



Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjørret

*Per Ivar Bergan, Statkraft Grøner as
Carsten S. Jensen, Statkraft Grøner as
Finn R. Gravem, Statkraft Grøner as
Jan Henning L'Abée-Lund, NVE
Anders Lamberg, Lamberg Bio-Marine Service
Peder Fiske, NINA*

2
2003



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.

Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjøørret

Rapport nr. 2 - 2003

Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjørret

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Per Ivar Bergan*, Carsten S. Jensen*, Finn R. Gravem*, Jan Henning L'Abée-Lund**, Anders Lamberg*** og Peder Fiske****

* = Statkraft Grøner as

** = NVE

*** = Lamberg Bio-Marine Service

****= NINA

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 75

Forsidefoto: Anders Lamberg

ISSN: 1502-234X

ISBN: 82-410-0488-5

Sammendrag: Formålet med prosjektet var å få økt kunnskap om sammenhengen mellom vannføring, temperatur og oppvandring av laks og sjørret i norske vassdrag. Metoden som ble benyttet var å kombinere eksisterende oppvandringsdata fra utplasserte fisketellere med vannstands- og temperaturdata fra de samme vassdragene. De utvalgte vassdragene var Suldalslågen, Namsen, Sanddøla, Skjoma og Målselva.

Resultatene tyder på at:

- Oppvandring ved vandringshindere skjer når det er tilstrekkelig lyst.
- Høy vanntemperatur er viktigere enn høy vannføring i store vassdrag.

I det minste vassdraget i undersøkelsen, Skjoma, var høy vannføring viktigere enn høy temperatur. Undersøkelsen omfatter for få småvassdrag til å kunne konkludere med hensyn til vannføringskrav i disse.

Emneord: Laks, sjørret, vannføring, temperatur, vandring.

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

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no

Oktober 2003

Innhold

Forord	8
Forfatternes takk	9
Sammendrag	10
1. Bakgrunn og formål	13
2. Vassdrag og tellelokaliteter	16
Suldalslågen (Sandsfossen).....	16
Namsen (Fiskumfossen).....	16
Sandøla (Tømmeråsfossen).....	16
Måselv (Måselvfossen)	17
Skjoma	17
3. Materiale og metoder	18
Fisketellere og videoregistrering	18
Suldalslågen (Sandsfossen)	18
Namsen (Fiskumfossen)	18
Sandøla (Tømmeråsfossen)	18
Måselv (Måselvfossen).....	19
Skjoma.....	19
Vannføring.....	19
Vanntemperatur.....	20
Statistikk og analyse.....	20
4. Resultater	22
Suldalslågen (Sandsfossen).....	22
2001.....	22
2002.....	26
Namsen (Fiskumfoss).....	32
Sandøla (Tømmeråsfoss).....	36
1997.....	36
1998.....	37

1999.....	38
2002.....	40
Måselv (Måselvfossen)	42
1999.....	42
2000.....	42
2001.....	45
Skjoma	48
Generelle trekk	53
Sammenlignende analyse vha. prosentvis avvik i forhold til middelerdier	53
Sammenlignende analyse ved hjelp av indekser.....	54
Kategoriserte indekser:	54
Oppsummering av resultater	56
5. Diskusjon.....	57
Vassdragenes størrelse og geografiske plassering	57
Plassering av tellere	57
Temperatur.....	58
Vannføring.....	59
Vandring gjennom døgnet	59
Anbefaling og potensial for videre undersøkelser	60
6. Litteratur.....	61

Forord

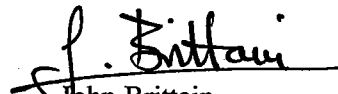
Vannføring og temperatur er sentralt i forhold til oppvandring av fisk i norske vassdrag. FoU-programmet Miljøbasert vannføring har som mål å forbedre kunnskapsgrunnlaget for å kunne fastsette vannføring etter inngrep som reduserer den naturlige vannføringen. En av problemstillingene er å avklare betydningen av samspillet mellom vannføring og vanntemperatur for oppvandring av laks og sjørret.

I Norge foregår det telling av oppvandrende fisk i mer enn 40 vassdrag. Dette foregår hovedsakelig ved at det er installert fisketellere i fisketrapper. I tillegg foregår det noe telling ved hjelp av video og elektroniske tellere i åpne systemer. Det foregår også registrering av vannføring og temperatur i regi av NVE eller regulanter i en rekke vassdrag. Ved å knytte disse dataene sammen i prosjektet "Vannføringskrav for oppvandrende laks og sjørret", ligger det til rette for å kunne få økt kunnskap om fiskens oppvandringsadferd i vassdrag. Resultatene fra dette prosjektet vil dermed gi forvaltningen et bedre grunnlag for fastsetting av et egnet vannføringsregime i regulerte vassdrag.

Oslo, oktober 2003



Haavard Østhagen
leder styringsgruppe



John Brittain
programleder

Forfatternes takk

I tillegg til forfatterne av rapporten, har flere personer vært behjelpelige med å fremskaffe biologiske og fysiske data fra de ulike vassdragene. Kåre O. Myhre ved Direktoratet for naturforvaltning har gitt opplysninger om fisketellerne og plasseringen av disse. Kjetil Sandsbråten og Martin Jespersen (Statkraft Grøner AS) har vært behjelpelige med å hente ut vannførings- og temperaturdata for de ulike vassdragene fra NVEs og regulanterers databaser. Øyvind Kanstad-Hanssen og Helge Utby har bidratt med data fra Måselvassdraget, John Nesser og Johnny Klinkenberg har bidratt med data fra Sandøla og Statkraft SF v/ Eivind Torblaa har bidratt med data fra Suldalslågen. Personer ved Nord-Trøndelag elektrisitetsverk har bidratt med data fra Namsen. Samtlige fortjener en stor takk.

Sammendrag

Prosjektet, som inngår i NVEs forskningsprogram om miljøbasert vannføring, har som formål å innhente kunnskap om betydningen av vannføring og vanntemperatur for oppvandring av laks og sjøørret i vassdrag.

I Norge foregår det telling av oppvandrende anadrom fisk i mer enn 40 vassdrag. Dette foregår hovedsakelig ved at det er installert fisketellere i fisketrapper. I tillegg foregår det noe telling ved hjelp av video og elektroniske tellere i åpne systemer. Hensikten med denne tellingen har i hovedsak vært å overvåke fiskestammene i den enkelte elv. Det foregår også registrering av vannføring og temperatur i regi av NVE eller regulanter i en rekke vassdrag. Ved å benytte disse dataene i kombinasjon, ligger det til rette for å kunne få økt kunnskap om fiskens oppvandringsadferd i vassdrag. Økt kunnskap om dette vil bedre grunnlaget for fastsetting av et egnet vannføringsregime i regulerte vassdrag.

Prosjektet var delt i to faser. Formålet med fase I var å identifisere lokaliteter som var egnet til å inngå i analysene. Formålet med fase II var å undersøke om det var sammenheng mellom vannføring, temperatur og oppvandring av fisk i disse lokalitetene.

Ved avslutning av prosjektets fase I, var det 15 vassdrag som så ut til å være egnet for å inngå i analysene. Ved nærmere undersøkelse viste det seg at flere av disse lokalitetene ikke lot seg analysere uten videre. Problemene bestod i at dataene krevde stor grad av bearbeiding, at oppløsningen ikke var så god som først angitt, eller at de instituttene som var i besittelse av dataene ikke ville frigi disse for å inngå i analysene. I de tilfeller hvor dataene kun forelå som håndskrevne tabeller, var det ikke ressurser til å bearbeide disse. I denne omgang er det derfor bare fem lokaliteter som inngår i analysene. De lokalitetene som inngikk i analysene ble etter dette Suldalslågen i Rogaland, Namsen og Sandøla i Nord-Trøndelag, Skjoma i Nordland og Måselva i Troms.

Suldalslågen

Suldalslågen er det største vassdraget i Rogaland. Vassdraget er regulert. Fiske-telleren er plassert i fisketrappa på sydsiden av Sandsfossen som ligger nær elvas utløp i sjøen. Både temperaturdata og vannføringsdata hentes fra hovedvassdraget nær tellelokaliteten. Data fra sesongene 2001 og 2002 inngår i analysene. I sesongen 2001 kunne noe fisk vandre opp utenfor telleren samt at de i begge årene kunne vandre opp selve Sandsfossen og i fisketrappa på nordsiden av fossen. Tallene representerer derfor ikke all fisk i vassdraget. I 2001 ble det registrert 305 laks og 340 sjøørret. I 2002 passerte 764 laks og 203 sjøørret tellerne.

Namsen

Namsen er det største vassdraget i Nord-Trøndelag. Vassdraget er regulert. Telleren i hovedvassdraget er plassert i fisketrappa i Fiskumfossen. Lokaliteten ligger ca 60 km fra utløpet av elva. Data for temperatur er hentet fra en målestasjon noe lenger ned i vassdraget. Vannføringsdata er hentet fra en stasjon som ligger et par kilometer nedstrøms Fiskumfossen. For Fiskumfossen er det bare data fra 2000 som er benyttet. Denne sesongen passerte det 623 laks og 14 sjøørret gjennom trappa.

Sandøla

Sandøla er et stort sidevassdrag til Namsen. Vassdraget er ikke regulert. Fisketelleren, som er plassert i Tømmeråsfossen, står i en fisketrapp som er sprengt ut i fjell. Denne fisketrappa fører relativt store vannmengder. Fisketelleren skiller ikke mellom laks og sjøørret. Det er imidlertid svært lite sjøørret i Sandøla. Det er også en svakhet at det i enkelte perioder har gått flere dager mellom hver kontroll av telleren. For denne lokaliteten er det dataserier for årene 1997, 1998, 1999 og 2002. Antall fisk pr år varierte fra 754 i 1997 til 1528 i 1999. Vannføringen ble hentet fra to målestasjoner som ligger oppstrøms Tømmeråsfossen. Det finnes ikke temperaturdata for Sandøla.

Skjoma

Skjoma ligger sør for Narvik i Nordland og er et mellomstort vassdrag. Vassdraget er regulert. Tellingene foregår her ved at det er plassert ut videokamera som dekker hele elveløpet. Det er ingen vandringshindre i forbindelse med tellelokaliteten. For dette vassdraget har det blitt benyttet data fra 2001. I dette året vandret det opp 124 laks og 630 sjøørret. Vannføringsdata og vanntemperatur er hentet fra to ulike lokaliteter i vassdraget.

Målselva

Målselva er det største vassdraget i Troms. Vassdraget er regulert. Fisketelleren er plassert i fisketrappa i Målselvfossen som ligger ca 40 km fra fjorden. Både vannføringsdata og temperaturdata er hentet fra stasjoner nær Målselvfossen. For denne lokaliteten er det analysert data fra årene 2000 og 2001. I sesongen 2000 passerte det 4048 laks, 58 sjøørret og 205 sjørøye gjennom trappa. I 2001 ble det registrert 3477 laks, 109 sjøørret og 104 sjørøye. Det reelle antallet var imidlertid noe høyere fordi telleren var ute av drift en periode (15 dager).

Et generelt problem som oppstår når slike data skal analyseres, er at det er usikkert om fravær av vandrende fisk skyldes de fysiske forholdene, eller om det skyldes mangel på fisk som venter på å gå opp. For å redusere dette problemet, er bare hovedsesongen for oppvandring i det enkelte vassdrag benyttet i analysene.

Resultater

I en full faktoriell multippel regresjon med faktorene vannføring og vanntemperatur var det for hele materialet under ett en signifikant positiv sammenheng mellom oppvandring og vanntemperatur, men ingen slik sammenheng mellom oppvandring og vannføring. For begge år i Suldalslågen og Målselva var det en sterkt signifikant positiv korrelasjon mellom vanntemperatur og oppvandring. I Skjoma var det sterk positiv sammenheng mellom vannføring og oppvandring.

Oppvandringstidspunkt på døgnet ble undersøkt for Suldalslågen, Namsen og Skjoma. For Suldalslågen og Namsen var det en klar tendens til at det var størst vandringsaktivitet på ettermiddag og kveld. For Skjoma var det høyest vandringsaktivitet om natta.

Diskusjon

Som det framgår av resultatene, var det stor variasjon både mellom vassdrag og mellom ulike år innen samme vassdrag når det gjelder sammenhengen mellom oppvandring av fisk, temperatur og vannføring.

Av de fem vassdragene som er med i denne undersøkelsen er fire av dem store eller relativt store vassdrag (Målselva, Suldalslågen, Namsen og Sandøla). Dette kan være en mulig forklaring på at det er et uklart bilde når det gjelder sammenhengen mellom den absolutte vannføringen og oppvandring av fisk. I slike vassdrag er det rimelig å anta at vannføringen i mindre grad er styrende for oppvandringen enn i mindre vassdrag.

Når det gjelder temperatur, var det positiv sammenheng med oppvandringen i fire av seks datasett. I Skjoma var det imidlertid negativ sammenheng mellom oppvandring og temperaturendring. Dette kan ha sammenheng med at Skjoma er et brevassdrag hvor temperaturen faller når vannføringen øker. Dersom vannføringen er en viktig parameter for oppvandring i dette vassdraget, kan den negative korrelasjonen med temperaturendring bli en direkte følge av dette.

Undersøkelsen tyder på at vanntemperatur er den viktigste faktoren for vandring gjennom vandringshindere, mens vannføring er viktigst for oppvandring fra saltvann til vassdrag. Undersøkelsen omfatter imidlertid for få vassdrag til å gjøre sikre konklusjoner.

For å øke nytten av denne undersøkelsen, ville det være en stor fordel å komplettere med tellelokaliteter i mindre vassdrag. Det ville være spesielt interessant å kunne studere hva som skjer i lavvannsperioder i slike vassdrag

1 Bakgrunn og formål

Bakgrunn

”Miljøbasert vannføring” er et forskningsprogram i regi av NVE. Programmet skal frambringe økt kunnskap om sammenhengen mellom miljøforhold og vannføring slik at fastsetting av vannføring i regulerte vassdrag kan skje på et bedre grunnlag. Prosjektet ”Vannføringskrav for oppvandrende laks og ørret” som her blir rapportert er et av prosjektene i dette forskningsprogrammet.

I Norge foregår det telling av oppvandrende anadrom fisk i mer enn 40 vassdrag. Dette foregår hovedsakelig ved at det er installert fisketellere i fisketrapper. I tillegg foregår det noe overvåking ved hjelp av video og elektroniske tellere. Hensikten med denne tellingen er i hovedsak å overvåke fiskestammene i den enkelte elv. Det foregår registrering av vannføringen i en rekke vassdrag. I noen av vassdragene er det også registrering av temperatur. Ved å benytte disse dataene i kombinasjon, ligger det til rette for å kunne si noe om fiskens vandringsadferd i forhold til vannføring og temperatur.

Økende vannføring er den viktigste faktoren som initierer oppvandring av laks (Williamson 1843; Huntsman 1939; Hayes 1953; Harriman 1961; Banks 1969; Gudjonsson 1978; Jonsson et al. 1990; Jonsson 1991; Jensen et al. 1998). Andre faktorer som også kan påvirke oppvandringen, er for eksempel vanntemperatur, vannkvalitet, værforhold, tidevann og lysforhold (Banks 1969).

Vannføring synes å være spesielt viktig i elver med store variasjoner i vannføring i oppvandringsperioden (som oftest små elver). Stor laks er mer avhengig av høy vannføring enn liten laks. Store vannføringer gjør det sannsynligvis lettere for laksen å finne elvemunningen, samtidig som høy vannføring gir bedre beskyttelse og kan gjøre oppvandringen i elva lettere. Veldig høye vannføringer kan på den annen side hindre oppvandringen på grunn av økte energetiske kostnader og vanskeligheter med å passere vandringshindre.

Erkinaro et al. (1999) viste i sin studie fra Tana at når laksen vandret aktivt, var økende vannføring forbundet med økt vandringshastighet. Det var allikevel ingen forskjell i vannføringsendring mellom vandringsperioder og perioder hvor laksen sto stille. Trépanier et al. (1996) fremhever at selv om økende vannføring gir økt oppvandring fra estuariet og inn i de nedre delene av elva (ferskvann), så tyder flere arbeider på at videre oppvandring i elva ofte foregår på fallende vannføring (Huntsman 1939; Huntsman 1948; Hayes 1953; Allan 1966; Stewart 1969; Laughton 1991).

Vanntemperaturens påvirkning på oppvandringsintensiteten er til en viss grad dokumentert. Allerede tidlig på 1900-tallet ble det dokumentert at laks fra elven Tay i Storbritannia vandret opp fra estuariet både ved en økning i vannføring og temperatur, eller kun ved en økning i vanntemperatur (Calderwood 1903; i Banks 1969). En

økning i vanntemperaturen i Vefsna medførte en signifikant økt oppvandringsintensitet av laks i Laksforsen (Jensen et al. 1986). Vanntemperaturens rolle som initierende faktor for oppvandring synes å være større i elver der det er relativt små variasjoner i vannføringen i oppvandringsperioden (Jonsson 1991). For laks er det imidlertid få eksempler på dette. Siden fisk er vekselvarme, vil aktivitetsnivået deres være temperaturavhengig. Lave temperaturer medfører at fisken blir mindre aktiv, mens høyere temperaturer øker aktivitetsnivået. Høyere temperaturer medfører imidlertid også økte energetiske kostnader. Energetisk sett bør derfor oppvandringen skje ved temperaturer over en viss minimumsverdi, men ikke hvis temperaturen blir for høy. Vanntemperaturen påvirker fiskens evne til å passere potensielle vandringshindre på sin vei opp i elva. Vandringshindre vil være spesielt vanskelig å passere når vanntemperaturen er lav.

Når vanntemperaturen passerer en kritisk verdi som er nødvendig for å passere vandringshindre har ikke vanntemperaturen lenger noen effekt på initiering av oppvandring (Hayes 1953; MacKinnon & Brett 1953; Jackson & Howie 1967). Dette står i kontrast til Jensen et al. (1986) studie fra Vefsna der økt vanntemperatur medførte økt oppvandringsintensitet. Trépanier et al. (1996) fant ingen slik sammenheng i sin studie av ikke-anadrom (landlocked) atlantehavslaks fra Mistassini River i Canada. Her var oppvandringen i seks av 12 år relatert til fallende vannføring. Vanntemperaturen hadde liten effekt på oppvandring. Trépanier et al. (1996) analyserte dataene fra Vefsna (Jensen et al. 1986) med en annen statistisk metode og uten å fjerne deler av datasettet. De fant da ingen sammenheng mellom antall oppvandrende fisk og vannføring eller temperatur. Jensen et al. (1986) ekskluderte data de tre første dagene etter en topp i oppvandringen med den begrunnelse at det da var få fisk igjen nedenfor fisketelleren.

Laksen kan starte oppvandringen i elver ved relativt lave temperaturer, men passerer sjelden vanskelige hindre før vanntemperaturen er steget til en viss verdi. Laks fra elvene Tay og Spey vandret opp fra estuariet når temperaturen var 1°C, men ved temperaturer under 4,5°C vandret de aldri lengre opp enn 2-3 mil fra der tidevannpåvirkningen sluttet (Menziés 1939). Under 5,5°C vandret de aldri forbi større hindringer, men vandret fritt ved høyere temperaturer. Dette er også rapportert for fisketrappa ved Pitlochry Dam i River Tay vassdraget (Pyefinch 1955). Ingen laks passerte ved vanntemperaturer under 5,5°C, og få passerte før temperaturen oversteg 8,5°C (Gowans et al. 1999). Tiden laksen brukte på å passere fisketrappa var direkte relatert til vanntemperaturen.

