



# Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon

Fase 1 - Evaluering av presmoltsammenhenger

*Peder Fiske, Norsk institutt for naturforskning*

*Arne Johan Jensen, Norsk institutt for naturforskning*

7  
2004



RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING

### **FoU-programmet Miljøbasert vannføring**

Programmet Miljøbasert vannføring har som mål å skaffe økt kunnskap om virkninger av sterkt redusert vannføring i vassdrag, slik at forvaltningen får et bedre faglig grunnlag for å fastsette vannføringen ved inngrep i vassdrag. Dette er aktuelt i forbindelse med nye vassdragskonsesjoner, revisjon av vilkår i gamle konsesjoner og som følge av den nye vannressursloven og EUs rammedirektiv for vann. Programmet finansieres av Olje- og energidepartementet og er forankret i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Programmets fase I har en tidsramme på fem år (2001-2005). Programmet er organisert med en styringsgruppe, bestående av representanter fra NVE med lederansvar, energibransjen, naturforvaltningen og interesseorganisasjoner, og et fagutvalg der ulike fagområder er representert. Den daglige ledelse og administrasjon av programmet er knyttet til Vannressursavdelingen i NVE.

# **Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon**

**Fase 1 – Evaluering av presmolt-  
sammenhenger**

## Rapport nr. 7 - 2004

### Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon

#### Fase 1 - Evaluering av presmoltsammenhenger

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Forfattere:** Peder Fiske, Norsk institutt for naturforskning  
Arne Johan Jensen, Norsk institutt for naturforskning

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Forsidefoto:** Roar A. Lund

**ISSN:** 1502-234x

**ISBN:** 82-410-0520-2

**Sammendrag:** I dette prosjektet har vi analysert data om tetthet av presmolt av laks og sjøaure fra 23 vassdrag i Norge for å undersøke sammenhengen mellom presmolttettheter og middelvannføring i vassdraget.

Små vassdrag hadde høyere estimerte tettheter av presmolt av laksefisk enn større vassdrag. En invers modell ble tilpasset dataene for de korrigerede tetthetene av presmolt og forklarte ca. 78 % av variasjonene i presmolttetthet mellom elver. I denne modellen flater tetthetene ut for elver med vannføring over 15-20 m<sup>3</sup>/sek, modellen har også vide prediksjonsintervaller. Dette tyder på at andre faktorer enn vannføringen i elva er viktigst for å forklare variasjonene i presmolttetthet mellom elver for elver som har større middelvannføring enn 15-20 m<sup>3</sup>/sek.

Dette er en modell som beskriver sammenhengen mellom tetthet av presmolt og middelvannføring mellom elver og ikke en prediktiv modell som kan brukes for å beskrive hva som vil skje dersom vassføringsregimet blir endret i enkeltvassdrag.

**Emneord:** Presmolt, tetthetsberegninger, vannføring, laks, sjøaure.

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthuns gate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

Oktober 2004

# Innhold

Forord .....	5
Sammendrag .....	7
Innledning.....	9
Materialer og metoder.....	10
Definisjoner.....	12
Middelvannføring .....	12
Utvelgelse av vassdrag .....	12
Korrigeringsfaktor for vannføring ved innsamlingstidspunktet .....	12
Laks .....	14
Aure .....	14
Laks og aure slått sammen .....	14
Statistiske analyser av de korrigererte dataene .....	14
Resultater .....	14
Sægrov et al. (2001) tilnærming .....	15
Tetthet av laksepresmolt og middelvannføring .....	15
Tetthet av aurepresmolt og middelvannføring.....	16
Tetthet av presmolt av laksefisk (laks+aure) og middel- vannføring .....	16
Tilnærming med en regresjonsmodell som nærmer seg en asymptote for presmolttetthet når middelvannføringen øker. ....	17
Tetthet av laks som funksjon av invers av middelvannføring og tetthet av aure. ....	18
Tetthet av aure som funksjon av middelvannføringsvariable og tetthet av laks.....	18
Tetthet av laksefisk (laks + aure) som funksjon av 1/middelvannføring.....	19

<b>Diskusjon.....</b>	<b>21</b>
<b>Kan vi slå sammen presmolttetthetene av laks og aure?.....</b>	<b>21</b>
<b>Hvorfor er tetthetsestimatene av presmolt høyere i små vassdrag?.</b>	<b>22</b>
<b>Fysiske og næringsmessige forhold .....</b>	<b>22</b>
<b>Effekter av el-fiskemetodikken? .....</b>	<b>22</b>
<b>I hvilken utstrekning kan sammenhengen brukes prediktivt? .....</b>	<b>22</b>
<b>En sammenheng som beskriver resultater av el-fiske, ikke en</b>	
<b>modell som beskriver årsakssammenhenger .....</b>	<b>22</b>
<b>Kan vi generalisere fra mellom elver til hva som vil skje innen elver</b>	
<b>ved endrede vannføringsregimer? .....</b>	<b>23</b>
<b>Konklusjoner .....</b>	<b>24</b>
<b>Takk.....</b>	<b>24</b>
<b>Litteratur .....</b>	<b>25</b>
<b>Appendiks .....</b>	<b>28</b>

# Forord

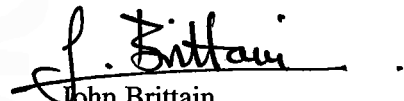
Vannføring er en sentral miljøparameter i våre vassdrag, og en faktor som setter rammen for dyre- og plantelivet. En vassdragsregulering fører til vannføringsendringer. FoU-programmet ”Miljøbasert vannføring” har som mål å forbedre kunnskapsgrunnlaget for å kunne fastsette minstevannføringer som reduserer skadevirkningene for biologisk mangfold og landskap, som følge av endret vannføring. Forhold til laksefisk står sentralt i mange utbygninger og det er et klart behov for mer viten om sammenhengen mellom vannføring og laksefisk.

Prosjektet ”Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon” har samlet data fra flere vassdrag som er lite påvirket av reguleringer og utsettinger, for å se om det finnes sammenhenger mellom midlere vannføring på våren og tettheter av ungfisk. Kunnskapen er et betydningsfylt bidrag i diskusjonen om det finnes enkle sammenhenger som kan brukes for å forutsi endringer i fiskebestander ved inngrep, spesielt ved endringer i vannføring. Slike modeller vil være viktige redskap for forvaltningen ved fastsetting av vannføringsregime i et regulert vassdrag.

Oslo, oktober 2004



Haavard Østhagen  
leder styringsgruppe



John Brittain  
programleder





# Sammendrag

I dette prosjektet har vi samlet inn data om tetthet av presmolt av laks og sjøaure fra en rekke vassdrag i Norge. I 23 av disse vassdragene ble tetthetene av presmolt vurdert å være fra tilnærmet fullrekrutterte bestander som er lite påvirket av reguleringer og utsettinger. Presmolttetthetene i disse vassdragene ble så videre analysert for å undersøke sammenhengen mellom presmolttettheter og middelvannføring i vassdraget. Det er en negativ sammenheng mellom tetthetsestimater og vannføring ved innsamlingstidspunktet, slik at estimater utført på høye vannføringer tenderer til å være lavere enn estimater beregnet ved mindre vannføring i samme vassdrag. Her har vi forsøkt å korrigere for dette ved å justere tetthetene til 30 % av middelvannføring basert på gjennomsnittlig sammenheng mellom tetthetsestimater og vannføring beregnet fra alle elver hvor vi hadde tilgang til data fra flere år. Korrigeringene ble gjort separat for laks og aure.

Små vassdrag hadde høyere estimerte tettheter av presmolt av laksefisk enn større vassdrag, og tetthetene av laks og aure påvirket hverandre negativt noe som tyder på konkurranse mellom artene. En invers modell ble tilpasset dataene for de korrigerede tetthetene av presmolt og forklarte ca. 78 % av variasjonene i presmolttetthet mellom elver (presmolttetthet =  $44,48 \cdot 1/\text{middelvannføring} + 8,49$ ). I denne modellen flater tetthetene ut for elver med vannføring over 15-20 m<sup>3</sup>/sek, modellen har også vide prediksjonsintervaller. Dette tyder på at andre faktorer enn vannføringen i elva er viktigst for å forklare variasjonene i presmolttetthet mellom elver for elver som har større middelvannføring enn 15-20 m<sup>3</sup>/sek.

Dette er en modell som beskriver sammenhengen mellom tetthet av presmolt og middelvannføring mellom elver og ikke en prediktiv modell som kan brukes for å beskrive hva som vil skje dersom vassføringsregimet blir endret i enkeltvassdrag. For å gjøre slike prediksjoner trengs en habitatkartlegging av elva, simuleringer av hvordan mengden av de ulike habitatene i elva endres som funksjon av vannføring, samt habitatspesifikke preferansekurver for ulike vannføringer. Disse preferansekurvene må trolig utvikles for den lokale bestanden, siden lokale tilpasninger kan ha ført til at preferansekurvene kan variere mellom bestander.



# Innledning

Parr over en viss størrelse om høsten har større sannsynlighet for å vandre ut som smolt påfølgende vår enn andre parr (Heggenes & Metcalfe 1991; Økland et al. 1993). Det er derfor grunn til å tro at tettheten av større parr om høsten (presmolt) korrelerer med antall smolt som vandrer ut våren etter. Denne sammenhengen kan være mer uttalt i noen deler av vassdrag enn i andre (Gibson 2002). Dette kan skyldes at presmolten har spesielle habitatpreferanser, og tettheten i prefererte områder vil da samvariere bedre med smoltproduksjonen enn tettheten av presmolt i suboptimale habitater (Gibson 2002).

