

Arne J. Jensen
Bjørn Ove Johnsen
Norsk institutt for naturforskning

Betydning av vårflommens størrelse for tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva

NOTAT

Nr. 3

1998



-ET FORSKNINGSPROGRAM OM FLOM



HYDRA - et forskningsprogram om flom

HYDRA er et forskningsprogram om flom initiert av Norges vassdrags- og energiverk (NVE) i 1995. Programmet har en tidsramme på 3 år, med avslutning medio 1999, og en kostnadsramme på ca. 18 mill. kroner. HYDRA er i hovedsak finansiert av Olje- og energidepartementet.

Arbeidshypotesen til HYDRA er at summen av alle menneskelige påvirkninger i form av arealbruk, reguleringer, forbygningsarbeider m.m. kan ha økt risikoen for flom.

Målgruppen for HYDRA er statlige og kommunale myndigheter, forsikringsbransjen, utdannings- og forskningsinstitusjoner og andre institusjoner. Nedenfor gis en oversikt over fagfelt/tema som blir berørt i HYDRA:

- ◆ Naturgrunnlag og arealbruk
- ◆ Tettsteder
- ◆ Flomdemping, flomvern og flomhandtering
- ◆ Skaderisikoanalyse
- ◆ Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak
- ◆ Databaser og GIS
- ◆ Modellutvikling

Sentrale aktører i HYDRA er; Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB), Jordforsk, Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Landbrukshøgskole (NLH), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), SINTEF, Stiftelsen for Naturforskning og Kulturminneforskning (NINA/NIKU), Norsk Regnesentral (NR), Direktoratet for naturforvaltning (DN), Østlandsforskning (ØF) og universitetene i Oslo og Bergen.

HYDRA - a research programme on floods

HYDRA is a research programme on floods initiated by the Norwegian Water Resources and Energy Administration (NVE) in 1995. The programme has a time frame of 3 years, terminating in 1999, and with an economic framework of NOK 18 million. HYDRA is largely financed by the Ministry of Petroleum and Energy.

The working hypothesis for HYDRA is that the sum of all human impacts in the form of land use, regulation, flood protection etc., can have increased the risk of floods.

HYDRA is aimed at state and municipal authorities, insurance companies, educational and research institutions, and other organization.

An overview of the scientific content in HYDRA is:

- ◆ Natural resources and land use
- ◆ Urban areas
- ◆ Databases and GIS
- ◆ Risk analysis
- ◆ Flood reduction, flood protection and flood management
- ◆ Environmental consequences of floods and flood prevention measures
- ◆ Modelling

Central institutions in the HYDRA programme are; The Norwegian Meteorological Institute (DNMI), The Glommens and Laagens Water Management Association (GLB), Centre of Soil and Environmental Research (Jordforsk), The Norwegian Geological Survey (NGU), The Agriculture University of Norway (NLH), The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), The Norwegian Water and Energy Administration (NVE), The Norwegian Institute of Land Inventory (NIJOS), The Norwegian Institute for Water Research (NIVA), The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology (SINTEF), The Norwegian Institute for Nature and Cultural Heritage Research (NINA/NIKU), Norwegian Computing Center (NR), Directorate for Nature Management (DN), Eastern Norway Research Institute (ØF) and the Universities of Oslo and Bergen.

TITTEL: Betydning av vårflommens størrelse for tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva

FORFATTER (E): Arne J. Jensen og Bjørn Ove Johnsen

ANSVARLIG INSTITUSJON: Norsk institutt for naturforskning

HYDRA-PROSJEKT: Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak

NOTAT NR.: 3/98

DATO: 17. april 1998

SAMMENDRAG:

Det foreligger årlige, systematisk innsamlede data om tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva i Nordland siden 1975. Siden det også foreligger data om vannføring i elva i samme periode, egner denne dataserien seg godt til å se på om størrelsen på vårflommen har betydning for overlevelse av fiskeunger. Dette er også relevant for å vurdere effekten av vannføring, herunder også flommer, på fisketetthet av anadrome bestander.

Gjennomsnittlig tetthet av laksunger (unntatt årsyngel) ble beregnet til 13,3 fisk per 100 m², med en årlig variasjon fra 4,2 til 29,1 fisk per 100 m². Tilsvarende var gjennomsnittlig tetthet av ørretunger 23,2 fisk per 100 m², med en variasjon mellom 13,5 og 34,5 fisk per 100 m².

Det var betydelig variasjon i styrken på de enkelte årsklasser av både laks og ørret. Årsklassene av ørret som klekket i 1989 og 1993 var svakest, mens 1985-, 1986- og 1991-årsklassene var de sterkeste. For laks var årsklassene som klekket i 1980 og 1989 og alle tre årsklassene som klekket i perioden 1992-1994 spesielt svake. De sterkeste årsklassene av laks var de som klekket i 1985, 1986 og 1987. Vi fant signifikant sammenheng mellom den høyeste daglige vannføringen som ble registrert under vårflommen i det året eggene klekket, og styrken på de enkelte årsklassene, både for laks og ørret. Konsekvensen av dette er at det var betydelig større dødelighet av årsyngel både av laks og ørret i år med høy vårflom sammenliknet med år med lav vårflom. Denne økte dødeligheten forekom ikke bare i år med ekstrem flom, men var jevnt økende med økende flomvannføring.

Tetthetene av ungfisk ble sammenliknet med den høyeste vannføring (daglig gjennomsnitt) som er registrert samme år under vårflommen. Det var ingen signifikant sammenheng mellom høyeste flomvannføring og tetthet samme år verken av laks eller ørret. Det kunne altså ikke påvises at tettheten av verken laks- eller ørretunger som er ett år eller eldre ble påvirket av store vårflommer.

Vi konkluderer med at størrelsen på vårflommen har svært stor betydning for overlevelsen til årsyngel både av laks og ørret, mens eldre fisk ikke blir påvirket direkte.

ABSTRACT:

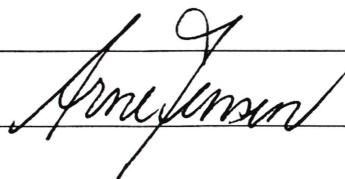
Density of Atlantic salmon and brown trout parr from the River Saltdalselv in the county of Nordland has been estimated annually in a systematic way since 1975. Water discharge and water temperature data also exist from the same period. By combining these data sets, we analysed the effects of peak spring floods on survival of juveniles. We also studied effects of peak spring floods on density of parr.

Average densities of Atlantic salmon and brown trout parr (excluding 0+) were 13.3 (variation 4.2-29.1) and 23.2 (variation 13.5-34.5) fish per 100 m², respectively. There were considerable variation in year-class strength. Among brown trout, the year-classes which hatched in 1989 and 1993 were the weakest ones, while the 1985, 1986, and 1991 year-classes were the strongest ones. Correspondingly, among Atlantic salmon the weakest year-classes were those which hatched in 1980, 1989, 1992, 1993 and 1994, while the strongest ones were those which hatched in 1985, 1986 and 1987. There was a significant correlation between the highest peak during the spring flood in the year of hatching and year-class strength, both for Atlantic salmon and brown trout. Hence, the mortality of fry of both Atlantic salmon and brown trout was higher in years with high spring flood than in years with a more modest spring flood. This high mortality did not occur only in years with extreme floods, but increased gradually with increasing size of the flood.

