

039

# oppdragsmelding



NINA

## Utvandring og produksjon av laks og auresmolt i Orkla 1979-1988

Nils Arne Hvidsten

NORSK INSTITUTT FOR NATURFORSKNING

# Utvandring og produksjon av laks og auresmolt i Orkla 1979-1988

Nils Arne Hvidsten

Hvidsten Nils Arne 1990  
Utvandring og produksjon av laks og auresmolt i Orkla  
1979-1988  
NINA Oppdragsmelding : 1-26

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0068-6

Klassifisering av publikasjonen:

Copyright (C) NINA  
Norsk institutt for naturforskning

Opplag: 300

Kontaktadresse:  
NINA  
Tungasletta 2  
7004 TRONDHEIM  
Tlf (07) 58 05 00

## Referat

Rapporten beskriver resultater fra konsesjonsbetingete fiskebiologiske undersøkelser knyttet til reguleringen av Orkla i perioden 1979 til 1988. Undersøkelsene har kartlagt atferd og produksjon av smolt før og etter regulering. Laks- og auresmolten vandrer ut i mai. Smoltutvandringen starter under økende vannføring ved 50-60 m<sup>3</sup>/s og antall smolt som vandrer ut er positivt korrelert med vannføring og endring ( $\pm$ ) i vanntemperatur. Utvandringen skjer i den mørkeste delen av natta, 3 timer før og etter midnatt. Smolten går i det øverste vannlaget i hovedstrømmen. Smoltutvandringen startet ved en vanntemperatur på 1,7-4,4 °C. Smolt fra øverst i elva kan enkelte år starte utvandringen før smolten på nedenforliggende soner og bli fanget samtidig på Meldal bru. Andre år starter de samtidig eller seinere enn smolten på nedenforliggende sone og smolt fra øverst i vassdraget blir fanget sist. Laksunge- ne smoltifiserer vanligvis som 3 og 4 åringer ved en gjennomsnittslengde på 121-133 cm. Smoltalderen hos laksen synes å ha økt med mellom 0,3-0,5 år etter reguleringen. Antallsmessig dominerte laksen og utgjorde 88% av totalantallet smolt. Aureungene smoltifiserte ved en alder på 2 til 4 år, og gjennomsnittslengden varierte mellom 128-145 cm. Det var ingen systematisk forandring i alder eller lengde blant smolten gjennom utvandningsperioden hos verken aure eller laks. Det var positivt signifikant sammenheng mellom alder og lengde hos både aure og laksesmolt. Det var overvekt av hunner blant smolten både hos aure og laks. Andelen hanner var henholdsvis 47,1% og 38,0%. Smolten spiste under utvandringen, og det ble funnet få fisk som hadde tomme mager.

Laksesmoltproduksjonen synes å ha økt etter reguleringen. Prosentvis økning var 37%. Ved bestandsestimatene i Orkla synes det å være tilstrekkelig å merke 2% av bestanden. Gjennomsnittlig gikk det 27000 smolt gjennom Svorkmo Kraftverk, og 20000 av disse døde som følge av turbinpassasjen. Netto antall utvandrende smolt inkludert effekten av Svorkmo Kraftverk synes å være større eller uendret etter enn før reguleringen.

## Forord

Orkla ble vedtatt regulert ved kgl. res. av 16. juni 1978. DVF-Reguleringsundersøkelsene startet undersøkelser over utvandningsmønsteret hos laks og sjøaureunger i 1979. Undersøkelsene ble fra 1983 utvidet til å omfatte smoltproduksjonsundersøkelser. Undersøkelsene på gikk sammenhengende frem til 1989 for å kartlegge kortids-effekten på atferd og smoltproduksjon.

Undersøkelsene er lagt opp og gjennomført av Trygve Hesthagen (1979-1981), Erik Garnås (1979-1985) og Nils Arne Hvidsten (1982-1989). Disse sammen med Ola Ugedal, Dagfinn Gausen, Terje Sæther, Bjørn Meidell Larsen, Arne Haug, Ragnar Løvås, Alfred Hagen, Per Blix, Asbjørn Størdal, Sverre Havdal, Harald Rundhaug, Ole Ketil Bøkseth har gjennomført feltarbeidet. Arealene er beregnet av Fylkeskartkontoret i Sør-Trøndelag.

Ansvarlig ledere har vært Tor B. Gunnerød, John Atle Kålås og Bror Jonsson.

Undersøkelsene er finansiert fra Direktoratet for Naturforvaltning gjennom Konsesjonsavgiftsfondet og av Kraftverkene i Orkla. Vi vil takke samtlige som har deltatt i undersøkelsen for hjelp og bistand. En spesiell takk rettes til KVO, Driftssentralen på Berkåk for velvilje og assistanse uansett tid på døgnet.

Trondheim, mai 1990.  
Bror Jonsson  
Forskningsjef

<b>1 Innledning</b> .....	5
<b>2 Områdebeskrivelse</b> .....	5
<b>3 Metoder</b> .....	6
<b>4 Resultater</b> .....	7
<b>4.1 Utvandring gjennom sesongen</b> .....	7
4.2 Fordeling av laks og aure gjennom sesongen .....	10
4.3 Fordeling gjennom natta .....	12
4.4 Lengde og aldersfordeling .....	12
4.5 Lengde og aldersfordeling gjennom sesongen .....	12
4.6 Vandringshastighet hos vill og oppforet smolt .....	14
4.7 Kjønnfordeling hos laks og auresmolt .....	14
4.8 Ernæring .....	14
4.9 Produksjon av laksesmolt .....	14
4.10 Turbinpassasje av smolt .....	18
<b>5 Diskusjon</b> .....	20
5.1 Utvandring .....	20
5.2 Smoltproduksjon av laks .....	21
5.3 Turbinpassasje av smolt .....	22
<b>6 Sammendrag</b> .....	24
<b>7 Litteratur</b> .....	24

## 1 Innledning

Ved kgl. res. av 16 juni 1978 ble Orklavassdraget vedtatt utbygd for produksjon av elektrisk kraft. Reguleringen ble satt i drift i 1982-1983. 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 almene 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 å gå inn i kraftverket ble vanninntaket utformet som et langstrakt bunninntak. Regulanten kan videre pålegges å bygge smoltsperrer som hindrer smolten å gå gjennom kraftverket.

For å kartlegge eventuelle skader på utvandrende smolt satte Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene i gang undersøkelser i 1979. Hensikten var å kartlegge tidsrom for utvandringen og adferden 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 smoltutvandringen 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 tre tidligere rapporter fra Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk, Reguleringsundersøkelsene (4-1980, 2-1982 og 7-1984).

Resultatene viste at smolten begynner å gå 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.

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 stor og skiftende vannføring. Fangst av smolt under utvandringen fra 1979 til 1982 hadde vært vellykket. Fra våren 1983 ble det gjennomført undersøkelser av lakse smoltproduksjonen. Villsmolt av laks ble merket og satt tilbake i elva. Gjenfangstene av merket smolt fanget i fellene dannet grunnlag for å beregne smoltproduksjonen.

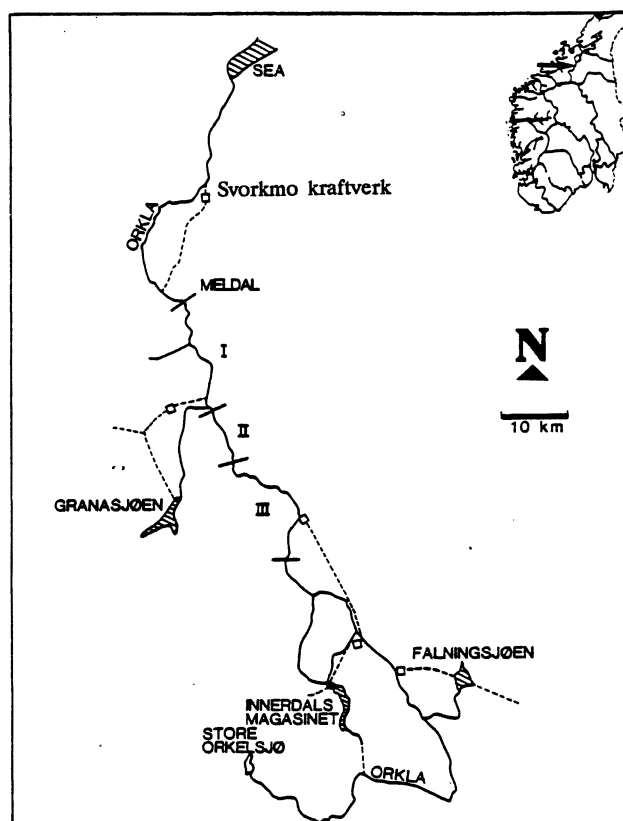
Virkinger på smoltproduksjonen ved drift av Svorkmo Kraftverk har blitt undersøkt. Omfanget av smolt som

har passert gjennom kraftverket og dødeligheten på smolten har blitt estimert.

Denne undersøkelsen beskriver korttidseffekten av reguleringen på adferd og produksjon av smolt, og vil bli etterfulgt av en ny undersøkelse for å kartlegge langtidseffekten.

## 2 Områdebeskrivelse

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



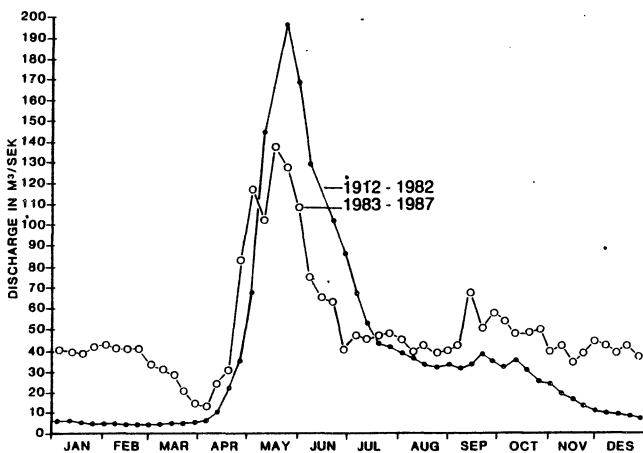
Figur 1. Orkla med merkesone I, II og III for lakse-smolt. Reguleringsmagasiner, overføringstunneler og kraftstasjoner er vist.

Orkla er lakseførende opptil 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*), trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus* L.) og skrubbe (*Platichthys flesus* L.). Utbytte av elvefisket var før reguleringen 13 og 1,5 tonn laks og sjøaure. Etter reguleringen er det registrert i opptil 28 tonn oppfisket laks i elva.

Orklautbyggingen omfatter i øvre del av vassdraget tre kraftverk:

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 30 m<sup>3</sup>/s. Før reguleringen varierte vannføringen noen år mellom 1 m<sup>3</sup>/s og 1000 m<sup>3</sup>/s. I perioden 1972 til 1982 (før reguleringen) var den gjennomsnittlige laveste vintervannføringen 3,4 m<sup>3</sup>/s (variasjonsbredde 1,0-6,6 m<sup>3</sup>/s). Den laveste vannføring ble registrert i februar-mars måned, mens vannføringen i vårenflommen kunne bli mer enn 1000 m<sup>3</sup>/s. Manøvreringsreglementet for reguleringen bestemmer at minste vannføring gjennom året skal være 10 m<sup>3</sup>/s ved Brattset, som er vesentlig høyere enn uregulert vinteravrenning (figur 2).



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

I elveleiet mellom Bjørset til Svorkmo skal det inntil endelig pålegg fastsettes, være minst 20 m<sup>3</sup>/s fra 1. mai til 1. september, og 10 m<sup>3</sup>/s til gyteperioden er over ca 25. oktober. Etter dette og frem til 1. mai skal vannføringen være 4 m<sup>3</sup>/s. Grana kraftverk ble satt i drift i april 1982 og Litjossen og Brattset kraftverk senhøsten 1982.

### 3 Metoder

Undersøkelsene har pågått i tiden april til juni fra 1979 til og med våren 1988. I perioden 1979 til 1982 ble det gjennomført adferdsstudier under smoltutgangen. Smoltproduksjonsundersøkelser ble det gjennomført i årene 1983 til 1988. Til innsamling av smolt under utvandringen til sjøen, ble det benyttet fangstfeller som er beskrevet av Tyler og Wright (1974) og Hesthagen og 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 200 m<sup>3</sup>/s 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 tømminger. 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. 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 finnekling 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.

På grunnlag av gjenfangsten av merkete smolt i fellene, ble tettheten av smolt regnet ut på grunnlag 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.

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. Metodene for mengdebestemmelsen av

smolt som passerte Svorkmo foregikk på samme måte som for smoltproduksjonsundersøkelsen. Dødeligheten til smolten som passerte gjennom Svorkmo Kraftvert har blitt undersøkt ved parallelle utsettinger av Carlinmerket 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 henholdsvis var større enn 94 og 100 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 1:20000. Arealene representerer derfor arealet fra bredd til bredd, og består av permanent vanddekt areal og arealer som kun er vanddekt ved flom.

Utvandringen av smolt er korrelert til omgivelsesvariabler ved hjelp av dataprogrammet SPSS (Nie et al. 1975).