Jackson & Howie (1967) observerte at laksen ikke vandret opp fisketrappa ved Cathleen's Fall i elven Erne i Irland ved vanntemperaturer under 5,5°C. Dette var allikevel ikke en absolutt grense da det ble registrert laks ovenfor fisketrappa ved lavere temperaturer. I Vefsna passerte ikke laksen Forsjordforsen før vanntemperaturen oversteg 7,3°C (Jensen 1990). I tillegg måtte ikke vannføringen overstige 300 m³/s. I Suldalslågen er det oppgitt at vanntemperaturen bør være minimum 8°C, før laksen passerer Sandsfossen i noen særlig grad (Johnsen et al. 1997). Mills & Graesser (1981) fant at laksens oppvandring i elva Cassley i Skottland

ble styrt av vanntemperatur, og at denne måtte overstige 11 °C før laksen passerte de vanskeligste fossene.

Høye vanntemperaturer kan også påvirke oppvandringen til laks. Elson (1969) så på oppvandringsintensiteten til laks ved høye temperaturer (24-29 °C) i Miramichi River, Canada. Han konkluderte med at oppvandringsintensiteten økte med økende vanntemperatur opp til en temperatur som lå 5-6 °C under øvre letale temperaturgrense (30 °C), for deretter å avta. I Moser River, Nova Scotia var laksen aktiv og vandret tilsynelatende opp ved temperaturer så høye som 26 - 29 °C selv om en del individer døde ved temperaturer rundt 29,5 °C (Huntsman 1942). Data fra River Dee i Wales viste at oppvandringsintensiteten avtok ved høye temperaturer og lav vannføring (Alabaster 1990). Modellen som ble brukt estimerte at oppvandringen opphørte ved temperaturer fra 22 til 25 °C avhengig av vannføring. I River Axe i Devon sank også oppvandringsintensiteten med økende vanntemperatur og ble ved ekstrapolering beregnet til å opphøre ved 25 °C (Alabaster 1989). I Aberdeenshire Dee i Skottland var laksen i sjøen om sommeren lite villig til å gå opp i elva når vanntemperaturen der oversteg 20 °C (Hawkins 1989).

Formål

Prosjektets fase I hadde som formål å konkludere på om det fantes tilgjengelige datasett egnet for analyse av forholdet mellom oppvandring av fisk og vannføringen i vassdraget (Bergan et al. 2002). Dette ble gjort ved å utvikle et kriteriesett for egnethet i forhold til kvalitet på data etterfulgt av en gjennomgang av alle vassdrag med installert fisketeller. I alt 45 lokaliteter ble vurdert. Det ble funnet at totalt 15 lokaliteter kunne benyttes til å analysere sammenhenger mellom oppvandring, vannføring og temperatur. I tillegg var det noen lokaliteter som kunne inngå i senere analyser med mindre justeringer.

Prosjektets fase II hadde som formål å undersøke om det var sammenheng mellom vannføring, temperatur og oppvandring av fisk i de utvalgte lokalitetene. Ved avslutning av prosjektets fase II, var det 15 vassdrag som så ut til å være egnet for å inngå i analysene. Ved nærmere undersøkelse viste det seg at flere av disse lokalitetene ikke lot seg analysere uten videre. Problemene bestod i at dataene krevde stor grad av bearbeiding, at oppløsningen ikke var så god som først angitt, eller at de som var i besittelse av dataene ikke ville frigi disse for å inngå i analysene.

De lokalitetene som inngikk i analysene ble etter dette Suldalslågen i Rogaland, Namsen og Sandøla i Nord-Trøndelag, Skjoma i Nordland og Målselva i Troms. Vi har flere år fra noen av disse lokalitetene slik at totalt 11 datasett inngår i analysene.

2 Vassdrag og tellelokaliteter

Suldalslågen (Sandsfossen)

Suldalslågen ligger i Suldal kommune i Rogaland. Vassdraget har et samlet nedbørfelt på 1461,14 km². Suldalsvassdraget er det mest vannrike vassdraget på Vestlandet og i uregulert tilstand var vannføringen ut av Suldalsvatn på 91 m³/s i årsmiddel (Kaasa et al. 1998). Selve Suldalslågen er 22 km fra utløpet av Suldalsvatn til den renner ut i Sandsfjorden. Laks og ørret er de viktigste fiskeartene i vassdraget. Nederst i Suldalslågen ligger Sandsfossen. Fram til 1987 måtte all anadrom fisk passere fossen, men det ble da bygget en fisketrapp på nordsiden av Sandsfossen. I 1999 ble det bygget en ny fisketrapp på sydsiden av Sandsfossen. Her er det fra 2001 installert en fisketeller som kontrolleres med video.

Suldalsvassdraget har blitt berørt av reguleringer i to omganger. Røldal-Suldal reguleringen i 1966/67 medførte en kraftig reduksjon i vannføringen i smeltesesongen og en økt vintervannføring. Ulla-Førre reguleringen ble iverksatt i 1980 og medførte en reduksjon i avløpet fra Suldalsvatnet. Vintervannføringen ble redusert i forhold til Røldal-Suldal utbyggingen, men går aldri under 12 m³/s ut av Suldalsvatn. Forholdet mellom vann fra Suldalsvatn og restfeltet til Suldalslågen er endret. Restfeltet bidrar nå med en relativt større andel av vannet i hovedelva.

Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen ble startet i 1990 og avsluttet i 1997. En sammenfatning av resultatene fra LFS-prosjektet er gitt i Kaasa et al. (1998). Resultater fra undersøkelser i perioden 1998-2003 er publisert i rapportserien ”Suldalslågen-Miljørapport”.

Namsen (Fiskumfossen)

Namsen, med et nedbørfelt på 6272 km², er det største vassdraget i Nord-Trøndelag. Vassdraget er regulert med Store Namsvatnet, Limingen og Tunnsjøen som de største magasinene.

Namsen er et av de viktigste vassdragene for laks i Norge med en årlig fangst fra ca 15 tonn til over 40 tonn. Elva er kjent for å ha forekomst av svært stor laks, men gjennomsnittstørrelsen ligger vanligvis mellom 3 og 4 kilo.

Telleren i hovedvassdraget er plassert i fisketrappa i Fiskumfossen. Lokaliteten ligger ca 60 km fra utløpet av elva.

Sandøla (Tømmeråsfossen)

Sandøla er et stort sidevassdrag til Namsen og har et nedbørfelt på 1580 km². Sandøla munner i hovedvassdraget ved Grong som ligger ca 45 kilometer fra utløpet i Namsenfjorden. Vassdraget (Sandøla med Luru) er vernet mot kraftutbygging. Fisketelleren, som er plassert i Tømmeråsfossen, står i en fisketrapp som er sprengt ut

i fjell. Denne fisketrappa fører relativt store vannmengder. Tømmeråsfossen ligger ca 4 kilometer oppstrøms samløpet mellom Sandøla og Namsen. Sandøla har en livskraftig laksestamme, og årlig oppvandring ligger i størrelsesorden 1000 fisk. Oppstrøms Tømmeråsfossen ligger Formofossen. Laksen kan gå ca 45 kilometer oppstrøms Formofossen. det blir en samlet strekning fra utløpet av Namsen på ca 90 kilometer.

Målselv (Målselvfossen)

Målselvvassdraget er det største vassdraget i Troms, og ligger i kommunene Målselv, Bardu og Balsfjord. Nedbørfeltet er på 6147,81 km². Måselva munner ut i Målselvfjorden og er ca 89 km lang fra samløpet mellom Rostaelva og Divielva til utløpet i fjorden. Målselvfossen der telleren er plassert ligger ca 41 km fra fjorden. Fisketrappa her er ca 500 meter lang og ble bygget i 1910, men har blitt utbedret flere ganger etter dette. I henhold til Berg (1964) ble det kun fanget ca 100 laks i året før trappa ble bygget. De siste årene har den årlige fangsten av laks i vassdraget vært mellom 600 og 1600 laks. Ovenfor fisketrappa har anadrom laksefisk tilgang til ca 100 km elvestrekning. I 2000 og 2001 passerte over 4000 laks fisketrappa. Det var en overvekt av smålaks i bestanden. Sjørøye og sjørørret finnes også, men i mye mindre antall (50-100 sjørørret og 100-200 sjørøye).

Vassdraget har blitt påvirket av reguleringer to ganger. Ved utbygging av Barduelva ble 49 km² av Divielvas nedslagsfelt overført til Altevatt i 1960 (Svenning et al. 1998). Dette ga en midlere vannføringsreduksjon om sommeren i Målselvfossen på ca 1%. I 1972/73 ble Dividalen kraftverk bygget og dette berørte det 250 km² store nedslagsfeltet til Devdisjåv'ri. Dette ga en midlere redusert sommervannføring i Divielva på 20-30% og i Målselvfossen på 5-10% (Svenning et al. 1998). Det er publisert en rekke rapporter som tar for seg oppvandring av laks, sjørørret og sjørøye i fisketrappa, kjønns- og størrelsesfordeling, andel fisk med garnskader og andel oppdrettslaks (Staldvik & Kristoffersen 1996; Kanstad Hanssen & Kristoffersen 1999; Kanstad Hanssen 2001; 2002).

Skjoma

Skjomavassdraget, som ligger i Narvik kommune i Nordland, har et samlet nedbørfelt på 845 km². Vassdraget består av de to hovedgreinene Nordelva og Sørrelva. Begge disse greinene er sterkt påvirket av vannkraftutbygging, og mye vann er ført bort fra vassdraget. Det er i alt tre kraftverk tilknyttet vassdraget.

Vassdraget har bestand av både laks, sjørørret og sjørøye. Sjørørret er den dominerende arten når det gjelder antall fisk. Telleren (videokamera) er her plassert på en åpen elvestrekning og registrerer både opp- og nedvandrende fisk. Telleren ligger ca én km fra munningen av Skjoma.

3 Materiale og metoder

Fisketellere og videoregistrering

I Norge er det benyttet elektroniske og mekaniske fisketellere. Den som nå benyttes de aller fleste steder, er en elektromekanisk teller hvor selve mekanismen som utløses ved passering av fisk er mekanisk, men hvor lagring av informasjonen er koblet til et elektronisk display. De nyeste tellerne har også temperaturregistrering koblet til dette og det kan kobles video direkte til telleren slik at videoopptak blir gjort av hver enkelt fisk som passerer.

Suldalslågen (Sandsfossen)

I Suldalslågen benytter vi oppvandringsdata fra 2001 og 2002. I 2001 ble det montert to mekaniske fisketellere i fisketrappa på sydsiden av Sandsfossen i Suldalslågen. Et videokamera ved hver fisketeller ble først knyttet til en digital videoopptager og senere til en PC koblet mot internett. I 2001 var systemet ute av drift i perioden 15. juli til 3. august slik at ikke hele sesongen ble dekket. I tillegg var en spalte i trappa som ikke hadde fisketeller åpen i perioden 15. til 30 juli. Hele sesongen var det mulig for fisk å passere utenom tellerne ved å hoppe over terskelen. I 2002 ble tellesystemet satt i drift den 1. juni og var fremdeles operativt den 15. desember. I 2002 var det ikke lenger mulig for fisken å passere fisketrappa uten å bli registrert. Tellesystemet var ute av drift i perioden 10. - 23. oktober pga spyleflom.

Namsen (Fiskumfossen)

I Namsen har det blitt telt oppvandrende fisk gjennom trappa i Fiskumfossen i lang tid. Tellingene har delvis foregått manuelt ved at fisken har blitt samlet opp i en av kummene i fisketrappa, og delvis ved hjelp av en elektronisk fisketeller. Denne fungerte imidlertid ikke tilfredsstillende. Fra sesongen 2000 har fisketellingen blitt gjort med den nye elektromekaniske telleren.

I Namsen benytter vi oppvandringsdata fra Fiskumfossen i 2000. All oppvandrende fisk passerer gjennom trappa i Fiskumfoss. Fisketelleren i trappa kontrolleres med videokamera.

Sandøla (Tømmeråsfossen)

I Tømmeråsfossen ble det installert fisketeller i 1997. Fra 2000 har fisketellingen skjedd med den nyeste utgaven av elektromekanisk fisketeller. Vi har data fra Tømmeråsfossen i 1997, 1998, 1999 og 2002. I to sesonger har det blitt drevet videoovervåking i trappa, men etter at dette opphørte blir det ikke lenger skilt mellom ørret og laks. Andelen sjøaure er imidlertid svært liten (Johnny Klinkenberg, pers. medd.). Fisketelleren har ikke blitt kontrollert daglig i alle årene. Dette gjelder særlig i 1997 og 2002. Vi kan dermed ikke skille mellom dager det ble registrert null fisk og de dagene telleren ikke ble kontrollert. Det vil også være en del ”falske”

registreringer i telleren. Kortvarige kontroller tyder på at dette kan gjelde 5-10% av de utløste registreringene (Johnny Klinkenberg, pers. medd.). I analysen er imidlertid alle registreringer i telleren tolket som fiskepasseringer.

Måselv (Måselvfossen)

I 1991 ble det installert en optisk teller (Kilvik fotocelle) i fisketrappa i Måselvfossen. I 1997 ble det installert en Myhre-teller. Fra og med 1999 sesongen ble det koblet et videokamera til den mekaniske telleren. Vi har data fra 1999, 2000 og 2001. Data fra 1999 benyttes imidlertid ikke i analysen på grunn av at vi ikke har hatt mulighet til å skille artene. Vi har heller ikke kunnet skille reelle fra falske passeringer. I 2000 var videosystemet ute av drift i perioden 19. - 21. juli og deler av 28. juli og 7. august. I 2001 var videosystemet ute av drift i perioden 7. - 20. juli og i kortere tidsrom den 29. – 30. juni og 6. august. I perioden hvor videosystemet var ute av drift måtte antall passeringer estimeres ut fra antall registreringer foretatt av den mekaniske telleren. Tidligere erfaringer med denne telleren indikerer at ca 50% av registreringene er fisk (Kanstad Hanssen 2001, 2002). Antall fisk ble da beregnet ved å ta antall registreringer i telleren og dele på to. All fisk ble regnet som laks. Det er derfor ingen registrert aureoppgang i perioder der videosystemet var ute av drift.

Skjoma

Fra Skjoma har vi data fra 2001, men registreringen begynte i 2000. Tellingene foregår her ved at det er plassert ut videokamera som dekker hele elveløpet og registrerer både opp- og nedvandrende fisk. Vi har kun benyttet data på oppvandrende fisk i denne rapporten. Det er ingen vandringshindre i forbindelse med tellelokaliteten.

Vannføring

Vannføringsdata er hentet fra NVEs offisielle målestasjoner. Den nærmeste målestasjonene som antas å være representativ for vannføringen på den aktuelle lokaliteten er valgt. I tabell 1 er vist hvilke vannføringsstasjoner som er benyttet på hver enkelt lokalitet. Det er benyttet døgnmidler (m^3/s).

Tabell 1 Tellelokaliteter med tilhørende vannføringsstasjoner som er benyttet.

Vassdrag	Tellelokalitet	Vannføringsstasjon
Suldalslågen	Sandsfossen	36.6. Lavika
Namsen	Fiskumfoss	139.32 Tørrisdal
Sandøla	Tømmeråsfoss	139.26 Embrethølen og 139.35 Trangen
Måselv	Måselvfossen	196.35 Malangsfossen
Skjoma	Åpen elv	173.22 Gamnes

Vanntemperatur

Vanntemperaturdata er med ett unntak hentet fra NVEs offisielle målestasjoner. Unntaket er Målselvfossen i 2000 da det ble benyttet vanntemperaturdata målt i fisketrappa. For de andre lokalitetene er den nærmeste målestasjonen valgt som antas å være representativ for vanntemperaturen på den aktuelle lokaliteten. I tabellen under er vist hvilke vanntemperaturstasjoner som er benyttet på hver enkelt lokalitet.

Tabell 2 Tellelokaliteter med tilhørende vanntemperaturstasjoner som er benyttet.

Vassdrag	Tellelokalitet	Vanntemperaturstasjon
Suldalslågen	Sandsfossen	36.61 Tjelmane
Namsen	Fiskumfoss	139.37 Namsen v/ Bertnem
Sandøla	Tømmeråsfoss	Ingen data
Målselv	Målselvfossen	196.43 Måselva ovf Barduelva
Skjoma	Åpen elv	173.24 Elvegårdselva v/Stiberg Bru

Statistikk og analyse

Det er flere utfordringer forbundet med en analyse av hvilke faktorer som påvirker oppvandringen i et vassdrag. Et generelt problem som oppstår når slike data skal analyseres, er at det er usikkert om fravær av vandrende fisk skyldes de fysiske forholdene, eller om det skyldes mangel på fisk som venter på å gå opp. Tidlig og sent i oppvandringssesongen vil det ikke alltid være fisk tilgjengelig for oppvandring selv om vannførings- og vanntemperaturforholdene ligger til rette for det. Vi har derfor tatt utgangspunkt i det totale antall oppvandrende laks og aure, og deretter fjernet de 10% første fiskene som er registrert i sesongen og de 10% siste. Dette medfører at vi taper en del data, men faren for at det ikke er tilgjengelige fisk til oppvandring reduseres.

Hovedfaktorene som det er analysert på er vannføring (m^3/s) og vanntemperatur ($^{\circ}C$). I tillegg har vi brukt endring i vannføring og vanntemperatur siste døgn som parametere. Alle analyser utført i statistikkprogrammet JMP 4 (SAS Institute). Multippel regresjon ble benyttet for å vurdere mulige korrelasjoner mellom oppvandring og vannføring / temperatur. Dataene er også delt inn i to grupper avhengig av om det var en økning eller senkning i vannføring siste døgn. Det samme gjøres for vanntemperatur. Anova/t-test ble benyttet for å se om det var signifikant forskjell i oppvandring mellom de to gruppene.

Vannføring og temperatur ble kategorisert for å undersøke om det var høyere oppvandring innenfor visse vannførings- eller temperaturintervaller i forhold til andre. Størrelsen på intervallene ble bestemt ut i fra den totale variasjonen i vannføring og temperatur i oppvandringsperioden. Vannføringen ble delt inn i

intervaller på 5, 10 eller 20 m³/s, mens temperaturen ble delt i 0,5 eller 1°C intervaller. Forskjeller mellom gruppene ble testet med enveis Anova. Der det var signifikante forskjeller mellom gruppene ble det benyttet Tukey-Kramer Honestly Significant Difference test (post-hoc test) for å undersøke hvilke grupper som var forskjellige.

Vannføring og temperatur kan variere kraftig både mellom vassdrag og mellom år innen samme vassdrag. For å kunne teste på generelle sammenhenger felles for alle eller grupper av vassdrag må dataene dermed omformes slik at de kan sammenlignes. Vi tok utgangspunkt i middelvannføring og middeltemperatur i de ulike vassdragene i hovedoppvandringsperioden. Som et mål på vannføring og temperatur pr dag ble det brukt prosentvis avvik fra middelvannføringen eller temperaturen. Det samme ble gjort med responsvariabelen, nemlig antall laks fordi for eksempel 10 fisk per dag i et vassdrag er lite, mens det er mye i et annet vassdrag. Resultatet blir et avvik i prosent av det gjennomsnittlige antall laks som vandret opp per dag i sesongen.

Vi brukte også indekser på vannføring, vanntemperatur og antall fisk. Maksimal vannføring settes lik 1 og alle vannføringer per dag får da en verdi mellom 0 og 1. Det samme gjøres for vanntemperatur og antall fisk.

4 Resultater

Suldalslågen (Sandsfossen)

2001

Den første fiskepasseringen var 2. juli og den siste 2. oktober (Figur 1). Det passerte totalt 645 fisk (305 laks og 340 aurer). I tillegg var 52 videosekvenser for mørke slik at det ikke var mulig å verifisere om det var fisk eller ikke. De 10% første og siste fiskene som passerte av henholdsvis laks og aure ble fjernet før analysen.

Oppvandringsperioden som ble inkludert i analysen var 12. juli til 22. september for laksen og 7. juli til 1. september for auren. I perioden 15. juli til 5. august var ikke videoregistreringen operativ.

Vannføringen i oppvandringsperioden lå stort sett mellom 60 og 80 m³/s, mens temperaturen generelt lå mellom 11 og 13°C (Figur 2).

Laks

Mesteparten av laksen passerte fisketrappa om ettermiddagen og kvelden (Figur 3). Det ble ikke registrert noen passeringer mellom klokken 0100 og 0600.