Lite er kjent om habitatkravene til presmolt (Bardonnet & Baglinière 2000), og parr kan vise betydelige forflytninger mellom ulike habitater (Erkinaro & Gibson 1997).

Mengden alloktont materiale per arealenhet avtar fra førsteordens elver (bekker) til høyere ordens elver (hovedelver) (Naiman et al. 1987). Dette skyldes trolig at elvearealet øker raskere enn mengden kantvegetasjon langs elvene med økende elveorden (Naiman et al. 1987). Lakseparr i sideelver til Tanavassdraget vokser raskere enn lakseparr i hovedelva (Erkinaro & Erkinaro 1998; Erkinaro 1995), og mengden av føde i form av drift (særlig av alloktont materiale) i elva ble også målt til å være høyere i sideelvene enn i hovedelva (Erkinaro & Erkinaro 1998). I Levangerelva ble det også observert at lakseparr i sideelver vokste raskere enn i hovedelva (Lund & Heggberget 1985). Dersom dette er et generelt mønster som også kan generaliseres mellom elver, kan man forvente at små elver vil ha høyere tettheter av invertebrater og dermed kan gi grunnlag for høyere tettheter av laksefisk enn større elver.

Smoltproduksjon (Arnekleiv et al. 2000; Hvidsten et al. 1995; Jonsson et al. 1998) eller tettheter av parr (Jensen & Johnsen 1999; Niemelä et al. 1999; Ugedal et al. 2004) kan variere betraktelig mellom år. For eksempel varierte tettheten av smolt i Imsa beregnet ut fra antallet smolt som ble fanget i en smoltfelle fra 0,3 – 31 smolt per 100 m<sup>2</sup> med et gjennomsnitt på 13,4 i en 11 års periode (Jonsson et al. 1998). Merk at antall gytefisk er manipulert i enkelte år, slik at den lave smoltproduksjonen i Imsa enkelte år skyldes i hovedsak ikke skyldes variasjon i produksjonskapasitet i elven, men variasjon i bestandens produksjonskapasitet (lavt antall gytere etter uttak av stamfisk).

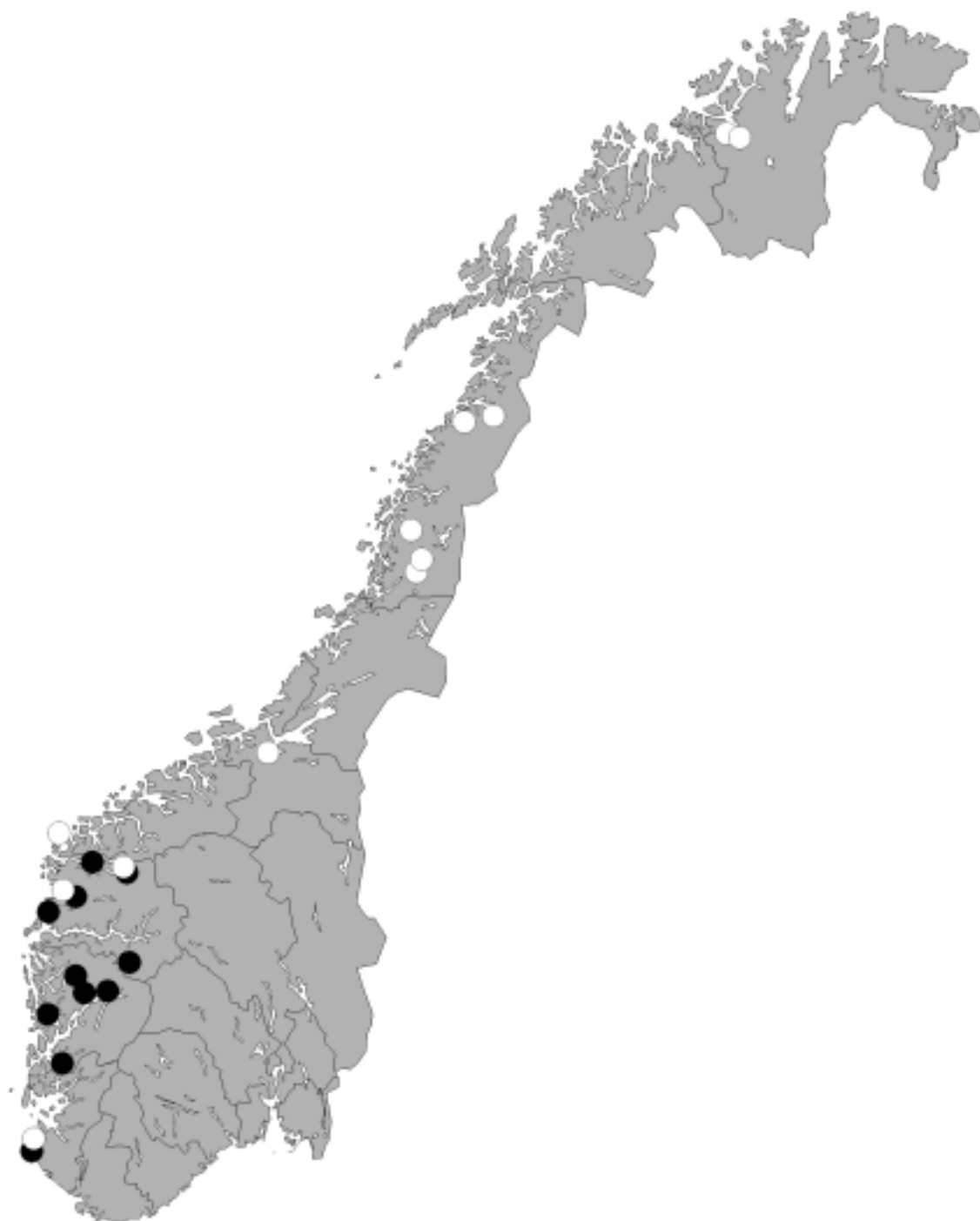
Vannhastighet og vanndybde er viktige faktorer som bestemmer habitatbruk hos ungfisk av laks og aure (Bremset & Heggenes 2001). Ved høy vannhastighet blir arealet med gunstig habitat begrenset for ungfisken (Heggenes & Saltveit 1990), og det er antatt at brukbart habitat øker mot en asymptote med økende vannføring (Capra et al. 1995). Heggenes og Saltveits resultat indikerer ikke et asymptotisk kurveforløp, men at absolutt areal med gunstig habitat avtar ved høye vannføringer.

Produksjon av smolt av laks og aure kan beregnes enten ved hjelp av totaltelling i smoltfeller (Jensen 1996; Jonsson et al. 1998) eller ved hjelp av fangst-gjenfangst (Arnekleiv et al. 2000; Hvidsten et al. 2004). Begge disse metodene er kostnads-krevende og det har blitt foreslått å benytte tettheter av presmolt estimert ved el-fiske om høsten som et mål på smoltproduksjon (Sægrov et al. 2001). El-fiske kan bare utføres på relativt grunt vann, slik at å bruke dette til å beregne smoltproduksjon i hele elva forutsetter at områdene som blir fisket er representative for resten av elva. Det kan finnes til dels betydelige mengder ungfisk i områder som ikke undersøkes med el-fiske metodikk, for eksempel i kulper (Bremset & Berg 1997). Områder som kan fiskes med el-apparat vil utgjøre en større del av vanndekt areal i små enn i store elver, slik at oppskalering av tettheter beregnet ved el-fiske i større grad vil hvile på forutsetningen om at de el-fiskede områdene er representative i store elver enn i små.

Estimater av presmolttetthet av laksefisk (laks og aure slått sammen) korrelerte negativt med (logaritmen til) middelvannføring blant 11 elver på Vestlandet (Sægrov et al. 2001). Også innen elver viser estimerte tettheter av ungfisk en negativ sammenheng med vannføring ved innsamlingstidspunktet (Jensen & Johnsen 1988; Ugedal et al. 2002), slik at man kan stille spørsmål om noe av sammenhengen som ble funnet av Sægrov et al. (2001) kan skyldes at små elver er undersøkt ved lavere vannføring enn de større elvene. I denne studien forsøker vi å kontrollere for vannføring ved innsamlingstidspunktet før vi undersøker sammenhengen mellom elver. I tillegg har vi ved å gå tilbake i historisk el-fiskemateriale beregnet presmolttettheter i 12 nye vassdrag fra Figgjo i sør til Altaelva i nord (appendiks 1, figur 1). Sammenhengen mellom de korrigerede presmolt tetthetene og middelvannføring ble så undersøkt på samme måte som i Sægrov et al. (2001), samt med en multipl regressjonsanalyse.

## Materialer og metoder

***Vi har her beregnet tettheter av presmolt i 30 norske vassdrag (appendiks 1 og appendiks 2) ut fra el-fiske om våren (Stryn), høsten eller seint på sommeren. 23 av disse (appendiks 1) ble ut fra vurderinger basert på om elvene kan antas å være fullrekruttert og om elvene er lite påvirket av inngrep, plukket ut for videre analyser. I disse elvene ble sammenhengen mellom presmolttettheter og middelvannføring analysert etter at vi først hadde korrigert for sammenhengen mellom vannføring på innsamlingstidspunktet og tettheten av presmolt.***



**Figur 1.** Geografisk plassering av de 23 vassdragene som ble inkludert i analysene. Hvite sirkler angir nye elver, mens svarte sirkler angir elver som var med i Sægrov et al. (2001).