## 4 Resultater

### 4.1 Utvandring gjennom sesongen.

Smoltutvandringen i Orkla er registrert i perioden 1979 til 1988. Utvandringen av lakse smolt i Orkla er konsentrert til mai måned (figur 3). Undersøkelser på smolt før og etter mai ved hjelp av fellefangst og elektrisk fiske, bekrefter at smoltutvandringen i april og juni er ubetydelig. Smoltutvandringen starter med økende vannføring i begynnelsen av mai. 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. 50 % av smolten passerte Meldal bru mellom 10 og 28 mai i perioden 1980 til 1988. Tidlig utvandring synes å være knyttet til stor og plutselig vannførings økning tidlig i utvandringsperioden. I 1986 forårsaket en rask vannføringsøkning fra 57 til 205 m<sup>3</sup>/s fra 1 til 2 mai at oppmot 43% av smolten vandret ut i løpet av en natt. I 1980 var det stor vannføring rett etter måneds-skiftet april/mai, uten at det medførte stor smoltutgang. Vannføringen hadde da vært relativt stor (>78 m<sup>3</sup>/s) siden 27 april. 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 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. Utvandringsmønsteret er i noen år kamuflert av at innfangingen av smolt er vanskelig ved stor og stigende vannføringer, da mye driv kan tette til fellene og ødelegge fangsteffektiviteten. Ved vannføringer på ca

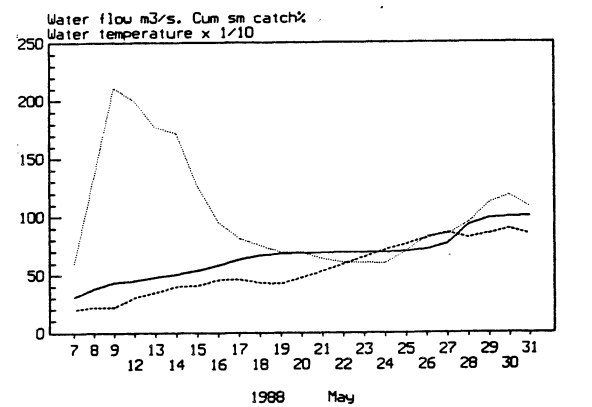
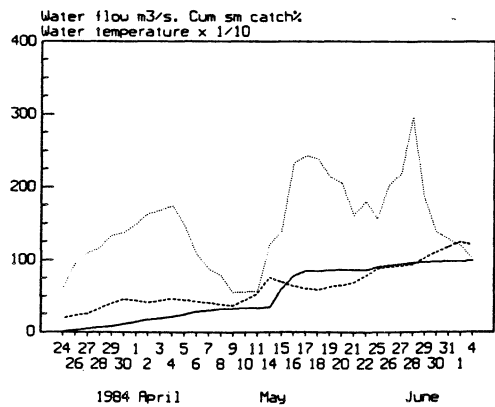
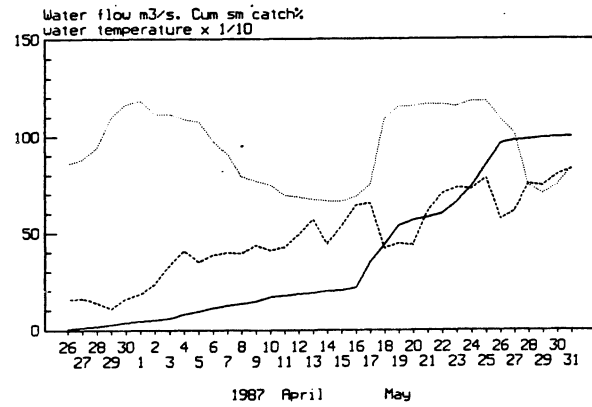
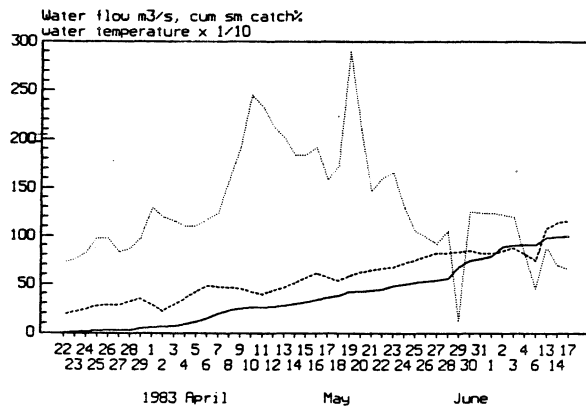
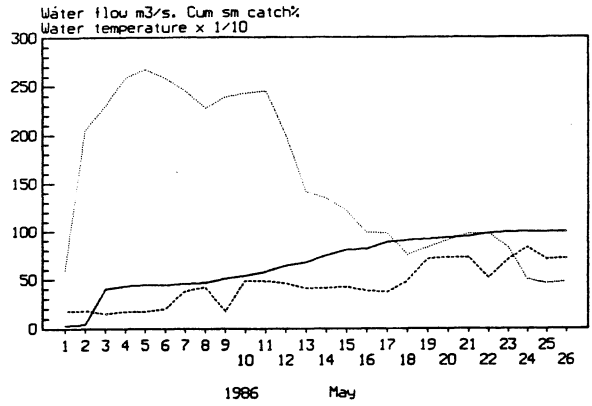
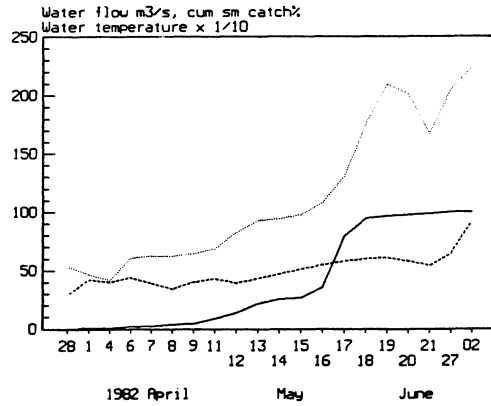
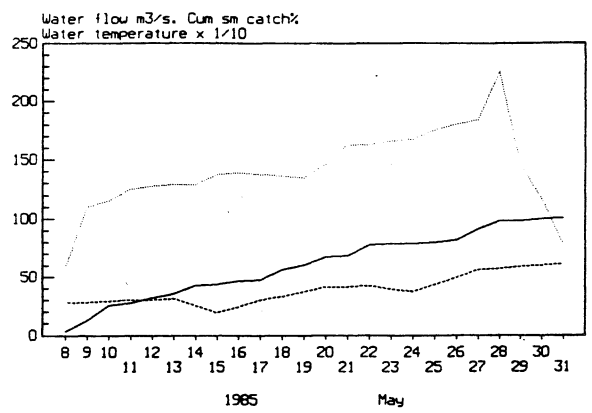
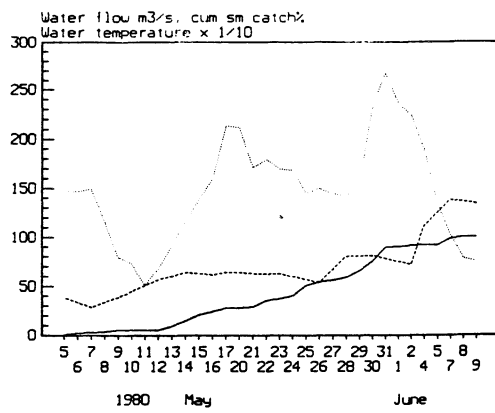
200 m<sup>3</sup>/s må fellene plasseres på mindre eksponerte områder, eller byttes ut med mindre feller.

Smoltutvandringen i Orkla er korrelert til vannføring og temperatur. Intensiteten i utvandringen er målt som antall smolt fanget pr fangsttime. Det var signifikant korrelasjon mellom antall utvandrende smolt, vannføring og endring i vanntemperatur for alle årne samlet (1980-1988). Samlet forklaringsprosent for begge faktorene var 11% (tabell 1). Ved tilsvarende analyse av fra 90 til 30 % andel av den første smolten som gikk ut, lå forklaringsprosenten ( $r^2$ ) på 15 til 22 % for vannføring og endring i vanntemperatur samlet hvilket fortsatt er meget lite. Det ble forsøkt med mange ulike transformasjoner av antall fangete smolt pr time og de uahengig variable. Det var den naturlige logaritmen til både antall smolt og vannføringen som ga best sammenheng. Endringen i vanntemperatur var i absoluttverdier ( $\pm$ ). Det er flere muligheter for en relativt lav forklaringsprosent. Smoltens stim atferd er trolig den største årsaken til dette. 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 annen viktig årsak til lav forklaringsprosent er at fangsteffektiviteten kan variere mye på grunn til klogging av maskene i notposen.

Årsaken til at det var høyere forklaringsprosent når den siste innfangingsperioden ble utelatt, kan skyldes at det var lite smolt som var tilbake i elva. Ved å korrelere utvandringen av smolt med endring i vannføring sammen med endring i vanntemperatur ble forklaringsprosenten nesten like høy som for vannføring og endring i vanntemperatur i den multiple regresjonsanalysen.

En tilsvarende multipel regresjonsanalyse mellom antall utvandrende auresmolt og de samme omgivelsesvariablene som for laksesmolten ga ingen signifikante sammenhenger for perioden 1980 til 1988. Imidlertid var vannføring signifikant variabel i 1983 ( $r^2=0,15$ ,  $p=0,02-3$ ) og 1987 ( $r^2=0,42$ ,  $p<0,0001$ ) materialet, mens endring i vanntemperaturen var signifikant i 1984 ( $r^2=0,15$ ,  $p=0,039$ ) materialet. Antall lakse- og auresmolt fanget pr time i hele forsøksperioden (1980-1988) viste imidlertid en signifikant sammenheng ved linær korrelasjonsanalyse ( $r^2=0,39$ ,  $df=191$ ,  $p<0,0001$ ) (figur 4). Dette betyr at utvandringen av aure og laksesmolt er godt korrelerte.



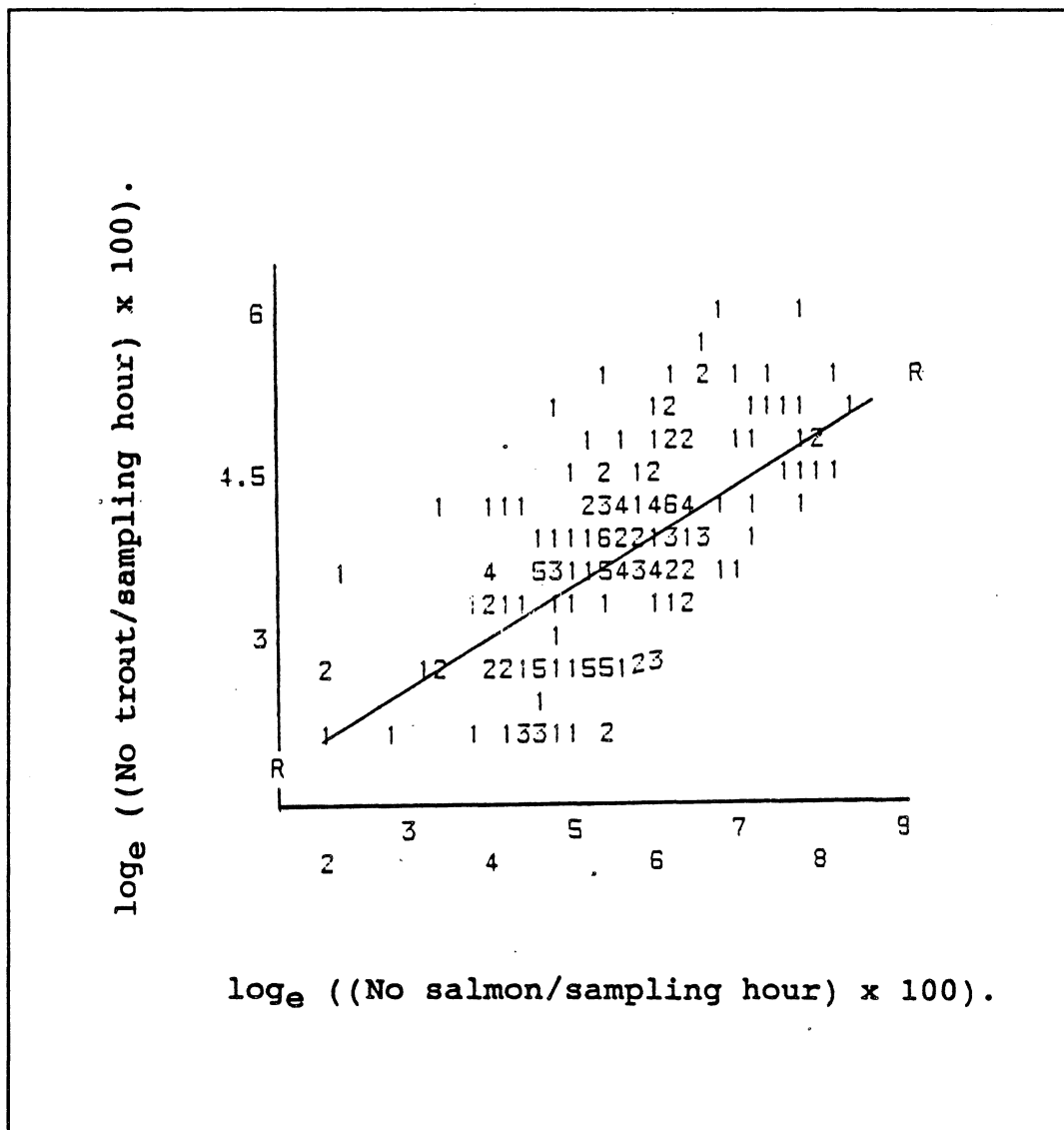


Figur 3. Vannføring, vanntemperatur og cumulatitv fangst under smoltutvandringen i perioden 1980-1989 (-1981).