Densities of parr were compared to the highest spring flood (daily average) which had occurred the same year. However, there was no significant correlation between flood size and density of fish the same year. Hence, for fish of age 1+ or older, we could not prove that the density of neither Atlantic salmon nor brown trout parr was influenced by large spring floods.

We conclude that the size of the spring flood is important for survival of 0+ of both Atlantic salmon and brown trout, while older fish are not directly influenced.

ANSVARLIG UNDERSKRIFT:



Innhold

1.	Innledning	5
1.1	Tidligere studier	5
1.2	Referansevassdrag og problemstilling	5
2.	Materiale og metoder	5
2.1	Fisketetthet	5
2.2	Vannføring	8
3.	Resultater.....	8
3.1	Tetthet av fisk.....	8
3.2	Tetthet av fisk i forhold til vårflommens størrelse.....	9
3.3	Virkningen av vårflommens størrelse på overlevelse hos årsyngel ...	10
4.	Diskusjon	13
4.1	Dødelighet.....	13
4.2	Klekketidspunkt og temperatur	14
5.	Litteratur.....	17

1 INNLEDNING

1.1 Tidligere studier

Etter storflommen på Østlandet og i Trøndelag våren 1995 er det blitt fokusert på hvordan ekstremt store flommer påvirker fiskebestandene i elvene. Et problem med å kunne dokumentere eventuelle effekter av stor vannføring på fiskebestandene er at det mangler langtidsserier i måledataene på fisk. I forbindelse med storflommen på Østlandet i 1995 ble tettheten av ørret undersøkt i endel tilløpsbekker til Glomma og Mjøsa (Museth & Qvenild 1996). Tettheten av yngel (0+) var i denne undersøkelsen lavest på de mest flomutsatte områdene, men sammenligningsgrunnlaget var andre lokaliteter i vassdraget, og ikke andre år på samme lokalitet. I Gaula i Sør-Trøndelag var også vårflommen uvanlig stor i 1995. I dette vassdraget hadde det foregått en betydelig aktivitet på studier av ungfisk og bunndyr i en periode før 1995. Med bakgrunn i disse dataene kunne Hindar et al. (1996) påvise at yngel av laks i Gaula hadde dramatisk lavere tetthet enn tidligere år, mens det var mindre endringer for ørret og eldre aldersgrupper av laks. De konkluderte med at flommen i 1995 hadde betydelig negativ effekt på rekrutteringen av laksunger i Gaula, men ingen tilsvarende effekt på ørretunger. De påpekte imidlertid at det er stor usikkerhet forbundet med å beregne tetthet av yngel av laksefisk, og at undersøkelsene burde følges opp (se kapittel i denne rapport).

1.2 Referansevassdrag og problemstilling

Problemstillingen ble nok en gang aktualisert våren 1997, da det på nytt var ventet uvanlig høy vårflom i mange vassdrag. NVE initierte da gjennom sitt HYDRA-program nye undersøkelser i flere vassdrag for å skaffe mer detaljerte data om hvordan store flommer påvirker fiskebestander. Vassdrag der det foreligger referansedata fra tidligere år ble prioritert, og et av de utvalgte vassdragene var Saltdalselva i Nordland. Denne elva inngår som referansevassdrag i overvåkingsprogrammet som Direktoratet for naturforvaltning har over anadrome laksefisk. Problemstillingen for denne undersøkelsen er å avklare eventuelle sammenhenger mellom tetthet av ungfisk og vårflommens størrelse, for å avgjøre om ekstreme flommer influerer på antallet ungfisk i elva.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Fisketetthet

Tetthet av fiskeunger av laks og ørret har vært beregnet i Saltdalselva i slutten av juli eller først på august hvert år fra 1975 til 1997. Stasjonene dekker hele den lakseførende strekning. En stasjon ligger i Junkerdalselva, en i Lønselva og seks i hovedelva nedenfor samløpet mellom Junkerdalselva og Lønselva (figur 1). Tre stasjoner i hovedelva og stasjonen i Junkerdalselva har vært benyttet hvert år siden 1975. De tre øvrige stasjonene i hovedelva har vært i bruk siden 1976. Stasjonen i Lønselva ble benyttet i 1975 og hvert år siden 1979. Data fra 1975 er ikke benyttet i denne rapporten, fordi bare fem av de åtte stasjonene ble undersøkt i 1975. Siden data fra stasjonen i Lønselva mangler i årene 1976-1978, har vi for disse årene satt tettheten for denne stasjonen lik gjennomsnittet for perioden 1979-1997. Dermed utgjør tetthetsestimatene for alle år i perioden 1976-1997 gjennomsnittet for de åtte stasjonene som er nevnt ovenfor.

For alle stasjonene unntatt nr. 2 har vi undersøkt et areal på 25 x 4 m. Stasjon 2 har et areal på 120 m² (30 x 4 m). Tettheten av fiskeunger er i perioden 1985-1997 beregnet ved å avfiske de fast avmerkede arealene av elva tre ganger etter hverandre med ca. ½ times mellomrom. Før

1985 ble det som oftest fisket bare to omganger. Metoden er beskrevet av Zippin (1958), og beregningene er utført slik som beskrevet av Bohlin et al. (1989). På grunn av varierende vannstand under feltarbeidet fra år til år er det ikke nøyaktig de samme utsnittene av elva som har blitt undersøkt hver gang. Ved høy vannføring fanges dessuten færre fisk enn ved lav vannføring (Jensen & Johnsen 1988). Vi har korrigert for dette ved å justere alle tetthetsestimat til å gjelde for en referansevannføring ved innsamlingen på 25 m³/s. Vi benyttet følgende regresjonslinje ved korrigeringen: $y = a + b x$, der y er korrigert tetthetsestimat, x er ukorrigert tetthetsestimat, og a og b er konstanter. For laksunger var $a = 26,26$ og $b = -0,517$ ($r^2 = 0,312$, $p < 0,01$) og for ørretunger var $a = 32,73$ og $b = -0,382$ ($r^2 = 0,330$, $p < 0,01$).

Årsyngel (0+) er ikke inkludert i tetthetsberegningene. Det skyldes at yngelen i Saltdalselva er svært liten i månedsskiftet juli/august (gjennomsnittlig 27-34 mm, Jensen 1996), og derfor har svært lav fangbarhet. Årsklassestyrken for en gitt årsklasse er derfor basert på fisk eldre enn årssunger, og er uttrykt som gjennomsnittstetthet av 1+, 2+ og 3+ for den enkelte årsklasse.

Samtlige fiskeunger ble fiksert og tatt med til laboratorium for sikker artsbestemmelse og aldersanalyse. I de fleste tilfeller ble både skjell og otolitter benyttet til å aldersbestemme fisken. Årsaken til det er at enkelte fisk i Saltdalselva fremdeles er så små første vinteren at de ikke har dannet skjell. Disse fiskene mangler første vintersone i skjellene (Jensen & Johnsen 1982).

Analysene forutsetter at det i hele perioden 1975-1994 har vært tilstrekkelig mange gytefisk tilstede i elva. På bakgrunn av fangststatistikk og respons fra lokale fiskere på vårt program for innsamling av skjellprøver av voksen fisk synes størrelsen på gytebestandene å ha vært relativt stabil. Dette skyldes at en rekke årsklasser deltar i gytingen. I sportsfisket har vi i gjennomsnitt registrert 6 årsklasser av gytemoden laks og 7 årsklasser av gytemoden ørret, og dette gjør at enkelte svake årsklasser ikke får avgjørende betydning for innsiget av gytefisk.