## Definisjoner

Presmolt: I den opprinnelige sammenhengen mellom presmolttetthet og vannføring er det bare brukt materiale som er innsamlet sent på høsten eller tidlig vinter, dvs. etter 15. oktober og det er antatt at vekstsesongen er avsluttet på dette tidspunktet.

Rådgivende Biologer har definert presmolt av laks og aure fanget om høsten som; 1+ fisk  $\geq 100$  mm, 2+  $\geq 110$  mm og fisk  $\geq 3+$  og  $\geq 120$  mm. Aure  $> 160$  mm ble regnet som resident og ikke medregnet. For materiale samlet inn av NINA ble følgende størrelser regnet som presmolt. Laks om høsten større enn 100 mm, og laks om våren større enn 105 mm. Disse grensene ble satt ut fra erfaringsmateriale fra Stryn og vekstdata fra flere elver. I Strynselva var det i april for alle aldersgrupper overvekt av smolt blant laks som var større enn 105 mm. For aure er presmolt beregnet på samme måte som hos Rådgivende Biologer.

## Middelvannføring

NVE har målestasjoner for vannføring og temperatur i de fleste vassdragene, men antallet år for beregning av middelvannføring varierer. I noen vassdrag finnes det ikke vannføringsmålinger, og her er middelvannføring beregnet fra nedbørkart og arealet på nedbørfeltet. Vannføring under el-fisket er også hentet fra NVEs målestasjoner, og der slike ikke finnes, er vannføringen beregnet som prosent av middelvannføringen med referanse til nærliggende vassdrag med målestasjon.

## Utvelgelse av vassdrag

Hensikten med presmoltsammenhengen var å finne et uttrykk for normal tetthet av ungfisk i vassdrag for på den måten å ha en metode for å påvise avvikende tetthet som skyldes menneskelig aktivitet, og eventuelt utslag av naturlig variasjon i omgivelsene.

Det er antatt at slamtransport i brevassdrag og forsuringsvannkvalitet kan påvirke produksjonspotensialet for ungfisk. Slike vassdrag er derfor utelatt. Tilsvarende er det antatt at vassdragsreguleringer kan påvirke produksjonen av presmolt, og sterkt regulerte vassdrag eller sterkt regulerte deler av vassdrag er også utelatt. Utsettinger av stor settefisk kan også påvirke produksjonen av vill presmolt og vassdrag med slike utsettinger er utelatt. Det er også forutsatt at gytebestanden av laks og aure ikke skal ha vært begrensende for produksjonen av presmolt. I de fleste tilfeller har dette ikke vært mulig å teste, for det er foreløpig for lite kunnskap om forholdet mellom gytebestand og rekruttering.

## Korrigerings for vannføring ved innsamlingstidspunktet

Fangbarheten ved el-fiske avtar når vannføringen er høy (Lund et al. 2003). Dette fører til at tetthetsestimater av laksefisk avtar med økende vannføring innen samme

elv (Jensen & Johnsen 1988), slik at dersom man skal sammenligne tettheter både innen og mellom elver bør man tilstrebe at de blir fisket under så like forhold som mulig. Nå er det imidlertid praktisk vanskelig å gjennomføre fisket ved helt like forhold fra gang til gang, og før man sammenligner resultatene bør man derfor kontrollere for effekten av vannføring ved innsamlingstidspunktet. Dette blir for eksempel rutinemessig gjort ved undersøkelsene i Altaelva (Ugedal et al. 2004). Effekten av samme vannføring målt i m<sup>3</sup>/sek vil selvfølgelig variere mellom elver av ulik størrelse. Vannføring i seg selv kan derfor ikke uten videre bli brukt i en slik korrigerings uten at man samtidig forsøker å kontrollere for elva størrelse. I denne undersøkelsen har vi brukt middelvannføring som et mål på elvenes størrelse og sett på tettheten som funksjon av hvor stor vannføringen på innsamlingstidspunktet var som prosent av middelvannføring.

Det ideelle hadde vært å ha hatt korreksjonsmetoder tilpasset hvert enkelt vassdrag, men for å lage slike korreksjoner trenger man et betydelig større datamateriale fra hver elv enn det vi har hatt tilgjengelig. Vi har derfor forsøkt å estimere en generell sammenheng mellom vannføring ved innsamlingstidspunktet og presmolttetthetene. Siden forskjeller i produksjonskapasitet mellom elvene kan påvirke resultatene dersom vi bruker hver enkelt observasjon som et datapunkt fordi vi har ulikt antall observasjoner i ulike elver (1-27 år, se appendiks 1), har vi her først regnet ut sammenhengen mellom tetthetsestimater og prosentvis vannføring innen hver elv med to eller flere observasjoner. Vi har så estimert en generell sammenheng ved å ta gjennomsnittet av stigningstallet og konstantleddet over alle elvene. Hver enkelt elv teller da likt ved estimeringen, og slik unngår vi at de få tall elver hvor vi har et stort materiale påvirker sammenhengen i stor grad. Imidlertid blir ikke resultatene vesentlig forskjellige dersom vi veier hver enkelt elv med antall år som ligger til grunn for estimatet (appendiks 1). I den gjennomsnittlige sammenhengen kan stigningstallet betraktes som et mål for effekten av ulike vannføringer på tetthets-estimatet og konstantleddet kan betraktes som et mål på tettheten i en "gjennomsnittselv". For å forsøke å sette alle observasjonene inn i samme skala har vi beregnet tettheter ved 30 % av middelvannføring før vi gjør sammenligninger mellom elver. Først beregnet vi forventet tetthet ved den observerte vannføring for el-fisket ut fra ligningen for sammenhengen mellom tetthet og prosentvis vannføring. Deretter regnet vi ut forskjellen mellom observert og forventet tetthet (residual tetthet). Residualtettheten ble så lagt til forventet tetthet ved 30 % av middelvannføring for å gi estimert tetthet ved 30 % av middelvannføring. Dette ble gjort for hvert enkelt år, så ble gjennomsnittet av alle årene beregnet for hver elv og dette ble brukt i de videre analysene av sammenhengen mellom presmolttetthet og middelvannføring. Siden laks og aure kan ha forskjellige habitatpreferanser (Bremset 1999; Heggnes & Saltveit 1990) har vi valgt å gjøre analysene separat for de to artene.

## Laks

Tetthetsestimatene av laks avtok med økende vannføring (appendiks 1) etter følgende ligning: presmolttetthet =  $-0,09 \cdot$  (prosent av middelvannføring ved undersøkelsestidspunkt) + 10,47.

## Aure

Tetthetsestimatene av aure avtok med økende vannføring (appendiks 1) etter følgende ligning: presmolttetthet =  $-0,02 \cdot$  (prosent av middelvannføring ved undersøkelsestidspunkt) + 6,19, men sammenhengen var ikke like tydelig som hos laks. Dette kan kanskje ha sammenheng med at aure er mer knyttet til områder nær land enn laks (Heggenes & Saltveit 1990).

## Laks og aure slått sammen

Siden sammenhengene mellom vannføring ved innsamlingstidspunktet og tetthet så ut til å være forskjellige for de to artene, ble totaltettheten beregnet som tetthetsestimatet av laks + tetthetsestimatet av aure. Vi beregnet altså ikke en generell sammenheng mellom totaltetthet og vannføring ved innsamlingstidspunktet, men beregnet tetthetene for begge arter separat før vi la dem sammen.

## Statistiske analyser av de korrigererte dataene

Sammenhengen mellom korrigererte presmolttettheter (presmolttettheter ved 30 % av middelvannføring) og middelvannføring ble først gjort på samme måte som i Sægrov et al. (2001). Siden laks og aure kan konkurrere med hverandre ble så tettheten av laks lagt inn i modellen for sammenhengen mellom presmolttettheter av aure og middelvannføring. Videre ble presmolttetthetene av aure lagt inn i modellen for laks. For å få en modell som ikke går i null for store elver tilpasset vi en invers modell hvor  $1/\text{middelvannføring}$  ble brukt i stedet for  $\ln(\text{middelvannføring})$ . En slik modell vil gå mot en asymptote etter hvert som vassdragene har økende middelvannføring.