**Tabell 1.** Multipl korrelasjonsanalyse mellom antall utvandrende smolt og vannføring og endring i vanntemperatur, 1980-1988. Beregnet for hele smoltutvandringen og i 10% nivåer ned til de 30% første smolten som ble fanget, samlet og for hvert enkelt år.

x p < 0.05, xx p < 0.02, xxx p < 0.01.

		1980	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	Totalt 1980-1988
100%										
H	r2 =	0.18xx	-	0.18xxx	-	-	-	0.30xxx	-	0.06xxx
T	r2 =	-	0.36xx	0.28xx	0.29xxx	-	-	0.41x	-	0.11xxx
90%										
H	r2 =	0.34xxx	0.77xxx	0.12x	-	0.33xxx	-	0.26xxx	0.44xxx	0.12xxx
T	r2 =	-	-	-	0.34xxx	-	-	0.36x	0.65xxx	0.06xxx
80%										
H	r2 =	0.34xxx	0.77xxx	0.13xx	0.64xxx	-	-	0.24xxx	0.64xxx	0.10xxx
T	r2 =	-	-	-	0.80xxx	-	-	-	0.31xxx	0.15xxx
70%										
H	r2 =	0.25xxx	0.81xxx	0.16xx	0.62xxx	-	-	0.21xxx	-	0.09/xxx
T	r2 =	-	-	-	0.80xxx	-	-	-	0.71xxx	0.14/xxx
60%										
H	r2 =	0.25xxx	0.81xxx	0.22xxx	0.62xxx	-	-	0.18x	-	0.08/xxx
T	r2 =	-	-	-	0.80xxx	-	-	-	0.71xxx	0.13/xxx
50%										
H	r2 =	0.23x	0.81xxx	0.22xxx	0.66xxx	-	-	0.18x	-	0.08xxx
T	r2 =	-	-	-	0.78xxx	-	-	-	-	0.14/xxx
40%										
H	r2 =	0.23x	0.81xxx	0.22xxx	0.66xxx	-	-	0.18x	-	0.16xxx
T	r2 =	-	-	-	0.78xxx	-	-	-	-	0.22xxx
30%										
H	r2 =	-	0.74xxx	-	0.51xxx	-	-	-	-	0.10xxx
T	r2 =	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15xx



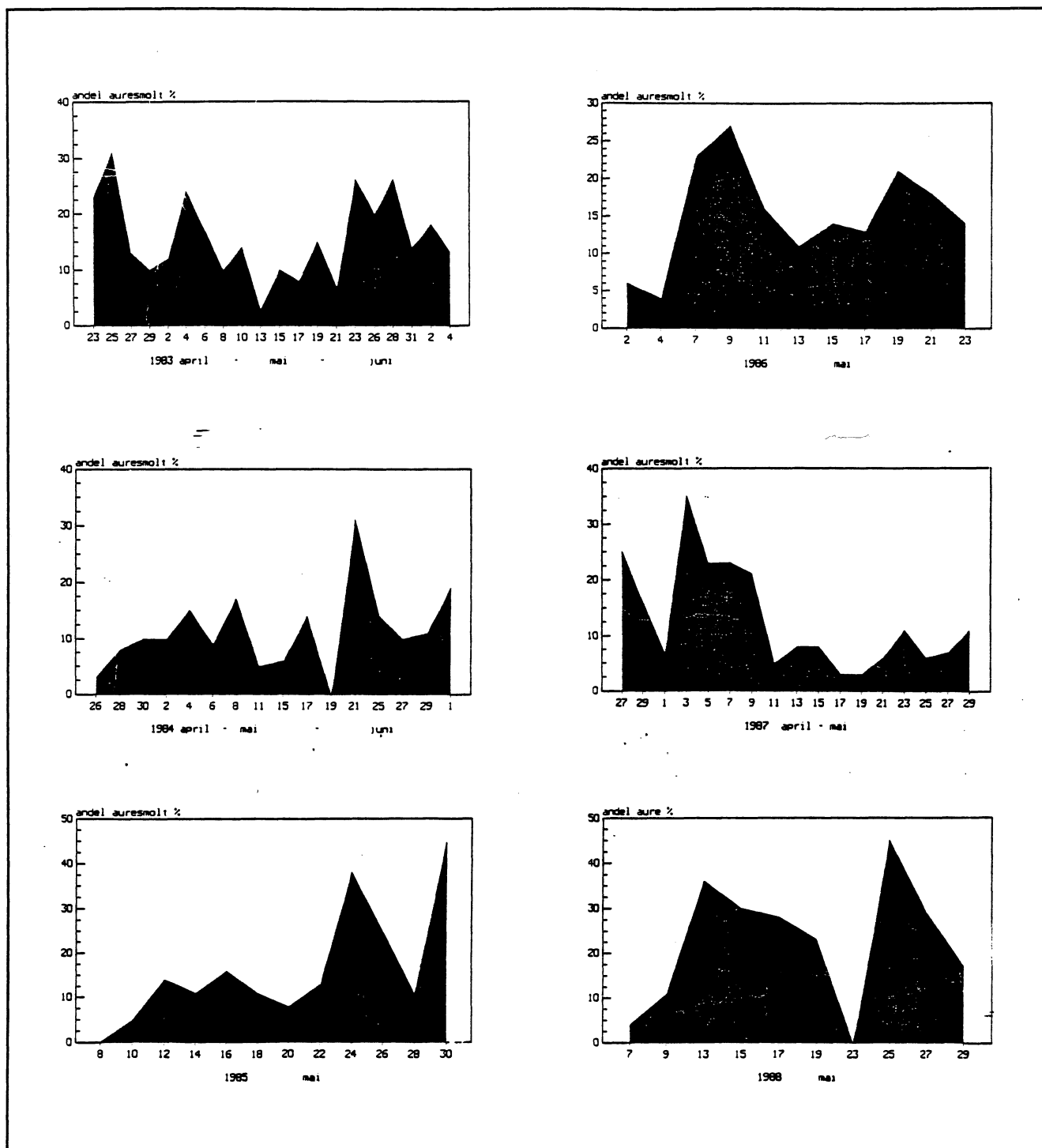
Figur 4. Forholdet mellom antallet laks og auresmolt fanget pr. fangsttime i perioden 1980-1988.

## 4.2 Fordeling av laks og aure gjennom sesongen

Andelen av auresmolt i fangstene av laks og auresmolt tilsammen varierer gjennom utvandringsperioden (figur 5). Det synes å være størst andel auresmolt i perioder med liten utgang av laksesmolt men bildet er ikke entydig, og det var positiv signifikant sammenheng mellom antallet laks- og sjøauresmolt som gikk ut.

Auresmolten synes å gå ut i det samme tidsrommet som laksesmolten, enkelte år går det flest auresmolt tidlig andre år seint. Auresmolten vandrer ut sammen med laksesmolten, men den synes ikke å gå ut så konsentrert i enkelte netter slik som laksesmolten.

Andelen av auresmolt i perioden 1980 til 1988 var i gjennomsnitt 12,0 % ( $\pm 3,4$  c.i.=0,95). Laksesmolten dominerer i Orkla og andelen har i variert fra 78 til 92 %.



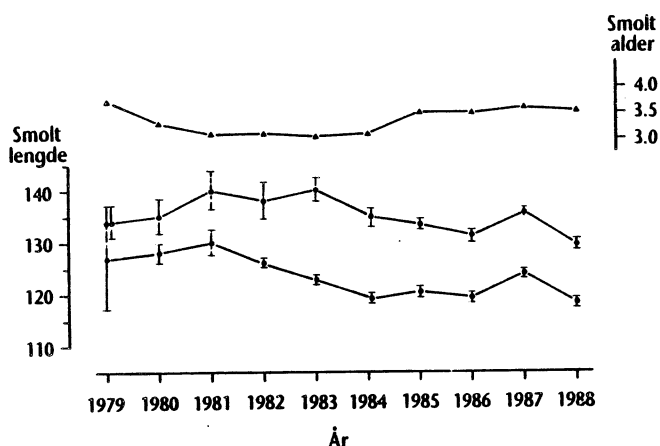
Figur 5. Andel av auresmolt i totalfangstene av smolt 1983-1988.

### 4.3 Fordeling gjennom natta

Hesthagen og Garnås (1986) fant at laks- og auresmolten gikk ut om natta symmetrisk om midnatt. 87 % av laksesmolten gikk ut mellom kl 2200 og 0200 (normaltid).

### 4.4 Lengde og aldersfordeling

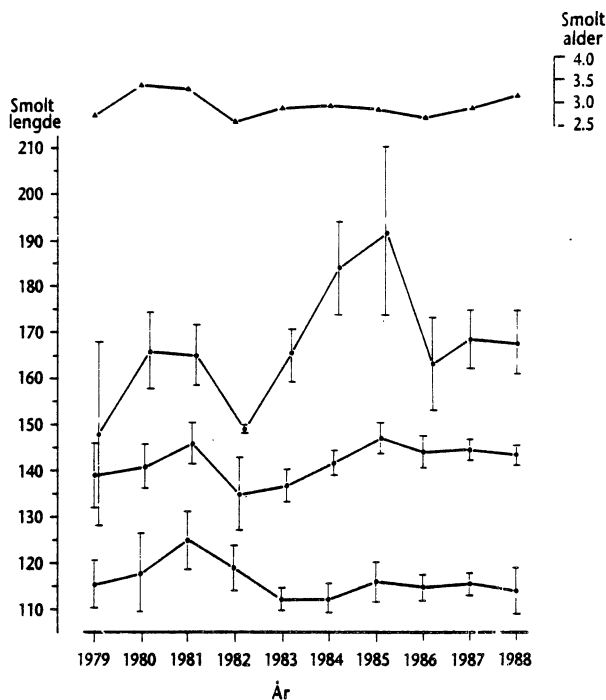
I perioden 1979 til 1988 har gjennomsnittslengden hos laksesmolten variert mellom 121 og 133 cm (tabell 2). Laksesmolten består av tre- og fireåringer. Gjennomsnittslengden hos fireårig smolt synes ikke å være signifikant forskjellige før og etter regulering, mens gjennomsnittslengden hos treårssmolten kan å ha avtatt noe (figur 6).



Figur 6. Lengde og gjennomsnittsalder hos to og treårsklassen av laksesmolte i perioden 1979-1988.

Tre ulike årsklasser er representert i bestanden av auresmolte. Gjennomsnittslengdene har variert mer enn hos laksen. Det synes ikke å være noen forskjell i smoltlengden før og etter regulering. Smoltalderen hos laksen har variert mellom 3,0 og 3,7 år i gjennomsnitt. Smoltalderen har økt i perioden 1985 til 1988 i forhold til årene 1981 til 1984. Forskjellen er i underkant av 0,5 år. 1979 smolten hadde en høyere smoltalder enn etter regulering og 1980 inntar en mellomstilling. Auresmolten har i samme perioden hatt en smoltalder fra 2,6 til 3,4 år. Høyeste smoltalder hos laksen var i 1979 og for auren i 1980 (figur 7).

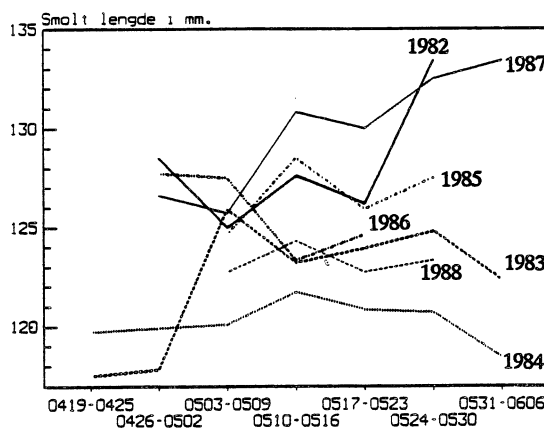
Lavest alder hadde laksesmolten i 1983 og auresmolten i 1982. Det var signifikant sammenheng mellom smoltalder og smoltlengde både hos laks og aure (laks 1983-1986  $r^2=0.25$ ,  $df=3786$ ,  $p<0.0001$ ) (aure 1983-1986  $r^2=0.59$ ,  $df=507$ ,  $p<0.0001$ ). Laksesmolten var eldre enn auresmolten alle årene bortsett fra i 1980 og 1981, da smoltalderen for laks og auresmolte var omlag lik.



Figur 7. Lengde og gjennomsnittsalder hos to, tre og fireårsklassen av auresmolte i perioden 1979-1988.

### 4.5 Lengde og aldersfordeling gjennom sesongen

Utvandringsperioden ble inndelt i 7 dagersperioder. Lengden på laksesmolten varierte under smoltutvandringen de enkelte årene (figur 8).



Figur 8. Gjennomsnittsalder hos laksesmolte i 7 dagersperioder under utvandringen 1982-1988.