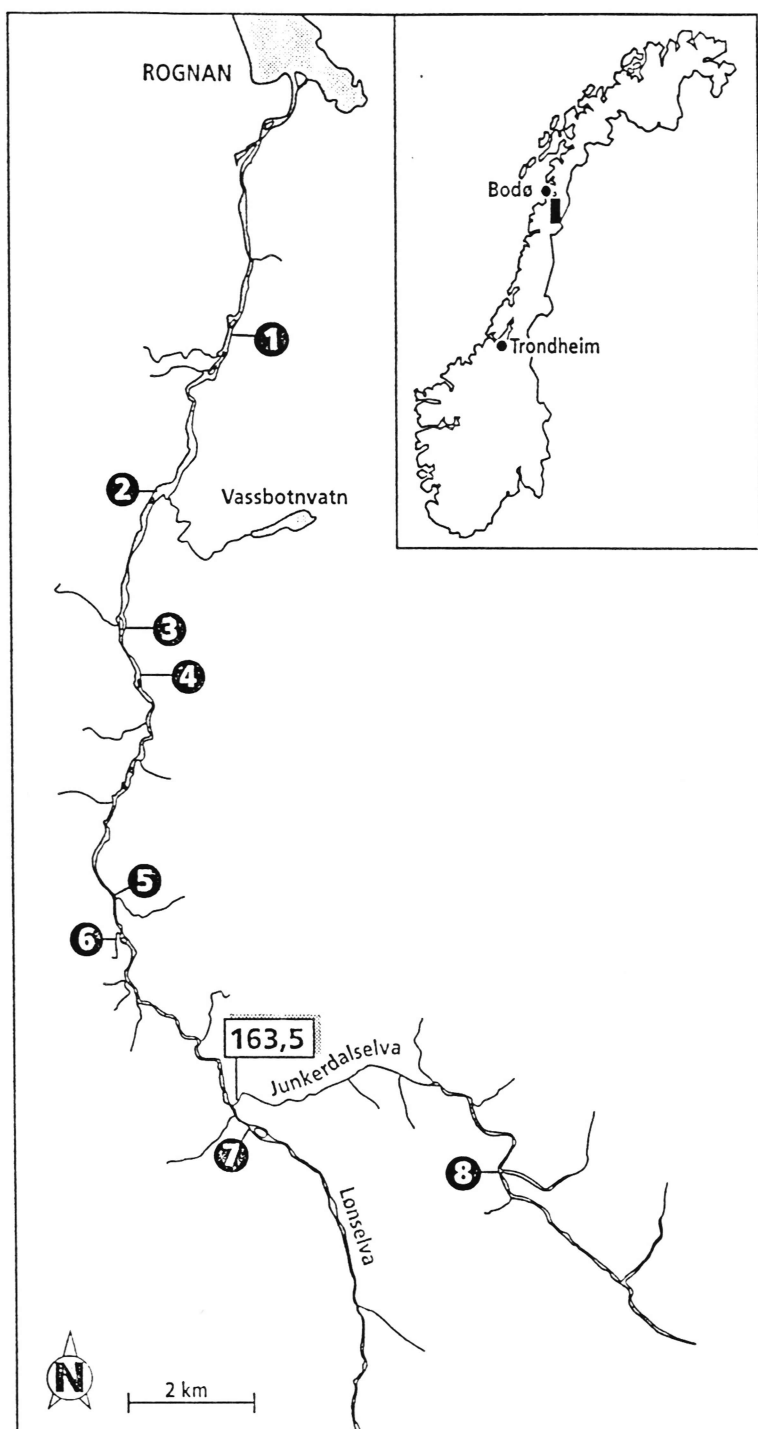


Fig. 1. Kart over Saltdalselva, med de åtte stasjonene der det ble utført fiske med elektrisk fiskeapparat og stasjonen (163,5) der vannføring ble målt.

Fig. 1. Map of the River Saltdalselv, with the eight sampling stations for salmonid parr, and the station (163,5) where water discharge was measured.

2.2 Vannføring

Vannføringen er målt i Junkerdal (stasjon 163.5) av NVE, Hydrologisk avdeling. Saltdalselva er normalt islagt om vinteren fra desember til april, og da er vannføringen svært liten. Isløsningen skjer i april, og i løpet av mai øker vannføringen kraftig etter hvert som snøen tiner i fjellene. I et normalår er vårflommen på sitt høyeste i månedsskiftet juni/juli, for så å avta jevnt utover i juli og august. I perioden september-oktober inntreer enkelte små høstflommer, som normalt ikke er på langt nær av samme størrelse som vårflommen (Fossdal 1978). Som et mål på vårflommens størrelse har vi i denne rapporten benyttet den høyeste vannføringen (daglig gjennomsnitt) som hver år er blitt registrert i perioden fra isløsning til 15. juli.

3 RESULTATER

3.1 Tetthet av fisk

Gjennomsnittlig tetthet av laks- og ørretunger for de åtte stasjonene i Saltdalselva i perioden 1976-1996 er vist i figur 2. I gjennomsnitt ble det registrert 13,3 laks og 23,2 ørret per 100 m² (unntatt årsyngel). Tettheten av laks varierte mellom 4,2 og 29,1 fisk per 100 m² og tilsvarende tall for ørret var 13,5 - 34,5 fisk per 100 m².

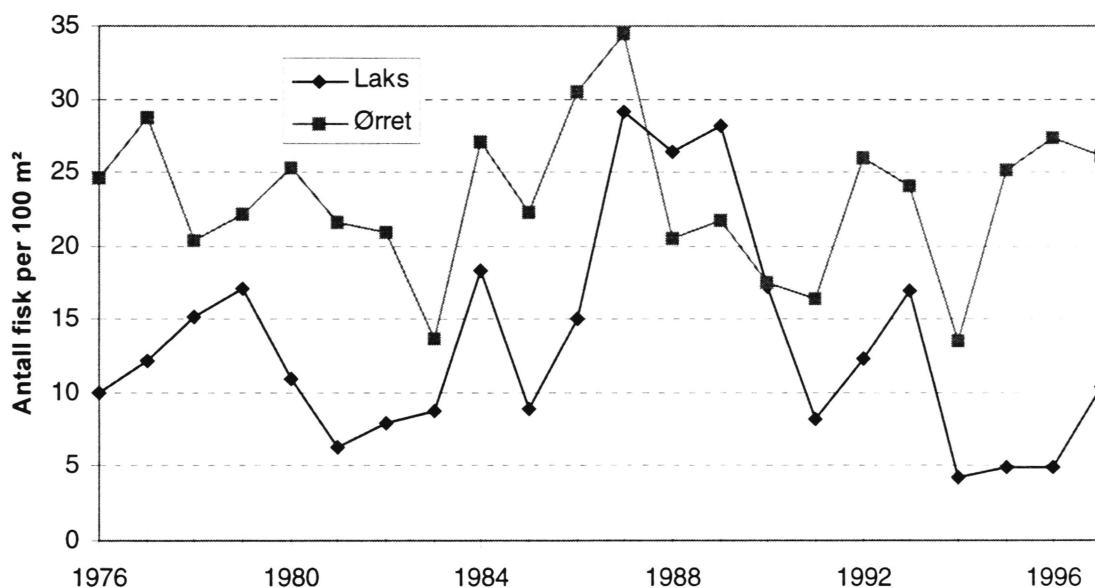


Fig. 2. Gjennomsnittlig tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva (antall per 100 m²) etter at de er korrigert til å gjelde for en referansevannføring under innsamling på 25 m³/s målt på NVE's stasjon 163.5 i Junkerdal. Årsyngel er ikke inkludert.