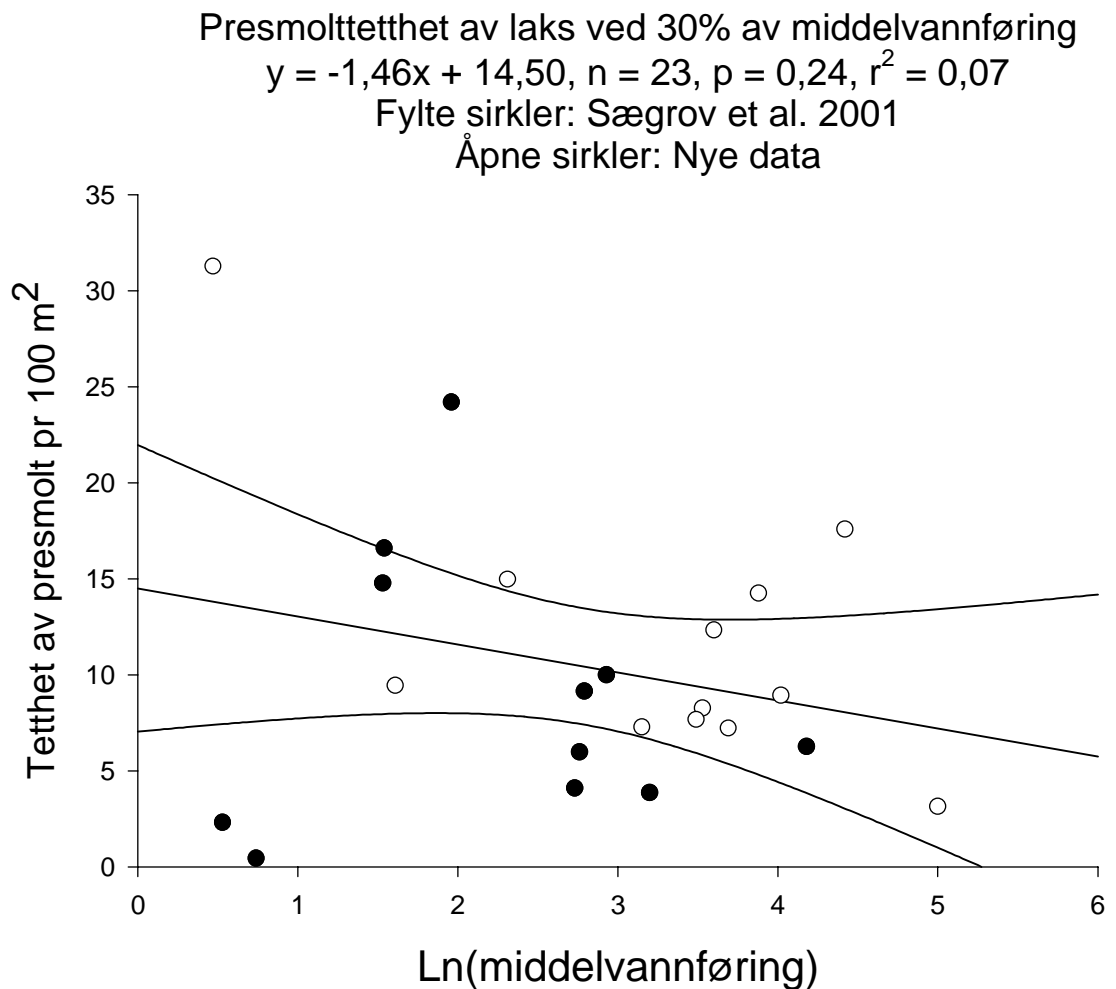


# Resultater

## Sægrov et al. (2001) tilnærming

### Tetthet av laksepresmolt og middelvannføring

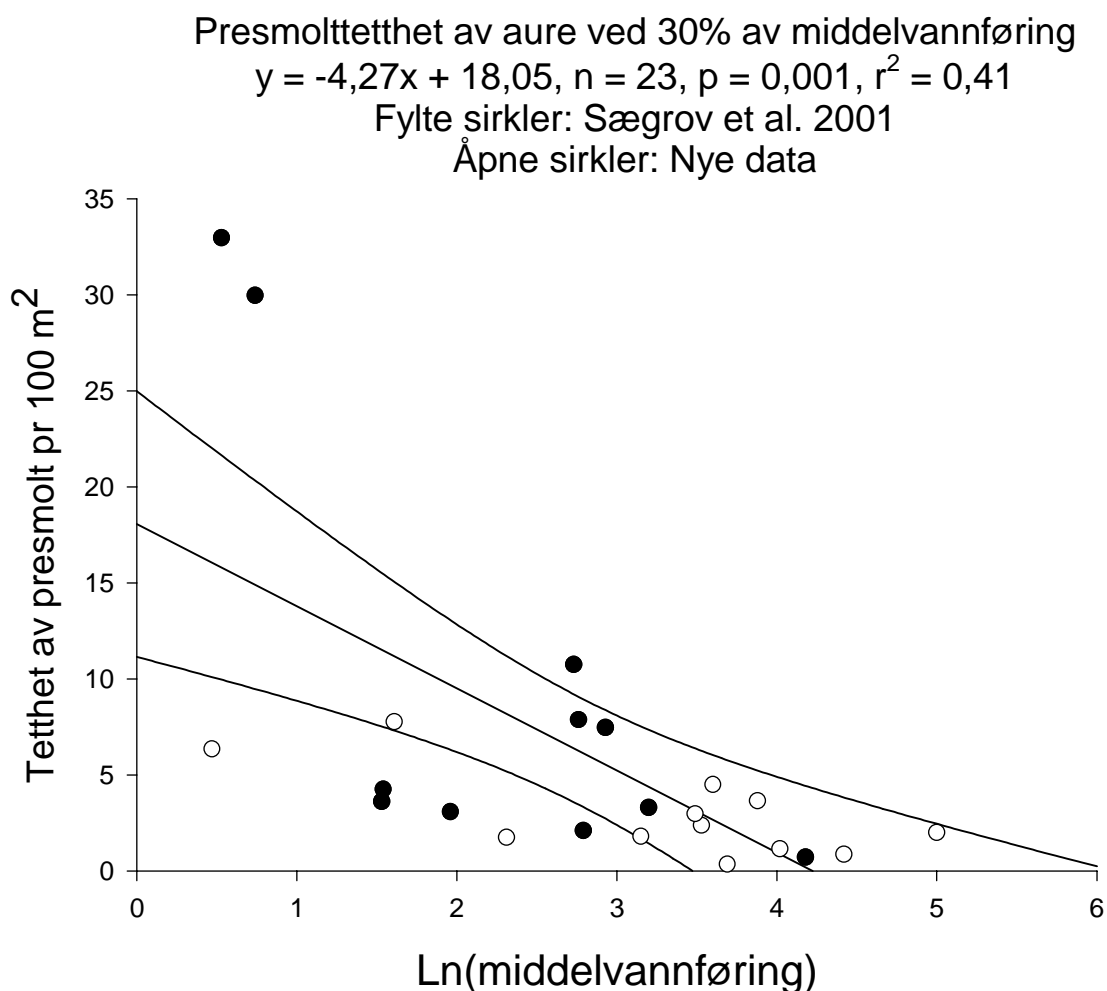
Presmolt av laks hadde ingen signifikant sammenheng med  $\ln(\text{middelvannføring})$  for de 23 vassdragene som ble inkludert i analysen (Figur 2).



**Figur 2.** Gjennomsnittlig presmolttetthet av laks ved 30 % av middelvannføring i 23 norske vassdrag plottet mot den naturlige logaritmen til middelvannføringen i vassdraget. 95 % konfidensintervall for regresjonen er vist i figuren.

### Tetthet av aurepresmolt og middelvannføring

Presmolt av aure avtok signifikant med  $\ln(\text{middelvannføring})$  for de 23 vassdragene som ble inkludert i analysen, og sammenhengen forklarte 43 % av variasjonen i presmolttetthet (Figur 3).



**Figur 3.** Gjennomsnittlig presmolttetthet av aure ved 30 % av middelvannføring i 23 norske vassdrag plottet mot den naturlige logaritmen til middelvannføringen i vassdraget. 95 % konfidensintervall for regresjonen er vist i figuren.

### Tetthet av presmolt av laksefisk (laks+aure) og middelvannføring

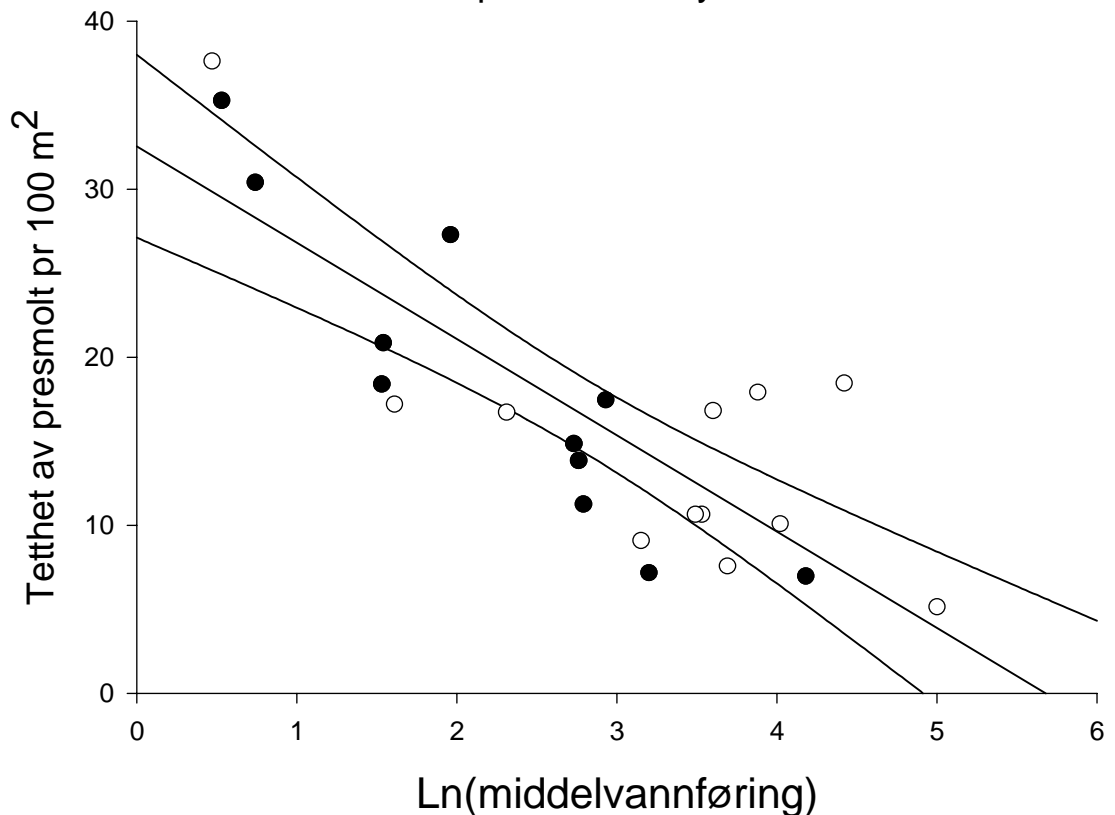
Presmolt av aure + laks avtok signifikant med  $\ln(\text{middelvannføring})$  for de 23 vassdragene som ble inkludert i analysen og sammenhengen forklarte 67 % av variasjonen i presmolttetthet (Figur 4). Denne sammenhengen er imidlertid drevet av høye tettheter i små vassdrag og for vassdrag med vannføring over  $10 \text{ m}^3/\text{sek}$  er det ingen signifikant sammenheng ( $F = 1,84$ ,  $df = 1,14$ ,  $p = 0,20$ ,  $r^2 = 0,12$ ).