**Tabell 2. Aldersfordeling og gjennomsnittslengde hos smolt og aure, N=antall, L=lengde, c.i.=konfidens intervall=0.95.**

Tabell A LAKS

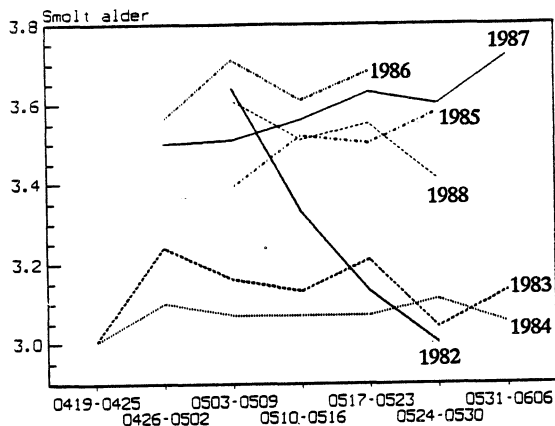
Alder	1979			1980			1981			1982		
	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.
2	1	110	-				5	114	2.7	12	115	5.2
3	11	127	10.1	114	128	1.9	92	130	2.5	550	126	0.6
4	34	134	3.0	53	135	3.3	55	140	3.8	40	138	3.5
5	1	153	-	5	148	8.1						
Gj.sn.	3.7år	132	3.5	3.3år	131	1.8	3.1år	133	2.1	3.1år	126	1.0
Alder	1983			1984			1985			1986		
	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.
2	6	106	6.1	9	121	15.6				3	102	12.3
3	888	123	0.7	1073	119	0.5	384	120	0.9	407	119	0.8
4	43	140	2.3	110	135	1.6	399	133	1.0	452	131	1.1
5	1	150	-	1	168	-				12	139	8.5
Gj.sn.	3.0år	125	2.7	3.1år	121	0.6	3.5år	127	0.8	3.5år	126	0.8
Alder	1987			1988								
	N	L	C.I.	N	L	C.I.						
2	2	127	-	1	119	-						
3	1153	124	0.6	521	119	0.8						
4	1649	136	0.5	506	130	1.1						
5	40	141	4.9	24	137	4.3						
Gj.sn.	3.6år	131	0.5	3.5år	123	0.6						

Tabell B AURE

Alder	1979			1980			1981			1982		
	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.
2	15	115	5.0	2	118	8.5	5	125	6.3	26	119	4.7
3	20	139	7.0	26	141	4.7	33	146	4.5	24	135	7.8
4	4	148	19.9	11	166	8.4	24	165	6.5	3	149	0.7
5				3	192	11.6						
Gj.sn.	2.7år	131	6.0	3.4år	150	6.5	3.3år	151	4.8	2.6år	128	4.7
Alder	1983			1984			1985			1986		
	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.	N	L	C.I.
2	37	112	2.4	30	112	3.2	20	116	4.3	40	115	2.8
3	102	137	3.4	93	142	2.7	70	147	3.4	62	144	3.5
4	22	166	6.1	22	184	10.3	8	192	18.7	6	163	10.2
5	-	-	-									
Gj.sn.	2.9år	136	3.4	2.9år	142	4.3	2.9år	144	4.8	2.7år	137	4.1
Alder	1987			1988								
	N	L	C.I.	N	L	C.I.						
2	58	116	2.4	24	114	5.0						
3	171	145	2.2	164	144	2.3						
4	33	169	6.1	55	168	6.6						
5	-	-	-	-	-	-						
Gj.sn.	2.9år	141	2.6	3.1år	145	0.3						

Tilfeller av økende, ingen endring og avtakende smoltlengde gjennom utvandningsperioden ble registrert. Det var små forskjeller og ingen systematiske mønstre i lengdeutviklingen mellom hunn og hannsmolten de ulike årene fra 1982 til 1988. Det var heller ikke systematiske forskjeller når tre og fireårssmolten ble behandlet separat for begge kjønn. Medianlengdene hos alle årsklassene og begge kjønn av laksesmolten var lik eller mindre enn middellengdene under hele utvandningsperioden alle årene.

Smoltalderen hos laksesmolten var ulik gjennom utvandringssesongen, når den var delt i 7 dagersperioder, fra år til år. Det var ingen faste mønstre i alderssammensetningen av molten under utvandringen (figur 9). Det var år med ingen endring, vekslende, økende og avtakende smoltalder i perioden 1980 til 1988.



Figur 9. Gjennomsnittsalder hos laksesmolt i 7 dagersperioder under utvandringen 1982-1988.

Auresmolten hadde større endring i lengde og alderssammensetning enn laksesmolten fra uke til uke, men det var forøvrig heller ikke her systematisk utvikling i lengde eller alderssammensetningen gjennom utvandringssesongen samlet for alle årene.

#### 4.6 Vandringshastighet hos vill og oppforet smolt

Elva ble delt inn i soner og villsmolten ble merket forskjellig på de ulike områdene av elva (figur 1).

Gjenfangsten av molten skjedde på Meldal bru. Villsmolten som ble merket på sone III brukte i gjennomsnitt 7,6 dager mer enn molten fra nedre merkesone før de ble gjenfanget (maks. 19 dager min. fanget før eller samtidig) (figur 10). Tilsvarende brukte villsmolten fra sone II 3,7 dager mer enn molten fra sone I (maks. 11,5 dager min. samtidig). Den oppforete molten ble satt ut ved utløpet av Brattset kraftverk. Det var også vesentlig forskjell i vandringshastigheten de enkelte årene hos den oppforete molten som ble fanget på Meldal bru. Gjennomsnittlig nedvandringstid var 5,8 dager som tilsvarer ca 8 km pr dag (maks 9,7, min 2,2 dager). Molten vandret raskest når den ble satt ut på stor vannføring. Sammenhengen var imidlertid ikke signifikant ( $p > 0.05$ ).

#### 4.7 Kjønnfordeling hos laks og auresmolt

Det var alle år skjeiv kjønnfordeling av antall utvandrende hanner og hunner av laksesmolt. I perioden 1982 til 1988 var 38,0 % (maks 42,9%, min 36,1%) av molten hanner. Det var ingen systematiske forskjeller i utvandringstidspunkt hos hunn og hann smolt. Det var alltid flere hunner enn hanner i tre og fireårsklassene av smolt, bortsett fra hos fireåringene i 1985. Treårsklassen besto av 39,8 % (maks 45,8, min 32,9) og fireåringene hadde en andel på 41,6 % hanner (maks 50,0, min 31,8). Det gikk signifikant større andel fireårige hanner enn treårige hanner ( $X^2 = 5,28$ ,  $p < 0,025$ ) i perioden 1982 til 1988.

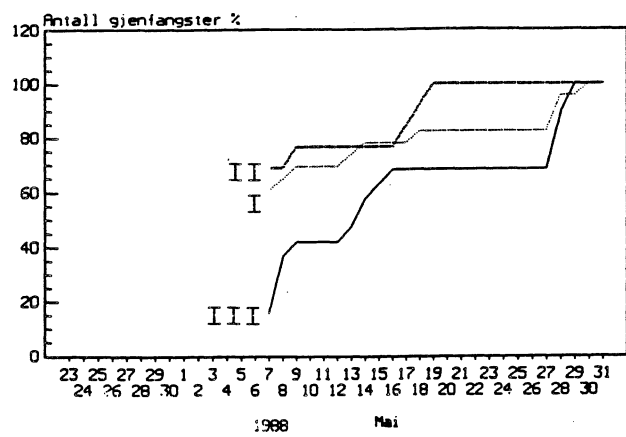
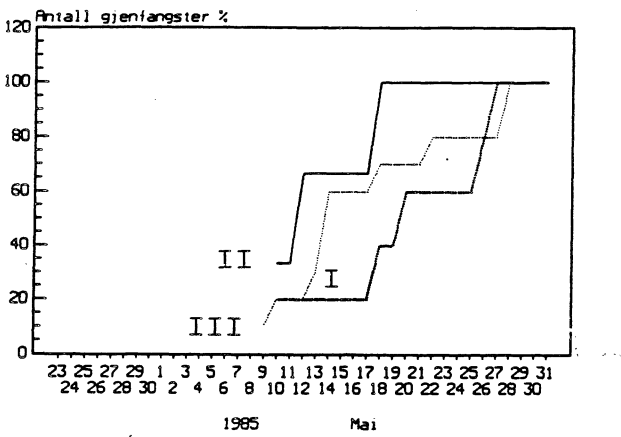
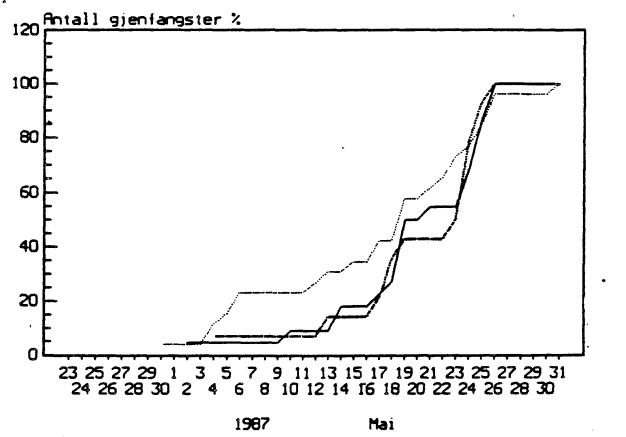
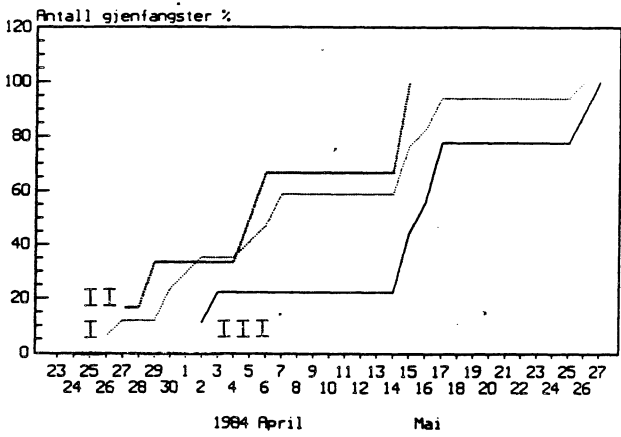
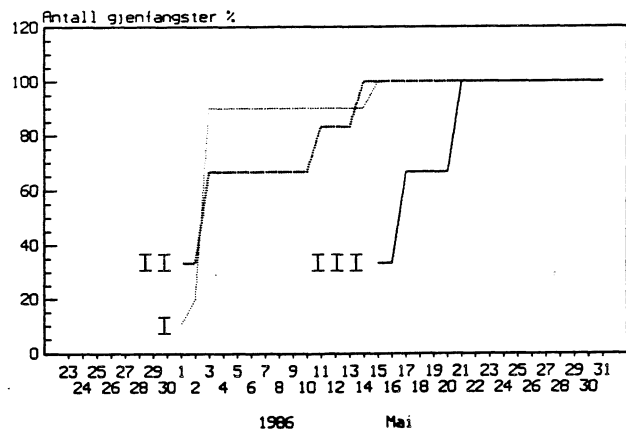
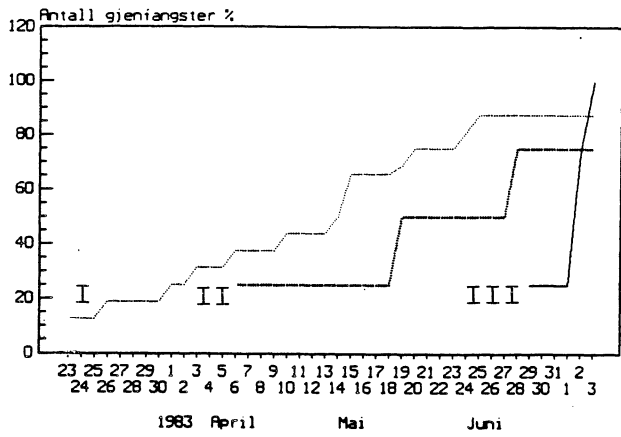
Hos auresmolten var det i perioden 1982 til 1988 47,1 % hanner (maks 50,0, min 42,4). Toårssmolten besto av flest hanner (52,8 %). Mens det ikke var noen forskjell mellom tre og fireårssmolten, det var henholdsvis 45,7 og 45,1 % hanner.

#### 4.8 Ernæring

De viktigste næringsemnene for laks og auresmolt var vårfluellarver og nymfer av steinfluer og døgnfluer. Det ble funnet henholdsvis 18,4 % og 25,4 % tomme mager og mindre hos laks og auresmolt ved utvandringen i perioden 1982 til 1984. Det ble funnet stor grad av overlapping i næringsvalget hos laks og aureunger i løpet av utvandringen de enkelte årene (Garnås & Hvidsten 1985b).

#### 4.9 Produksjon av laksesmolt

Hver vår i perioden 1983 til 1988 ble det merket smolt på strekningen Meldal - Brattset (figur 1). Strekningen ble delt opp i tre soner hvor molten ble merket forskjellig. Det ble merket fra 2345 til 5266 smolt pr år i april (tabell 3). Smoltundersøkelsene har vist at det er få smolt under 11 cm som vandrer ut. Bare smolt som var større enn 11 cm ble benyttet til smoltproduksjonsberegning. Smolt mellom 10 og 11 cm ble imidlertid merket i perioden 1983 til 1987 (merkingen).



Figur 10. Kumulativ gjenfangst av merket villsmolt fra sone I, II og III på Meldal bru.



**Tabell 3.** Beregnet tetthet av laksesmolt (N) i Orkla på grunnlag av merking og gjenfangst i perioden 1983-1988. M=antall merkete smolt, C=antall fangete smolt, R=antall gjenfangete smolt, c.i.=konfidensintervall.