Fig. 2. Mean density estimates of Atlantic salmon and brown trout parr (excluding fry) in the River Saltdalselv (numbers per 100 m²). The estimates are adjusted to apply to a reference discharge during field work of 25 m³s⁻¹ at station 163.5, Junkerdal.

3.2 Tetthet av fisk i forhold til vårflorens størrelse

Tettheten av laks og ørret (figur 2) er sammenlignet med den høyeste vannføring som er registrert under vårfloren (daglig gjennomsnitt) målt på stasjon 163.5 i Junkerdal. Den høyeste registrerte vannføring varierte mellom 75 m³/s (1985) og 223 m³/s (1995), med et gjennomsnitt på 130 m³/s (figur 3).

Det var ingen signifikant sammenheng mellom flomvannføring og tetthet verken av laks ($r^2=0,005$, $p>0,05$) eller ørret ($r^2=0,017$, $p>0,05$) samme år (figur 4). Det var altså ikke mulig å påvise at tettheten av laksunger og ørretunger som er ett år eller eldre påvirkes av store flommer innenfor de størrelser av vårfloren som har funnet sted i perioden 1976-1997.

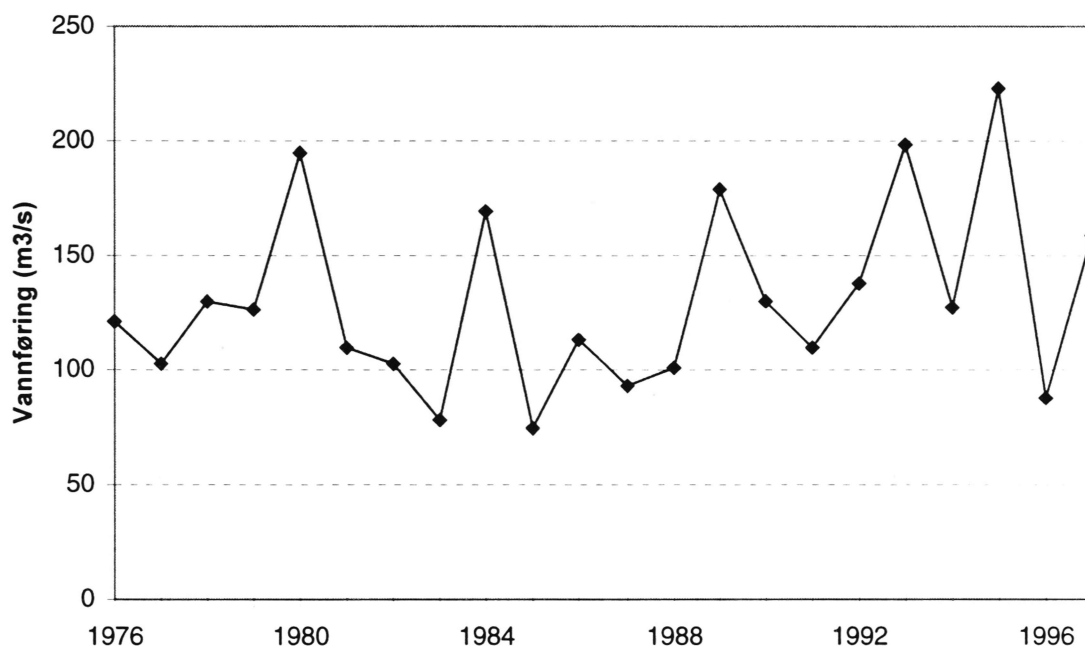


Fig. 3. Den høyeste vannføring (daglig gjennomsnitt, m³/s) som er registrert under vårfloren de enkelte år i Saltdalselva på stasjon 163.5, Junkerdalselv.

Fig. 3. The highest water discharge (daily mean, m³ s⁻¹) observed each year in the River Saltdalselv at site 163.5, Junkerdal.

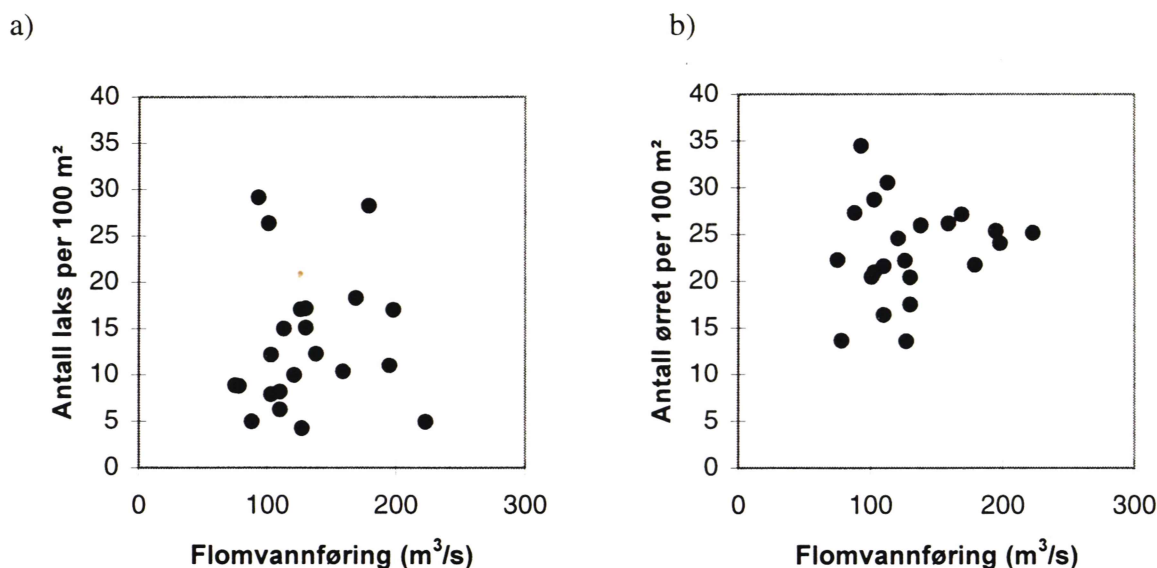


Fig. 4. Forholdet mellom den høyeste vannføring som er registrert under vårflommen (daglig gjennomsnitt, m^3/s) i Saltdalselva hvert år i perioden 1976-1997 og tetthet av a) laks ($r^2 = 0,005$, $p > 0,05$) og b) ørret ($r^2 = 0,017$, $p > 0,05$). Årsyngel er ikke inkludert.

Fig. 4. Relationship between the highest water flow observed during spring flood (daily mean, $m^3 s^{-1}$) in the River Saltdalselv each year in the period 1976-1997 and mean density (numbers per 100 m^2 , excluding fry) of; a) Atlantic salmon ($r^2 = 0.005$, $p > 0.05$); b) brown trout ($r^2 = 0.017$, $p > 0.05$), the same year.