Presmolttetthet av laks pluss aure ved 30% av middelvannføring

$$y = -5,73x + 32,55, n = 23, p < 0,001, r^2 = 0,67$$

Fylte sirkler: Sægrov et al. 2001

Åpne sirkler: Nye data



**Figur 4.** Gjennomsnittlig presmolttetthet av laks + aure ved 30 % av middelvannføring i 23 norske vassdrag plottet mot den naturlige logaritmen til middelvannføringen i vassdraget. 9 5% konfidensintervall for regresjonen er vist i figuren.

### Tilnærming med en regresjonsmodell som nærmer seg en asymptote for presmolttetthet når middelvannføringen øker

Siden sammenhengen mellom presmolttetthet og middelvannføring ser ut til å bli drevet av at man ved el-fiske i små vassdrag estimerer høyere tettheter enn i store vassdrag, forsøkte vi med å legge inn den inverse av middelvannføring (dvs.  $1/\text{middelvannføring}$ ) i regresjonsmodellen. Videre antok vi at hvis laks og aure er konkurrenter vil tettheten av den ene arten kunne påvirke tettheten av den andre arten. Hvis dette er tilfelle vil da variasjon i tettheten av laks bidra signifikant til å forklare variasjon i tettheten av aure og omvendt.

## Tetthet av laks som funksjon av invers av middelvannføring og tetthet av aure

En multipel regresjonsmodell med presmolttetthet av laks som avhengig variabel og  $1/\text{middelvannføring}$  og presmolttetthet av aure forklarte 63 % av variasjonen (justert  $r^2$ ) i presmolttetthetene av laks (tabell 1). En modell hvor tetthetsestimatene ikke ble korrigeret for vannføring ved innsamlingstidspunktet forklarte 60 % av variasjonen (justert  $r^2$ ) i presmolttetthetene av laks, men flatet ut rundt en noe lavere konstant verdi (tabell 1).

**Tabell 1.** Multipel regresjons modell for tetthet av laksepresmolt i 23 norske vassdrag ved 30 % av middelvannføring. I tillegg er parameterestimatene for tilsvarende modell tilpasset tetthetsestimater som ikke er korrigeret for vannføring ved innsamlingstidspunktet vist.

Variabel	Parameter	Parameter	SE justerte tettheter	t justerte tettheter	p justerte tettheter
	estimat ikke justerte tettheter	estimat justerte tettheter			
Konstant	8,37	10,87	1,17	9,31	<0,001
$1/\text{middelvannføring}$	41,13	42,32	7,48	5,66	<0,001
Auretetthet	-0,90	-0,99	0,16	-6,09	<0,001

## Tetthet av aure som funksjon av middelvannføringsvariable og tetthet av laks

En multipel regresjonsmodell med presmolttetthet av aure som avhengig variabel og  $1/\text{middelvannføring}$  og presmolttetthet av laks forklarte 82 % av variasjonen (justert  $r^2$ ) i presmolttetthetene av aure (tabell 2). En modell hvor tetthetsestimatene ikke ble korrigeret for vannføring ved innsamlingstidspunktet forklarte 80 % av variasjonen (justert  $r^2$ ) i presmolttetthetene av aure, men flatet ut rundt en noe lavere konstant verdi (tabell 2).

**Tabell 2.** Multipel regresjons modell for tetthet av aurepresmolt i 23 norske vassdrag ved 30 % av middelvannføring.

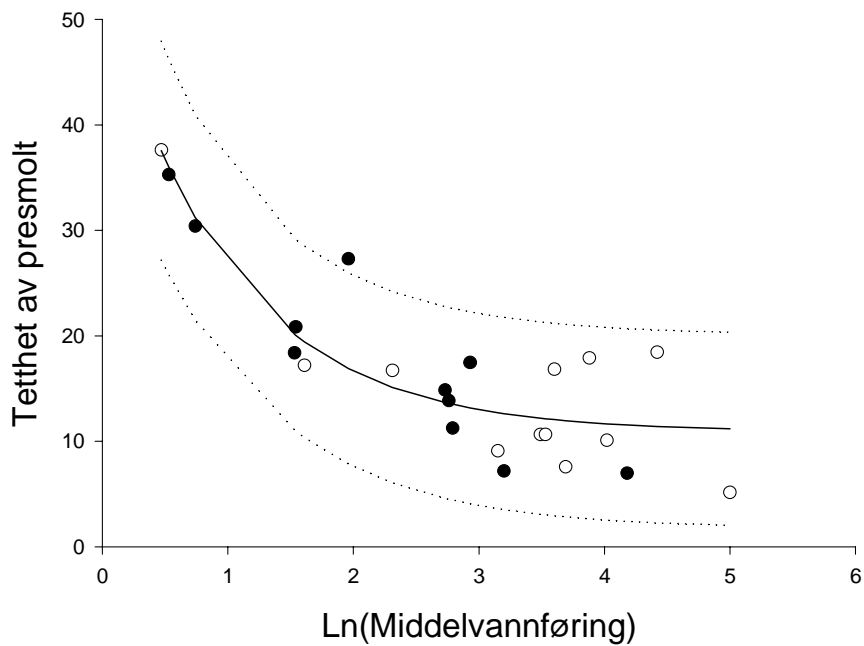
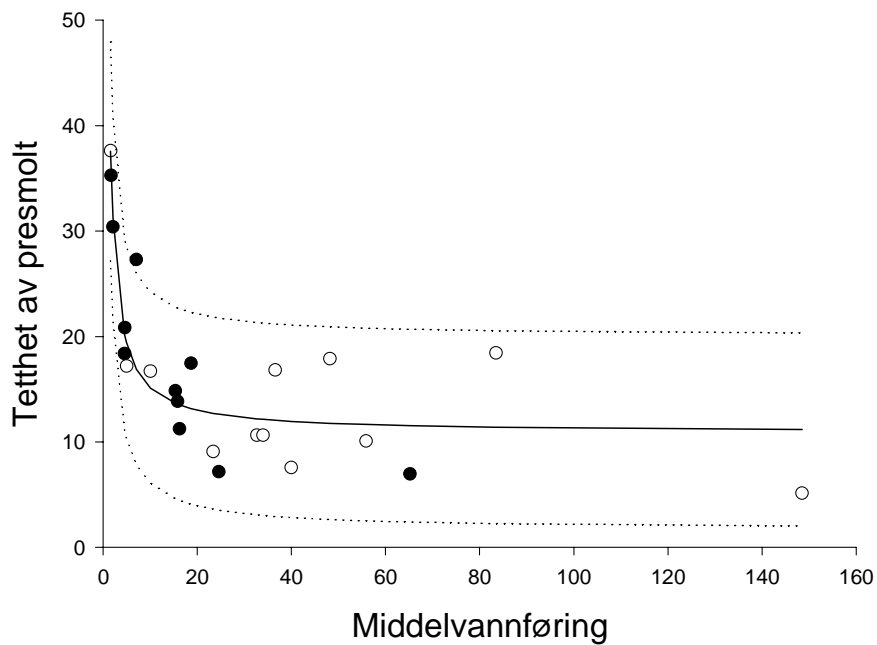
Variabel	Parameter	Parameter	SE justerte tettheter	t justerte tettheter	p justerte tettheter
	estimat ikke justerte tettheter	estimat justerte tettheter			
Konstant	6,18	7,71	1,36	5,67	<0,001
$1/\text{middelvannføring}$	41,13	39,60	4,25	9,32	<0,001
Laksetetthet	-0,68	-0,66	0,11	6,09	<0,001

### **Tetthet av laksefisk (laks + aure) som funksjon av 1/middelvannføring**

Siden tettheten av den ene arten ble negativt påvirket av tettheten av den andre arten (tabell 1, tabell 2), har vi også gått videre med en regresjonsmodell hvor den avhengige variabelen er summen av tetthetene til de to artene. En slik modell forklarte 78 % av variasjonen i beregnede tettheter av presmolt av laksefisk (tabell 3, figur 5). En modell hvor tetthetsestimatene ikke ble korrigert for vannføring ved innsamlingstidspunktet forklarte 79 % av variasjonen i presmolttetthetene av laksefisk, men flatet ut rundt en noe lavere konstant verdi (tabell 3).