År	Sone	Areal 10 m <sup>2</sup>	M	R	%	C	N	N/100 m <sup>2</sup>	N/100 m <sup>2</sup> c.i.=0.95
1983	I	1.5	1497	16	1.1	1,285	113,319	3.8	2.4- 6.3
	II	0.5	331	4	1.2	1,285	85,390	2.8	1.3- 7.1
	III	1.0	517	4	0.8	1,285	133,230	4.4	2.0-11.1
	total	3.0	2,345	24	1.0	1,285	120,687	4.0	2.7- 6.1
1984	I	1.5	1,707	17	1.0	1,777	168,712	5.6	3.6- 9.3
	II	0.5	590	6	1.0	1,777	150,114	5.0	2.3-10.9
	III	1.0	1,094	9	0.8	1,777	194,691	6.5	3.6-13.0
	total	3.0	3,391	32	0.9	1,777	182,757	6.1	4.4- 8.8
1985	I	1.5	2,130	10	0.5	779	151,107	5.0	2.9- 9.7
	II	0.5	660	5	0.8	779	85,930	2.9	1.4- 6.6
	III	1.0	1420	3	0.2	779	277,095	9.2	3.3-18.5
	total	3.0	4,210	18	0.4	779	172,872	5.8	3.6- 8.8
1986	I	1.5	2,532	10	0.4	889	204,943	6.8	3.9-13.2
	II	0.5	965	6	0.9	889	122,820	4.1	2.0- 9.0
	III	1.0	1,592	3	0.2	889	354,443	11.8	4.8-29.5
	total	3.0	5,089	19	0.4	889	226,505	7.6	4.9-12.1
1987	I	1.5	2,435	26	1.1	2,848	257,133	8.6	5.9-12.9
	II	0.5	1,173	14	1.2	2,848	223,060	7.4	4.6-12.7
	III	1.0	1,658	22	1.2	2,848	205,572	6.9	4.6-10.7
	total	3.0	5,266	62	1.2	2,848	238,269	7.9	6.2-10.1
1988	1	1.5	2,082	23	1.1	1,778	154,402	5.1	3.5- 7.9
	2	0.5	1,076	13	1.2	1,778	136,856	4.6	2.7- 8.1
	3	1.0	1,620	19	1.2	1,778	144,188	4.8	3.1- 7.7
	total	3.0	4,778	55	1.2	1,778	151,819	5.1	3.9- 6.5

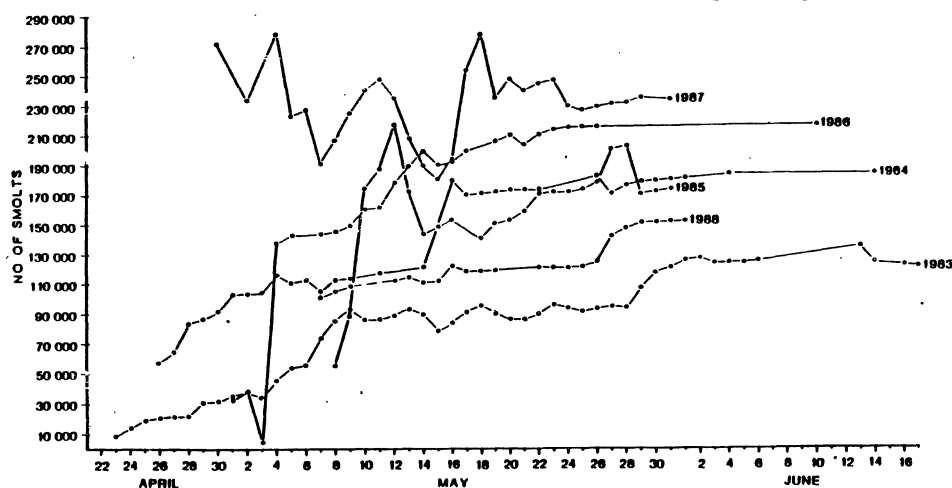
var forskjellig fra gruppen større eller lik 11 cm). Smolten ble fanget på utvalgte strekninger fra Meldal bru og oppover til Brattset Kraftverk. Tetthetene av smolt varierte mye fra området til område langs elva, og innenfor de samme områdene fra år til år. Flest smolt ble fanget på områder med gode skjulmuligheter for smolten (stein med diameter 20 cm og større), og hvor strømhastigheten var lav, som ga god fangsteffektivitet ved elfiske.

Under smoltutgangen ble merket og umerket smolt samlet inn ved hjelp av feller fra Meldal bru. Merket smolt synes ikke å ha forskjellig utvandringmønster enn umerket smolt. På grunnlag av den gjenfangete merkete smolten har det blitt foretatt daglige smoltproduksjonsberegninger gjennom alle innsamlingsårene. Estimaten fra begynnelsen av smoltutvandringen har både vært for høye og for lave i forhold til den totale smoltproduksjonen som ble estimert ved slutten av innsamlingsperioden (figur 11). Gjenfangstene kan derfor anses som

tilfeldig fordelt i forhold til den umerkede smolten, og en kan derfor bruke Petersen metoden (Ricker 1975) til å estimere smoltproduksjonen. Det ble i tillegg foretatt en sammenlignende test av lengdefordelingen av den merkete og umerkede smolten som viste at disse ikke var signifikant forskjellige (tabell 4) Gjenfangstprosentene varierte mellom 0,4 og 1,2 % av den merkete smolten, mens antallet gjenfangster varierte fra 18 til 62 de enkelte årene.

Laksesmoltproduksjonen i Orkla varierte i perioden 1983 til 1988 fra 4,0 til 7,9 smolt pr m<sup>2</sup> (tabell 3). Smolttetthetene som er beregnet på grunnlag av de tre merkeområdene viser en god overenstemmelse med totalestimatet i de fleste tilfellene.

Reguleringen av Orkla ble satt i verk høsten 1982, slik at smolten som gikk ut våren 1983 hadde erfart delvis regulert tilstand vinteren 1982/83. Den gjennomsnittlige smoltproduksjonen etter 1983 var 6,4 smolt pr 100 m<sup>2</sup> mens produksjonen i 1983 var 4,0 smolt pr 100 m<sup>2</sup>.



Figur 11. Daglig estimat av smoltproduksjonen gjennom smoltutvandringsperioden.

Tabell 4. Lengdefordeling hos merket og umerket smolt fanget på Meldal bru 1983-1988.

ÅR	1983		1984		1985		1986		1987		1988	
	LENGDE	TOT MERKET	LENGDE	TOT MERKET	LENGDE	TOT MERKET	LENGDE	TOT MERKET	LENGDE	TOT MERKET	LENGDE	TOT MERKET
2	119,1	-	115,3	-	117,2	-	101,7	-	-	-	-	-
3	122,7	118,5	119,1	119,3	120,7	122,1	119,3	119,8	124,0	120,6	122,8	116,1
4	139,7	139,0	134,6	130,0	134,0	130,3	131,0	131,5	135,5	134,5	132,3	125,4
5	(150)	-	-	-	(150)	-	138,7	-	137,8	127,0	(161,0)	(131,9)
ANTALL	110	+ 23	102	+ 37	111	+ 14	108	+ 20	156	+ 65	100	+ 55
DF	131		137		123		126		219		153	
T=	0,34		0,67		0,52		0,82		0,05		1,56	

Dersom sjansen for større eller mindre smoltproduksjon var lik med produksjonen i 1983 etter 1983 er det bare  $(0.5)^5 = 0,03$  eller, 3% sjanse for at smoltproduksjonen skulle være større alle årene etter reguleringen. Det er derfor stor sannsynlighet for at smoltproduksjonen er større etter reguleringen enn før reguleringen.

Smoltproduksjonen steg gradvis etter reguleringen fra 4,0 smolt i 1983 til 7,9 smolt pr 100 m<sup>2</sup> i 1987 og var på 5,1 smolt pr 100 m<sup>2</sup> i 1988. Frem til 1987 hadde gradvis en større andel av den 3-4 år gamle smolten vokst opp på regulert elv, og i 1987 hadde all smolten erfart regulerte forhold i hele elvestadiet. Når smoltproduksjonen ble målt lavere i 1988 antar en at dette skyldes naturlig variasjon i smoltproduksjonen, og at produksjonen vil gjennomgå naturlige svingninger, men på et høyere nivå etter reguleringen.

Smoltproduksjonen ble også forsøkt målt ved å benytte smolt med lengde mellom 10 og 11 cm, det viste seg at antall merkete smolt og antall gjenfangster var for lite for et tilfredstillende estimat av smoltproduksjonen.

Smoltproduksjonen ble forsøkt estimert ved hjelp av utsatt oppforet smolt. Det viste seg at oppdrettssmolten ikke kunne brukes til beregning av produksjonen av villsmolt (tabell 5). Det ble fanget for mange oppdrettssmolt i forhold til det antallet en forventet å fange ut fra villsmoltmerkingene, bortsett fra 1984 og 1986. Hovedårsaken til dette er at oppforet smolt er lettere å fange. Den har ikke samme evnen til å unngå fangstfellene i forhold til villsmolten.

**Tabell 5.** Tetthetsberegning av villsmolt basert på utsatt merket oppforet smolt 1984-1988.

ÅR	M	R	%	C	N	N	N/100 M
							C.I. = 0.95
1984	2000	19	0,9	1795	189147	6,3	4,1 - 10,2
1985	2000	26	1,3	792	58000	1,9	1,3 - 2,9
1986	2000	6	0,3	853	243836	8,1	4,0 - 17,8
1987	4000	131	3,3	2918	88477	2,9	3,5 - 7,5
1988	2000	46	2,3	1824	77741	2,1	2,0 - 3,5

Det ble ikke funnet noen sammenheng mellom andelen auresmolt i fangstene de enkelte årene og laksesmoltproduksjonen de enkelte årene ( $p > 0.05$ ).

#### 4.10 Turbinpassasje av smolt

Inntaket til Svorkmo Kraftverk ligger på Bjørset i Meldal nedenfor de viktigste oppvekstområdene for ungfisk av laks og aure i Orkla. Det har blitt gjennomført undersøkelser for å estimere antall smolt som går gjennom kraftverket i perioden 1984 til 1988. Det er benyttet den samme metoden for merking og gjenfangst som for smoltproduksjonsberegningene. Det var imidlertid nødvendig å bruke oppdrettet merket smolt for å

beregne smoltmengden som passerte Svorkmo Kraftverk (Tabell 6). Vannhastigheten var så stor nedenfor utløpet av kraftstasjonen at en antok at verken vill eller oppforet smolt kunne svømme ut av fellene ved innfangningen.

**Tabell 6.** Innsamlingsperiode, totalt antall fangete smolt og antall utsatte smolt.

År	Fangstperiode Dato	Ant. fanget smolt			Ant. utsatte Oppdr. smolt
		Laks	Oppdr.	Aure	
1984	2/5- 1/6	74	14	22	3000
1985	9/5-25/5	135	7	24	2000
1986	1/5-29/5	191	9	46	1000
1987	3/5- 4/6	73	4	28	1000
1988	7/5- 1/6	91	5	49	1000

Gjennomsnittlig ble det estimert at det gikk det ca 27000 laksesmolt gjennom kraftverket pr. år (maks 42000) (Tabell 7).