3.3 Virkning av vårflommens størrelse på overlevelse hos årsyngel

Dersom årsyngelen påvirkes negativt av stor flomvassføring, vil dette vise seg ved at årsklasser av fisk som har opplevd høye vannføringer som årsyngel senere vil vise seg som svake årsklasser. For å få et mål på styrken til hver enkelt årsklasse, har vi splittet tetthetsestimatene fra figur 2 opp i aldersgrupper (figur 5). Det går tydelig fram av figur 5 at det finnes sterke og svake årsklasser av både laks og ørret. Dette er også illustrert i figur 6, der gjennomsnittstetthet av 1+, 2+ og 3+ er vist. Det går fram av figur 5 og figur 6 at årsklassene av ørret som klekket i 1989 og 1993 var svake, mens 1985-, 1986- og 1991-årsklassene var sterke. For laks var årsklassene som klekket i 1980 og 1989 og alle årsklasser som klekket i perioden 1992-1994 spesielt svake. De sterkeste årsklassene av laks var de som klekket i 1985, 1986 og 1987.

Det var signifikant sammenheng mellom den høyeste daglige vannføringen som ble registrert under vårflommen i det året eggene klekket, og styrken på de enkelte årsklassene (figur 7), både for laks ($r^2 = 0,354$, $p < 0,01$) og ørret ($r^2 = 0,223$, $p < 0,05$).

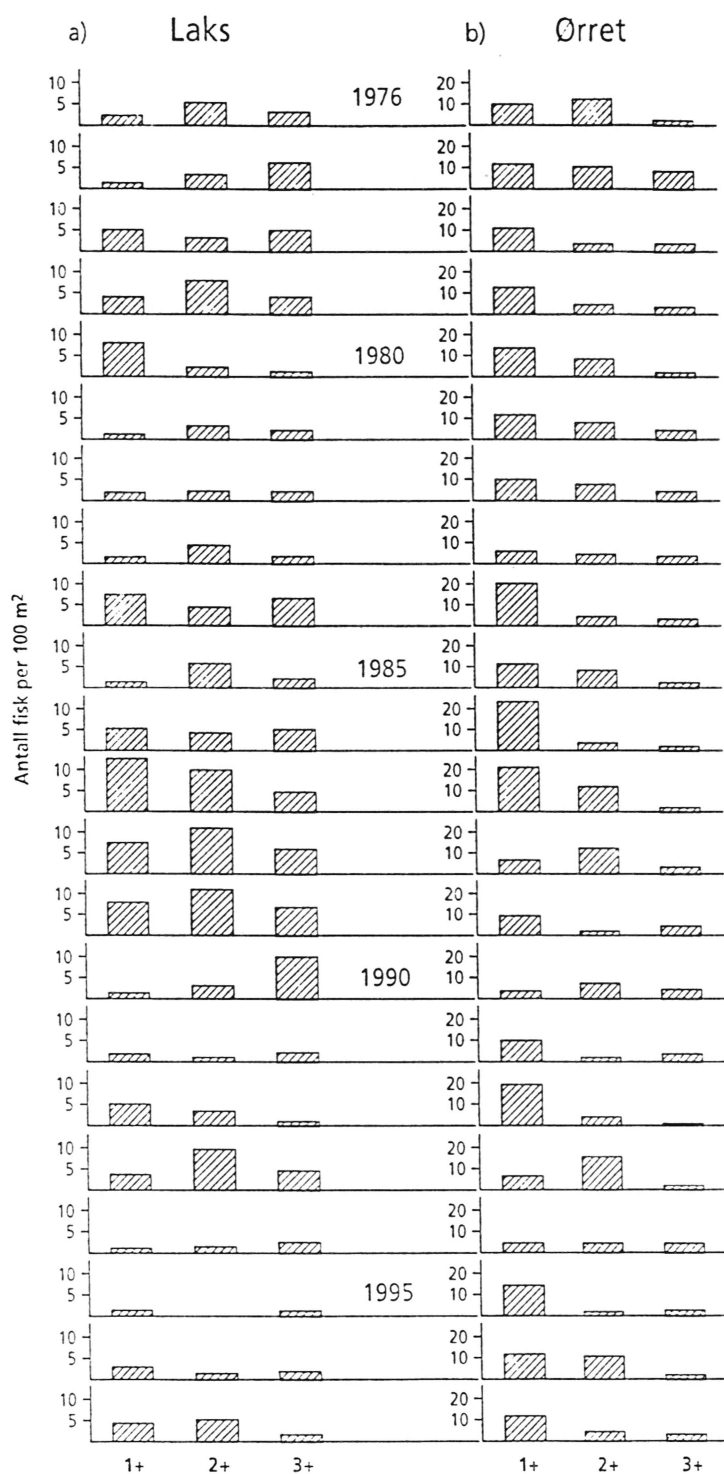


Fig. 5. Gjennomsnittlig tetthet av a) laks og b) ørret på de åtte stasjonene i Saltdalselva i perioden 1976-1997, fordelt på aldersgrupper. Det forekom også noen fisk som var eldre enn 3+ i fangstene, men de er ikke tatt med her.

Fig. 5. Mean density (numbers per 100 m²) of fish in the River Saltdalselv during the period 1976-1997, sorted by age; a) Atlantic salmon; b) brown trout. Some fish older than 3+ were also present in the catches, but they are not included.

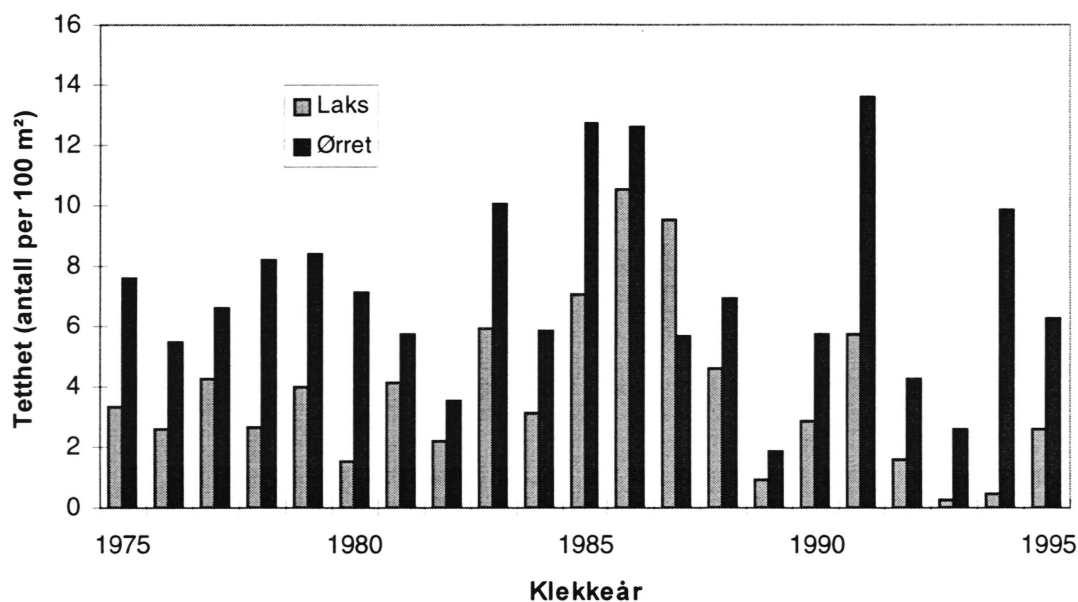


Fig. 6. De enkelte årsklasser av laks og ørret, sortert etter hvilket år de klekket. Søylene viser gjennomsnittlig tetthet (antall per 100 m²) av 1+, 2+ og 3+ fisk for hver enkelt årsklasse.