I en full faktoriell multippel regresjon med faktorene vannføring og vanntemperatur var det kun vanntemperatur som ga en signifikant effekt (multippel regresjon, $F_{1,51} = 11,48$, $R^2 = 0,18$, $p = 0,001$). Forklaringsgraden var relativt lav, men høy vanntemperatur var korrelert med høy oppvandring av laks. Faktorene vannføringsendring og vanntemperaturendring ga ingen signifikant effekt på antall oppvandrete laks.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $3,8 \pm 0,8$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $6,2 \pm 1,1$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant ($p = 0,08$).

Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $5,3 \pm 0,9$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $4,0 \pm 0,9$ individer. Forskjellen var ikke signifikant ($p = 0,32$).

Det passerte flest laks ved vannføringer i intervallet 75-79 m³/s (Figur 4), men oppvandringen varierte mellom 3 og 8 laks i døgnet ved vannføringer mellom 60 og 80 m³/s. Det var ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks i de ulike vannføringsintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,12$, $p = 0,22$).

Det passerte flest laks i vanntemperaturintervallet 12,5-13,5° C (Figur 5). Det var signifikante forskjeller i antall passerte laks i de ulike temperaturintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,28$, $p = 0,003$).

Aure

Som for laksen passerte det mest aure i fisketrappa om ettermiddagen og kvelden (Figur 3). Svært få aurer passerte om natten.

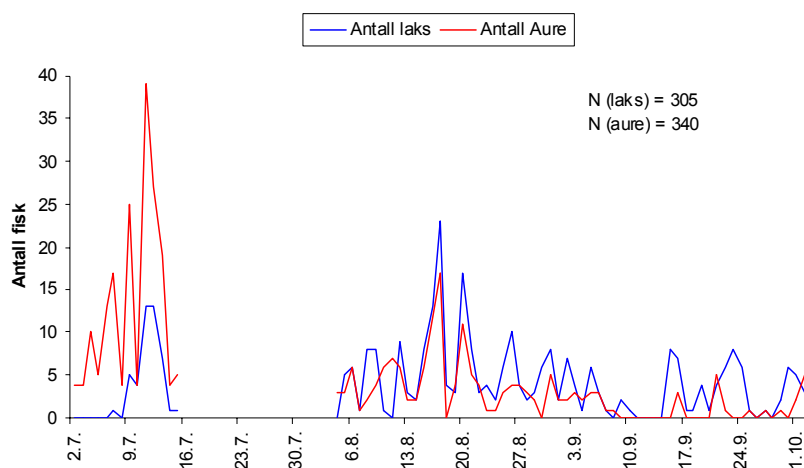
I en full faktoriell multipl regresjon med faktorene vannføring og vanntemperatur var det kun vannføring som ga en signifikant effekt (multipl regresjon, $F_{1,36} = 11,71$, $R^2 = 0,25$, $p=0,002$). Forklaringsgraden var relativt lav, men høy vannføring var korrelert med lav oppvandring av aure. Faktorene vannføringsendring og vanntemperaturendring ga ingen signifikant effekt på antall oppvandrete aure.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av aure på $4,5 \pm 1,7$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $11,7 \pm 2,1$ individer. Forskjellen var statistisk signifikant (t-test, $p = 0,01$). Årsaken til at oppvandringen av aure var størst på dager med økende vannføring, mens regresjonen tilsier at økende vannføring gir mindre oppvandring kan skyldes at det i oppvandringsperioden tidlig i juli var relativt lav vannføring, men det vandret opp mye aure. Vannføringen de fleste av disse dagene var imidlertid økende.

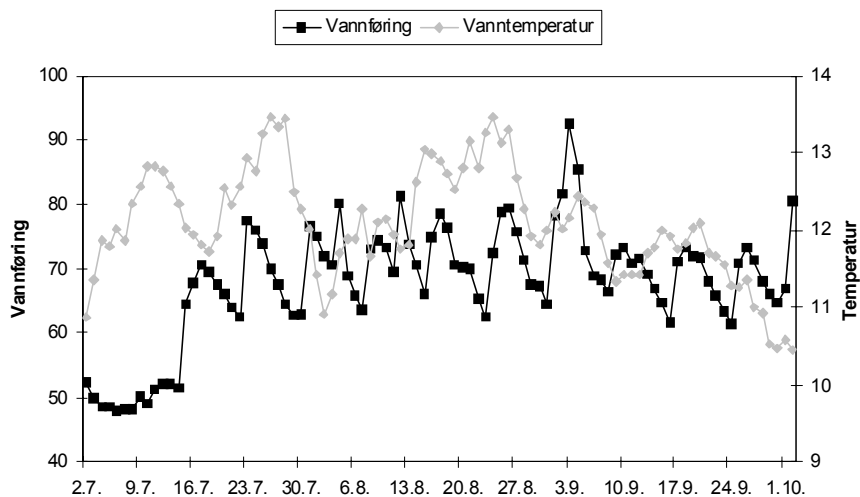
Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av aure på $7,6 \pm 2,1$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $7,1 \pm 2,1$ individer. Forskjellen var ikke signifikant ($p = 0,88$).

Det passerte flest aurer ved vannføringer i intervallet $45-55 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figur 6). Det var signifikante forskjeller i antall passerte aurer i de ulike vannføringsintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,59$, $p < 0,0001$).

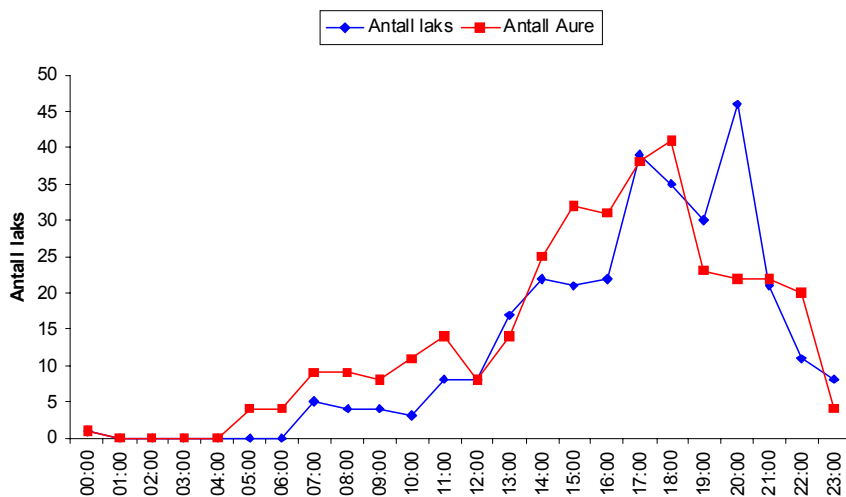
Det passerte flest aure i vanntemperaturintervallet $12,5-13^\circ \text{ C}$ (Figur 7). Det var signifikante forskjeller i antall passerte aure i de ulike temperaturintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,26$, $p = 0,02$).



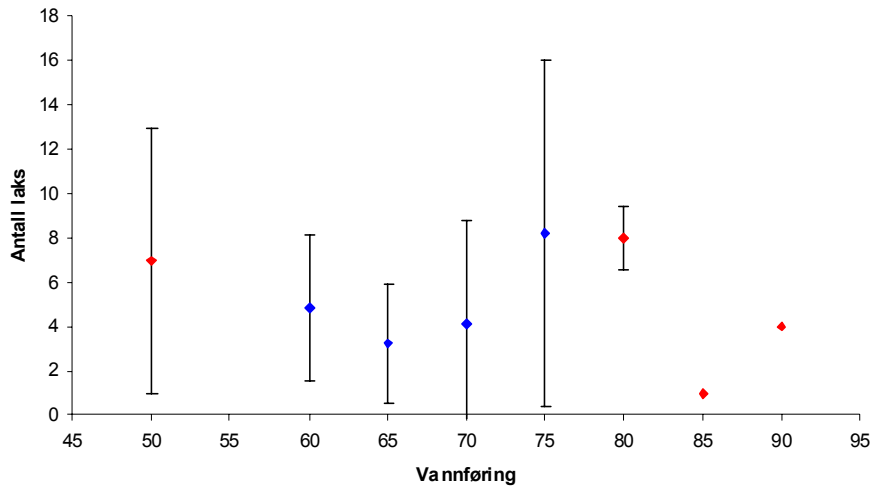
Figur 1 Oppvandring av laks og aure i den sørlige fisketrappa i Suldalslågen i perioden 2. juli til 2. oktober 2001. I perioden 15. juli til 3. august var videosystemet ute av drift.



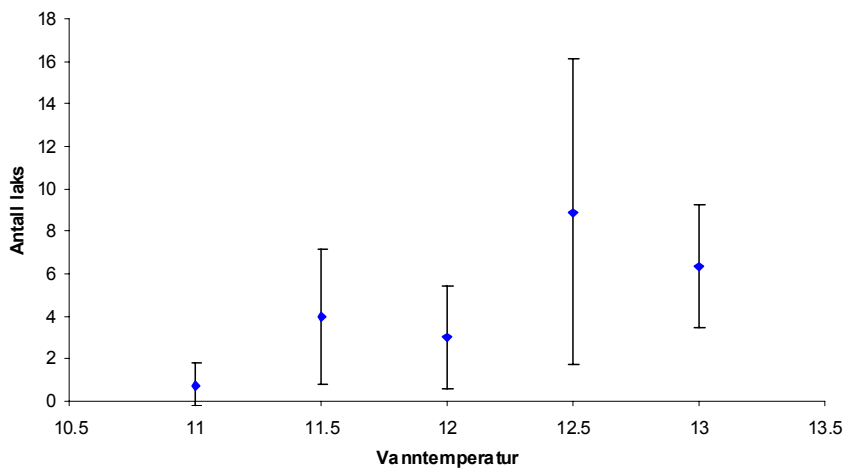
Figur 2 Vannføring (Lavika) og temperatur (Tjelmane) i Suldalslågen i perioden fra 2. juli til 2. oktober 2001.



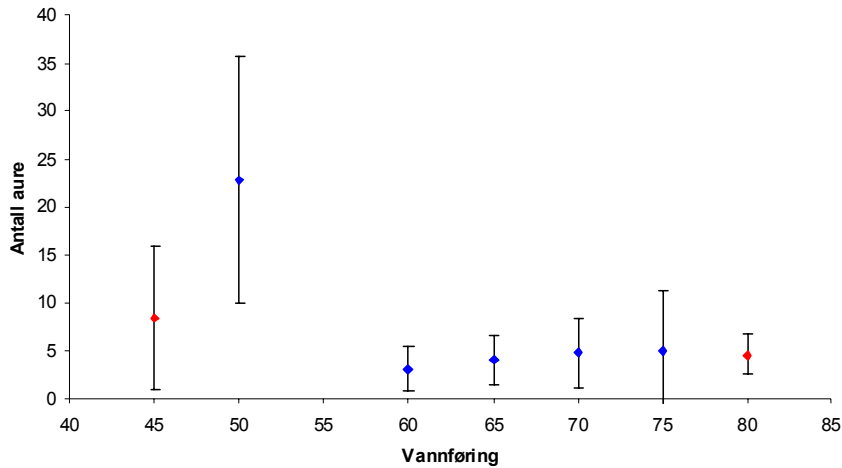
Figur 3 Oppvandring av laks og aure gjennom døgnet i Suldalslågen i 2001. N (laks) = 305 og N (aure) = 340.



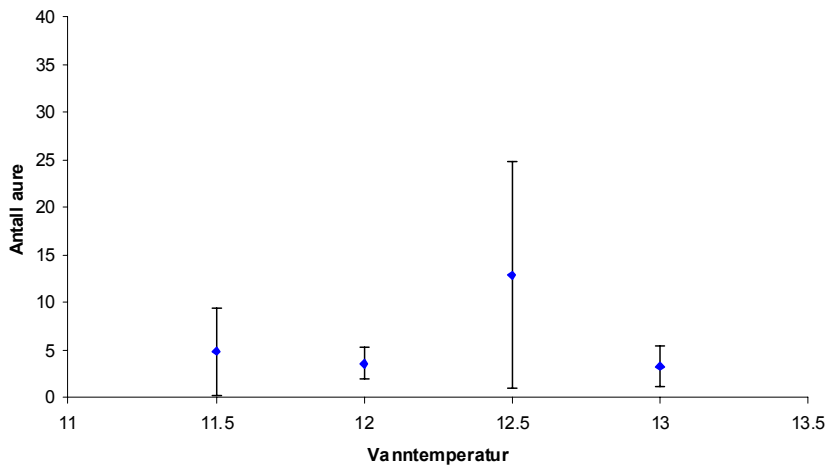
Figur 4 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Suldalslågen på ulike vannføringer i perioden 12-15. juli + 5. aug – 22. sept 2001. Vannføringene er gruppert i 5 m³/s intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4.



Figur 5 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Suldalslågen ved ulike vanntemperaturer i perioden 12-15. juli + 5. aug – 22. sept 2001. Vanntemperaturene er gruppert i 0,5° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervall.



Figur 6 Gjennomsnittlig antall aure som passerte fisketrappa i Suldalslågen på ulike vannføringer i perioden 7-15. juli + 5. aug – 1. sept 2001. Vannføringene er gruppert i 5 m³/s intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4.



Figur 7 Gjennomsnittlig antall aure som passerte fisketrappa i Suldalslågen ved ulike vanntemperatur i perioden 7-15. juli + 5. aug – 1. sept 2001. Vanntemperaturene er gruppert i 0,5° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervall.

2002

Det passerte 967 fisk i perioden 7. juni til 12. november (Figur 8). Av dette var 764 laks og 203 aure. 28 passeringer var for mørke til å avgjøre om det var en fiskepassering og 10 passeringer ble ikke bestemt til art. De 10% første og siste fiskene som passerte ble fjernet fra analysen. Tidsperioden som inkluderes i analysen blir da fra og med 21. juli til og med 2. oktober for laksen og fra og med 28. juni til

og med 12. september for auren. Vannføringen i oppvandringsperioden lå stort sett mellom 60 og 80 m³/s, mens temperaturen generelt lå mellom 9 og 15°C (Figur 9).

Laks

Som i 2001 passerte det mest laks om ettermiddagen og kvelden, nesten ingen laks passerte om natten (Figur 10).

En multipel regresjon med faktorene vannføringssendring, vanntemperaturendring, vanntemperatur og vannføring ga signifikant positiv effekt for faktorene vanntemperatur ($p = 0,003$), vanntemperaturendring ($p = 0,009$) og vannføringssendring ($p = 0,003$) (multipel regresjon, $F_{3,71} = 10,9$, $R^2 = 0,33$, $p < 0,0001$).

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $7,1 \pm 0,9$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $11,3 \pm 1,6$ individer. Forskjellen var signifikant ($p = 0,028$).

Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på 6 individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på 10 individer. Forskjellen var signifikant ($p = 0,008$).

Det passerte mellom 7 og 10 laks ved vannføringer mellom 55-79 m³/s (Figur 11). Det var ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike vannføringsintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,02$, $p = 0,85$). Det passerte flest laks i vanntemperaturintervallet fra 13,5 til 15° C (Figur 12). Det var signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike temperaturintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,28$, $p = 0,02$).

Aure

Som i 2001 passerte det flest aure om ettermiddagen og kvelden (Figur 10). Nesten ingen aurer passerte om natten.

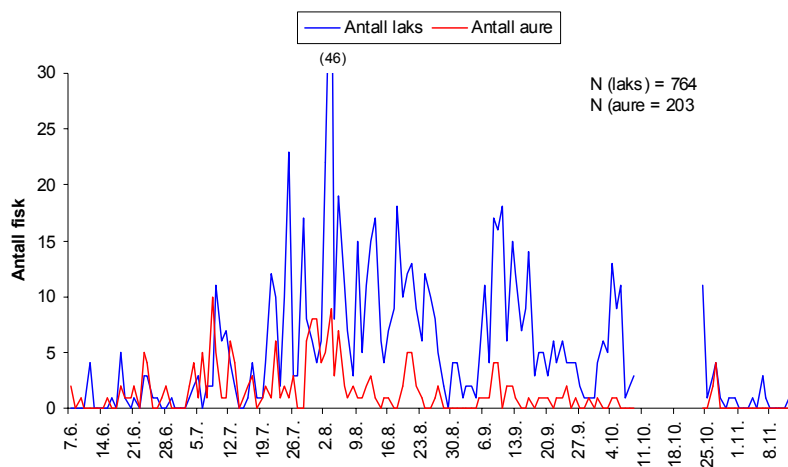
En multipel regresjon med faktorene vannføringssendring, vanntemperaturendring, vanntemperatur og vannføring ga signifikant positiv effekt for faktoren vanntemperaturendring (multipel regresjon, $F_{1,74} = 24,5$, $R^2 = 0,25$, $p < 0,0001$).

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av aure på $1,8 \pm 0,3$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $2,6 \pm 0,5$ individer. Forskjellen var ikke statistisk signifikant ($p = 0,18$).

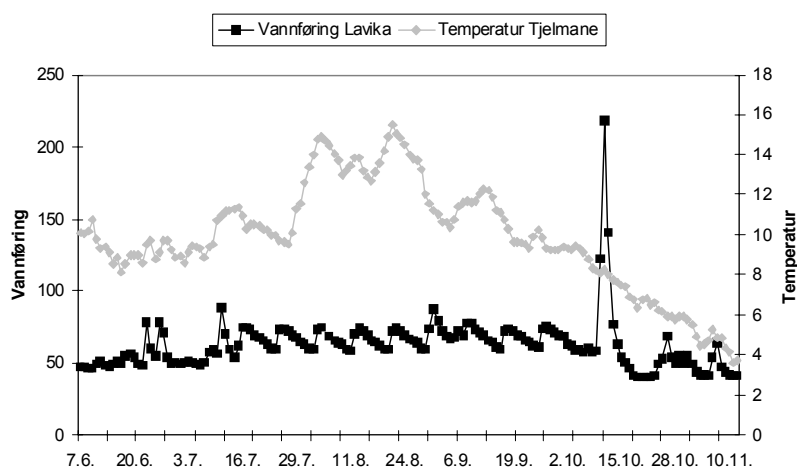
Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $1,1 \pm 0,4$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $2,9 \pm 0,3$ individer. Forskjellen var signifikant ($p = 0,0004$).

Det passerte flest aurer ved vannføringer i intervallet mellom 55-65 m³/s (Figur 13). Det var imidlertid ikke signifikante forskjeller i antall passerte aurer mellom de ulike

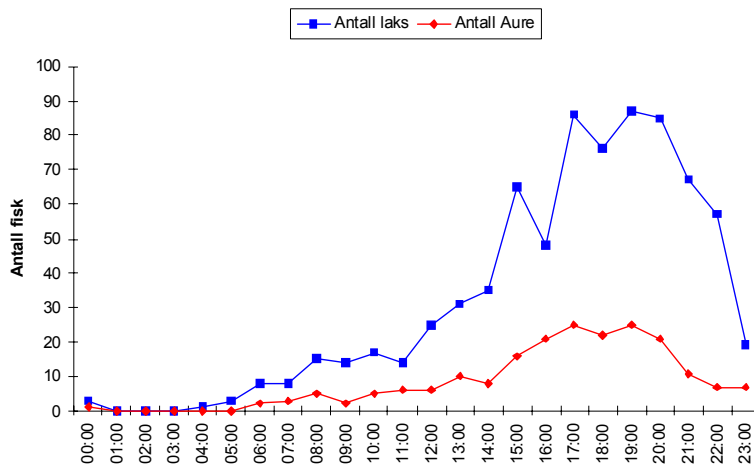
vannføringsintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,13$, $p = 0,09$). Antall oppvandrende aure per dag varierte mellom 1 og 4 i temperaturintervallet 9 til 15° C (Figur 14). Det var ikke signifikante forskjeller i antall passerte aure mellom de ulike temperaturintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,21$, $p = 0,15$).