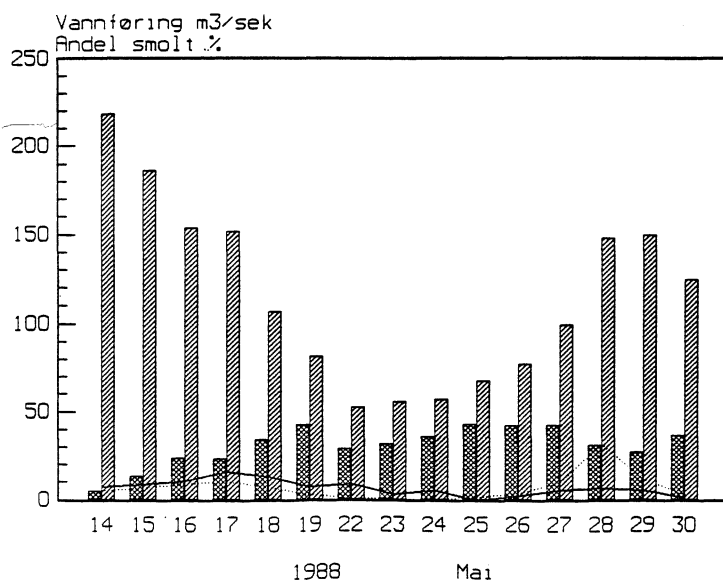
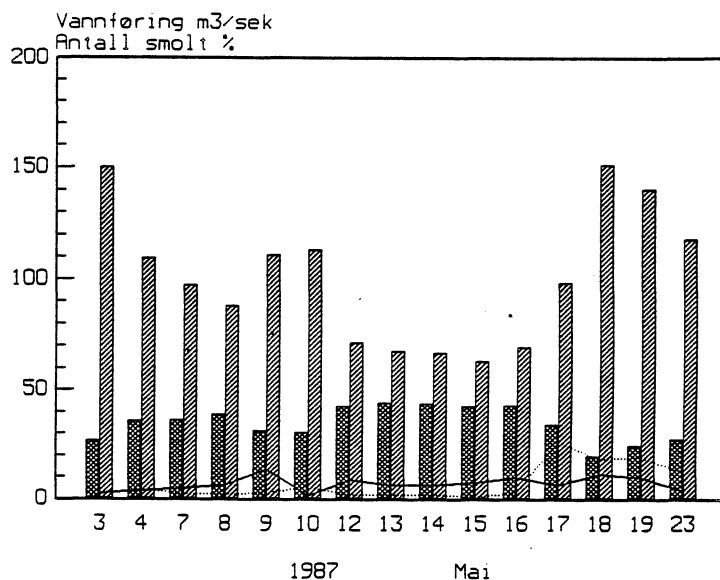
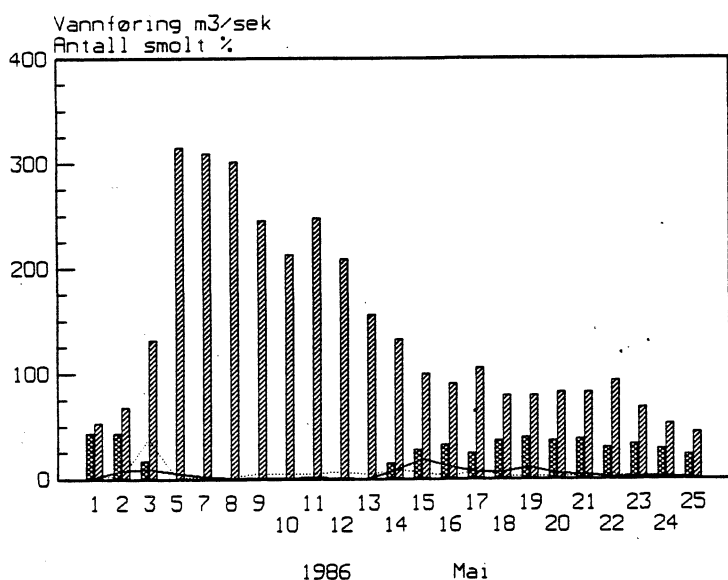
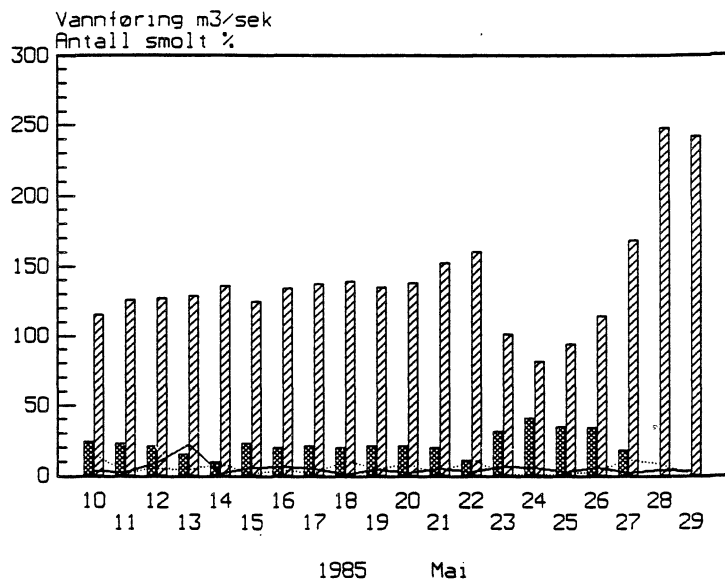
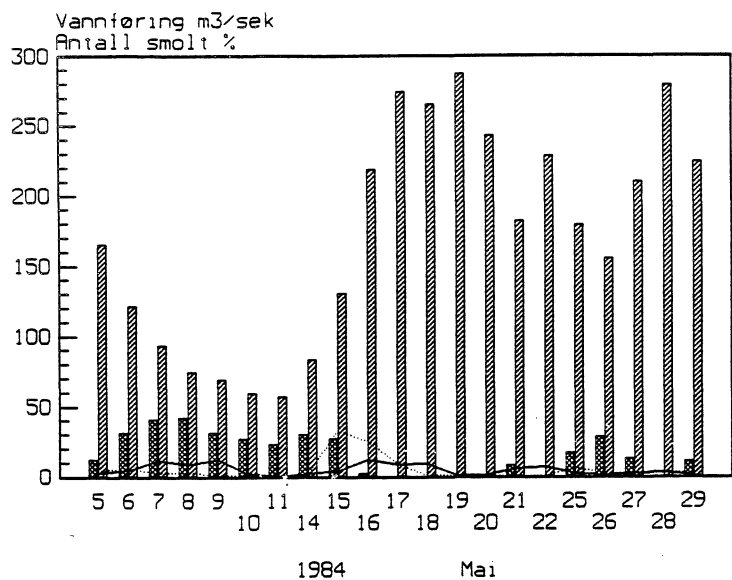
**Tabell 7.** Estimert antall smolt som har passert gjennom Svorkmo Kraftverk i perioden 1984-1988. M=antall merkete smolt, C=totalt antall fangete smolt, c.i.= konfidensintervall.

ÅR	M	R	%	C	N	C.I. = 0.95 N*1000
1984	3000	14	0.47	110	22207	13.6-38.3
1985	2000	7	0.35	166	41771	21.7-87.9
1986	1000	9	0.90	246	24725	13.7-49.5
1987	1000	4	0.40	105	21221	9.5-53.1
1988	1000	5	0.50	140	23523	11.1-54.3

Vannføringen gjennom Svorkmo kraftverk er avhengig av to inntak. Ett inntak er fra Orkla og det andre er fra Svorka, forruten at Raubekken tas inn som et mindre inntak. Antallet smolt som går gjennom Svorkmo kraftverk er avhengig av vanninntaket fra Orkla. Små vannføringsinntak fra Orkla kan medføre betydelig smoltgjennomgang i kraftverket i perioder med stor smoltutgang (Figur 12).

Det er satt ut Carlin-merket smolt i og utenfor Svorkmo kraftverk. Gjenfangstene av voksen laks fra de ulike utsettingene varierer fra år til år. Det ble gjenfanget like mange laks fra utsettingene ved Brattset som nedenfor Svorkmo kraftverk. Det var ingen signifikant forskjell mellom gjenfangstene ovenfor og nedenfor Svorkmo Kraftverk ( $X^2 = 0.02$ ,  $p > 0.05$ ). Det var imidlertid stor forskjell i overlevelse når smolten ble satt ut i tunnelen inn til Svorkmo kraftverk og nedenfor Svorkmo kraftverk. Forskjellen representerer en dødelighet på 73 % for den smolten som går gjennom kraftverket ( $X^2 = 68.99$ ,  $p < 0.0001$ ).

Antall smolt som blir drept ved turbinpassasje i Svorkmo kraftverk er trolig i størrelsesorden 20000 pr år.



- ..... Graph D
- ▨ Graph C
- Graph B
- ▣ Graph A

Figur 12. Vanninntak i m<sup>3</sup>/s til Svorkmo Kraftverk fra Orkla (A). Andel smolt som passerte pr døgn i perioden (B). Vannføring i Orkla m<sup>3</sup>/s i Orkla (C) og andelen smolt som passerte utløpet av Svorkmo Kraftverk i perioden (D).

## 5 Diskusjon

### 5.1 Utvandring

Tidspunktet for utvandring av laks- og auresmolt antas å være optimalisert gjennom evolusjonen og gir i gjennomsnitt maksimale forhold for overlevelse og ernæring i elva og sjøen. Atlantisk laks og sjøaure har sin utvandring om våren i hele sitt utbredelsesområde. Utvandringen er tidligere i den sydlige delen av utbredelsesområdet i forhold til den nordlige (april i Frankrike og i juli i Finnmark). Vi antar at smoltutvandringen er regulert av både lokale og universelle abiotiske faktorer. Det er rapportert om ulike lokale abiotiske variabler som regulerer smoltutvandringen.

Innsamlingen av smolt ved hjelp av feller representerer relative mål på intensiteten i smoltutgangen. Effektiviteten i fellefangsten vil variere gjennom fangstsesongen på grunn av ulike forhold. I begynnelsen av fangstsesongen vil fangstposene i perioder med sterkt stigende vannføring lettere bli tettet til av driv i notmaskene enn senere i sesongen. Ved stor vannføring måtte fellene enten flyttes eller skiftes ut med mindre feller. Unnvikelsesreaksjoner fra smoltens side er ikke kjent, men det er rimelig å anta at smolt vil kunne unnvike fellene i perioder med liten vannføring.

Smoltutvandringen i Orkla skjer i løpet av mai måned, men kan starte i siste uke av april og kan vare ut første uka av juni. Smolten går ut om natta i hovedstrømmen og i det aller øverste vannlaget (Hesthagen & Garnås 1986). Det er få kvantitative undersøkelser som viser hvordan omgivelsesvariablene regulerer den daglige smoltutgangen (Jonsson & Ruud-Hansen 1985). Denne undersøkelsen viser at smoltutvandringen i Orkla er korrelert til vannføring og endring i vanntemperaturen (Hvidsten 1990 MS). Vannføring og endring i vanntemperatur forklarer en forholdsvis liten del av variasjonen i smoltutvandringen. Dette er forklart med den relative registreringen av smoltutvandringen, og at en viktig regulator for biologisk styring av utvandringen ikke er med i den multiple regresjonslikningen (Hvidsten 1990 MS). Smolten viser aggregativ atferd ved at den samler seg i stimer (Elson 1962, Østerdahl 1969, Solomon 1978). I Orkla ble det registrert at opptil 45 % av smolten kunne vandre ut i løpet av en natt. En liten vannføringsøkning kan gi en uforholdsmessig stor smoltutvandring i forhold til en hypotese om det er et liniært forhold mellom antall utvandrende smolt og økende vannføring. Aggregativ atferd er en biotisk variabel som ikke er med i den multiple regresjonsanalysen, og er trolig den viktigste årsaken til lav forklaringsprosent. Den gode korrelasjonen mellom antallet utvandrende aure og laksesmolt skyldes trolig at laks og auresmoltutvandringen er styrt av de samme biotiske og abiotiske faktorene. Ved å utelate den siste delen av utvandringsperioden økte korrelasjonskoeffisienten i den multiple regresjonsanalysen, dette har trolig sammenheng med at det er få smolt tilbake som kan gå ut og respondere på gunstige omgivelsesvariabler.

Orklasmolten vandret ut fra temperaturer på 1.5 °C. Vanntemperaturen er beskrevet som en viktig regulator for smoltutvandringen i en rekke vassdrag (Ruggles

1980). Det er rapportert om stor smoltutgang ved 10 °C (Elson 1962, Mills 1964, Bagliniere 1976, Solomon 1978). I Imsa ble det ikke funnet noen kritisk vanntemperatur som satte igang smoltutvandringen idet utvandringen startet ved forskjellig temperatur hvert år. Laksesmolten startet utvandringen ved vanntemperaturer mellom 5,8 og 11,2 °C. Det ble funnet sterk sammenheng mellom vanntemperatur og kumulativ utvandring av smolt i Imsa (Jonsson og Ruud-Hansen 1985). Det ble konkludert med at endringer i vanntemperatur således kunne forandre utvandringstidspunkt i Imsa. Dette er ikke tilfelle i Orkla. Der er vannføringen den viktigste triggermekanismen. Dette kan ha sammenheng med at smoltoverlevelsen kan øke med økende vannføring slik som i Gaula og Surna (Hvidsten & Hansen 1988). I Nidelva (Trondheim) er det store kunstige fluktuasjoner i vannføring gjennom vinteren, men dette synes ikke å ha forstyrret smoltutvandringen (upubliserte resultater). I Orkla kan det være stor vannføring i begynnelsen til ut i midten av april uten at smolten begynner utvandringen. Først i slutten av april kan økende vannføring gi smoltutvandring. Dette kan skyldes at laksegene ikke er smoltifisert tidligere og således ikke klare til å forlate elva. Daglengden regulerer smoltifiseringen (Wedemeyer et al. 1980) og er et ultimatum krav for at smolt skal vandre ut.

Utvandringen hos laks og auresmolt synes å være regulert av de samme omgivelsesvariablene. Dette resultatet blir støttet av at det er en meget umiddelbar og betydelig dødelighet fra beitende marine fisk i utløpet av elvene (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987). I Orkla er det påvist dødelighet på 20 % fra torsk i munningen av elva, i tillegg er det beiting fra sei (Hvidsten & Lund 1988). Det er trolig at dødeligheten til smolt som går i store stimer er vesentlig mindre i osområdet enn hos smolt som går enkeltvis eller i små stimer (egne upubliserte data). Dette støttes også av generell teori (e.g. Wotton 1990).

Reguleringen synes ikke å ha endret de store trekkene i smoltutvandringen. Det kan imidlertid tenkes at stans eller stor produksjonsnedgang i Brattset eller Grana kraftverker, i en periode med smoltutgang samtidig med at den uregulerte vannføringen er liten, kan forstyrre smoltutvandringen. Det vil være vannføringen videre i sesongen som vil avgjøre om smoltoverlevelsen blir nedsatt. Det er trolig mulig å utløse og koordinere villsmoltutgangen ved å lage en kunstig flom eller forsterke en flom (øverst i vassdraget i første halvdel av mai), samtidig med at en setter ut oppforet smolt øverst i vassdraget. Den oppforete smolten vil da trolig initiere utvandring hos villsmolten nedover i vassdraget. Stimadferd hos smolt synes å være viktig biotisk reguleringsmekanisme for å øke overlevelsen i estuariet.

Smolt av aure og laks går ut om natta. Dette er beskrevet av mange forfattere (Ruggles 1980), og har sammenheng med at smolten oppnår bedre skjul fra fiender i osområdet. Nattemørke, sammen med stor vannføring med turbid vann og stor vannhastighet gir best overlevelse i estuariet når smolten samler seg i stim. På Kolahalvøya, med liten forskjell på lyset gjennom døgnet om sommeren, kan smolten gå ut om

dagen. Her bruker smolten synet til å unngå å bli spist av gjedde i elva (Bakshtansky 1976).

Smolten er generelt liten i Orkla (Lund et al. 1989). Det var ikke forventet at smoltlengdene skulle ha noen systematisk økning eller minking gjennom utvandringssesongen. Utvandringen skjer i en periode hvor det ikke er mulighet til vekst på grunn av lav vanntemperatur. Jensen og Johnsen (1982) fant at vanntemperaturen måtte være over 6,5 °C for at laks og aureunger skulle vokse. Østerdahl (1969) og Bagliniere (1976) rapporterte at smoltalderen og lengden på smolten avtok gjennom utvandringssesongen. Dette har trolig sammenheng med at den yngste smolten derved oppnådde økt lengde ved sein utvandring, siden vanntemperaturen var høy nok for vekst.