**Tabell 3.** Multippel regresjonsmodell for presmolttetthet av laks + aure i 23 norske vassdrag ved 30 % av middelvannføring.

Variabel	Parameter	Parameter	SE justerte tettheter	t justerte tettheter	p justerte tettheter
	estimat ikke justerte tettheter	estimat justerte tettheter			
Konstant	8,49	10,89	1,11	9,82	<0,001
1/middelvannføring	44,48	42,66	4,96	8,60	<0,001



**Figur 5.** Gjennomsnittlig presmolttetthet av laks + aure ved 30 % av middelvannføring i 23 norske vassdrag plottet mot middelvannføring i vassdraget, samt mot den naturlige logaritmen til middelvannføringen. De heltrukne linjene i figurene angir regresjonsmodellen med  $1/\text{middelvannføring}$  som uavhengig variabel tilpasset dataene. De stiplede linjene angir prediksjonsintervallet for modellen. Fylte sirkler angir vassdrag som var med i Sægrov et al. (2001), mens åpne sirkler angir "nye" vassdrag.

# Diskusjon

***El-fiske i små elver gir høyere tetthetsestimater av presmolt av laksefisk enn el-fiske i større elver. For elver med vannføringer over 15-20 m<sup>3</sup>/sek er det ikke noen klar sammenheng mellom tetthet av laksefisk beregnet ved el-fiske og gjennomsnittsvannføringen i elva. Sammenhengen mellom beregnede tettheter av presmolt og vannføring har begrenset prediktiv verdi fordi den i elver med vannføring over 15-20 m<sup>3</sup>/sek har et så stort prediksjonsintervall at de fleste tettheter man observerer vil falle innenfor det man kan forvente ut fra sammenhengen.***

Disse konklusjonene gjelder enten man velger å korrigere presmolttetthetene for vannføring ved innsamlingstidspunktet eller ikke, den viktigste forskjellen på de to tilpasningene er at for de ukorrigerede tetthetene vil modellene flate ut rundt en lavere verdi enn for de korrigerede tetthetene. Videre er Altaelva og Orkla med i det grunnlagsmaterialet vi har benyttet her. Det kan innvendes at disse ikke er representative siden prosesserer i forbindelse med reguleringene kan ha påvirket bæreevnen for disse elvene (Hvidsten et al. 2004). Hvis disse to vassdragene tas ut fra beregningene blir regresjonstilpasningen: presmolttetthet =  $45,06/\text{middelvannføring} + 9,91$ . Denne tilpasningen gir en litt høyere forklaringsgrad ( $r^2 = 0,83$ ) enn modellen med alle datapunktene, samt et noe lavere konstantledd. Sammenhengen blir dermed ikke vesentlig endret dersom man tar ut disse elvene.

## Kan vi slå sammen presmolttetthetene av laks og aure?

Ved å ta inn tettheten av den andre arten i en multipl regrejonsmodell (tabell 1, tabell 2) økte forklaringsgraden betraktelig både for laks og aure. Dette tyder på at tettheten av en art er negativt påvirket av tettheten av den andre arten, og dermed at de to artene konkurrerer. Siden koeffisientene for påvirkningen av tettheten av laks på aure og aure på laks er i nærheten av 1 (tabell 1, tabell 2), kan vi som en grov tilnærming til tetthet av laksefisk i elver betrakte de to artene som ekvivalente slik vi har gjort i tabell 3, figur 4 og figur 5. Dette blir selvsagt en grov tilnærming, men kan likevel ha verdi for å beskrive generelle mønstre i tettheten av laksefisk i ulike vassdrag.

## **Hvorfor er tetthetsestimatene av presmolt høyere i små vassdrag?**

### **Fysiske og næringsmessige forhold**

Dersom vannhastigheten generelt sett er høyere i store vassdrag enn i små er det mulig at en større del av elvetverrsnittet har gunstige habitater for ungfisk i små enn store vassdrag. Dette fordi høy vannhastighet kan begrense tilgjengeligheten av gunstige habitater for ungfisk (Bremset & Heggenes 2001; Heggenes & Saltveit 1990). Videre vil kantvegetasjonen være mer dominerende i forhold til elvearealet i en liten elv enn i en stor, noe som kan føre til større tilførsel av terrestriske næringsemner og dermed gi grunnlag for høyere tettheter av fisk.

### **Effekter av el-fiskemetodikken?**

I et større vassdrag vil bare en liten del av elva være tilgjengelig for el-fiske, mens man i små vassdrag kan dekke store deler av det tilgjengelige arealet. Det er mulig at de områdene som har blitt undersøkt ikke er representative for tettheten av presmolt i elva som helhet. Dette problemet er trolig størst i de større vassdragene. I større vassdrag har også fisken trolig større muligheter til å stikke av, eller unngå å bli fanget selv om den blir paralyisert av strømmen. Selv om vi i denne sammenligningen har forsøkt å kontrollere for effekten av vannføringen ved innsamlingstidspunktet, kan vi ikke utelukke at denne effekten er forskjellig mellom store og små elver. Å undersøke en slik interaksjonseffekt vil imidlertid kreve store datasett samlet inn på en rekke ulike vannføringer både i små og store elver, et så omfattende datamateriale har vi ikke tilgjengelig for analyse her.

## **I hvilken utstrekning kan sammenhengen brukes prediktivt?**

### **En sammenheng som beskriver resultater av el-fiske, ikke en modell som beskriver årsakssammenhenger**

Sammenhengen vi beskriver her er en sammenheng som beskriver hvordan tettheter av presmolt på el-fiskbare områder varierer mellom vassdrag med ulik middelvannføring. Modellen beskriver ikke årsakssammenhenger. Sammenhengen gir imidlertid en beskrivelse av hvilke tettheter av presmolt man kan forvente å måle ved el-fiske i vassdrag av ulik størrelse. Slik sett kan man bruke sammenhengen til å si om hvordan de tettheter man måler i et gitt vassdrag ligger i forhold til hva man kan forvente for vassdrag av samme størrelse. For større vassdrag vil forventede presmolt-tettheter ikke være spesielt følsomt for vassdragets størrelse.



## **Kan vi generalisere fra mellom elver til hva som vil skje innen elver ved endrede vannføringsregimer?**

Dette er et punkt hvor det har vært reist kritikk mot å bruke denne sammenhengen til å forutsi hva som vil skje/har skjedd i enkeltelver ved endringer av vannføringsregime. Sammenhengen har blant annet vært brukt til å vurdere mulige effekter av endringer i vannføring i enkeltvassdrag (Gravem et al. 2000, Sægrov & Hellen 2004), basert på en negativ sammenheng mellom vannføring og presmolttetthet kombinert med sammenhengen mellom vanndekt areal og vannføring.

Det er utviklet modeller for å kunne forutsi mulige endringer i tilgjengeligheten av optimalt habitat for ulike aldersgrupper av laksefisk som følge av endrede vannføringsregimer (Capra et al. 1995; Nislow et al. 1999). Slike modeller baserer seg på preferansekurver for habitatbruk for ulike aldersgrupper av fisk. Som regel baseres disse sammenhengene på at tilgjengelig næring øker med økende strømhastighet, mens hvor enkelt næringen kan fanges avtar med strømhastigheten (Capra et al. 1995). Fiskene forventes å forflytte seg med endrede vannføringsregimer etter hvor de mest energiøkonomisk kan skaffe seg næring. Bruken av slike modeller har blitt kritisert, blant annet fordi det kan være vanskelig å etablere den eksakte formen på preferansekurvene (Holm et al. 2001), og fordi fiskene ikke nødvendigvis følger endringer i vannføring på en tilsynelatende optimal måte (Kemp et al. 2003). Når modeller som forsøker å ta hensyn til fiskenes habitatpreferanser under ulike vannføringer og i ulike habitater (for eksempel stryk, kulper og stilleflytende partier) har problemer med å forutsi effekten av endrede vannføringsforhold innen en elv, vil det heller ikke være grunn til å tro at en sammenheng som beskriver hvordan tetthet av laksefisk estimert ved el-fiske varierer mellom elver med ulik middelvannføring kan brukes til å forutsi effekter av endrede vannføringsforhold innen en elv. Selv om modeller som baserer seg på preferansekurver i ulike habitater også har sine svakheter, vil slike modeller likevel være å foretrekke for å forsøke å forutsi effekter av endrede vannføringsregimer. Eksperimentelle studier tyder på at enkle lineære modeller ikke gir tilfredsstillende beskrivelser av ferskvannssystemer. I stedet kan mer komplekse nettverk gi bedre beskrivelser (Hulot et al. 2000), men en kompleks modell som beskriver dataene godt trenger ikke nødvendigvis være en god modell for predikere endringer.

