalderen synes å ha økt med et halvt år etter regulering. Det var forventet at temperatursenkningen som følge av reguleringen skulle gi økt smoltalder og dermed nedsatt smoltproduksjon (Jensen 1987). Størrelsen på det produktive arealet synes å ha kompensert for dette tapet, og samlet har en fått en vesentlig større smoltproduksjon etter regulering enn tidligere. Reguleringen har ført til en høyere vintertemperatur i elva, dette har påvirket isforholdene og det kan tenkes at dette bidrar til å bedre overlevelsen for både fisk og næringsdyr. Flommene som er redusert etter regulering har trolig ført til mindre utspyling av næringsdyr (Cushman 1982, Brittain & Eikeland 1988).

## 5.3 Gytebestand

Laksebestanden i Orkla består av en-, to- og tresjøvinterfisk. Opptil 75 % av hannfisken er ensjøvinter, mens tosjøvinterlaks dominerer blant hunnfisken. Oppfisket kvantum laks har økt fra 7 til 14 tonn, når en sammenholder 11 år før og 11 år etter regulering. Fangsttallene synes å samsvare med økt smoltproduksjon, som også synes å være nær fordoblet etter regulering. Det er imidlertid flere forhold som virker inn på statistikken som kan ha betydning for utviklingen. Fangststatistikken er forbedret og mindre tungmetallforurensing i nedre del av Orkla har gitt normal smoltproduksjon nedenfor Svorkmo etter 1989. Etter forbudet mot drivgarnfisket har det blitt større andel av laks til elva. I forhold til andre elver har fangstene økt mer i Orkla.

Mange gjenfangster av voksen laks i det området den ble satt ut som smolt, tyder på at laksen går tilbake til det stedet som den ble satt ut som smolt (Quinn & Fresh 1984, Heggberget et al. 1991).

Fangststatistikken for sjøaure viser en liten tilbakegang når en sammenligner perioden før og etter regulering. Det er grunn til å anta at det har vært en tilbakegang i avkastningen av aure. Reguleringen kan ha ført til at laksen har blitt mer konkurransesterk overfor sjøauren, og lengre perioder med stor vannhastighet kan virke gunstig for laksen i forhold til auren. Det kan tenkes at aurepopulasjonen reduseres når vannstanden synker raskt etter stans i kraftverkene. Rask tørrlegging av gruntområder kan lett føre til standing av aureunger som lever nærmere elvebredden enn laksungene (Hvidsten 1985). Vi er imidlertid ikke kjent med at det forekommer stranding i Orkla.

Det er funnet ubetydelig med oppdrettslaks i skjellmaterialet av voksen laks i Orkla (Lund et al. 1993). Dette skyldes trolig at Trondheimsfjorden er en oppdrettsfri fjord og at avstanden til de nærmeste oppdrettsanleggene er betydelig.

## 6 Konklusjon

Smoltutvandringen i Orkla er knyttet til vannføringen. Flere perioder med stor og stigende vannføring i mai sikrer at smolten går ut av elva. Samtidig kan for liten vannføring føre til forsinket smoltutvandring. Vanntemperaturen er spesielt lav under smoltutvandringen i Orkla. Vannføring sammen med vanntemperaturen, endring i vanntemperatur, endring i vannføring og stigende måne virker positivt på smoltutvandringen. Smolten vandrer om natta i overflatelaget i stimer. Disse dannes ved en kombinasjon av fysiske faktorer og sosiale interaksjoner mellom enkeltindivider og grupper av smolt. Stimene bedrer overlevelsen for smolten under smoltutvandringen fra beitende fisk, fugl og pattedyr.

Etter reguleringen i Orkla har vannføringen blitt jevnet ut og minstevannføringen om vinteren har økt. Som følge av at større deler av elvebunnen har blitt permanent vanddekt gjennom året, har produksjonen av smolt økt. Det er sammenheng mellom smoltproduksjonen og den minste vintervannføringen de vintrene laksungene står på elva før de vandrer ut som smolt. Denne sammenhengen viser at vinteren var spesielt begrensende for smoltproduksjonen i Orkla. Nedenfor Raubekken var det tidligere nesten ikke laksunger i Orkla på grunn av tungmetallforurensing. Siden 1993 er tettheten av laksunger blitt like høy som lenger opp i elva. Smoltalderen er ca. 3,5 år. Den har økt med omkring et halvt år etter regulering på grunn av lavere vanntemperatur i vekstsesongen etter reguleringen. Produksjonen er høy i forhold til andre elver med tre- og fireårig smolt. Det har imidlertid vært en noe lavere smoltproduksjon de to siste årene, men dette kan ha sammenheng med vannførings- og isforhold.