Smolten i Orkla har et vesentlig næringsopptak under utvandringen, med dominans av vårfluelarver, steinfluenymfer og døgnfluenymfer. I Rickleåen var det bare 3% tomme smoltmager, og mageinnholdet besto av de samme gruppene som i Orkla (Sødergren og Østerdahl 1965). Næringsopptaket skjer trolig for det meste om dagen når smolten ikke vandrer. Den står da trolig ved bunnen og beiter på næringsdyrene.

Det er vanlig med skjeive kjønnsfordelinger blant utvandrende laksesmolt (Lundqvist et al. 1988). Utvikling av residens hos lakseparr hanner er knyttet til kjønnsmodning. Dette medfører at de blir stående lenger på elva og får en større dødelighet. Andelen hanner av fireårssmolt var signifikant høyere enn for treårssmolt. Dette skyldes trolig at treårig gytepar som overlever går ut som fireårig smolt. Det var betydelig større andel hanner i smoltmaterialet av utvandrende aure enn av laks. Dette kan skyldes at andelen av gytepar er mindre hos auren enn hos laksen.

## 5.2 Smoltproduksjon av laks

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 umerkete fisken og er utsatt for den naturlige dødelighet og samme fangstsannsynlighet som denne. 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. Merkingen skjedde ved finnekling uten bedøvelse. Smolten ble holdt i bur i rennende vann i 30 til 60 minutter etter merking for kontroll. Det var ubetydelig dødelighet i forbindelse med merkingen. Smolten ble sluppet ut innenfor det området hvor de ble fanget.

Det skjer en ubetydelig rekruttering av laksesmolt til Orkla fra sideelver. Det er en liten andel av smolt mellom 9,5 og 11 cm, som ikke er med i gruppen av smolt som ble merket. Andelen av smolt mindre enn 11 cm vil imidlertid ikke endre seg vesentlig på grunn av at det er liten eller ingen vekst i perioden. Rekrutte-

ring til bestanden vil dermed ikke være noe problem for smoltestimatene.

Lengdefordelingen av gjenfanget merket smolt og umerket smolt var like, det var derfor trolig ikke forskjell i dødelighet hos stor og liten merket smolt. Det kan ikke skje tap av merker siden smolten er finnekling og regenerering av finne vil ikke kunne skje på så kort tid (Stuart 1958 og Johnsen & Ugedal 1988). Det ble foretatt daglige beregninger av den totale smoltproduksjonen de enkelte år. Det viste seg at estimatene fra begynnelsen av smoltutvandringen varierte fra år til år i forhold til det endelige estimatet. Både for liten og for stor andel av merket smolt ble registrert fra begynnelsen av smoltutvandringen. Dette viser at den merkete smolten vandrer ut tilfeldig og samtidig med den umerkete smolten. Det var overvekt av hunner som vandret ut. Antar en at det var like mange hunner og hanner før utvandringen (Østerdahl 1969, Power 1973) var var det i gjennomsnitt 12 % gytepar (maks 14% , min 7%) i perioden 1983 til 1988. Dette gir et tilsvarende stort overestimat av smoltproduksjonen.

Gjenfangstprosenten var lav (0,4-1,2 %). Dette kan gi statistisk feil på tetthetsestimatene. I følge Ricker (1975) kan en se bort fra denne feilen hvis antall gjenfangster er mer enn tre når forholdet mellom antallet merkete fisk og totalt antall fisk (M/N) er lite. Det er tilfelle for alle totalestimatene de enkelte årene. Avvik fra totalestimatet synes å oppstå når antallet gjenfangster er mindre enn ca 6 smolt fra de ulike merkeområdene. Andelen merkete smolt av antall estimerte smolt ved merking varierte fra 1,9% til 3,2%. De totale smoltestimatene synes alle år å være robuste. Tilstrekkelig antall merkete smolt for smoltproduksjonsberegninger i Orkla var ca 2% av totalproduksjonen. Forutsetningene for å gjennomføre merking og gjenfangstundersøkelsene etter Ricker (1975) er redegjort for av Garnås & Hvidsten (1985), og Hvidsten og Ugedal (1990).

Variasjonen i naturlig smoltproduksjon i Orkla er ikke kjent. Det er rapportert om variabel smoltproduksjon i forskjellige elver og innen vassdrag (tabell 8).

**Tabell 8.** Produksjon av laksesmolt i ulike vassdrag sammenlignet med resultatet fra Orkla i 1983.

Elv	Smolt alder	Antall smolt pr 100 m <sup>2</sup>	Forfatter
Pollet River	2	6	Elson 1975
-	2	5	Symons 1979
Way	2	4,3	Gee et al. 1978
Imsa	2	35-31	Jonsson pers. medd.
Shelligan Burn	2	10-22	Egglishaw 1970
Kvassheimsåna	2	15,8	Hesthagen et al. 1986
Bran	2-3	3,5	Mills 1964
Cove Brook	2-3	3,6	Meister 1962
Matamec River	2-3	2,6	Gibson og Cote 1982
Kjagielva	2-3	25-33	Roseland 1975
Big Salmon River	2-3	3,95	Jessop 1975
-	3	2	Symons 1979
Miramichi River	3	4,7	Elson 1975
Rickleåen	3	1,2-1,9	Østerdahl 1969
Orkla	3	4,1	Garnås og Hvidsten 1985
Vardneselva	3-4	2,9	Berg 1977

Årsaken til variasjonen i smoltproduksjonen er ulike fysiske forhold i de enkelte elvene, som vannføring, vannføringsregime, vanntemperatur, isforhold og egnete oppholdssteder for de ulike livsstadier hos laksen. Næringsforhold, tetthet og antall av konkurrerende og beitende fiske-, fugle- og andre dyrearter regulerer også tettheten av laksunger. I Orkla har smoltproduksjonen etter reguleringen variert mellom 5,1 og 7,9 pr 100 m<sup>2</sup>. Denne variasjonen i smoltproduksjonen kan representere naturlig variasjon i tetthetene etter reguleringen. Vi tror at den iøynefallende økningen i smoltproduksjonen fra 1983 til 1987 er forårsaket av at en stadig større andel av den 3 og 4 år gamle smolten har vokst opp på regulert elv. Vi antar derfor at smoltproduksjonen har nådd nært et maksimum i 1987.

De samme metodene for merking og gjenfangst ble brukt hvert år. Vi antar derfor at at smoltproduksjonen har økt etter reguleringen. Det var forventet at smoltalderen skulle øke etter reguleringen på grunn av nedsatt vanntemperatur i vekstsesongen og innkortet vekstsesong (Jensen 1987). Det er imidlertid ikke foretatt noen evaluering av hvordan vanntemperaturen er endret etter reguleringen. Smoltalderen hos laksungene synes å ha økt som følge av reguleringen. Det var forventet at smoltproduksjonen skulle avta som følge av økt smoltalder. Symons (1979) rapporterte på grunnlag av litteraturgjennomgang at smoltproduksjon avtok med økende smoltalder. Orkla var imidlertid en elv med sterkt fluktuerende vannføring før reguleringen. Det ble registrert naturlige vannføringsendringer fra 1 til 1000 m<sup>3</sup>/s i perioden 1972-1982. Ved reguleringen ble det fastsatt en minstevannføring på 10 m<sup>3</sup>/s målt øverst i vassdraget, som sikrer en høy vintervannføring. Vi tror at vintervannføringen er hovedårsaken til økningen i smoltproduksjonen. Laksunger søker dekke i bunnsubstratet gjennom vinteren (Lindroth 1955, Gibson 1978, Rimmer et al. 1983), noe som medfører at størrelsen på tilgjengelig vinterhabitat er viktig for overlevelsen hos salmonidene (Rimmer et al. 1983). Bygging av terskler økte vannstanden i kulper og ga høyere vinteroverlevelse hos salmonider (Saunders and Smith 1962, Näslund 1987). Gilbert (1978) påviste økning i tetthetene av alle årsklassene etter at det ble lagt ut stor stein i en Kanadisk elv. Chadwick (1982) rapporterte om høy dødelighet på lakserogn i perioder med lav vanntemperatur og liten vintervannføring. Alvorlig dødelighet oppsto når gytningen foregikk på høy vannføring (Chadwick 1982).

Større permanente vanddekte arealer etter reguleringen gir økt produksjon av næringsdyr for ungfisk, og er trolig medvirkende årsak til økt smoltproduksjon. Etter reguleringen har flommene blitt mindre og utspylingen av næringsdyr har trolig blitt mindre spesielt om våren (Cushman 1985).

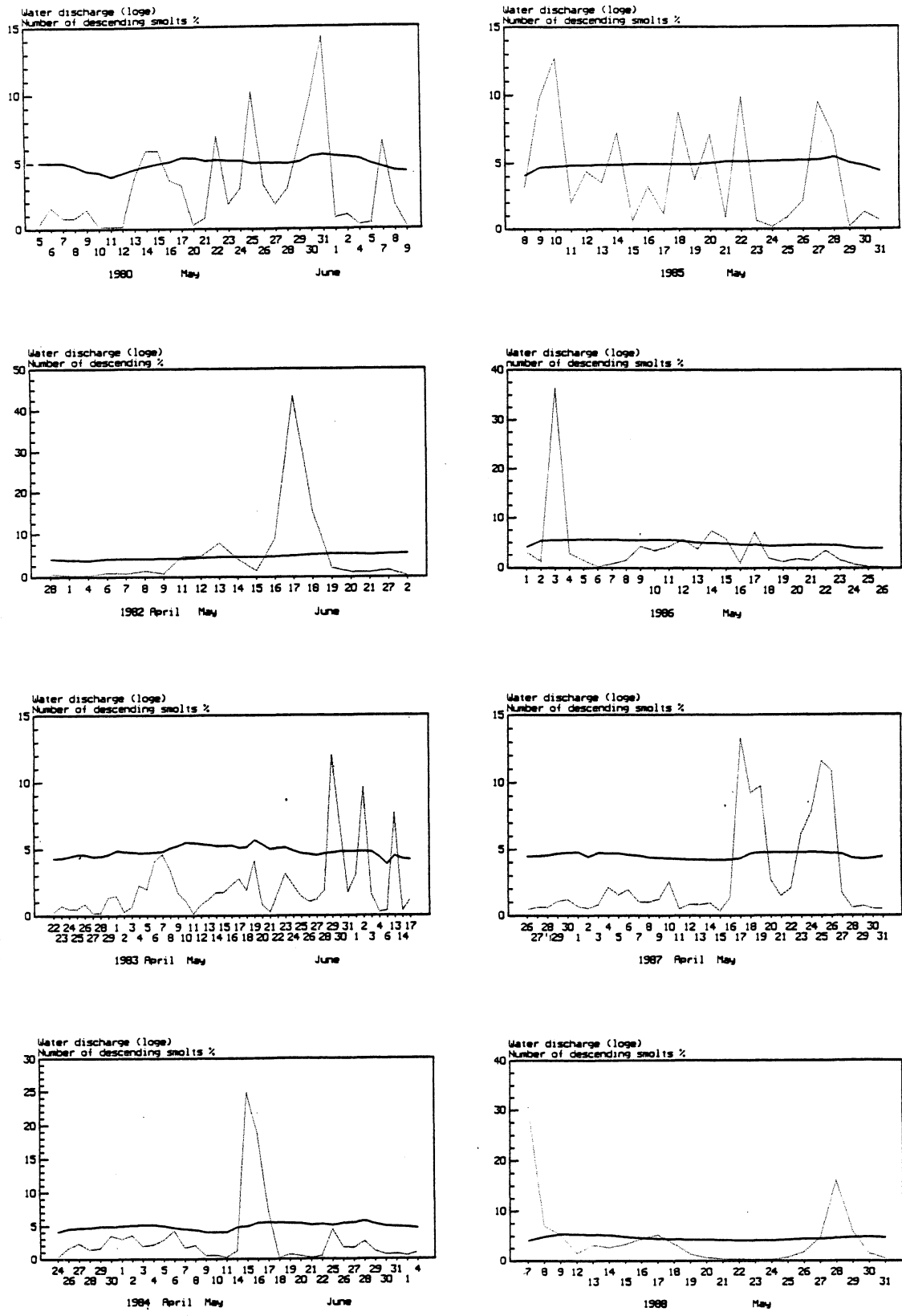
Produksjonsarealene er beregnet fra elvebredd til elvebredd. I forhold til til de arealene som er permanent vanddekte, som trolig gir det vesentlige av ungfiskproduksjonen, representerer smolt produksjonsverdiene i denne undersøkelsen for lave produksjonsdata.

### 5.3 Turbinpassasje av smolt

Undersøkelsen tyder på at det årlig blir drept ca 20000 laksesmolt i turbinene i Svorkmo Kraftverk. Dødeligheten har representert ca 10% av produksjonen i gjennomsnitt etter reguleringen. Svorkmo Kraftverk har to Francis turbiner med slukeevne på 27 og 43 m<sup>3</sup>/s og fallhøyde 99 m. I perioden 1984 til 1988 hadde begge turbiner oppmot full produksjon under smoltutvandringen. Montèn (1985) fant 50 % øyeblikkelig dødelighet hos laksunger på 13 cm lengde ved fullt pådrag i en Francis turbin. Sammenligning av overlevelse i kraftverksturbiner er komplisert, og en rekke variable faktorer virker inn (Ruggles 1980).