Habitatmodeller som er utviklet for en bestemt elv, virker sjelden i andre elver (Armstrong et al. 2003). Et problem ved å tilpasse modeller til eksisterende data er at resultatene kan være påvirket av tilfeldige prosesser og av om elva er fullrekruttert eller ikke (Milner et al. 2003). Habitatmodeller er gode til å forutsi forekomsten av fisk under de gitte forhold de er tilpasset for, men man bør utvise forsiktighet med å bruke dem til å forutsi effekter av endringer i habitatforhold utenfor det området modellen er tilpasset for (Armstrong et al. 2003). Habitatpreferansekurvene for laks ser ut til å variere med vannføring, slik at generalisering til andre vannføringer enn de er beregnet for er vanskelig (Holm et al. 2001, se også Armstrong et al. 2002; Ibbotson & Dunbar 2002). Predikert tap av gunstig habitat varierte med opp til 150 % avhengig av hvilke strømhastighetspreferansekurver som ble brukt i modellen (Holm et al. 2001). Habitatseleksjon hos ungfisk av laks og aure er en dynamisk og relativt fleksibel prosess (Heggenes 1996), og uten at denne dynamikken blir tatt med i

modellene vil de ikke ha særlig prediktiv verdi (Heggenes 1996). Det er ikke gyldig å ekstrapolere fiskens habitatbruk mellom svært ulike vannføringer, siden habitatbruken endrer seg når vannføring endrer seg (Heggenes 1996). ”Snutevannhastigheten” er generelt den minst variable habitatkarakteristikken, men også denne endrer seg med endringer i vannføring (Heggenes 1996). Heggenes et al. (1996) konkluderte med at ”However, there is no such thing as ’the’ suitable minimum flow; the effect of reduced flows will vary with stream structure, the hydro-physical variables in question and the fish species.”

Ut fra denne diskusjonen er det vanskelig å si noe på generelt grunnlag om reduksjon i vannføring vil føre til økt produksjon av presmolt. Det vil kanskje variere fra elv til elv hvordan endringer i vannføring vil påvirke fiskeproduksjonen, og i hvilken retning endringer vil gå vil være avhengig av hvilken type habitat som er begrensende. Tettheten av og tilveksten hos aure var lavere på en regulert strekning enn på en uregulert strekning i den franske elva Neste d’Aure (De Crespin De Billy et al. 2002), selv om designet på studiet neppe var egnet til å trekke noen klare konklusjoner gir det i alle fall en indikasjon på at redusert vannføring ikke trenger føre til større tettheter av fisk.

## Konklusjoner

I små vassdrag måler man høyere tettheter av presmolt av laksefisk enn i større vassdrag.

De sammenhengene som er beskrevet her kan brukes til gi en forventning til hvilke tettheter av presmolt man kan regne med å måle i ulike vassdrag som funksjon av vassdragets størrelse. Imidlertid ser størrelsen på vassdraget ut til å spille mindre rolle for forventningen etter hvert som vassdragenes størrelse øker.

Siden sammenhengen vi har funnet er en sammenheng mellom elver av ulik størrelse, kan den ikke benyttes til å predikere hva som vil skje innen elver dersom vannføringsregimene endres. For å gjøre slike prediksjoner trengs en habitatkartlegging av elva, simuleringer av hvordan mengden av de ulike habitatene i elva endres som funksjon av vannføring, samt habitatspesifikke preferansekurver for ulike vannføringer. Disse preferansekurvene må trolig utvikles for den lokale bestanden, siden lokale tilpasninger kan ha ført til at preferansekurvene kan variere mellom bestander.

## Takk

Takk til Hans Mack Berger, Bjørn Meidell Larsen og Gunnel Østborg for å hjelpe til å hente ut tetthetsdata fra gamle filer og feltjournaler for at vi kunne få presmoltdata for så mange elver som mulig. Vi har i dette arbeidet benyttet tetthetsdata som er samlet inn gjennom en årrekke av en rekke personer i NINA, uten en slik samling av tetthetsdata har dette arbeidet ikke kunne la seg gjennomføre. Takk til Harald Sægrov, Rådgivende Biologer, som har gitt oss tilgang til originaldata fra en rekke elver på Vestlandet, og bidratt med stimulerende og utfordrende diskusjoner gjennom dette prosjektets gang.

# Litteratur

- Armstrong, J. D., C. F. Holm, & D. J. Gilvear. 2002. Holding station against the flow: a reply to Ibbotson & Dunbar. *Journal of Fish Biology* 61:308-312.
- Armstrong, J. D., P. S. Kemp, G. J. A. Kennedy, M. Ladle, & N. J. Milner. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62:143-170.
- Arnekleiv, J. V., G. Kjærstad, L. Rønning, J. Koksvik, & H. A. Urke. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999 - Del 1: Vassdragsregulering, hydrografi, bunndyr, ungfisktettheter og smolt. Vitenskapsmuséet Rapport, Zoologisk serie 2000-3:1-91.
- Bardonnet, A., & J. L. Baglinière. 2000. Freshwater habitat of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57:497-506.
- Bremset, G. 1999. Young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) inhabiting the deep pool habitat, with special reference to their habitat use, habitat preferences and competitive interactions. Department of Zoology. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Bremset, G., & O. K. Berg. 1997. Density, size-at-age, and distribution of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in deep river pools. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54:2827-2836.
- Bremset, G., & J. Heggenes. 2001. Competitive interactions in young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in lotic environment. *Nordic J. Freshw. Res.* 75:127-142.
- Capra, H., P. Breil, & Y. Souchon. 1995. A new tool to interpret magnitude and duration of fish habitat variations. *Regulated Rivers: Research & Management* 10:281-289.
- De Crespin De Billy, V., B. Dumont, T. Lagarrigue, P. Baran, & B. Statzner. 2002. Invertebrate accessibility and vulnerability in the analysis of brown trout (*Salmo trutta* L.) summer habitat suitability. *River Research and Applications* 18:533-553.
- Erkinaro, H., & J. Erkinaro. 1998. Feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr in the subarctic River Teno and three tributaries in northernmost Finland. *Ecology of Freshwater Fish* 7:13-24.
- Erkinaro, J. 1995. The age structure and distribution of Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L., in small tributaries and main stems of the subarctic River Teno, northern Finland. *Ecology of Freshwater Fish* 4:53-61.
- Erkinaro, J., & R. J. Gibson. 1997. Interhabitat migration of juvenile Atlantic salmon in a Newfoundland river system, Canada. *Journal of Fish Biology* 51:373-388.
- Gibson, R. J. 2002. The effects of fluvial processes and habitat heterogeneity on distribution, growth and densities of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), with consequences on abundance of the adult fish. *Ecology of Freshwater Fish* 11:207-222.
- Gravem, F. R., C. S. Jensen, & A. B. S. Poléo. 2000. Ferskvannssøkologiske undersøkelser i Årdalsvassdraget 1997-1999. *Stakraft engineering SE* 2000/38:1-74.

- Heggenes, J. 1996. Habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) and young Atlantic salmon (*S. salar*) in streams: static and dynamic hydraulic modelling. *Regulated Rivers: Research & Management* 12:155-169.
- Heggenes, J., & N. B. Metcalfe. 1991. Bimodal size distributions in wild juvenile Atlantic salmon populations and their relationship with age at smolt migration. *Journal of Fish Biology* 39:905-907.
- Heggenes, J., & S. J. Saltveit. 1990. Seasonal and spatial microhabitat selection and segregation of young Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., in a Norwegian river. *Journal of Fish Biology* 36:707-720.
- Heggenes, J., S. J. Saltveit, & O. Lingaas. 1996. Predicting fish habitat use to changes in water flow: modelling critical minimum flows for Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *S. trutta*. *Regulated Rivers: Research & Management* 12:331-344.
- Holm, C. F., J. D. Armstrong, & D. J. Gilvear. 2001. Investigating a major assumption of predictive instream habitat models: is water velocity preference of juvenile Atlantic salmon independent of discharge? *Journal of Fish Biology* 59:1653-1666.
- Hulot, F. D., G. Lacroix, F. Lescher-Moutoué, & M. Loreau. 2000. Functional diversity governs ecosystem response to nutrient enrichment. *Nature* 405:340-344.
- Hvidsten, N. A., A. J. Jensen, H. Vivås, Ø. Bakke, & T. G. Heggberget. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic. J. Freshw. Res.* 70:38-48.
- Hvidsten, N. A., B. O. Johnsen, A. J. Jensen, P. Fiske, O. Ugedal, E. B. Thorstad, J. G. Jensås, Ø. Bakke, & T. Forseth. 2004. Orkla, et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. NINA Fagrapport 079:1-96.
- Ibbotson, A., & M. Dunbar. 2002. Are differences between discharge-specific preference functions relevant for the application of PHABSIM. *Journal of Fish Biology* 61:305-307.
- Jensen, A. J. 1996. Overvåking av anadrome laksefisk i utvalgte referansevassdrag. Årsrapport 1995. NINA Oppdragsmelding 422:1-51.
- Jensen, A. J., & B. O. Johnsen. 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., & B. O. Johnsen. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). *Functional Ecology* 13:778-785.
- Jonsson, N., B. Jonsson, & L. P. Hansen. 1998. Long-term study of the ecology of wild Atlantic salmon smolts in a small Norwegian river. *Journal of Fish Biology* 52:638-650.
- Kemp, P. S., D. J. Gilvear, & J. D. Armstrong. 2003. Do juvenile Atlantic salmon parr track local changes in water velocity? *Rivers Research and Applications* 19:569-575.
- Lund, E., E. M. Olsen, & L. A. Vøllestad. 2003. First-year survival of brown trout in three Norwegian streams. *Journal of Fish Biology* 62:323-340.