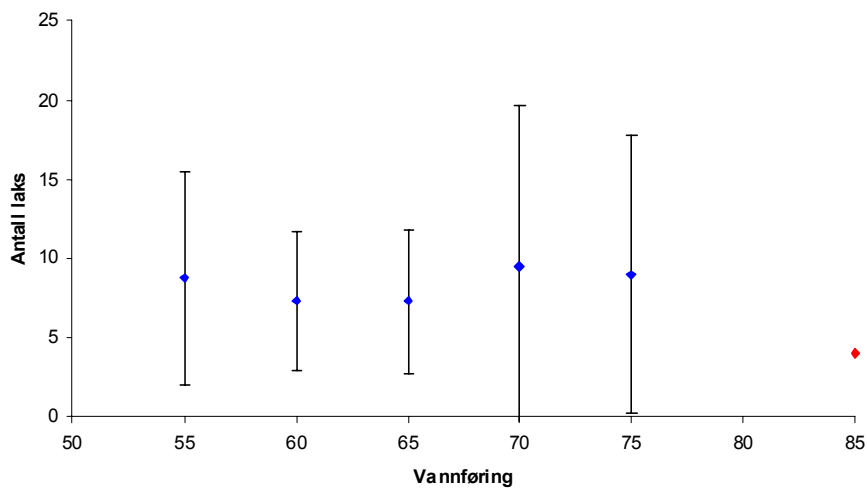
Figur 8 Oppvandring av laks og aure i den sørlige fisketrappa i Suldalslågen i perioden 7. juni til 12. november 2002 med unntak av perioden 10.-23. oktober da tellesystemet var ute av drift.



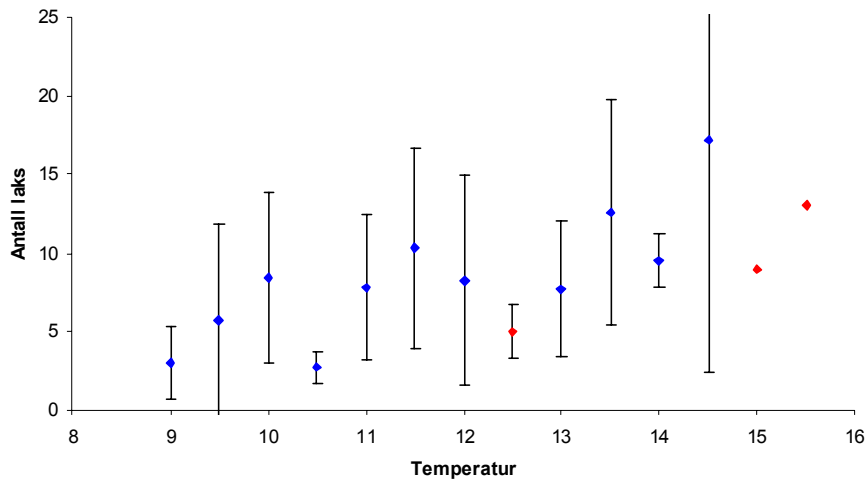
Figur 9 Vannføring (Lavika) og temperatur (Tjelmane) i Suldalslågen i perioden fra 7. juni til 12. november 2002.



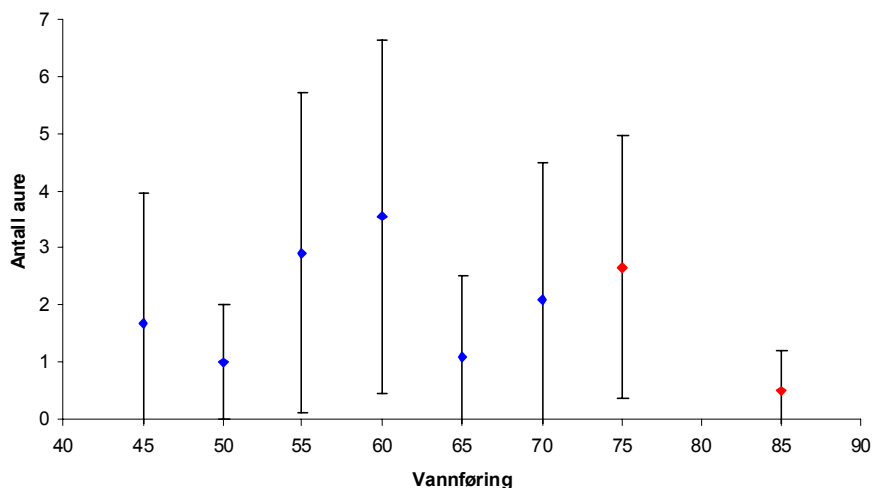
Figur 10 Oppvandring av laks og aure gjennom døgnet i Suldalslågen i 2002. N (laks) = 764 og N (aure) = 203.



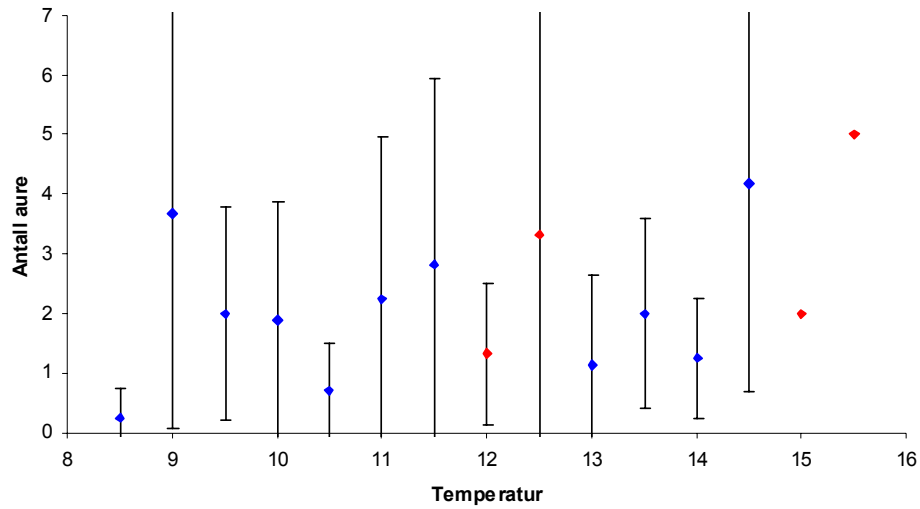
Figur 11 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Suldalslågen på ulike vannføringer i perioden 21. juli til 2. oktober 2002. Vannføringene er gruppert i $5 m^3/s$ intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervallet. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4 . Vannføringskategorien 80 ($80-84 m^3/s$) er null.



Figur 12 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Suldalslågen ved ulike temperaturer i perioden 21. juli til 2. oktober 2002. Vanntemperaturene er gruppert i 0,5° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervallet. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4.



Figur 13 Gjennomsnittlig antall aure som passerte fisketrappa i Suldalslågen på ulike vannføringer i perioden 28. juni til 12. september 2002. Vannføringene er gruppert i 5 m³/s intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervallet. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4. Vannføringskategorien 80 (80-84 m³/s) er null. Det var ingen dager i oppvandringsseasonen som hadde døgnmiddelvannføring i dette intervallet.



Figur 14 Gjennomsnittlig antall aure som passerte fisketrappa i Suldalslågen ved ulike temperaturer i perioden 28. juni til 12. september 2002. Vanntemperaturene er gruppert i 0,5° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervallet. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager >4.

Namsen (Fiskumfoss)

Det passerte 637 fisk i perioden 6. juli til 15. oktober (Figur 15). Av dette var det 623 laks og 14 aure. Vi fjernet 10% av laksen i starten og slutten av sesongen.

Tidsperioden som da inkluderes i analysen blir 27. juli til 2. oktober. Auren analyseres ikke på grunn av få individer. Vannføringen i oppvandringsperioden lå stort sett mellom 100 og 400 m³/s, mens temperaturen generelt lå mellom 8 og 16°C (Figur 16).

Akkurat som i Suldalslågen så passerer det nesten ikke fisk om natten, men hovedmengden passerte om ettermiddagen og tidlig kveld (Figur 17).

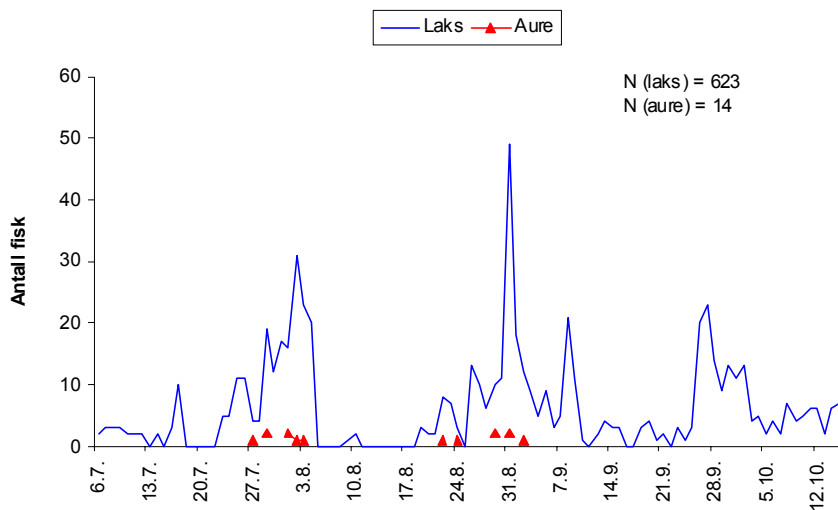
I en full faktoriell multippel regresjon med faktorene vannføring og vanntemperatur var det kun vannføring som ga en signifikant effekt (multippel regresjon, $F_{1,67} = 6,18$, $R^2 = 0,09$, $p=0,02$). Forklaringsgraden var lav, men høy vannføring var korrelert med lavere oppvandring av laks. Faktorene vannføringsendring og vanntemperaturendring ga ingen signifikant effekt på antall oppvandrete laks.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $5,7 \pm 1,4$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $9,8 \pm 1,7$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant ($p = 0,06$).

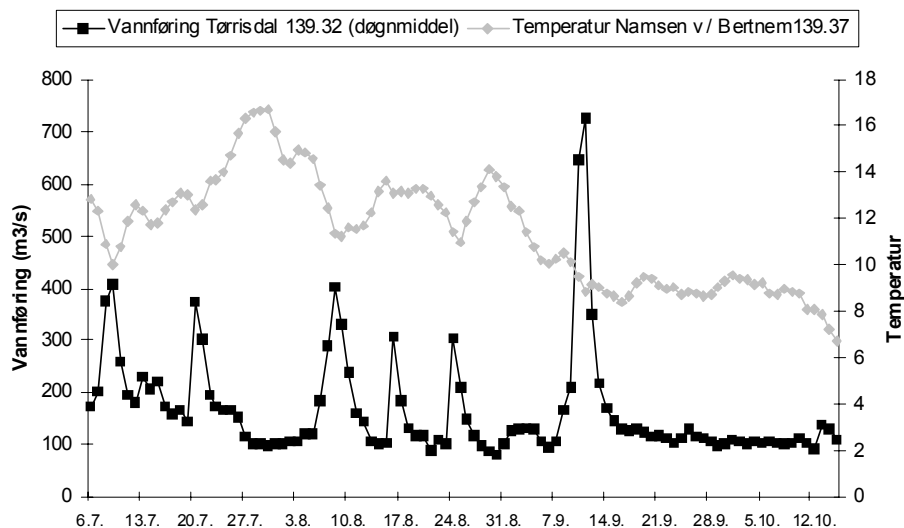
Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $7,6 \pm 1,4$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $6,9 \pm 1,7$ individer. Forskjellen var ikke signifikant ($p = 0,76$).

Det passerte flest laks ved vannføringer i intervallet 80-160 m³/s (Figur 18), og oppvandringen varierte mellom 3 og 13 laks i døgnet ved denne vannføringen. Det var imidlertid ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike vannføringsintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,13$, $p = 0,22$).

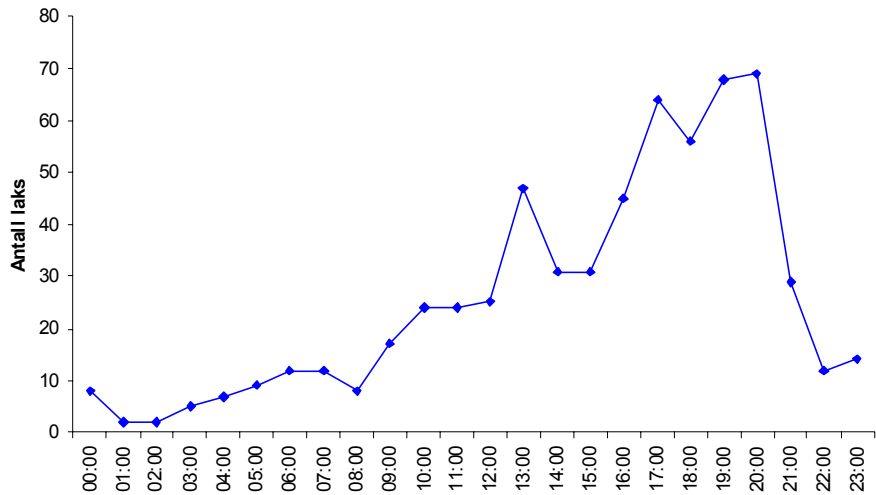
Det passerte flest laks i vanntemperaturintervallet fra 14 til 16°C (Figur 19). Det var imidlertid ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike temperaturintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,10$, $p = 0,45$).



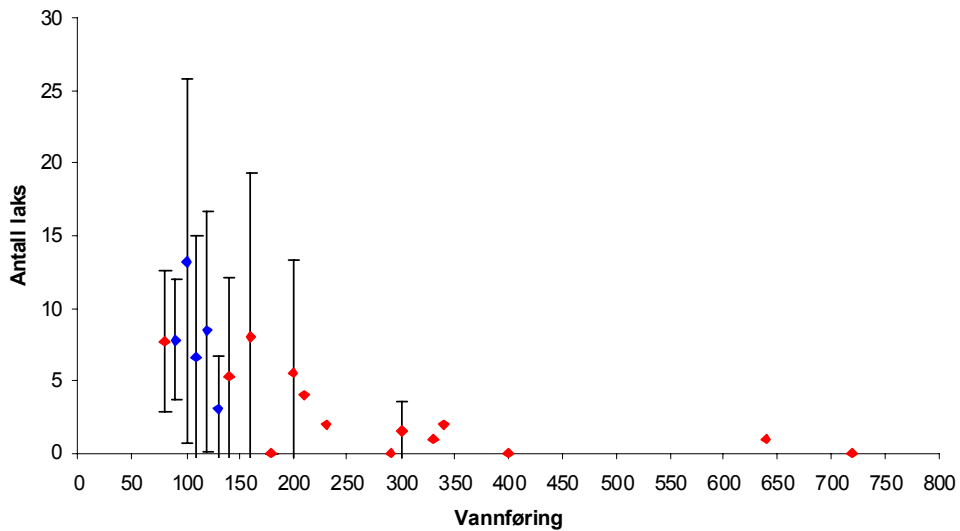
Figur 15 Antall registrerte laks og aure per døgn i Fiskumfoss i Namsen i perioden 6. juli – 15. oktober 2000.



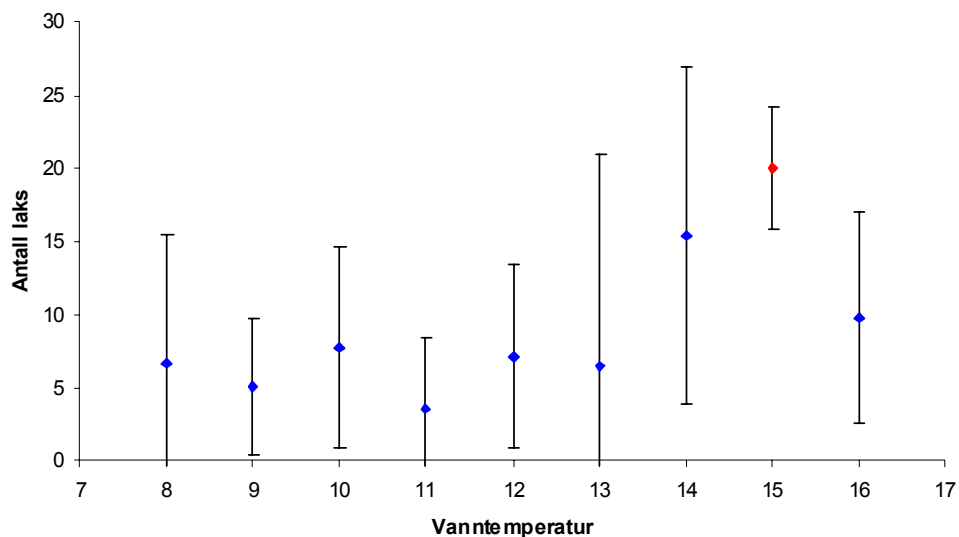
Figur 16 Vannføring og vanntemperatur i Namsen i perioden 6. juli til 15. oktober 2000.



Figur 17 Oppvandring av laks og aure gjennom døgnet i Fiskumfoss i Namsen i 2000. $N(\text{laks}) = 621$.



Figur 18 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Fiskumfoss i Namsen på ulike vannføringer i perioden 27. juli til 2. oktober 2000. Vannføringene er gruppert i $10 \text{ m}^3/\text{s}$ intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er > 4 og blå punkter er intervaller der antall dager < 4 .



Figur 19 Gjennomsnittlig antall laks som passerte Fiskumfoss i Namsen ved ulike temperaturer i perioden 27. juli til 2. oktober 2000. Vanntemperaturene er gruppert i 1° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervall. Røde punkter er intervaller der antall dager < 4. Blå punkter er intervaller der antall dager > 4.

Sandøla (Tømmeråsfoss)

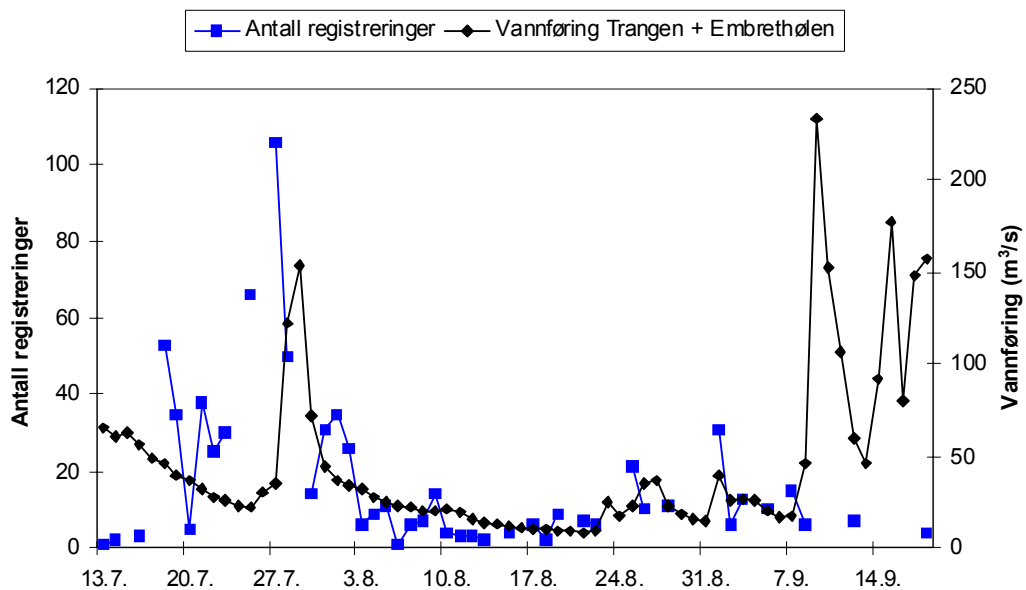
Fra Sandøla har vi kun vannføringsdata. Disse er fra to ulike stasjoner oppstrøms Tømmeråsfoss (Trangen og Embrethølen som ligger i hvert sitt sidevassdrag) (Figur 20, 21, 23 og 25). Vannføringen har variert fra ned mot 0 til over 200 m³/s.