Økning i smoltproduksjonen har også gitt større avkastning av voksen laks i elva. Dette viser at smolten under normale vannføringsforhold unngår å bli ført inn i Svorkmo kraftverk hvor dødeligheten er høy. Det spesielt utformete inntaket på Bjørset synes derfor å virke etter hensikten. Ett års innsig av laks består av en-, to- og tresjøvinterfisk. Mengdeforholdet mellom disse aldersgruppene varierer fra år til år, slik at også gjennomsnittsvekt og kjønnsfordeling hos laksen er forskjellig. Trolig har avkastningen av sjøaure blitt mindre etter reguleringen. Økt konkurranse fra laksen kan være årsaken til dette.

Det er funnet ubetydelig med oppdrettslaks i Orkla. Både oppforet- og villsmolt fra utsettinger i Orkla har stor feilvandring.

Telling av antall oppvandrende laks ved hjelp av dykking om høsten er vanskelig i Orkla. Telling av voksen laks vil bli gjennomført ved hjelp av elektronisk fisketeller på Bjørsetdammen.

Bestanden av gytelaks synes å være stor nok til å opprettholde smoltproduksjonen.

## 7 Litteratur

- Bams, R.A. 1976. Survival and propensity of homing as effected by presence and absence of locally adapted paternal genes in two transplanted populations of pink salmon (*Onchorynchus gorbuscha*). - J. Fish. Res. Bd. Can 33: 2716-2725.
- Berg, G. & Faugli, P.E. 1992. FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. - Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon. 1992,2. 249 s.
- Berge, F.S., Stang, O. & Thendrup, A. 1982. Temperaturendringer i Orkla som følge av kraftutbygging - III. Utgave nr 2 (med vedlegg). - Norges Hydrodynamiske Laboratorier. Rapport. NHL 2 81091. 70 s + vedlegg.
- Bohlin, T. 1984. Kvantitativt elfiske etter lax och øring - synspunkter och rekommenditioner. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm.. 1984,4. 33 s.
- Brett, J.R., Shelbourn, J.E. & Shoop, C.T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling Sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. - J. Fish. Res. Board Can. 26: 2363-2394.
- Brittain, J. & Eikeland, T.J. 1988. Invertebrate drift - A review. - Hydrobiologia 166: 77-93.
- Cushman, R.M. 1985. Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities. - N. Am. J. Fish. Mgmt. 5: 330-339.
- Crawley, M.J. 1993. GLIM for ecologists. - Blackwell Scientific Publications, London. 379 s.
- Dempson, J.B. & Stansbury, D.E. 1991. Using partial counting fences and a two-sample stratified design for mark-recapture estimation of an Atlantic salmon smolt population. - N. Am. J. Fish. Mgmt. 11: 27-37.
- Donaldson, L.K. & Foster, F.J. 1940. Experimental study of the effect of various water temperatures on growth, food utilization, and mortality rates of fingerling sockeye salmon. - Trans. Am. Fish. Soc. 70: 339-346.
- Elliott, J.M. 1975a. The growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. - J. Anim. Ecol. 44: 805-821.
- Elliott, J.M. 1975b. The growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on reduced rations. - J. Anim. Ecol. 44: 823-842.
- Elliott, J.M. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. - Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo, 286 p.
- Forseth, T., Næsje, T.F., Jensen, A.J., Saksgård, L. & Hvidsten, N.A. 1996. Ny forbitappingsventil i Alta kraftverk: betydning for laksebestanden. - NINA Oppdragsmelding 392: 1-26.
- Garnås, E. & Hvidsten, N.A. 1984. Utvandring og produksjon av laks og aure i Orkla fra 1979 til 1983. - DVF - Reguleringsundersøkelsene, rapport 7: 1-56.
- Garnås, E. & Hvidsten, N.A. 1985a. Density of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts in the River Orkla, a large river in central Norway. - Aquacult. and Fish. Mgmt. 16: 369-376.
- Garnås, E. & Hvidsten, N.A. 1985b. The food of Atlantic salmon *Salmo salar* L. and brown trout *Salmo trutta* L. smolts during migration in the Orkla river, Norway. - Fauna Norv. Ser. A6: 24-28.
- Hansen, L.P. 1980. Tagging and release of Atlantic salmon smolts *Salmo salar* L. in the River Glomma. - Fauna. 33: 88-97.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1985. Downstream migration of hatchery-reared smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Imsa, Norway. - Aquaculture 45: 237-248.
- Hansen, L.P. & Lea, T.B. 1982. Tagging and release of Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the River Rana, Northern Norway. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 60: 31-38.
- Heggberget, T.G., Hvidsten, N.A., Gunnerød, T.B. & Møkkelgjerd, P.I. 1991. Distribution and survival of adult recaptures from hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts released in and offshore the River Surna, Western Norway. - Aquaculture 98: 89-96.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1982. Smoltutvandring av laks og aure i Orkla fra 1979-81. DVF - Reguleringsundersøkelsene, rapport 2: 1-50.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt in River Orkla of Central Norway in relation to management of a hydroelectric station. - N. Am. J. Fish. Mgmt. 6: 237-248.
- Hesthagen, T., Garnås, E. & Gunnerød, T.B. 1980. Smoltutvandring i Orkla våren 1979. - DVF - Reguleringsundersøkelsene rapport 4: 1-30.
- Hvidsten, N.A. 1985. Mortality of pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, central Norway. - J. Fish Biol. 27: 711-718.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1988a. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. - J. Fish Biol. 32: 153-154.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1988b. Vårflommens betydning for overlevelse hos utvandrende laksesmolt Gaula, Surna og Eira. - DN, Reguleringsundersøkelsene. Rapport 11-1987. 20 s. + vedlegg.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. & Hansen, L.P. 1994. Homing and straying of hatchery reared Atlantic salmon released in three rivers in Norway. - Aquacult. Fish. Mgmt, 25, supplement 2: 9-16.
- Hvidsten, N.A. & Lund, R.A. 1988. Predation on hatchery-reared and wild smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., on the estuary of River Orkla, Norway. - J. Fish Biol. 33: 121-126.
- Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1987. Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. - J. Fish Biol. 30: 273-280.
- Hvidsten, N.A. & Ugedal, O. 1990. Increased densities of Atlantic salmon smolt *Salmo salar* L. in the River Orkla, Norway, after regulation for hydropower production. - Trans. Am. Fish. Soc. 10: 219-225.

- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation water flow, water temperature, moon phase and social interaction. - Nordic J. Fresh. Res. 70: 38-48
- Jensen, A.J. 1987. Hydropower development of salmon rivers: Effect of changes in water temperature on growth of brown trout (*Salmo trutta*) presmolts. Pp. 207-218 in: Regulated streams. Advances in Ecology. J.F. Craig & J. Bryan Kemper, eds. - Plenum Press, New York, London.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1982. Difficulties in ageing Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) from cold rivers due to lack of scales as yearlings. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 321-325.
- Jensen, A.J., Grande, M., Korsen, I. & Hvidsten, N.A. 1996. Reduced heavy metal pollution in the Orkla river, Norway: effects on fish populations. - Verh. Internat. Verein. Limnol. (in press).
- Johnsen, B.O. & Hvidsten, N.A. 1995. Evaluering av utsettingspålegg i Surna og Bævra. - NINA, Oppdragsmelding 338: 1-30.
- Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 : 593-595.
- Kennedy, G.J.A., Strange, C.D., Andersen, R.J.D. & Johnston, P.M. 1984. Experiments on the descent and feeding of hatchery reared salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the River Bush. - Fish. Manage. 15: 15-25.
- Lund, R.A., Hansen, L.P. & Økland, F. 1993. Rømming av oppdrettsfisk og sikringssoner for laksefisk. - NINA Oppdragsmelding 303: 1-15.
- Lund, R.A., Økland, F. & Heggberget, T.G. 1994. Utviklingen i laksebestandene i Norge før og etter regneringene av laksefisket i 1989. - NINA Forskningsrapport 54: 1-46.
- Montén, E. 1985. Fisk och turbiner, om fiskars möjligheter att oskadda passera genom kraftverksturbiner. - Vattenfall. 116 s.
- Myers, R.A., Hutchings, J.A. & Gibson, R.J. 1986. Variation in male parr maturation within and among populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1242-1248.
- Quinn, T.P. & Fresh, K. 1984. Homing and straying in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) from Cowlitz river Hatchery, Washington. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1078-1082.
- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. - Bull. Fish. Res. Board. Can. 191. 382 pp.
- Ruggles, C.P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. - Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 952: 1-39.
- Saksgård, L.M., Heggberget, T.G., Jensen, A.J. & Hvidsten, N.A. 1992. Utbygging av Altaelva - virkninger på laksebestanden. - NINA Forskningsrapport 34: 1-98.
- Symons, P.E.K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. - J. Fish. Res. Bd. Can. 36: 132-140.
- Tvede, A.M. 1992. Is- og vanntemperaturforhold. - S. 41-51 i: Berg, G. & Faugli, P.E., red. FoU-prosjekter i Orkla. Oppsummerende prosjektmøte. Norges Vassdrags- og Energiverk. Publikasjon 2, 1992.
- Tyler, R.W. & Wright, T.E. 1974. A method of enumerating blueback salmon smolts from Quinault lake and biological parameters of the 1974 outmigration. - University of Washington, Fisheries Research Institute, Final Report, Seattle.
- Wedemeyer, G.A., Saunders, R.L. & Clarke, W.C. 1980. Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. - Mar. Fish. Rev. 42,6: 1-14.
- Wolff, S.W., Wesche, T.A., Harris, D.D. & Hubert, W.A. 1990. Brown trout population and habitat changes associated with increased minimum flows in Douglas Creek, Wyoming. - U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D. C. Biological report, 90: 1-20.
- Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. - Swed. Salmon Res. Inst. 8: 205-215.
- Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. - J. Wildl. Manage. 22: 82-90.

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0642-0

389

**NINA  
OPPDRAGS-  
MELDING**

NINA Hovedkontor  
Tungasletta 2  
7005 TRONDHEIM  
Telefon: 73 58 05 00  
Telefax: 73 91 54 33

**NINA**  
Norsk institutt  
for naturforskning