Fig. 6. Year-classes of Atlantic salmon and brown trout, sorted by year of hatching. The bars illustrate the average densities of 1+, 2+ and 3+ fish of each year-class (numbers per 100 m²).

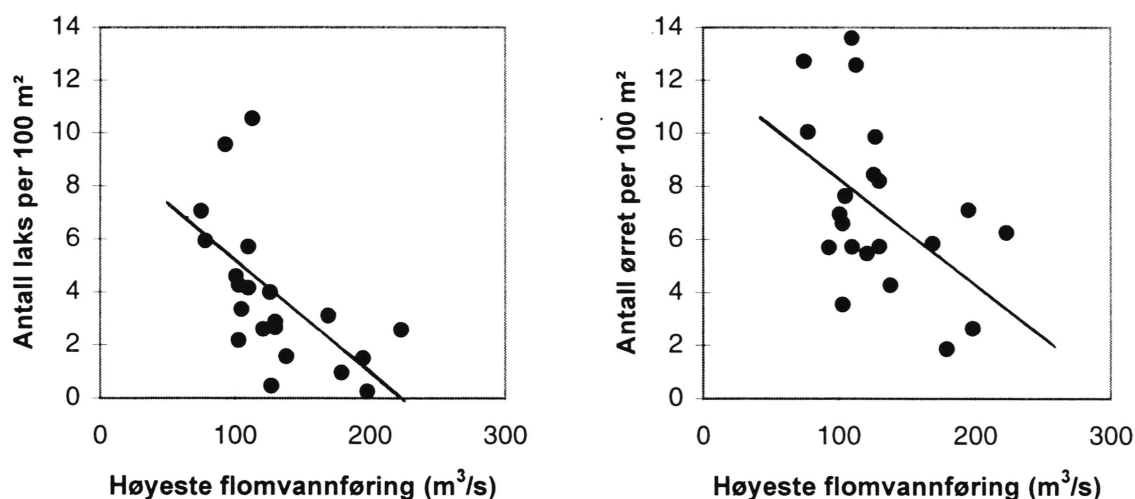


Fig. 7. Sammenheng mellom den høyest registrerte vassføring under vårflommen (daglig gjennomsnitt, m^3/s) i det året eggene klekket og gjennomsnittlig tetthet av 1+, 2+ og 3+ fisk av samme årsklasse (antall per 100 m^2) av a) laks ($y = -0,0401 x + 9,02$, $r = -0,594$, $p < 0,01$) og b) ørret ($y = -0,0371 x + 12,00$, $r = -0,472$, $p < 0,05$).

Fig. 7. Relationship between the highest recorded water flood during spring (daily mean, $m^3 s^{-1}$), and density of the year-class of fish which hatched the same year (average numbers of 1+, 2+, and 3+ fish per 100 m^2); a) Atlantic salmon ($y = -0,0401 x + 9,02$, $r = -0,594$, $p < 0,01$); b) brown trout ($y = -0,0371 x + 12,00$, $r = -0,472$, $p < 0,05$).

4 DISKUSJON

4.1 Dødelighet

Denne undersøkelsen støtter erfaringene som ble høstet etter den store vårflommen i 1995 i Sør-Trøndelag og på Østlandet. I begge distriktene ble det påvist at ekstreme flommer kan føre til stor dødelighet hos yngel av laksefisk (Hindar et al. 1996, Museth & Qvenild 1996). Lignende erfaringer er gjort av Nickelson et al. (1986), som registrerte at store vårflommer førte til redusert overlevelse hos nyklekket yngel av stillehavslaksen coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Undersøkelsen i Saltdalselva viser imidlertid at det ikke bare er ekstreme flommer som medfører økt dødelighet hos yngel av laks og ørret. Selv etter relativt beskjedne flommer ble det registrert svekkede årsklasser av både laks og ørret. Resultatene viste jevnt økende dødelighet med økende størrelse på vårflommen.

For eldre fisk kunne vi imidlertid ikke påvise noen effekt av vårflommen på fiskens overlevelse. Det synes som om økt vannføring er spesielt kritisk for egg og yngel mens de ennå ligger i grusen og i den første perioden etter at de kommer opp av grusen, og at effekten avtar raskt etterpå. Således er det registrert at høy sommervannføring kan øke overlevelsen hos coho salmon (Neave & Wickett 1948, Neave 1949, Wickett 1951). Derimot er det påvist at tørkeperioder om sommeren kan føre til økt dødelighet hos ørret (Elliott 1985). Det samme

er tilfelle ved lave vannføringer om vinteren. Cramer et al. (1985) fant negativ sammenheng mellom vintervannføringen og første års overlevelse hos spring chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*). I Orkla har Hvidsten et al. (1996) påvist at lav vintervannføring fører til betydelig økt dødelighet hos laks. Ved å lage en indeks som tok hensyn til vintervannføringens størrelse de tre siste vintrene før smoltutvandring, kunne de forklare 50 % av variasjonen i smoltproduksjonen i Orkla.

I Saltdalselva er det forventet at laksen kommer opp av grusen i første halvdel av juli. Ørreten kommer normalt opp noe tidligere enn laksen. Vi har i denne rapporten ikke analysert i hvilken tidsperiode i løpet av våren høye flommer er mest skadelige for yngelen. Således vet vi ikke om store flommer er mest skadelige før yngelen har kommet opp av grusen eller om det er perioden like etterpå som er mest kritisk. Hindar et al. (1996, og denne rapporten) antyder at den store flommen i Gaula i 1995 førte til at det la seg et lag av slam på elvebunnen, og at dette slammet førte til at lakseyngelen ikke klarte å komme seg opp av grusen. Derimot gikk det betydelig bedre for ørretyngelen, som klekker noe tidligere enn laksen. Ekstreme vårflokker kan på mange måter virke negativt inn på fiskebestandene. I perioder med høy vannføring øker sedimenttransporten (Gomez 1991, Lisle & Lewis 1992), og dette fører til sedimentering og akkumulering av finmateriale i gytegrupene (Alabaster & Lloyd 1982, Lisle 1989). Finmaterialet kan redusere oksygentilførselen til egg og embryoer (Coble 1961, Hamor & Garside 1976, Olsson & Persson 1986) eller fysisk fange yngelen i grusen, og hindre at de kommer opp (Phillips et al. 1975, Hausle & Coble 1976, Witzel & MacCrimmon 1981). Ekstreme flommer kan også føre til at bunnmateriale settes i bevegelse og fører til fysisk skade på egg og fiskelarver (McNeil 1966). I flomperioder øker vannhastigheten, og både fisk og bunndyr risikerer å bli spylt nedover elva og kanskje helt ut i sjøen (Anderson & Lehmkuhl 1968, Minshall & Winger 1968, Brooker & Hemsworth 1978, Ottaway & Clarke 1981, Ottaway & Forest 1983, Heggenes & Traaen 1988, Crisp & Hurley 1991a, b). I etterkant av flommer kan vannstanden synke brått, og dette kan føre til stranding av fisk (Hvidsten 1985, Bain et al. 1988, Mann et al. 1989).