1997

Det ble registrert 754 passeringer i perioden 13. juli til 18. september (Figur 20). Det var 24 dager i perioden uten registreringer. Vi vet ikke om det ble observert null fisk disse dagene eller om telleren ikke ble kontrollert. Av de 754 registreringene var det sannsynligvis et lite innslag av aure og et visst antall ”falske” registreringer. De 10% første passeringene og de 10% siste ble fjernet fra analysen. Oppvandringsperioden ble da fra 20. juli til og med 31. august. Innen denne perioden utelukkes dager som kommer etter en dag hvor det ikke er gjort noen avlesing av telleren eller det var registrert null fisk. Dette ble gjort for å redusere faren for overestimering av oppvandringen på grunn av manglende avlesing dagen i forvegen.

I en lineær regresjon var vannføring signifikant positivt korrelert med antall passeringer ($F_{1,22} = 21,51$, $R^2 = 0,51$, $p < 0,0001$). Vannføringsendring fra dag til dag var ikke korrelert med antall passeringer.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av fisk på $13,8 \pm 3,3$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $17,5 \pm 7,1$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant (t-test, $p = 0,65$).



Figur 20 Antall registrerte passeringer i Tømmeråsfoss i Sandøla og samlet vannføring for stasjonene Trangen og Embrethølen i perioden 13. juli til 18. september 1997. N (registreringer) = 754.

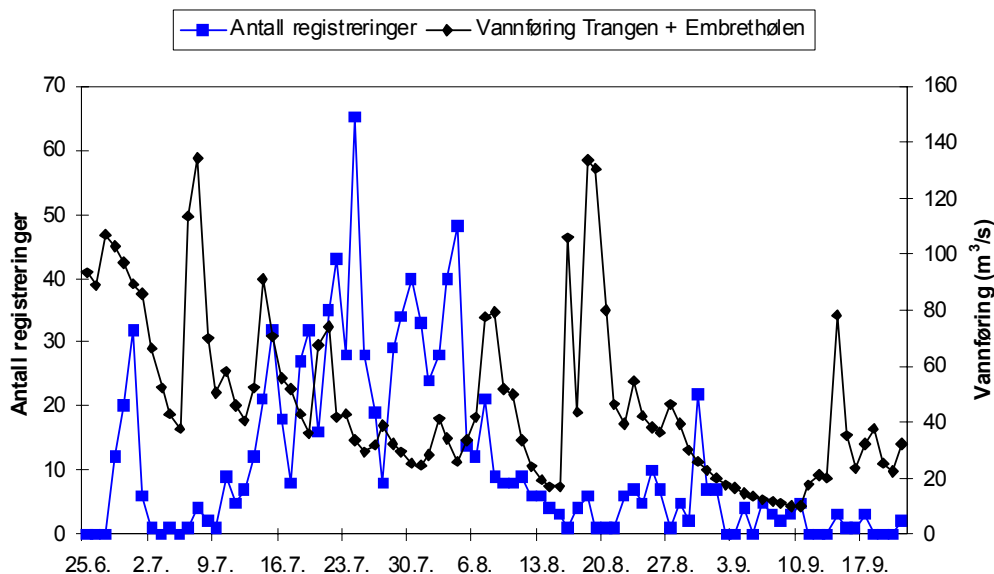
1998

Det ble registrert 994 passeringer i perioden 25. juni til 21. september (Figur 21). De 10% første og de 10% siste passeringene ble fjernet. Oppvandringsperioden i analysen ble da fra 13. juli til 23. august.

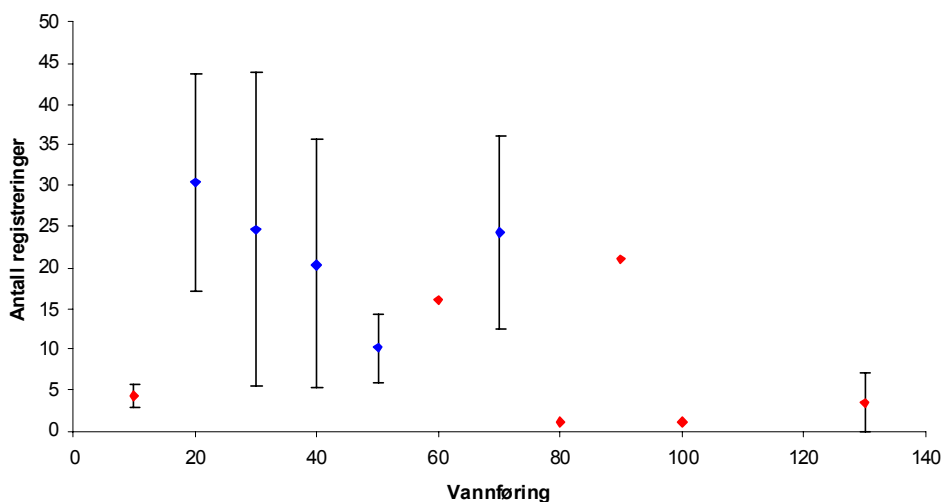
Vannføringen var signifikant negativt korrelert med antall registreringer, men forklaringsgraden var svært lav ($F_{1,41} = 4,11$, $R^2 = 0,09$, $p < 0,049$). Vannføringsendring fra dag til dag var ikke korrelert med antall passeringer.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig passeringer av fisk på $21,2 \pm 3$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $15,5 \pm 3,7$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant ($p = 0,24$).

Det passerte flest laks ved vannføringer i intervallet 20-70 m^3/s (Figur 22), og oppvandringen varierte mellom 10 og 30 laks i døgnet ved denne vannføringen. Det var imidlertid ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike vannføringsintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,20$, $p = 0,18$).



Figur 21 Antall registrerte passeringer i Tømmeråsfoss i Sandøla og vannføring fra Trangen og Embrethølen i perioden 25. juni til 21. september 1998. N (registreringer) = 994.



Figur 22 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Tømmeråsfoss i Sandøla på ulike vannføringer i perioden 13. juli til 23. august 1998. Vannføringene er gruppert i $10 \text{ m}^3/\text{s}$ intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4 .

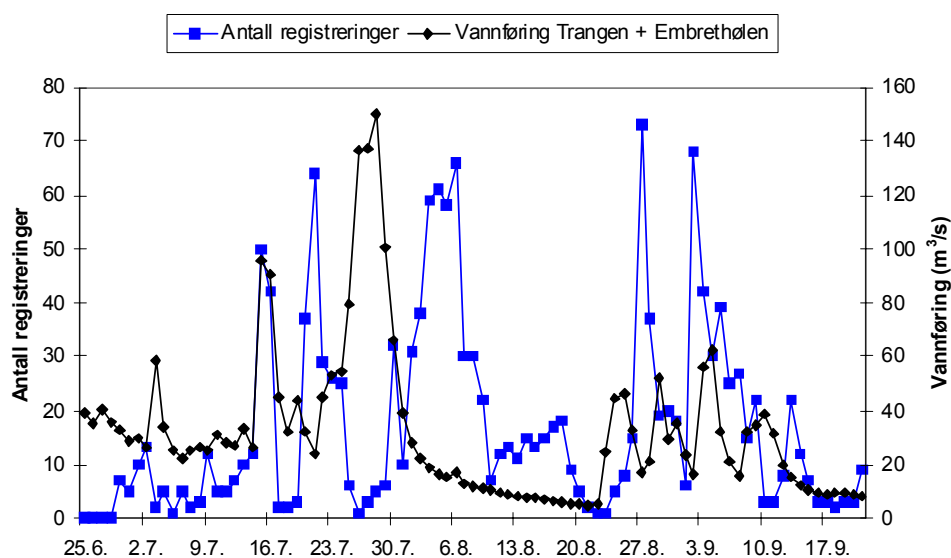
1999

Det ble registrert 1528 passeringer i perioden 25. juni til 21. september 1999 (Figur 23). De 10% første og de 10% siste passeringene ble fjernet. Oppvandringsperioden i analysen ble da fra 16. juli til 6. september.

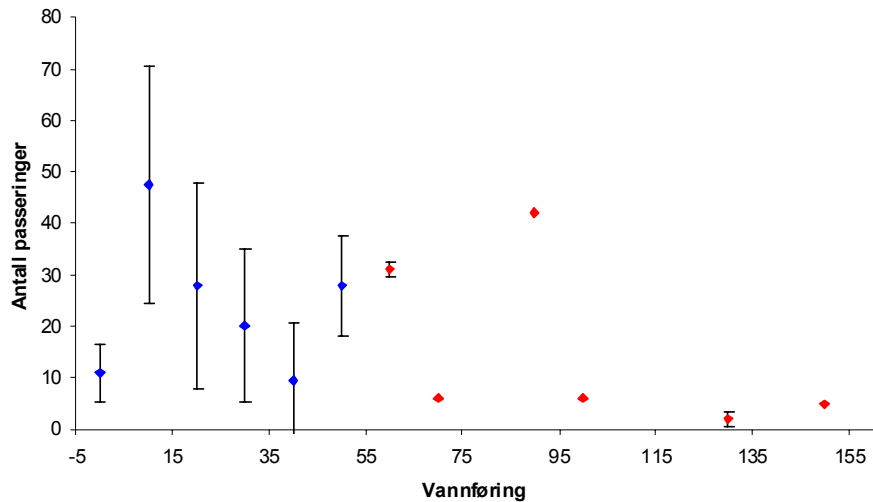
Vannføringen var ikke signifikant korrelert med antall registreringer ($F_{1,52} = 2,45$, $R^2 = 0,05$, $p=0,12$). Vannføringsendring fra dag til dag var heller ikke korrelert med antall passeringer.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av fisk på $25,9 \pm 3,4$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $18,1 \pm 4,7$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant (t-test, $p = 0,18$).

Det passerte flest fisk ved vannføringer i intervallet $10\text{-}60 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figur 24), og oppvandringen varierte mellom 9 og 47 passeringer i døgnet ved denne vannføringen. Antall passeringer ser ut til å være svært lavt når vannføringen synker under $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Det var signifikante forskjeller i antall passeringer mellom de ulike vannføringsintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,48$, $p < 0,0001$).



Figur 23 Antall registrerte passeringer i Tømmeråsfoss i Sandøla i perioden 25. juni til 21. september 1999. N (registreringer) = 1528.



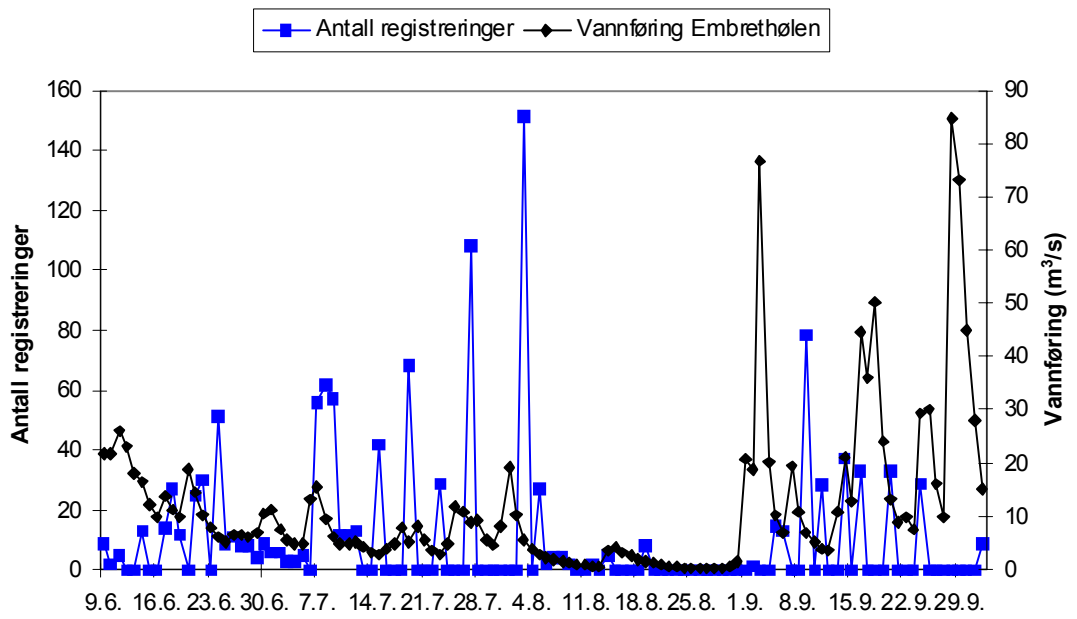
Figur 24 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Tømmeråsfoss i Sandøla på ulike vannføringer i perioden 16. juli til 6. september 1999. Vannføringene er gruppert i 10 m³/s intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4.

2002

Det ble registrert 1200 passeringer i perioden 9. juni til 2. oktober (Figur 25). For 2002 har vi kun vannføringsdata fra Embrethølen (Figur 25). De 10% første passeringene og de 10% siste ble fjernet. Oppvandringsperioden blir da fra 22. juni til og med 14. september. På grunn av manglende avlesing enkelte dager, utelukkes dager som kommer etter en dag hvor det ikke er gjort noen avlesing av telleren eller det ble registrert null fisk. For 2002 gjenstår det da kun 22 dager som kan brukes i analysen.

I en linær regresjon var vannføring ikke signifikant korrelert med antall passeringer ($F_{1,21} = 3,85$, $R^2 = 0,16$, $p < 0,06$). Vannføringsendring fra dag til dag var derimot signifikant negativt korrelert med antall passeringer per dag ($F_{1,21} = 14,87$, $R^2 = 0,42$, $p < 0,001$).

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig passeringer av fisk på $14,5 \pm 4,1$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $8,5 \pm 6,7$ individer. Forskjellen var ikke signifikant (t-test, $p = 0,45$).



Figur 25 Antall registrerte laks per døgn i Tømmeråsfossen i Sandøla i perioden 9. juni til 2. oktober 2002. N (registreringer) = 1200.

Måselv (Måselvfossen)

1999

I perioden 22. mai til 7. juli ble det registrert 4070 passeringer. Det er imidlertid usikkert hva som er reelle passeringer siden telleren ikke ble kontrollert med video. Det ble heller ikke skilt på art. I 1999 har vi heller ikke vanntemperaturdata, kun vannføring. 1999 tas derfor ikke med i videre analyser.

2000

I perioden 22. juni til 16. september ble det registrert 4311 passeringer, fordelt på 4048 laks, 58 sjøaure og 205 sjørøye (Figur 26). Kun laksen benyttes i analysen. De 10% første passeringene og de 10% siste ble fjernet. Oppvandringssesongen i analysen blir da fra og med 19. juli til 18. august. Vannføringen i oppvandringsperioden lå stort sett mellom 100 og 400 m³/s, mens temperaturen generelt lå mellom 8 og 12°C (Figur 27).

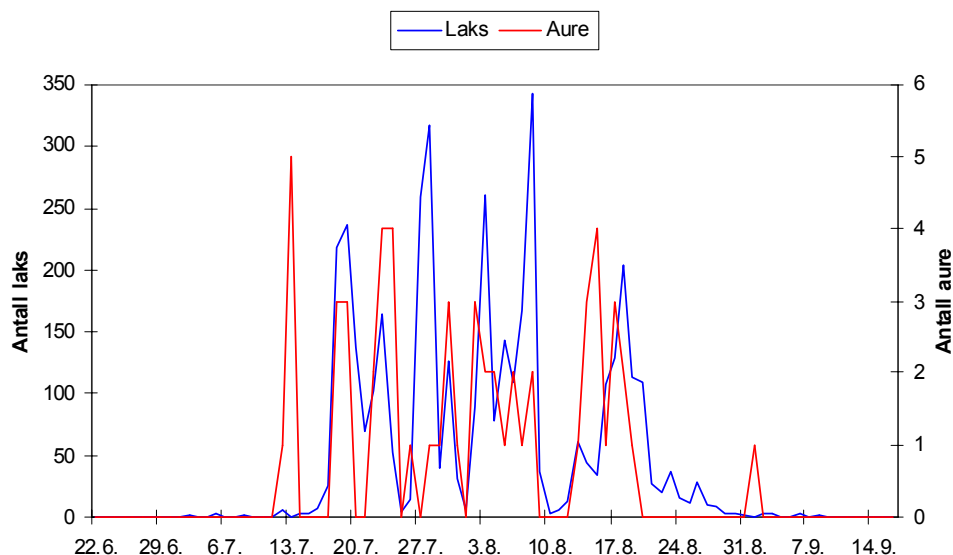
I en full faktoriell multippel regresjon med faktorene vannføring og vanntemperatur var det kun vanntemperatur som ga en signifikant effekt (multippel regresjon, $F_{1,30} = 14,21$, $R^2 = 0,33$, $p = 0,0007$). Økende vanntemperatur var korrelert med økende oppvandring. Faktorene vannføringsendring og vanntemperaturendring ga ingen signifikant effekt på antall oppvandrete laks.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $97,0 \pm 20,3$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $139,3 \pm 31,7$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant (t-test, $p = 0,27$).

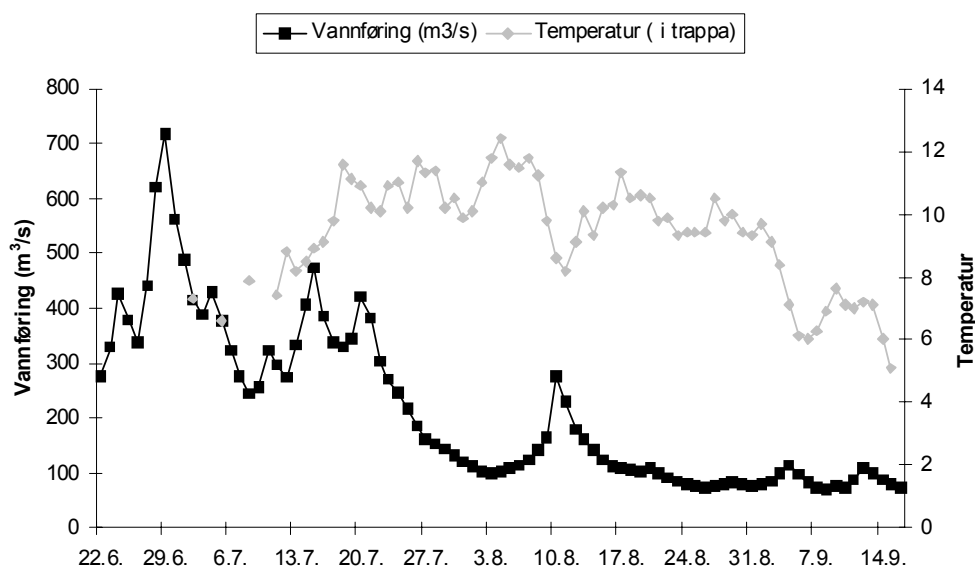
Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $110,5 \pm 24,3$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $107,9 \pm 25,1$ individer. Forskjellen var ikke signifikant ($p = 0,94$).

Det passerte laks ved alle vannføringer i den aktuelle oppvandringsperioden (Figur 28). Det var imidlertid ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike vannføringsintervallene ($N > 4$) (enveis Anova, $R^2 = 0,12$, $p = 0,53$). Det kan imidlertid passere mye laks i laksetrappa også ved svært høye vannføringer (> 300 m³/s).

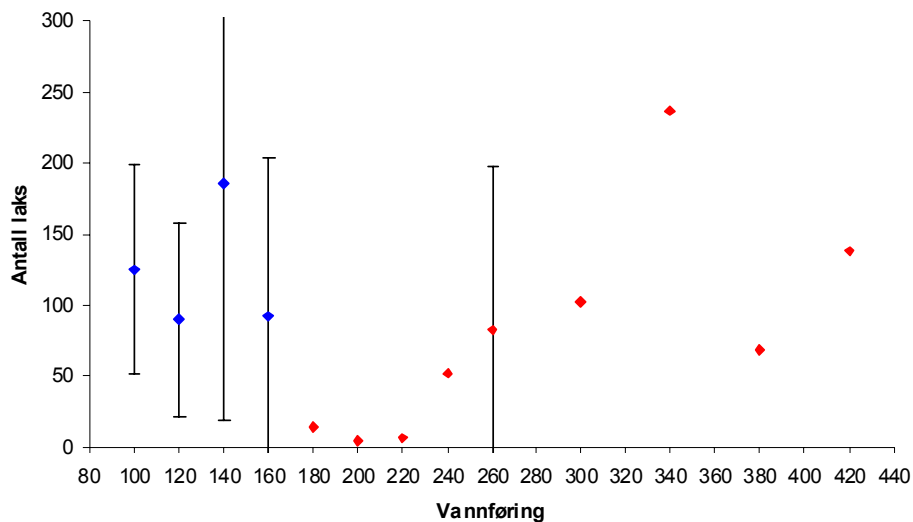
Det passerte flest laks i vanntemperaturintervallet fra 10,5 til 12° C (Figur 29). Det var signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike temperaturintervallene (enveis Anova, $R^2 = 0,42$, $p = 0,01$). Det passerte få laks i laksetrappa når temperaturen var under 10° C.