Det synes å gå betydelig med smolt inn i kraftverket selv på dager med små driftsvanninntak fra Orkla. Det er bygd et inntak for driftsvann til Svorkmo Kraftverk, det er derved klart at bunninntaket ikke virker som en fullstendig smoltsperr. Trolig vil smolt som står nær bunnen om dagen drive inn i tunnelen i forbindelse med smoltutvandringen som foregår i det øverste vannlaget om natta. Antagelsen om at smolten passerte i overflata viste seg å være korrekt, da vanninntaket ble utformet som et bunninntak. Imidlertid går smolten ut bare om natta, og næringsanalysene viser at smolten trolig står ved bunnen om dagen. Smolten er derfor trolig utsatt for å gå inn i tunnelen i forbindelse med begynnende utvandring om kvelden og under avslutning for natta om morgenen. Det er derfor grunn til å tro at smoltsperra virker etter hensikten om natta under smoltutvandringen og vannføringen er stor. På vannføringer over 200m<sup>3</sup>/s er som regel ikke Svorkmo Kraftverk avhengig av driftsvann fra Orkla for å opprettholde full produksjon. Skal en unngå tap av smolt i Svorkmo Kraftverk må en stenge inntaket fra Orkla i hele mai måned (figur 13). Effektive sperrer eller en kombinasjon av registrering av når det går ut betydelig mengder med smolt og stenging av kraftverket kan være alternative tiltak.

Tapet i Svorkmo Kraftverk representerer et betydelig antall smolt. I 1988 var netto økning av laksesmoltproduksjonen ca 10000 stk. Undersøkelsene viser at smoltproduksjonen er større enn før når tapet i Svorkmo Kraftverk er regnet med. Dette styrkes av at mengden oppfisket voksen laks i Orkla har vært opptil 2-3 ganger høyere enn før reguleringen. Uten at det har vært tilsvarende økt mengde oppfisket laks i nærliggende elver. Av spesielle endringer utenom selve reguleringen, som i seg selv kan ha forbedret fiskemulighetene, kan være utformingen av elveutløpet som ble kanalisert i 1975. Utløpet ble endret fra å være en brei elveos til en 150 m brei og 1 km lang rett kanal. Utformingen av utløpsosen har trolig økt overlevelsen noe hos smolten i Orkla, ved at den blir mindre tilgjengelig for beiting fra marine fisk under utvandringen fra elv til fjord.



Figur 13. Andel utvandrende smolt per døgn i utvandringstiden. Vannføring i  $\log_e(m^3/s)$ .



## 6 Sammendrag

Orkla ble vedtatt utbygd for produksjon av elektrisk kraft ved kgl. res. av 16 juni 1978. Reguleringen omfatter fem kraftverk, de ble satt i drift i perioden 1982-1983. Et av kraftverkene ligger nedenfor de viktigste gyte og oppvekstområdene for ungfisk av laks og aure. Det ble satt i gang undersøkelser (1979) for å kartlegge adferden til smolten under utvandringen, for om nødvendig å begrense skader på smoltproduksjonen som følge av elvekraftverket. Fra 1983 ble smoltproduksjonen ovenfor Meldal estimert ved merking og gjenfangst av vill smolt. Mengden av smolt som gikk inn i elvekraftverket ble analysert ved hjelp av merking og gjenfangst av utsatt smolt i kraftverkets inntak. For å kartlegge dødelighet på smolt som gikk gjennom kraftverket, ble det satt parallelle grupper av merket smolt i og utenfor kraftverket. De målte forskjellene i gjenfangst av voksen laks fra utsetninger i og utenfor representerer dødeligheten i kraftverket. Smolt ble fanget under utvandringen med feller fra Meldal bru og nedenfor kraftverket. Atferdsundersøkelsene viste at smolten gikk ut hovedsakelig i mai måned korrelert til stor vannføring og endring ( $\pm$ ) i vanntemperaturen. Det ble ikke funnet noen nedre grense for når smolten gikk ned i Orkla. Det var god korrelasjon mellom aure og laksesmolt utvandringen. Laksesmolt fra den øverste sonen av elva ble enkelte år fanget samtidig med smolt fra nedre sone, andre år kom smolt fra øvre sone senere i fellene på Meldal enn smolt fra nederste sone. Gjennomsnittlig utvandringshastighet hos oppforet smolt var 8 km pr. dag. Smolten samlet seg i store stimer og så mye som 43% av smolten kunne gå ut på en natt. Det var dominans av laksesmolt (88%). Smolten gikk om natta tre timer før og etter midnatt. Den gikk i hovedstrømmen og i overflata. Laksesmolten besto av 3 og 4 åringer, lengden var 121-133 cm i gjennomsnitt. Auresmolten besto av 2, 3 og 4 åringer. Smoltalderen synes å ha økt i størrelsesorden 0,5 til 0,3 år hos lakseungene. Det ble funnet stor grad av næringsdyr i smoltmagene under smoltutvandringen. Det var dominans av hunner blant smolten andelen hanner var 47,1% hos aure og 38% hos laks.

Produksjonsundersøkelsene viste økt tetthet av smolt etter reguleringen. I gjennomsnitt var produksjonen 37 % høyere etter reguleringen dersom en antar at 1983 var representativ for produksjonen før reguleringen. Det var tilstrekkelig å merke 2 % av den estimerte bestanden av smolt i Orkla. Det var antatt at smoltproduksjonen skulle avta som følge av økt smoltalder. Reguleringen har endret Orklas karakter fra å være sterkt flompreget til å ha et stabilere vannregime. Vi antar at vesentlig større permanente vanndekte arealer er hovedårsaken til økt smoltproduksjon. Dette gir flere skjuleplasser for ungfisk om vinteren, og større tilgang på næringsdyr i vekstsesonen.

I perioden 1984-1988 beregnet at det gikk 27000 stk laksesmolt pr år gjennom Svorkmo Kraftverk. Årlig dødelighet var ca 20000 smolt. Medtatt smolttapet i kraftverket har smoltproduksjonen vært høyere eller vært uendret i perioden etter reguleringen. Smolttapet i Svorkmo Kraftverk kan unngås ved ikke å ta inn

driftsvann fra Orkla i mai måned eller lage effektivere sperrer.

## 7 Litteratur

- Bagliniere, J. L. 1976. Etyde des populations de Saumon atlantique (*Salmo salar* L. 1766) en Bretagne-Basse-Normandie. II. Activite de devaluation des smolts sur l'Elle. - Ann. Hydrobiol. 7:159-177.
- Bakshantansky, A. L., Nesterov, V. D. & Nekludov, M. N. 1976. Predators effect on the behaviour of Atlantic salmon smolts in the period of downstream migration. - International Council for the Exploration of the Sea CM 1976/M:3. 17pp. stensil.
- Berg, M. 1977. Tagging of migration salmon smolts (*Salmo salar* L.) in the Vardnes River, Troms, Northern Norway. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 56: 5-11.
- Chadwick, E. M. P. 1982. Stock recruitment relationship of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland rivers. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1496-1501.
- Cushman, R. M. 1985. Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities. - N. Am. J. Fish. Mgmt. 5: 330-339.
- Egglishaw, H. J. 1970. Production of salmon and trout in a stream in Scotland. - J. Fish Biol. 2: 117-136.
- Elson, P. F. 1962. Predator-prey relationship between fish-eating birds and Atlantic salmon (with a supplement on fundamentals of merganser control). - Bull. Fish. Res. Board Can. 133: 1-87.
- Elson, P. F. 1975. Atlantic salmon rivers, smolt production and optimal spawning: an overview of natural production. - Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. series 1975, 6: 96-119.
- 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. 1985. 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: 24-451.
- Gee, A. S., Milner, N. J. & Hemsworth, R. J. 1978. The production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* in the upper Wye, Wales. - J. Fish Biol. 13: 439-451.

- Gibson, R. J. 1978. The behavior of juvenile Atlantic salmon (Salmo salar) and brook trout (Salvelinus fontinalis) with regard to temperature and water velocity. - Trans. Am. Fish. Soc. 107: 703-712.
- Gibson, R. J. & Cote, Y. 1982. Production de saumon-neaux et recaptures de saumons adultes etiquetes a la riveiere Matamec, Cote-nord, Golfe du Saint-Laurent, Quebec. - Naturaliste Can. (Rev. Ecol. Syst.), 109: 13-25.
- Gilbert, J. C. 1978. Large scale experimental salmonid nursery area habitat improvement. - New Brunswick Department of Nature Research Fisheries Bulletin 1, Big Tracadie River, Canada.
- Hesthagen, T. & Garnås, E. 1986. Migration of Atlantic salmon L. smolts 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. 1982. Smoltutvandring av laks og aure i Orkla fra 1979-1981. - DVF - Reguleringsundersøkelsene rapport 2: 1-50.
- Hesthagen, T., Garnås, E. & Gunnerød, T. B. 1980. Smoltutvandring i Orkla våren 1979. DVF Reguleringsundersøkelsene rapport 4: 1-30.
- Hesthagen, T., Ousdal, J. O. & Bergheim, A. 1986. Smolt production of Atlantic salmon (Salmo salar L.) and brown trout (Salmo trutta L.) in a small Norwegian river influenced by agricultural activity. - Pol. Arch. Hydrobiol. 33: 423-432.
- Hvidsten, N. A. 1990. Proximate triggers for smolt run of Atlantic salmon and brown trout in River Orkla, Norway. Manus.
- Hvidsten, N. A. & Hansen, L. P. 1988. 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. & 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. in press.
- Jensen, A. J. 1987. Hydropower development of salmon rivers: Effect of changes in water temperature on growth of brown trout (Salmo trutta) presmolts. - I: Regulated streams, edited by J.F. Craig and J. Bryan Kemper, Plenum: 207-218.
- 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.
- Jessop, B. M. 1975. Investigation of the salmon (Salmo salar) smolt migration of the Big Salmon River, New Brunswick, 1966-72. - Tech. Rep. Ser. No MAR/T-75-1: 1-57.
- 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.
- Johnsen, B. O. & Ugedal, O. 1988. Effects of different kinds of fin-clipping on over-winter survival and growth of fingerling brown trout, Salmo trutta L., stocked in small streams in Norway. - Aquacult. and Fish. Mgmt. 19: 305-311.
- Lindroth, A. 1955. Distribution, territorial behaviour and movements of sea trout fry in the River Indalsälven. - Report Inst. Freshw. Res., Drottningholm, Sweden 36: 104-119.
- Lund, R. A., Hansen, L. P. & Järvi, T. 1989. Identifisering av oppdrettslaks og vill-laks ved ytre morfologi, finnestørrelse og skjellkarakterer. - NINA Forskningsrapport 1: 1-54.
- Lundqvist, H., Clarke, W. C. & Johansson, H. 1988. The influence of precocious sexual maturation on survival to adulthood of river stocked Baltic salmon, Salmo salar, smolts. - Holarctic Ecology 11: 60-69.
- Meister, A. L. 1962. Atlantic salmon production in Cove Brook, Maine. - Trans. Am. Fish. Soc. 91: 208-212.
- Mills, D. H. 1964. The ecology of the young stages of the atlantic salmon in the River Bran, Rosshire. - Freshw. Salmon. Fish. Res. 32: 1-58.
- Montèn, E. 1985. Fisk och turbiner, om fiskars möjligheter att oskadada passera genom kraftverksturbiner. - Vattenfall. 116 s.
- Nie, N. H., Hull, C. H., Jenkins, J. G., Steinbrenner, K. & Brent, D. H. 1975. Statistical package for social sciences. - New York: Mc Graw-Hill. Fish. Aquat.
- Näslund, J. 1987. Effekter av biotopvårdtgärder på öringpopulationer i Lektäckan. - Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, Sweden 3: 1-27.
- Power, G. 1973. Estimates of age, growth, standing crop and production of salmonids in some North Norwegian rivers and streams. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm. 53: 78-111.

- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. - Bull. Fish. Res. Board Can. 191. 382 pp.
- Rimmer, D. M., Paim, U. & Saunders, R. 1983. Autumnal habitat shift of juvenile Atlantic salmon (Salmo salar) in a small river. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 671-680.
- Rosseland, L. 1975. Årsmelding fra Fiskeforskningen for 1974. Stensil, DVF, Fiskeforskningen.
- Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. - Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 952: 1-39.
- Saunders, J. W. & Smith, M. W. 1962. Physical alteration of stream habitat to improve brook trout population. - Trans. Am. Fish. Soc. 91: 185-188.
- Solomon, D. J. 1978. Some observations on salmon smolt migration in a chalk stream. - J. Fish Biol. 12: 571-574.
- Symons, P. E. K. 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (Salmo salar) for maximum smolt production in rivers of different productivity. - J. Fish. Res. Board Can. 36: 132-140.
- Stuart, T. A. 1958. Marking and regeneration of fins. - Sci. Invest. Freshw. and Salmon Fish. Res. 22: 3-14.
- Södergren, S. & Österdahl, L. 1966. Laxungarnas föda under utvandringen. - Svensk Fiskeri Tidskrift 75 (3-4): 33-37.
- Tyler, R. W. & Wright, T. E. 1974. A method of enumerating blueback salmon smolts from Quinault lake and biological parameters of the 1974 out-migration. - 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.
- Wotton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, Fish and Fisheries Series 1, 404 s.
- Österdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. - Swed. Salmon Res. Inst. 8: 205-215.

039

nina  
oppdrags-  
melding

ISSN 0802-4103  
ISBN 82-426-0068-6

Norsk institutt for  
naturforskning  
Tungasletta 2  
7004 Trondheim  
Tel. (07) 580500