4.2 Klekkespunkt og temperatur

For fisk som lever i kalde elver med en begrenset lengde på vekstsesongen, slik som Saltdalselva, antar vi at det gjennom flere tusen år har vært hard seleksjon slik at mesteparten av yngelen kommer opp av grusen og begynner å spise når forholdene er mest optimale for å overleve. I konkurranse med andre yngel om de beste territoriene er det viktig med en tidlig start på vekstsesongen. I denne konkurransen er fiskens størrelse viktig. Le Cren (1973) konkluderte med at det hos laksefisk oppstår et hierarki i forhold til fiskens størrelse og kampen om de beste territoriene. Det er påvist at selv 1 mm størrelsesforskjell kan være viktig i denne konkurransen (Chapman 1962).

Selv om det er viktig å komme opp av grusen og begynne å spise så tidlig som mulig, så må vanntemperatur og vannføring være gunstigst mulig i dette stadiet for at yngelen skal overleve (Jensen et al. 1991). Erfaringer fra norsk oppdrett har vist at temperaturen bør være minst 7-8 °C når lakseyngelen startfores (Refstie 1979). En rekke feltundersøkelser har også antydnet at det finnes en nedre temperaturgrense for vekst hos laks, og denne synes å ligge rundt 7 °C (Allen 1940, 1941, Jensen & Johnsen 1986). For ørret synes denne grensen å være noe lavere (Elliott 1975). Det vil altså være ugunstig for yngelen å komme opp av grusen før elvevannet har nådd tilstrekkelig høy temperatur.

Utviklingstida for egg og plommeseckkyngel er sterkt temperaturavhengig. Det er derfor gytetidspunktet og temperaturen gjennom vinteren som avgjør når yngelen er ferdig utviklet. En modell som beskriver utviklingstida fra befruktning til klekking hos en rekke laksefisk er presentert av Crisp (1981). En tilsvarende modell for stadiet fra klekking og til yngelen begynner å spise er utviklet av Jensen et al. (1989). Dersom gytetidspunktet er kjent, kan en derfor beregne tidspunktet for når yngelen begynner å spise. Det er stor variasjon i gytetidspunkt mellom de enkelte bestandene av laks (Heggberget 1988). Gytetidspunktet reguleres trolig gjennom den seleksjonen som fører til at yngelen kommer opp av grusen til riktig tid.

Jensen et al. (1991) beregnet teoretisk tidspunktet for når lakseyngelen kommer opp av grusen i ti norske vassdrag der gytetida var kjent, og sammenlignet dette med temperatur og vannføring. De fant at laksen synes å unngå dette stadiet når vårflommen er på det høyeste, og før vanntemperaturen har nådd 8 °C. To forskjellige strategier ble antydnet: 1) de begynner å spise før vårflommen kulminerer, eller 2) etter at vårflommen har vært på det høyeste. Valget av strategi avhenger av temperatur- og vannføringsregime i hver enkelt elv.

5 LITTERATUR

- Alabaster, J.S. & Lloyd, R. 1982. Water quality criteria for freshwater fish. Second edition. Butterworth Scientific, London. 361 pp.
- Allen, K.R. 1940. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). I. Growth in the River Eden. J. Anim. Ecol. 9: 1-23.
- Allen, K.R. 1941. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). III. Growth in the Thurso river system, Caithness. J. Anim. Ecol. 10: 273-295.
- Anderson, N.H. & Lehmkuhl, D.M. 1968. Catastrophic drift of insects in a woodland stream. Ecology 49: 198-206.
- Bain, M.B., Finn, J.T. & Brooke, H.E. 1988. Streamflow regulation and fish community structure. Ecology 69: 382-392.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - Theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173: 9-43.
- Brooker, M.P. & Hemsworth, R.J. 1978. The effect of the release of an artificial discharge of water on invertebrate drift in the R. Why, Wales. Hydrobiologia 59: 155-163.
- Chapman, D.W. 1962. Aggressive behaviour of juvenile coho salmon as a cause of emigration. J. Fish. Res. Board Can. 19: 1047-1080.
- Coble, D.W. 1961. Influence of water exchange and dissolved oxygen in redds on survival of steelhead trout embryos. Trans. Am. Fish. Soc. 90: 469-474.
- Cramer, S.P., Satterthwaite, T.D., Boyce, R.R. & McPherson, B.P. 1985. Impacts of Lost Creek Dam on the biology of anadromous salmonids in the Rough River. Lost Creek Dam Fisheries Evaluation Phase 1 Completion Report, Vol. 1. U.S. Army Corps of Engineers DACW57-77-C-0027. 271 pp.
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes. Freshw. Biol. 11: 361-368.
- Crisp, D.T. & Hurley, M.A. 1991a. Stream channel experiments on downward movement of recently emerged trout, *Salmo trutta* L. and salmon, *S. salar* L. - I. Effect of four different water velocity treatments upon dispersal rate. J. Fish Biol. 39: 347-361.
- Crisp, D.T. & Hurley, M.A. 1991b. Stream channel experiments on downward movement of recently emerged trout, *Salmo trutta* L. and salmon, *S. salar* L. - II. Effects of constant and changing velocities and of day and night upon dispersal rate. J. Fish Biol. 39: 363-370.
- Elliott, J.M. 1975. The growth rate of brown trout (*Salmo trutta* L.) fed on maximum rations. J. Anim. Ecol. 44: 805-821.

- Elliott, J.M. 1985. Population regulations for different life-stages of migratory trout *Salmo trutta* in a Lake District stream, 1966-83. J. Anim. Ecol. 54: 617-638.
- Fossdal, M. 1978. Saltdalutbyggingen. Hydrologi. Reguleringens virkning på vannføringsforholdene i Saltdalen. NVE - Statskraftverkene. 41 s.
- Gomez, B. 1991. Bedload transport. Earth-Sci. Rev. 31: 89-132.
- Hamor, T. & Garside, E.T. 1976. Developmental rates of embryos of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in response to various levels of temperature, dissolved oxygen, and water exchange. Can. J. Zool. 54: 1912-1917.
- Hausle, D.A. & Coble, D.W. 1976. Influence of sand in redds on survival and emergence of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Trans. Am. Fish. Soc. 105: 57-63.
- Heggenes, J. & Traaen, T. 1988. Downstream migration and critical water velocities in stream channels for fry of four salmonid species. J. Fish. Biol. 32: 717-727.
- Heggberget, T.G. 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 845-849.
- Hindar, K., L'Abée-Lund, J.H., Jensås, J.G., Møkkelgjerd, P.I., Balstad, T. & Arnekleiv, J.V. 1996. Effekter av flommen i 1995 på bestanden av laks- og ørretunger i Gaula. NINA Oppdragsmelding 431: 1-12.
- 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., Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Jensås, J.G. 1996. Bestand og rekruttering av laks i Orkla. - NINA Oppdragsmelding 389: 1-27.
- Jensen, A.J. (red.) 1996. Overvåking av anadrome laksefisk i utvalgte referansevassdrag. Årsrapport 1995. NINA Oppdragsmelding 422: 1-51.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1982. Difficulties in aging Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) from cold rivers due to lack of scales as yearlings. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 321-325.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1986. Different adaptation strategies of Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations to extreme climates with special reference to some cold Norwegian rivers. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 980-984.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. 1988. The effect of river flow on the results of electrofishing in a large, Norwegian salmon river. Verh. Internat. Verein. Limnol. 23: 1724-1729.

- Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Saksgård, L. 1989. Temperature requirements in Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from hatching to initial feeding compared with geographic distribution. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 786-789.
- Jensen, A.J., Johnsen, B.O. & Heggberget, T.G. 1991. Initial feeding time of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) alevins compared to river flow and water temperature in Norwegian streams. Env. Biol. Fishes 30: 379-385.
- Le Cren, E.D. 1973. The population dynamics of young trout (*Salmo trutta*) in relation to density and territorial behaviour. Rapp. P.-v. R  un. Cons. int. Explor. Mer. 164: 241-246.
- Lisle 1989. Sediment transport and resulting deposition in spawning gravels, north coastal California. Water Resour. Res. 25: 1303-1319.
- Lisle, T.E. & Lewis, J. 1992. Effects of sediment transport on survival of salmonid embryos in a natural stream: a simulation approach. Can J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2337-2344.
- Mann, R.H.K., Blackburn, J.H. & Beaumont, W.R.C. 1989. The ecology of brown trout *Salmo trutta* in English chalk streams. Freshwater biology 21: 57-70.
- McNeil, W.J. 1966. Effect of spawning bed environment on reproduction of pink and chum salmon. Fishery Bull. Fish Wildl. Serv. U.S. 65: 495-523.
- Meister, A.L. 1962. Atlantic salmon production in Cove Brook, Maine. Trans. Am. Fish. Soc. 91: 208-212.
- Minshall, G.W. & Winger, P.V. 1968. The effect of reduction in stream flow on invertebrate drift. Ecologia 49: 580-582.
- Museth, J. & Qvenild, T. 1996. Flommen - Milj  konsekvenser. - Fylkesmannen i Hedmark, Milj  vernadv., Rapport nr. 1/96: 1-70.
- Neave, F. 1949. Game fish populations in the Cowichan River. Fish. Res. Board Can. Bull. 84: 1-32.
- Neave, F. & Wickett, W.P. 1948. Prediction of salmon runs. Fish. Res. Board Can. Circ. Pac. Biol. St. 13: 1-2.
- Nickelson, T.E., Solazzi, M.F. & Johnson, S.L. 1986. Use of hatchery coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) presmolts to rebuild wild populations in Oregon coastal streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2443-2449.
- Olsson, T.I. & Persson, B.-G. 1986. Effects of gravel size and peat material concentrations on embryo survival and alevin emergence of brown trout, *Salmo trutta* L. Hydrobiologia 135: 9-14.
- Ottaway, E.M. & Forest, D.R. 1983. The influence of water velocity on the downstream movement of alevins and fry of brown trout. J. Fish Biol. 23: 221-227.

Ottaway, E.M. & Clarke, A. 1981. A preliminary investigation into the vulnerability of young trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to downward displacement by high water velocities. J. Fish Biol. 19: 135-145.

Phillips, R.W., Lantz, R.L., Claire, E.W. & Moring, J.R. 1975. Some effects of gravel mixtures on emergence of coho salmon and steelhead trout fry. Trans. Am. Fish. Soc. 104: 461-466.

Refstie, T. 1979. Production of smolts and presmolts. pp. 96-111 In: T. Gjerdem (ed.) Aquaculture of Atlantic salmon and brown trout. Landbruksforlaget, Oslo. (in Norwegian).

Wickett, W.P. 1951. The coho salmon population of Nile Creek. Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. Pac. Coast St. 89: 88-89.

Witzel, L.D. & MacCrimmon, H.R. 1981. Role of gravel substrate on ova survival and alevin emergence of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Can. J. Zool. 59: 629-636.

Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. J. Wildl. Mgmt. 22: 82-90.

UTGITTE NOTAT I HYDRA-SERIEN

- 1/97 Metoder for kvantifisering av hydrologiske prognosefelts representativitet.
Kai Fjelstad, NLH (diplomarbeid).
- 2/97 Effekter av flomsikringstiltak. En gjennomgang av litteraturen.
Magne Wathne, SINTEF.
- 3/97 Virkningen av lokal overvannsdiskonering på tettstedsflommer.
Dag Rogstad og Bjørn Vestheim, NLH (hovedoppgave).
- 4/97 Forslag til kravspesifikasjon av vassdragsmodell.
Lars A. Roald, NVE.
- 5/97 A note on floods in high latitude countries.
Lars A. Roald, NVE.
- 6/97 Climate change and floods.
Nils Roar Sælthun, NIVA.
- 7/97 Flomdemping i Gudbrandsdalslågen. Programstruktur og systembeskrivelse.
Magne Wathne, SINTEF.
- 8/97 Klima, arealbruk og flommer i perspektiv.
Arnor Njøs, Jordforsk.
- 9/97 Flood forecasting in practice.
Dan Lundquist, GLB.
- 1/98 Bruk av ensembleprognoser til estimering av usikkerhet i lokale nedbørprognoser.
Marit Helene Jensen, DNMI.
- 2/98 LANDSKAP OG ESTETIKK –et kulturelt perspektiv.
Oddrun Sæter, Byggforsk.
- 3/98 Betydning av vårflommens størrelse for tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva.
Arne J. Jensen og Bjørn Ove Johnsen, NINA.



Kontaktpersoner

formann i styringsgruppen: Fylkesmann Erling Norvik
Tlf. 69 24 70 00
E-post: erling.norvik@fm-os.sri.telemax.no

programleder: Arnor Njøs
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 70 (Jordforsk)
Tlf. 22 95 90 98 (NVE)
E-post: arnor.njos@jordforsk.nlh.no
E-post: xarn@nve.no.

naturgrunnlag og arealbruk: Arne Grønlund
Jordforsk
Tlf. 64 94 81 09
E-post: arne.gronlund@jordforsk.nlh.no

Noralf Rye
Universitetet i Bergen
Tlf. 55 58 34 98
E-post: noralf.rye@geol.uib.no

tettsteder: Oddvar Lindholm
Norges Landbrukshøgskole
Tlf. 64 94 87 08
E-post: oddvar.lindholm@itf.nlh.no

**flomdemping, flomvern
og flomhandtering:** Dan Lundquist
Glommens og Laagens
Brukseierforening
Tlf. 22 54 96 00
E-post: danlund@sn.no

skaderisikoanalyse: Nils Roar Sælthun
Norsk institutt for vannforskning
Tlf. 22 18 51 21
E-post: nils.saelthun@niva.no

**miljøvirkninger av flom og
flomforebyggende tiltak:** Ollianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energiverk
Tlf. 22 95 92 24
E-post: ole@nve.no

databaser og GIS: Lars Andreas Roald
Norges vassdrags- og energiverk
Tlf. 22 95 92 40
E-post: lars.roald@nve.no

modellarbeid: Ånund Killingtveit
Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
Tlf. 73 59 47 47
E-post: aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no

programadministrasjon: Ollianne Eikenæs
Norges vassdrags- og energiverk
Tlf. 22 95 92 24
E-post: ole@nve.no
Hjemmeside: <http://www.nve.no>

Per Einar Faugli
Norges vassdrags- og energiverk
Tlf. 22 95 90 85
E-post: pef@nve.no