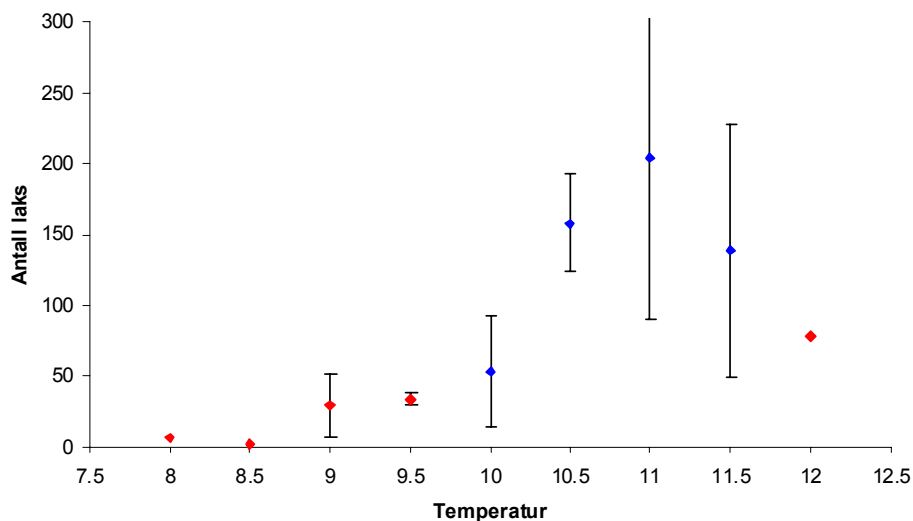
Figur 26 Antall registrerte laks og aure i Målselvfossen i perioden 22. juni til 16. september 2000. $N(\text{laks}) = 4048$, $N(\text{aure}) = 58$. I perioden 19-21. juli var videosystemet ute av drift. Antall fisk som passerte ble estimert ved å ta antall registreringer i telleren og dele på to (= 243). All fisk ble regnet som laks. Dette gjør at ingen aurer ble registrert i dette tidsrommet. Videosystemet var også ute av drift i perioder den 28. juli og 7. august. Antall fisk er da beregnet ut fra antall registrerte fisk fem timer før og fem timer etter kamerastans ($N = 227$).



Figur 27 Vannføring (stasjon 196.35) og temperatur (trappa) i Målselv i perioden 22. juni til 16. september 2000.



Figur 28 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Målselvfossem i Målselv på ulike vannføringer i perioden 19. juli til 18. august 2000. Vannføringene er gruppert i 20 m³/s intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4.



Figur 29 Gjennomsnittlig antall laks og aure som passerte Målselvfossen i Målselv ved ulike temperaturer i perioden 19. juli til 18. august 2000. Vanntemperaturene er gruppert i 0,5° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervall. Røde punkter er intervaller der antall dager < 4. Blå punkter er intervaller der antall dager > 4.

2001

I perioden fra 16. juni til 13. september ble det registrert 4655 passeringer (Figur 30). Av dette var det 4437 laks, 109 aurer og 104 røyer. Kun laksen inngikk i analysen. 10% av laksen på starten og slutten av sesongen ble fjernet. Oppvandringsperioden i analysen blir da fra 9. juli til og med 18. august. Vannføringen i oppvandringsperioden lå stort sett mellom 100 og 200 m³/s, mens temperaturen generelt lå mellom 8 og 12°C (Figur 31).

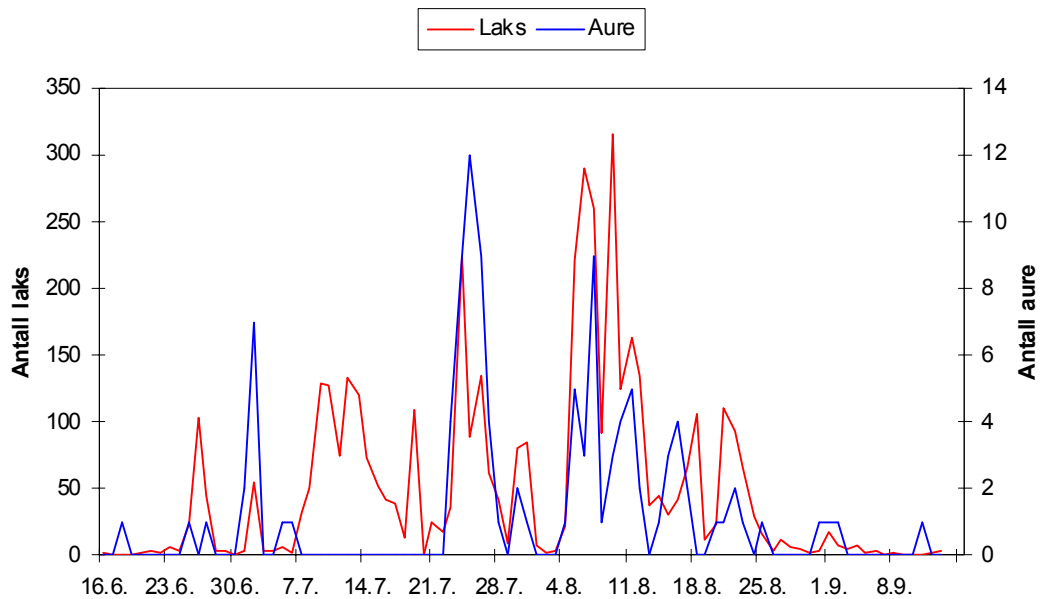
I en multippel regresjon med faktorene vannføring, vanntemperatur, vanntemperaturendring og vannføringsendring var både vanntemperatur ($p = 0,001$), vannføring ($p = 0,02$) og vanntemperaturendring ($p = 0,02$) signifikante (økende) (multippel regresjon, $F_{3,40} = 8,39$, $R^2 = 0,40$, $p = 0,0002$).

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $92,6 \pm 15,8$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $84,1 \pm 20,8$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant (t-test, $p = 0,75$).

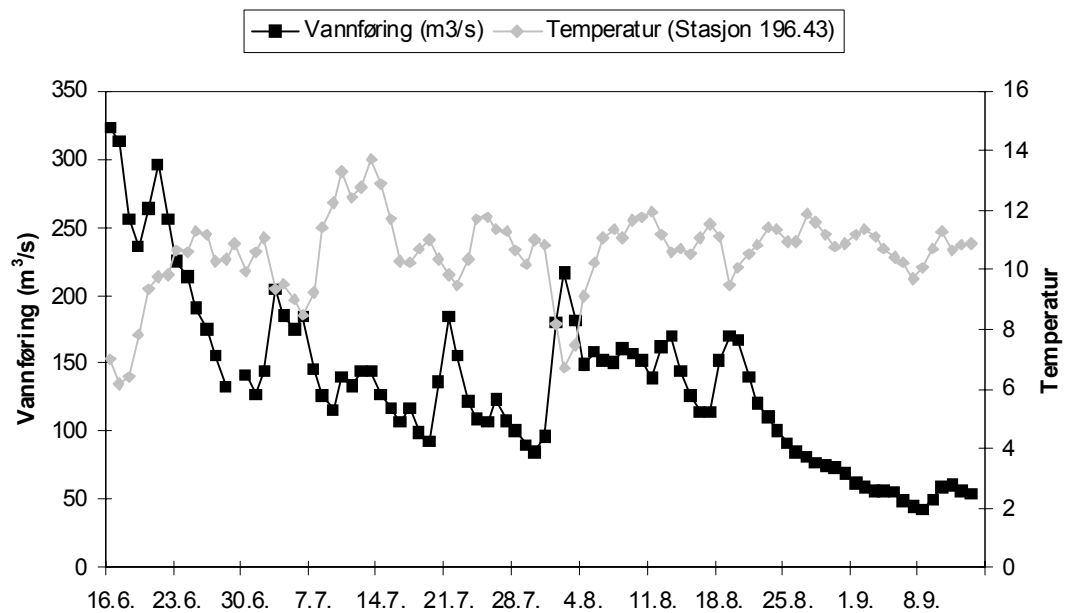
Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $53,1 \pm 16$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $124,2 \pm 15,7$ individer. Forskjellen var signifikant ($p = 0,0029$).

Det passerte laks ved alle vannføringer i den aktuelle oppvandringsperioden, men flest individer passerte ved vannføringer mellom 140 og 160 m³/s (Figur 32). Det var imidlertid ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike vannføringsintervallene ($N > 4$) (enveis Anova, $R^2 = 0,22$, $p = 0,06$).

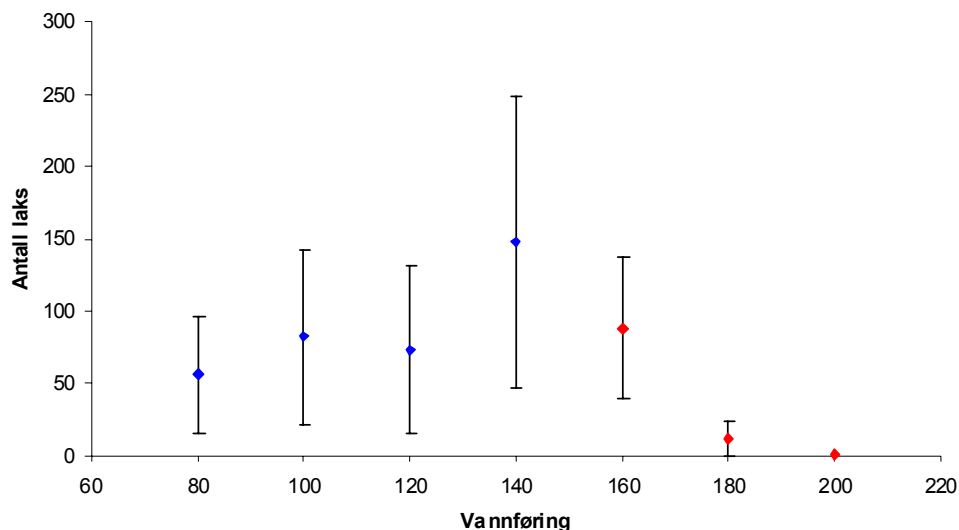
Det passerte flest laks i vanntemperaturintervallet fra 11 til 12° C (Figur 33). Det var signifikante forskjeller i antall passerte laks mellom de ulike temperaturintervallene ($N > 4$) (enveis Anova, $R^2 = 0,27$, $p = 0,045$). Som i 2000 passerte det få laks ved temperaturer under 10° C.



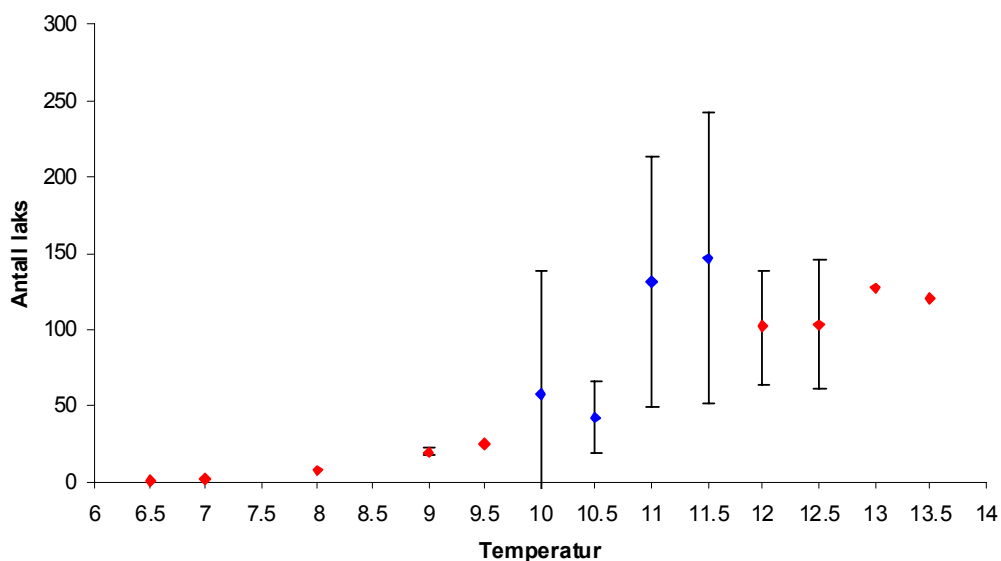
Figur 30 Antall registrerte laks og aure i Målselvfossen i perioden 16. juni til 13. september 2001. $N(\text{laks}) = 3477 (+960)$, $N(\text{aure}) = 109$. I perioden 7-20. juli var videosystemet ute av drift. Antall fisk som passerte ble estimert ved å ta antall registreringer i telleren og dele på to (= 960). All fisk ble regnet som laks. Dette gjør at ingen aurer ble registrert i dette tidsrommet.



Figur 31 Vannføring (stasjon 196.35) og temperatur (stasjon 196.43) i Målselv i perioden 16. juni til 13. september 2001.



Figur 32 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketrappa i Målselvfossem i Målselv på ulike vannføringer i perioden 9. juli til 18. august 2001. Vannføringene er gruppert i 20 m³/s intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4.



Figur 33 Gjennomsnittlig antall laks som passerte Målselvfossem i Målselv ved ulike temperaturer i perioden 9. juli til 18. august 2001. Vanntemperaturene er gruppert i 0,5° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervall. Røde punkter er intervaller der antall dager < 4. Blå punkter er intervaller der antall dager > 4.

Skjoma

I Skjoma ble det registrert fisk i perioden 20. juni til 6. oktober 2001. Det registreres både fisk som vandrer opp og ned i elva. Det ble registrert 124 laks som vandret opp og 15 som vandret ned (Figur 34). Av de 124 som vandret opp var artsbestemmelsen sikker på 91 individer, usikker på 33 individer. Alle de 124 individene på vei opp er i utgangspunktet tatt med i analysen. Vi fjerner imidlertid de 10% første og de 10% siste passeringene. Oppvandringssesongen blir da fra og med 3. juli til og med 18. august for laksen.

Det ble registrert 814 aurer totalt. Av disse ble 630 registrert på vei opp (Figur 34) og 184 på vei ned. Av de 630 som vandret opp var artsbestemmelsen sikker på 550 individer, usikker på 72 individer og svært usikker på 8 individer. Alle individer som vandret opp er i utgangspunktet tatt med i analysen. De 10% første og de 10% siste passeringene ble imidlertid fjernet. Oppvandringssesongen blir da fra og med 16. juli til og med 13. august for auren. Det ble også registrert 70 røyer. Av disse vandret 38 opp og 32 ned. Disse er imidlertid ikke inkludert i analysen.

Vannføringen i oppvandringsperioden lå stort sett mellom 1 og 10 m³/s, mens temperaturen generelt lå mellom 8 og 12°C (Figur 35).

Laks

I en full faktoriell multippel regresjon med faktorene vannføring og vanntemperatur var det bare vannføring som var signifikant (multippel regresjon, $F_{1,46} = 8,39$, $R^2 = 0,16$, $p=0,006$). Forklaringsgraden var imidlertid lav. Høy vannføring var korrelert med økt antall passerte laks. Faktorene vannføringsendring og vanntemperaturendring ble også testet. Vanntemperaturendringen var negativt korrelert med antall oppvandrede laks (multippel regresjon, $F_{1,46} = 9,96$, $R^2 = 0,18$, $p=0,003$).

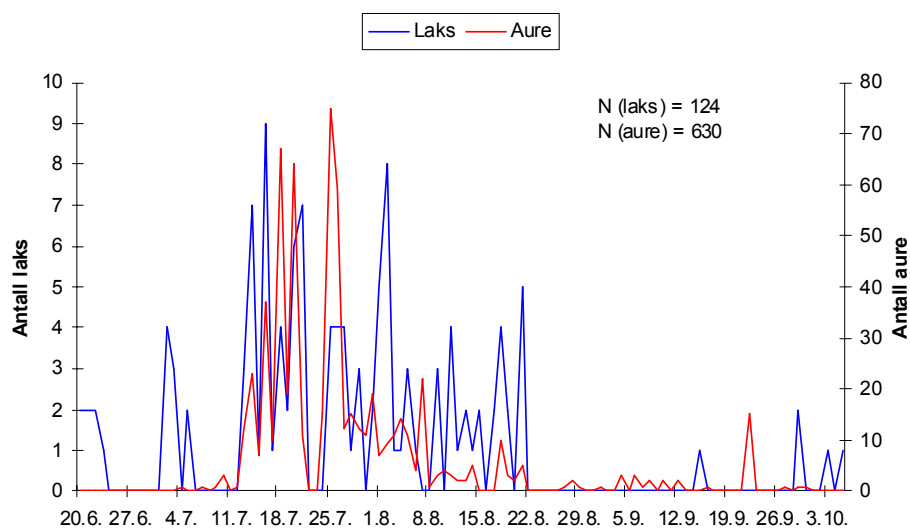
Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $1,4 \pm 0,4$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $3,4 \pm 0,5$ individer. Forskjellen var signifikant (t-test, $p = 0,004$).

Vandringsaktiviteten var minst om dagen og størst om natten fra 2300 til ca 0400 (Figur 36).

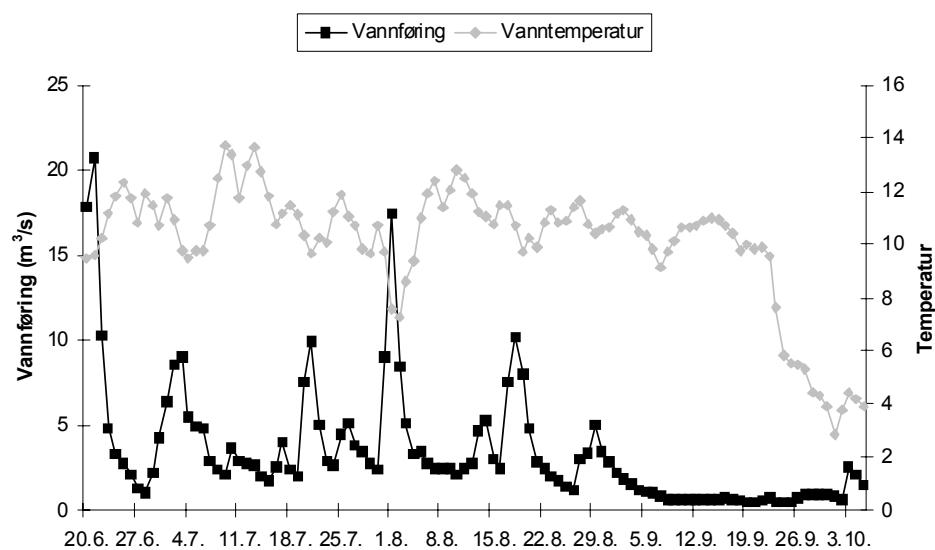
Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $3 \pm 0,4$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $1,1 \pm 0,5$ individer. Forskjellen var signifikant ($p = 0,005$).

Det var en relativt lav, men jevn oppvandring av laks mellom 2 og 5 m³/s (Figur 37). Ved økende vannføringer var antall oppvandrede laks høyere, men antall dager med vannføringer i disse intervallene var lavt. Det var ikke signifikante forskjeller mellom antall oppvandrede laks ved vannføringer mellom 2 og 5 m³/s ($p = 0,99$).