- Lund, R., & T. G. Heggberget. 1985. Growth analysis of presmolt Atlantic salmon *Salmo salar* at three sections of a small Norwegian river. *Holarctic Ecology* 8:299-305.
- Milner, N. J., J. M. Elliot, J. D. Armstrong, R. Gardiner, J. S. Welton, & M. Ladle. 2003. The natural control of salmon and trout populations in streams. *Fisheries Research* 62:111-125.
- Naiman, R. J., J. M. Melillo, M. A. Lock, T. E. Ford, & S. R. Reice. 1987. Longitudinal patterns of ecosystem processes and community structure in a subarctic river continuum. *Ecology* 68:1139-1156.
- Niemelä, E., M. Julkunen, & J. Erkinaro. 1999. Revealing trends in densities of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the subarctic River Teno using cluster analysis on long-term sampling data. *Fisheries Management and Ecology* 6:207-220.
- Nislow, K. H., C. L. Folt, & D. L. Parrish. 1999. Favorable foraging locations for young Atlantic salmon: applications to habitat and population restoration. *Ecological Applications* 9:1085-1099.
- Sægvov, H., & B. A. Hellen. 2004. Bestandsutvikling og produksjonspotensiale for laks i Suldalslågen. Sluttrapport for undersøkingar i perioden 1995 til 2004. Suldalslågen - Miljørapport 43:1-54.
- Sægvov, H., K. Urdal, B. A. Hellen, S. Kålås, & S. J. Saltveit. 2001. Estimating carrying capacity and presmolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in West Norwegian rivers. *Nordic J. Freshw. Res.* 75:99-108.
- Ugedal, O., T. Forseth, A. J. Jensen, J. I. Koksvik, T. F. Næsje, H. Reinertsen, L. Saksgård, & E. B. Thorstad. 2002. Effekter av kraftutbyggingen på laksebestanden i Altaelva: Undersøkelser i perioden 1981-2001. Altaelva-rapport nr 22:1-166.
- Ugedal, O., L. Saksgård, I. J. Koksvik, H. Reinertsen, E. B. Thorstad, N. A. Hvidsten, T. F. Næsje, A. J. Jensen, R. Saksgård, & H. H. Blom. 2004. Biologiske undersøkelser i Altaelva 2003. NINA Oppdragsmelding 833:1-74.
- Økland, F., B. Jonsson, A. J. Jensen, & L. P. Hansen. 1993. Is there a threshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 42:541-550.

# Appendiks

**Appendiks 1.** Elver som er med i undersøkelsen, med observerte gjennomsnittstettheter, samt gjennomsnittstettheter beregnet for 30 % av middelvannføringen i elva. For de elvene hvor vi har to eller flere års data har vi også beregnet regresjonen av presmolttettheten mot prosent av middelvannføring ved fangsttidspunktet. I tabellen vises parametrene (beta og konstant) fra regresjonen:  $\text{presmolttetthet} = \text{beta} * (\text{prosent av middelvannføring ved fangsttidspunktet}) + \text{konstant}$ . Den gjennomsnittlige regresjonen over alle elver med mer enn to års data er beregnet på to ulike måter, enten som uveid gjennomsnitt hvor alle elvene teller likt eller som et veid gjennomsnitt hvor parametrene fra de ulike elvene er vektet med antall år som inngår i regresjonen. Siden disse er relativt like har vi brukt det uveide gjennomsnittet for å beregne tetthetene ved 30 % av middelvannføring. Elvene er sortert etter økende middelvannføring.

Elv	Middel- vannføring (m <sup>3</sup> /s)	Estimert tetthet av laksepresmolt		Estimert tetthet av aurepresmolt		Estimert tetthet av laksefisk- presmolt ved 30% av middel vannføring	Antall år	Med i Sægrov et al. (2001)	Beta laks ledd	Beta aure ledd	Konstant- ledd aure	
		laksepresmolt	Estimert tetthet av aurepresmolt ved 30% av middel vannføring	laksepresmolt 30% av middel vannføring	Estimert tetthet av aurepresmolt ved 30% av middel vannføring							Beta laks ledd
Lona	1.70	1.96	32.92	2.31	32.96	35.26	2	ja	-0.02	2.65	-0.11	36.43
Botnaelv	2.10	0.00	29.90	0.44	29.96	30.39	1	ja				
Ervik	2.60	28.20	5.80	31.26	6.35	37.61	1	nei				
Granvin	4.60	12.20	3.15	14.77	3.61	18.38	4	ja	-0.15	23.60	-0.05	6.57
Os	4.66	16.01	4.16	16.59	4.25	20.84	7	ja	-0.08	18.69	-0.04	5.39
Halselva	5.00	6.90	7.30	9.44	7.76	17.19	9	nei	-0.15	15.10	0.00	7.21
Håelva	7.10	22.70	2.82	24.19	3.08	27.28	1	ja				
Figgjo	7.80	16.20	2.00	14.97	1.74	16.71	1	nei				
Olden	15.38	3.84	10.72	4.10	10.74	14.84	7	ja	-0.04	4.93	-0.15	15.13
Flåm	15.85	4.16	7.55	5.98	7.87	13.84	6	ja	0.03	2.70	0.01	7.30
Etne	16.27	9.27	2.15	9.14	2.10	11.24	3	ja	-0.14	13.12	-0.05	3.56
Nausta	18.70	9.63	7.42	9.99	7.46	17.45	3	ja	0.18	3.65	-0.09	10.22
Osenvassdraget	23.40	3.50	1.11	7.28	1.80	9.08	8	nei	-0.03	5.64	-0.01	1.94
Eid	24.60	4.37	3.42	3.86	3.30	7.16	3	ja	0.11	1.89	0.17	-0.49
Strynselva	32.70	7.71	3.00	7.67	2.97	10.64	16	nei	-0.12	11.13	-0.02	3.51
Beiarelva	34.00	2.28	1.27	8.26	2.37	10.63	6	nei	-0.03	5.23	-0.03	4.12
Saitdalselva	36.60	2.92	2.73	12.33	4.49	16.81	27	nei	-0.03	6.60	-0.02	5.70
Svenningdalselva	40.00	8.15	0.55	7.22	0.35	7.56	2	nei	-0.76	21.82	-0.03	1.04
Orkla	48.20	10.86	3.04	14.25	3.65	17.90	8	nei	-0.12	18.87	-0.02	4.23
Austervelfsna	55.90	4.55	0.35	8.93	1.15	10.08	2	nei	-0.12	13.45	0.00	0.17
Vosso	65.22	6.52	0.78	6.26	0.71	6.97	5	ja	-0.10	9.08	0.01	0.59
Alta	83.47	12.90	0.00	17.58	0.86	18.44	5	nei	-0.05	17.08		
Vefsna	148.50	3.00	2.00	3.14	2.00	5.14	2	nei	-0.02	3.72	0.11	-1.22
								gjennomsnitt	-0.09	10.47	-0.02	6.19
								gjennomsnitt	-0.07	10.06	-0.02	5.56

Appendiks 2. Elver hvor vi har samlet inn data om presmolttettheter, men som ikke er tatt med når sammenhengene er beregnet. En kort begrunnelse for hvorfor elvene ikke er benyttet er også tatt med i tabellen.

	Middel- vannføring (m <sup>3</sup> /s)	Estimert tetthet av laksepresmolt	Estimert tetthet av aurepresmolt	Antall år	Hvorfor ikke benyttet
Klubbelva (Vefsna)	0.30	7.30	2.71	7	Ikke lakseførende strekning, ikke naturlig gyting av laks, stasjonær bestand av aure.
Litjvasselva (Vefsna)	0.70	12.55	2.38	10	Ikke lakseførende strekning, ikke naturlig gyting av laks, stasjonær bestand av aure.
Eira	15.50	5.28	1.88	8	Regulert elv, slam i elva kan ha ført til redusert bæreevne.
Aurland	17.11	2.52	11.91	8	Regulert elv, usikkert om bestanden av voksen laks er stor nok for fullrekruttering.
Gaula	40.00	12.12	7.15	3	Utsettinger kan ha påvirket tetthetene av laksefisk.
Jølstra	42.20	4.56	0.86	14	Regulert elv.
Jostedaløla	54.10	0.27	2.55	13	Regulert breelv, usikkerhet om elva er fullrekruttert.



Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

**Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring:**

- Nr. 1-02 Thomas Skaugen, Marit Astrup, Zelalem Mengistu og Bjarne Krokli: Lavvannføring - estimering og konsesjonsgrunnlag (28 s.)
- Nr. 1-03 Eva B. Thorstad, Finn Økland, Nils Arne Hvidsten, Peder Fiske, Kim Aarestrup: Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag (51 s.)
- Nr. 2-03 Per Ivar Bergan, Carsten S. Jensen, Finn R. Gravem, Jan Henning L'Abée-Lund, Anders Lamberg, Peder Fiske: Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjørøret (63 s.)
- Nr. 1-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z) Rapport 1. Formål og metoder (67 s.)
- Nr. 2-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis, Bjørn Frengstad: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 2. Materiale og feltmålinger (113 s.)
- Nr. 3-04 Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong, Panagiotis Dimakis: Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 3. Grunnvannsmodellering (114 s.)
- Nr. 4-04 Bjørn Ove Johnsen og Nils Arne Hvidsten: Krav til vannføring i sterkt regulerte smålaksvassdrag (68 s.)
- Nr. 5-04 Torulv Tjomsland: Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor (25 s.)
- Nr. 6-04 Svein Jakob Saltveit, Peder Fiske, Åge Brabrand, Harald Sægrov, Ola Ugedal: Bruk av fangst statistikk for å belyse effekt av endret vannføring på fisk (46 s.)
- Nr. 7-04 Peder Fiske, Arne Johan Jensen: Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon. Fase 1 - Evaluering av presmoltsammenhenger (30 s.)