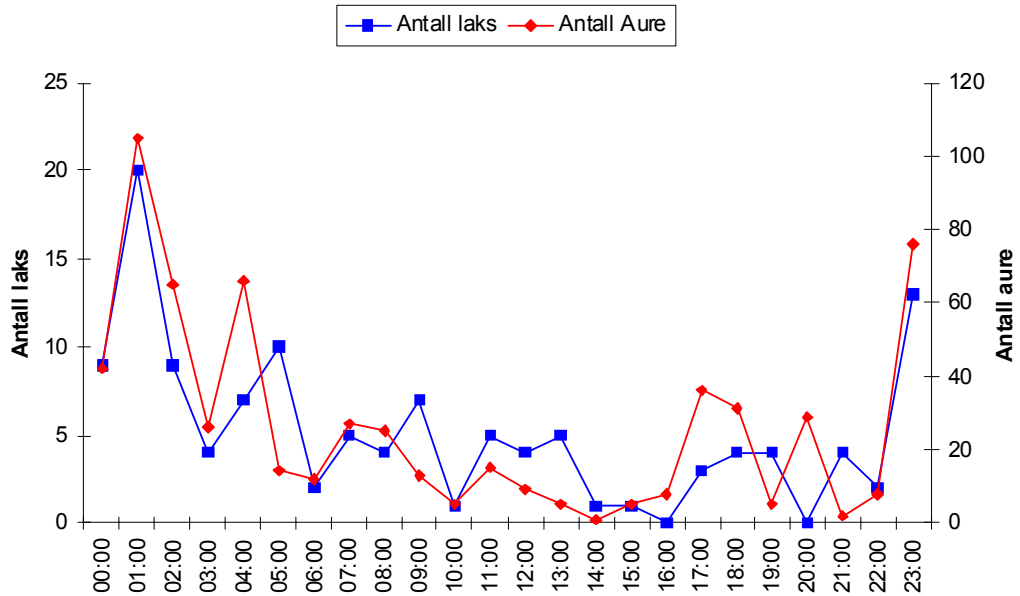
Det var en relativt lav, men jevn oppvandring av laks ved temperaturer mellom 9 og 12° C (Figur 38). Det var ikke signifikante forskjeller i antall passerte laks i temperaturintervallet fra 9 til 12° C ($p = 0,70$).



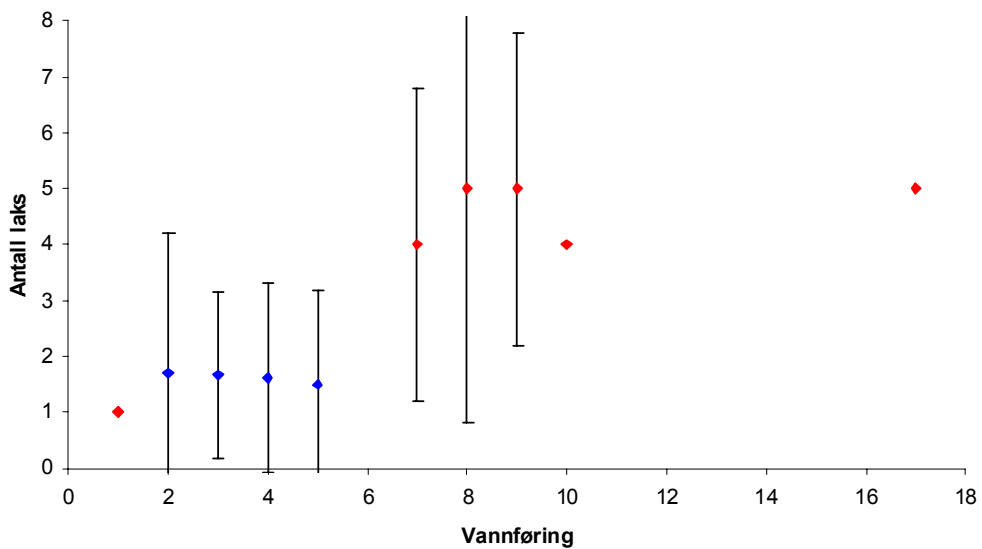
Figur 34 Antall registrerte laks og aure per døgn i Skjoma (åpen elvestrekning) i perioden 20. juni – 6. oktober 2001.



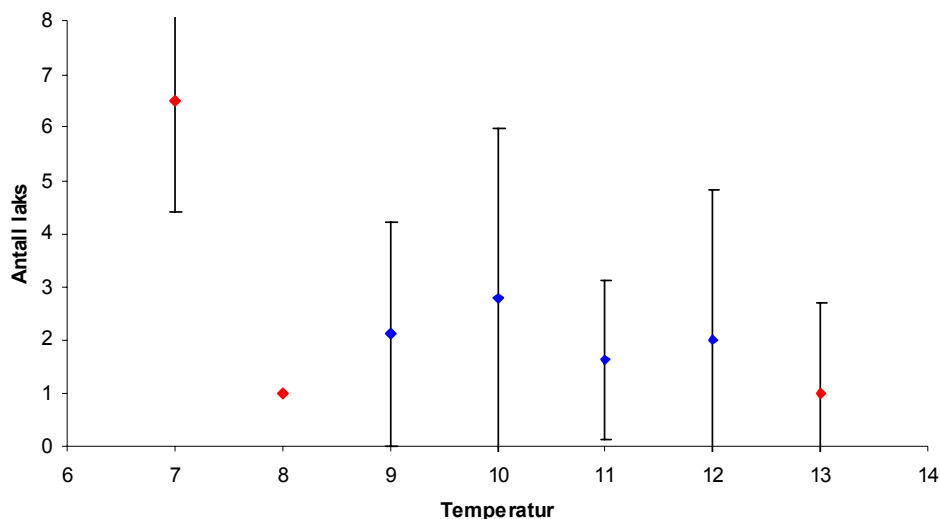
Figur 35 Vannføring (stasjon 173.22) og vanntemperatur (stasjon 173.24) i Skjoma i perioden 20. juni til 5. oktober.



Figur 36 Antall registrerte laks ($N = 124$) og aure ($N = 630$) per døgn i Skjoma i perioden 20. juni – 5. oktober 2001.



Figur 37 Gjennomsnittlig antall laks som passerte fisketelleren i Skjoma på ulike vannføringer i perioden 3. juli til 18. august 2001. Vannføringene er gruppert i $1 \text{ m}^3/\text{s}$ intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4 .



Figur 38 Gjenomsnittlig antall laks som passerte fisketelleren i Skjoma ved ulike temperaturer i perioden 3. juli til 18. august 2001. Vanntemperaturene er gruppert i 1° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervall. Røde punkter er intervaller der antall dager < 4. Blå punkter er intervaller der antall dager > 4.

Aure

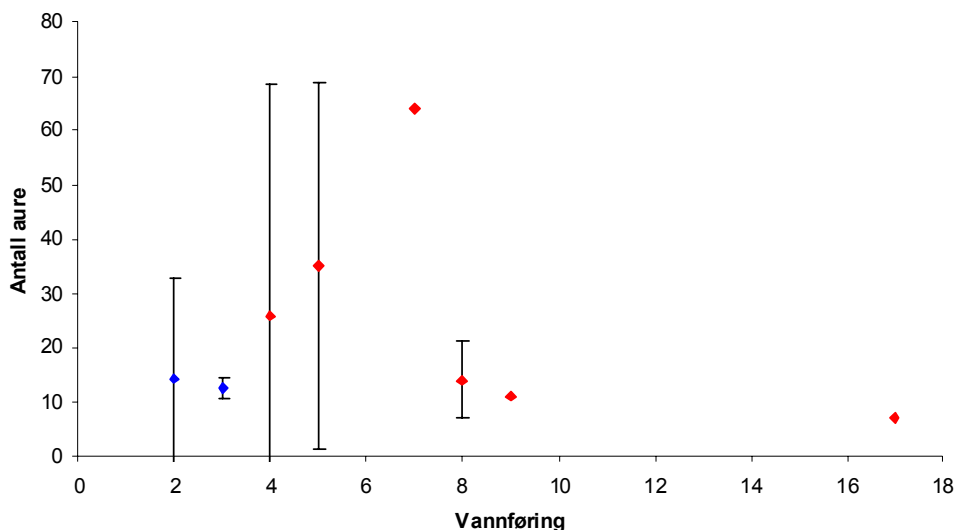
I en full faktoriell multipl regresjon med faktorene vannføring og vanntemperatur var verken vannføring eller vanntemperatur signifikant korrelert med oppvandring (multipl regresjon, $F_{2,28} = 0,44$, $R^2 = 0,03$, $p = 0,56$). Vanntemperaturendring eller vannføringsendring var heller ikke signifikant korrelert med oppvandring.

Dager med minkende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring av aure på $13,5 \pm 5,3$ (standard feil) individer, mens dager med økende vannføring hadde en gjennomsnittlig oppvandring på $23,3 \pm 5,8$ individer. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant (t-test, $p = 0,22$).

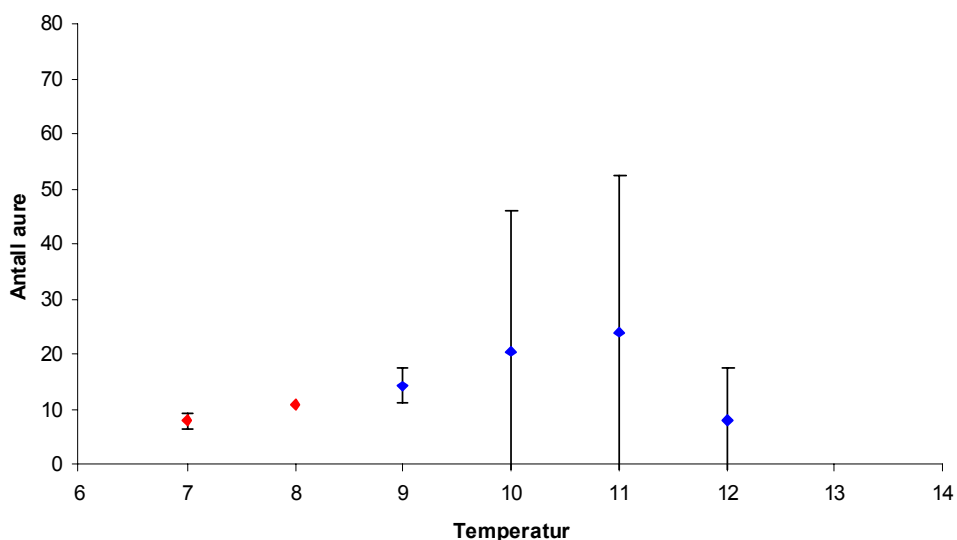
Dager med synkende temperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring av laks på $17 \pm 5,4$ individer mens dager med økende vanntemperatur hadde en gjennomsnittlig oppvandring på 19 ± 6 individer. Forskjellen var ikke signifikant ($p = 0,81$).

Det var ingen signifikant forskjell i gjennomsnittlig antall oppvandrende aure mellom vannføringsintervallene 2 og 3 m³/s ($p = 0,82$) (Figur 39). Variasjonen innen en gitt vannføring i antall oppvandrende individer var til dels stor.

Det var et økende antall oppvandrende aure ved temperaturer fra 7 til 11° C, men forskjellen mellom gruppene var ikke signifikant ($p = 0,64$) (Figur 40).



Figur 39 Gjennomsnittlig antall aure som passerte fisketelleren i Skjoma på ulike vannføringer i perioden 16. juli til 13. august 2001. Vannføringene er gruppert i 1 m³/s intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med vannføringer i det aktuelle intervall. Røde punkter indikerer intervaller der antall dager er < 4 og blå punkter er intervaller der antall dager > 4.



Figur 40 Gjennomsnittlig antall aure som passerte fisketelleren i Skjoma ved ulike temperaturer i perioden 16. juli til 13. august 2001. Vanntemperaturene er gruppert i 1° C intervaller. Antall passerte fisk er gjennomsnittet av antall fisk som har passert på dagene med temperaturer i det aktuelle intervall. Røde punkter er intervaller der antall dager < 4. Blå punkter er intervaller der antall dager > 4.

Generelle trekk

Sammenlignende analyse vha prosentvis avvik i forhold til middelerverdier

Sandøla 1998 og 1999

For Sandøla har vi bare vannføringsdata. Når 1998 og 1999 ble slått sammen var prosentvis avvik i vannføring negativt korrelert med prosentvis avvik i antall laks. Det vil si at når vannføringene i Sandøla økte i forhold til middelerverdien så var oppvandringen per dag synkende i forhold til middelerverdien ($F_{1,94} = 5,5$, $R^2 = 0,06$, $p < 0,02$). Dette er i tråd med resultatene fra 1998 når årsdatasettene ble analysert separat, men ikke for 1999 da det ikke ble funnet en signifikant sammenheng mellom vannføring og antall passeringer.

Suldalslågen 2001 og 2002

Datasettene fra 2001 og 2002 i Suldalslågen ble slått sammen og oppvandringen analysert i en full faktoriell modell med faktorene prosentvis avvik i vannføring og prosentvis avvik i vanntemperatur. Da var det kun prosentvis avvik i vanntemperatur som var signifikant faktor ($F_{1,125} = 18$, $R^2 = 0,13$, $p < 0,0001$). Det vil si at dager med vanntemperatur høyere enn middel ga en oppvandring høyere enn middelet. Denne tendensen er den samme som ble funnet når dataene ble analysert per år og med parametrene vannføring og vanntemperatur (jfr. kap. om Suldalslågen).

Målselv 2000 og 2001

Datasettene fra 2000 og 2001 i Målselva ble slått sammen og oppvandringen analysert i en full faktoriell modell med faktorene prosentvis avvik i vannføring og prosentvis avvik i vanntemperatur. Da var det kun prosentvis avvik i vanntemperatur som var signifikant faktor ($F_{1,71} = 23,7$, $R^2 = 0,25$, $p < 0,0001$). Det vil si at dager med vanntemperatur høyere enn middel ga en oppvandring høyere enn middelet. Dette er i tråd med resultatene når årsdatasettene ble analysert separat.

Alle vassdrag

Dataene fra Sandøla ble utelatt på grunn av manglende vanntemperatur. Én dag (5. aug 2002) i Suldal ble fjernet på grunn av manglende vannføring. To dager (10.-11. sept 2000) i Namsen ble fjernet pga flom. Vannføringene her var henholdsvis 645 og 725 m³/s. Dette var nesten dobbelt så mye som den nest høyeste flomtoppen.

I en full faktoriell multippel regresjon med faktorene avvik vannføring (%) og avvik vanntemperatur (%) var prosentvis avvik i vanntemperatur signifikant positivt korrelert med prosentvis avvik i antall laks ($F_{1,310} = 16,4$, $R^2 = 0,05$, $p < 0,0001$). Prosentvis avvik i vannføringen i forhold til middelvannføringen var ikke signifikant.

Sammenlignende analyse ved hjelp av indekser

Sandøla 1998 og 1999

For Sandøla har vi bare vannføringsdata. Når 1998 og 1999 ble slått sammen var vannføringsindeks negativt korrelert med indeks antall laks. Det vil si at høye indekser for vannføring ga lave indekser for antall fisk ($F_{1,94} = 6,5$, $R^2 = 0,07$, $p < 0,01$). Dette er samme tendens som når det ble benyttet prosentvis avvik fra middelverdien.

Suldalslågen 2001 og 2002

Datasettene 2001 og 2002 i Suldalslågen ble slått sammen og oppvandringen analysert i en full faktoriell modell med faktorene indeks vannføring og indeks vanntemperatur. Da var det kun indeks vanntemperatur som var signifikant faktor ($F_{1,125} = 13,4$, $R^2 = 0,10$, $p = 0,0004$). Det vil si at dager med høy vanntemperaturindeks ga en høy oppvandringsindeks. Dette er i tråd med resultatene når det ble benyttet prosentvis avvik fra middelverdien.

Målselv 2000 og 2001

Datasettene fra 2000 og 2001 i Målselva ble slått sammen og oppvandringen ble analysert i en full faktoriell modell med faktorene indeks vannføring og indeks vanntemperatur. Da var det kun indeks vanntemperatur som var signifikant faktor ($F_{1,71} = 23,8$, $R^2 = 0,25$, $p < 0,0001$). Det vil si at dager med høy vanntemperaturindeks ga en høy oppvandringsindeks. Dette er i tråd med resultatene når det ble benyttet prosentvis avvik fra middelverdien.

Alle vassdrag

Sandøla er utelatt samt enkelte dager for Suldalslågen og Namsen (som i foregående kapittel). I en full faktoriell multipl regresjon med faktorene indeks vanntemperatur og indeks vannføring var kun faktoren indeks vanntemperatur signifikant ($F_{1,310} = 21$, $R^2 = 0,06$, $p < 0,0001$). Dette er i tråd med resultatene når det ble benyttet prosentvis avvik fra middelverdien.

Kategoriserte indekser:

Utgangspunktet er indeksene for vannføring og vanntemperatur som ble benyttet i foregående kapittel. Indeksene ble gruppert i intervaller på 0,1. For eksempel havnet alle dager med vannføringsindekser mellom 0,85 og 0,94 i 0,9-intervallet. Dette ble sammenlignet med indeks for antall oppvandrende laks og testet for signifikant forskjellig oppvandring mellom gruppene.

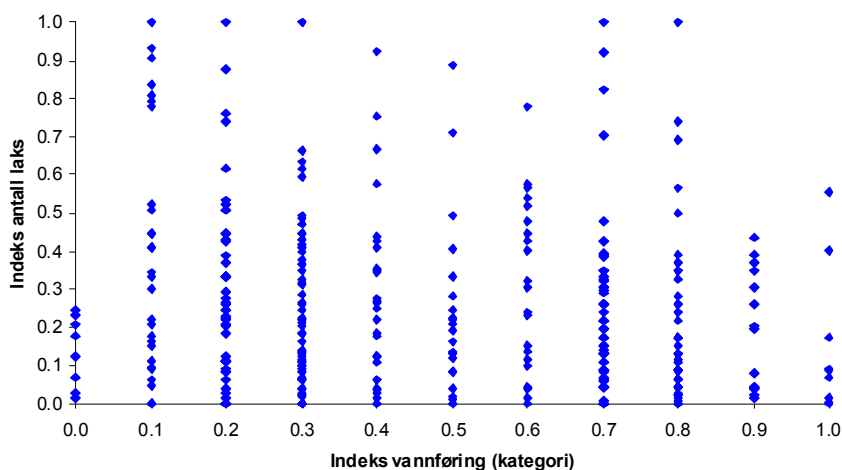
Vannføring

Alle vassdrag og år ble slått sammen. Én dag fra Suldalslågen og to dager fra Namsen ble fjernet fra materialet på grunn av manglende data og flom. Det var signifikante forskjeller i oppvandring mellom de ulike vannføringsgruppene (enveis Anova, $F_{10,405} = 2,1$, $R^2 = 0,05$, $p = 0,03$) (Figur 41). Det var imidlertid bare vannføringskategoriene

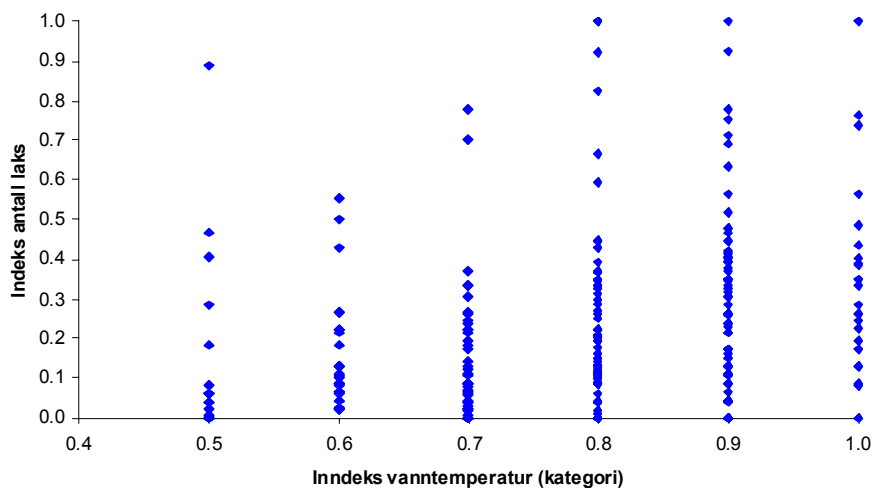
0,8 og 0,1 som var signifikant forskjellige fra hverandre med tanke på indeks antall laks (Tukey-Kramer HSD-test).

Vanntemperatur

Alle vassdrag og år ble slått sammen. Sandøla ble utelatt på grunn av manglende vanntemperaturdata. Det var signifikante forskjeller i oppvandring mellom de ulike vanntemperaturgruppene (enveis Anova, $F_{5,313} = 5,6$, $R^2 = 0,08$, $p < 0,0001$) (Figur 42).



Figur 41 Indeks vannføring mot indeks antall laks for alle vassdrag og år slått sammen. Indeks 0,0 betyr at vannføringen var mindre eller lik $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 42 Indeks vanntemperatur mot indeks antall laks for alle vassdrag og år slått sammen. Sandøla er utelatt på grunn av manglende vanntemperaturdata.

Oppsummering av resultater

I Suldalslågen og Måselva var det begge år en sterkt signifikant positiv korrelasjon mellom vanntemperatur og oppvandring. For de andre undersøkte vassdragene var det ingen sammenheng mellom oppvandring og temperatur. Temperaturøkning ga økt oppvandring Suldalslågen i 2002 og i Måselva i 2001. I Skjoma var det sterk negativ korrelasjon mellom temperaturøkning og oppvandring.

I Skjoma var det sterk positiv sammenheng mellom vannføring og oppvandring. I Måselva i 2001 var det også positiv sammenheng mellom vannføring og oppvandring. I Namsen og i Sandøla i 1998 var det negativ korrelasjon mellom vannføring og oppvandring.

Tabell 3: Sammenhengen mellom oppvandringsintensitet for laks og faktorene: absolutt vannføring, absolutt temperatur, vannføringsendring og temperaturendring. 0 = ikke signifikant ($p > 0,05$), + = signifikant (p mellom 0,05 og 0,01) (positiv sammenheng), ++ = sterk signifikant ($p < 0,01$) (positiv sammenheng), - = signifikant ($p < 0,05$) (negativ sammenheng), -- = sterk signifikant ($p < 0,01$) (negativ sammenheng), ? = manglende data.

	År	Vannføring	Temperatur	Vannførings- endring	Temperatur- endring
Suldalslågen	2001	0	++	0	0
	2002	0	++	++	++
Namsen	2000	-	0	0	0
Sandøla	1998	-	?	0	?
	1999	0	?	0	?
Måselva	2000	0	++	0	0
	2001	+	++	0	+
Skjoma	2001	++	0	0	--

5 Diskusjon

Vassdragenes størrelse og geografiske plassering

En av målsettingene med prosjektet var å framskaffe kunnskap som er overførbart mellom vassdrag. Dette forutsetter tilstrekkelig variasjon både i geografisk spredning, vassdragenes størrelse og at vassdragene har et tilstrekkelig antall fisk innen de artene som blir undersøkt.

Elvene som ble benyttet i denne undersøkelsen, ligger fra Rogaland i sør til Troms i nord. Den geografiske spredningen er derfor relativt god, men antall benyttede vassdrag er lavt.

Fire av de vassdragene som inngår i undersøkelsen er store vassdrag. Bare Skjoma må sies å være i mellomklassen. Det er ikke innhentet data fra typiske små vassdrag. Resultatene kan derfor ikke benyttes til å si noe om hvordan vannføring og temperatur styrer oppvandringen av laks og sjørøtt i små vassdrag. Resultatene i denne undersøkelsen viser i store trekk at temperatur er viktigere for oppvandringstidspunkt enn vannføringen på de undersøkte lokalitetene. Dette kan ha sammenheng med størrelsen på vassdragene som inngår i undersøkelsen hvor vannføringen sjelden blir så liten at det i seg selv skaper problemer for oppvandringen. I Skjoma, som er det klart minste vassdraget, var imidlertid vannføringen viktigere enn temperatur. Skjoma er også sterkt regulert med liten minstevannføring. Resultatene kan imidlertid ikke benyttes til å fastslå at dette er regelen i mindre laks- og sjøaurevassdrag.

Det finnes både laks og sjøaure i alle de fem vassdragene som inngår i undersøkelsen. Det er imidlertid bare Suldalslågen og Skjoma som har et tilstrekkelig antall oppvandrende sjørøtt til at de kan benyttes som grunnlag for konklusjonene. Undersøkelsen gir derfor et bedre bilde av situasjonen når det gjelder laks enn for sjørøtt.

Plassering av tellere

Det er godt kjent at fisk ikke passerer enkelte vandringshinder under spesielt ugunstige forhold. Dette gjelder både vanntemperatur- og vannføringsforhold. Laksen kan imidlertid starte oppvandringen i elver ved relativt lave temperaturer. Laks fra elvene Tay og Spey vandret opp fra estuariet når temperaturen var så lav som 1°C, (Menzies 1939). Når temperaturen var under 5,5°C, vandret de aldri forbi større hindringer, men vandret fritt ved høyere temperaturer. Dette er også rapportert for fisketrappa ved Pitlochry Dam i River Tay vassdraget (Pyefinch 1955). Det er derfor avgjørende for resultatene om fisketellerne i de undersøkte vassdragene er plassert i seksjoner av vassdragene hvor oppvandring er problematisk, eller om de er plassert på strekninger hvor oppvandring i utgangspunktet er ukomplisert. I de undersøkte vassdragene ligger fire av tellelokalitetene i fisketrappene. Det kan derfor hevdes at

undersøkelsen presenterer resultater som viser funksjonaliteten av disse fisketrappene i like stor grad som vandringsadferden i vassdragene generelt. Det er imidlertid et faktum at det finnes fisketrapper i ca halvparten av alle norske laksevassdrag. Det er derfor av stor interesse å få kunnskap om hvordan vannføring og vanntemperatur påvirker vandringsadferden ved fisketrapper og andre vandringshinder.

Det er tidligere vist at det er forskjeller på krav til vannføring og vanntemperatur når fisken går fra sjøvann til ferskvann sammenlignet med tilsvarende krav ved passering av vandringshinder i elva (Jensen et al. 1986). Når det gjelder de undersøkte vassdragene, er det bare Skjoma hvor tellingen foregår langt nede i vassdraget og helt uavhengig av fisketrapp eller annen form for vandringshinder. Dette kan kanskje forklare forskjellen mellom resultatene fra Skjoma og de andre undersøkte vassdragene.

Det er derfor mulig at resultatene for Skjoma, som viste en klar sammenheng med økende oppvandring ved høyere vannføring, kan ha sammenheng med at det er ved slike forhold at flest fisk velger å starte oppvandringen i vassdrag. Ved vandringshindere, slik som ved tellelokalitetene i de øvrige vassdragene, kan det være andre forhold som er mer avgjørende. Mye tyder på at temperatur er den viktigste parameteren ved fisketrapper og vandringshindere. Dette var tilfellet for flere av datasettene i undersøkelsen og for alle vassdragene samlet.

Temperatur

I de seks datasettene som inngikk i temperaturundersøkelsen, varierte temperaturen i undersøkelsesperioden fra 8 °C (Skjoma) til 16,5°C (Namsen). Undersøkelsen gir derfor ikke svar på hvilken effekt spesielt lav og spesielt høy temperatur har på oppvandringen.

Det samlede materialet fra undersøkelsen viste en klar sammenheng mellom økt oppvandring ved høyere temperaturer. Unntaket fra dette er Skjoma hvor oppvandringen var negativt korrelert med vanntemperaturen. Dette har sannsynligvis sammenheng med at tellingen i Skjoma foregår på en flat elvestrekning nær utløpet av elva. Det er også tidligere vist at fisk kan vandre opp i nedre deler av vassdragene ved svært lave temperaturer (Menzies 1939). De andre fisketellerne står plassert i fisketrapper som må betraktes som vandringshinder selv om de fungerer godt under de fleste forhold. Det er godt dokumentert at laksefisk ikke passerer vandringshindre når temperaturen blir lav (Jensen et al. 1986). Selv om temperaturen varierte svært lite, slik som i Suldal i 2001, var det en sterk signifikant økning i oppvandring ved de høyere temperaturene. Dette kunne i utgangspunktet skyldes at det var mer fisk tilgjengelig i systemet i deler av sesongen med de høyeste temperaturene, men det var ingen tendens til at det var høyere eller lavere temperatur i endene av forsøksperioden. Undersøkelsen viser, ut fra resultatene i både Suldalslågen, Namsen og Målselva at økt temperatur, innenfor det temperaturintervallet som inngår i undersøkelsen, gir økt oppvandring gjennom vandringshinder slik som fisketrapper.

Vannføring

Økende vannføring er antatt å være den viktigste faktoren som initierer oppvandring av laks (Williamson 1843; Huntsman 1939; Hayes 1953; Harriman 1961; Banks 1969; Gudjonsson 1978; Jonsson et al. 1990; Jonsson 1991; Jensen et al. 1998).

Av de fem vassdragene som er med i denne undersøkelsen er fire av dem store eller relativt store vassdrag (Målselva, Suldalslågen, Namsen og Sandøla). Dette kan være en mulig forklaring på at det er et uklart bilde når det gjelder sammenhengen mellom den absolutte vannføringen og oppvandring av fisk. Det samlede materialet ga ingen sammenheng mellom oppvandring av fisk i fisketrappene og vannføring.

I store vassdrag er det rimelig å anta at vannføringen i mindre grad er styrende for oppvandringen enn i små vassdrag. Dessuten ligger fisketellerne i fire av de undersøkte vassdragene i fisketrapper. Det er kjent at enkelte fisketrapper fungerer dårligere ved spesielle vannføringer. For Målselva er det antydning at det ved vannføringer rundt 300m³/s er vanskelig å passere for oppvandrende fisk (Helge Utby, pers. med.). Dette ser også ut til å stemme med resultatene fra denne undersøkelsen.

I de undersøkte vassdragene er det relativt liten variasjon i vannføringen. Suldalslågen utmerker seg med å ha svært liten variasjon i vannføring. I løpet av undersøkelsesperioden var det få perioder med svært lav vannføring. Unntaket er i Sandøla i 2002. I august dette året var det rekordlav vannføring i mange vassdrag i Trøndelag og Nordland. I Sandøla var det svært lav vannføring i hele august. Samtidig var det også svært få fisk som vandret opp fisketrappa. Det var imidlertid få dager som var egnet for å inngå i analysen dette året. Datasettet er derfor utelatt fra samleanalysene. Den svært lave vandringsaktiviteten viser imidlertid at det også ved vandringshinder og fisketrapper i store vassdrag kan bli for lite vann til at fiskevandringen opprettholdes på et høyt nivå.

Skjoma er et middels stort vassdrag etter norsk målestokk. I dette vassdraget var oppvandringen fra fjorden klart relatert til vannføringen. I Skjoma er det spesielt klart vann ved lave vannføringer. Det er derfor rimelig å anta at det ved lav vannføring gir lite skjul for oppvandrende fisk i Skjoma. Den økte oppvandringen ved høyere vannføring er derfor i tråd med flere tidligere undersøkelser.

Vandring gjennom døgnet

Vandringsaktiviteten gjennom døgnet ble undersøkt i Suldal, Namsen og Skjoma. Det var ingen vesentlig forskjell på vandringsadferden hos laks og sjøørret. I Suldal og Namsen var det så godt som ingen vandring i den mørke delen av døgnet. En naturlig forklaring på dette er at både laks og sjøørret er avhengig av synet ved passering av vandringshindre. Dette kan imidlertid ikke forklare hvorfor fisken i Suldal vandret om ettermiddagen, og ikke på formiddagen.

I Skjoma var situasjonen motsatt med klart høyest vandringsaktivitet om natta. Det var imidlertid også en viss oppvandring midt på dagen. I små og mellomstore vassdrag, er fisken mer avhengig av å finne skjul. Dette er sannsynligvis den viktigste årsaken til at de fleste fiskene valgte å vandre opp i vassdraget når lyset var svakere. Skjoma ligger nord for polarsirkelen og har derfor midnattsol rundt St.Hans. Hovedtyngden av oppvandring skjer imidlertid fra midten av juli til 20 august. På denne tiden er det delvis mørkt om natta også ved dette vassdraget. Vassdragets beliggenhet kan derfor ikke forklare den store forskjellen fra Namsen og Suldalslågen alene.

Anbefaling og potensial for videre undersøkelser

Denne undersøkelsen har vist at både vannføring, temperatur og tid på døgnet kan spille en rolle for når oppvandring finner sted. Spennet i vannføringer og vanntemperaturer der vandring finner sted er stort.

For å øke nytten av denne undersøkelsen, ville det være en stor fordel å komplettere med tellelokaliteter i flere små vassdrag. Det ville være spesielt interessant å kunne studere hva som skjer i lavvannsperioder i slike vassdrag.

Vi ønsker derfor å utvide prosjektet ved å søke aktivt samarbeid med institutter som har primærdata som gjennom bearbeiding kan tilrettelegges for å inngå i en slik analyse.

Det burde dessuten vært satt standardiserte krav til de som driver det praktisk oppsynet med fisketellerne slik at dataene får tilstrekkelig oppløselighet til å inngå i mer generelle undersøkelser om blant annet oppvandring av fisk.

6 Litteratur

- Alabaster, J.S. 1989. River Axe Fish Study - Stage 2. Mander, Raikes & Marshall, Bristol. Environmental Assessment for River Abstraction .
- Alabaster, J.S. 1990. The temperature requirements of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during their upstream migration in the River Dee. *Journal of Fish Biology*. **37**, 659-661.
- Allan, I.R.H. 1966. Counting fences for salmon and sea-trout and what can be learned from them. *Salmon and Trout Magazine*. **176**, 19-26.
- Banks, J.W. 1969. A review on the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal of Fish Biology*. **1**, 85-136.
- Berg, M. 1964. Nord-norske lakseelver. Johan Grundt Tanum, Oslo.
- Bergan, P.I., Gravem, F.R., Jensen, C.S. & L'Abée-Lund, J.H. 2002. Vannføringskrav for oppvandrende laks og sjørørret – forprosjekt. Statkraft Grøner Rapport 559461. 19 s.
- Elson, P.F. 1969. High temperature and river ascent by Atlantic salmon. *ICES C. M. 1969/M: 12*. 9s.
- Erkinaro, J., F. Økland, K. Moen, E. Niemelä, & M. Rahiala. 1999. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: the role of environmental factors. *Journal of Fish Biology*. **55**, 505-516.
- Gowans, A.R.D., J.D. Armstrong, & I.G. Priede. 1999. Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology*. **54**, 713-726.
- Gudjonsson, T. 1978. The Atlantic salmon in Iceland. *J. Agric. Res. Icel.* **10**, no. 2: 11-39.
- Harriman, P. 1961. Water control and artificial freshets = Atlantic salmon. *Maine Atlantic Salmon Federation Document*. **2**, 1-14.
- Hawkins, A. D. Factors affecting the timing of entry and upstream movement of Atlantic salmon in the Aberdeenshire Dee. 101-105. 1989. Univ. Washington, Seattle. Salmon and trout migratory behaviour symposium. Brannon, E. and Jonsson, B.
- Hayes, F.R. 1953. Artificial freshets and other factors controlling the ascent and population of Atlantic salmon in the LaHave River, Nova Scotia. *Fisheries Research Board of Canada*. **99**.
- Huntsman, A.G. 1939. Salmon for angling in the Margaree River. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* **57**, 1-77.

- Huntsman, A.G. 1942. Death of salmon and trout with high temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. **5**, 485-501.
- Huntsman, A.G. 1948. Freshets and fish. *Transactions of the American Fisheries Society*. **75**, 257-266.
- Jackson, P.A. & D.I.D. Howie. 1967. The movement of salmon (*Salmo salar*) through an estuary and a fish-pass. *Irish Fisheries Investigations Series A*. **2**, 1-28.
- Jensen, A.J. 1990. Effects of water temperature on early life history, juvenile growth and prespawning migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*). University of Trondheim.
- Jensen, A.J., T.G. Heggberget, & B.O. Johnsen. 1986. Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the river Vefsna, northern Norway. *Journal of Fish Biology*. **29**, 459-465.
- Jensen, A.J., N.A. Hvidsten, & B.O. Johnsen. 1998. Effects of temperature and flow on the upstream migration of adult Atlantic salmon in two Norwegian rivers. I: *Fish Migration and Fish Bypasses*. Jungwirth, M., S. Schmutz, & S. Weiss (red.). s. 45-54. Department of Hydrobiology, Fisheries and Aquaculture, University of Agricultural Sciences, Vienna, Austria.
- Johnsen, B.O., F. Økland, A. Lamberg, E.B. Thorstad, & A.J. Jensen. 1997. Undersøkelser av laksens vandringer i Sandsfjordsystemet og i Suldalslågen i 1995 ved hjelp av radiotelemetri. Statkraft Engineering. Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen Fase II nr. **28**. s. 1-46.
- Jonsson, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic Journal of Freshwater Research*. **66**, 20-35.
- Jonsson, N., B. Jonsson, & L.P. Hansen. 1990. Partial segregation in timing of migration of different aged Atlantic salmon. *Animal Behaviour*. **40**, 313-321.
- Kaasa, H. Eie, J.A., Erlandsen, A.H., Faugli, P.E., L'Abée-Lund, J.H., Sandøy, S. & Moe, B. 1998. Sluttrapport 1990-1997. Resultater og Konklusjoner. Lakseforsterkningsprosjektet I Suldalslågen. Rapport Nr **49**. 82 s.
- Kanstad Hanssen, Ø. 2001. Oppvandring av sjøvandrende laksefisk i fisketrappa i Målselvfossen i år 2000 - registrering med mekanisk teller og videokamera. Nordnorske ferskvannsbiologer. nr. **2001-05**. s. 1-13.
- Kanstad Hanssen, Ø. 2002. Oppvandring av sjøvandrende laksefisk i fisketrappa i Målselvfossen i 2001- registrering med mekanisk teller og videokamera. Nordnorske ferskvannsbiologer. nr. **2002-06**. s. 1-13.
- Kanstad Hanssen, Ø. & K. Kristoffersen. 1999. Oppvandring i fisketrappa i Målselvfossen i 1998. Fylkesmannen i Troms, Miljøvernavdelingen. s. 1-4.

- Laughton, R. 1991. The movements of adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Spey as determined by radio telemetry during 1988 and 1989. *Scottish Fisheries Research Board*. **50**.
- MacKinnon, D. & J.R. Brett. 1953. Fluctuations in the hourly rate of migration of adult coho and spring salmon up the Stamp Falls fish ladder. *Fisheries Research Board of Canada, Pacific Programme*. **95**, 53-55.
- Menzies, W.J.M. 1939. I: *Conference on salmon problems*. Moulton, F.R. (red.). s. 100-101. *Publs. Am. Ass. Advmt Sci*.
- Mills, D.H. & N.W. Graesser. 1981. *The Salmon Rivers of Scotland*. Cassel. London.
- Pyefinch, K.A. 1955. A review of the literature on the biology of the Atlantic salmon (*Salmo salar* Linn.). Scottish Home Department. *Freshwater and Salmon Fisheries Research* nr. **9**. s. 1-24.
- Staldvik, F.J. & K. Kristoffersen. 1996. Fiskeribiologiske undersøkelser i Målselvvassdraget - med hovedvekt på oppgang i fisketrappa. Fylkesmannen i Troms, miljøvernavdelingen, naturforvaltningsseksjonen. nr. **67**. s. 1-42 + vedlegg.
- Stewart, L. 1969. Criteria for the safeguarding fisheries, fish migration, and angling in rivers. *Proceedings of the Institute of Water Engineers*. **23**, 39-62.
- Svenning, M.A., Ø.K. Hanssen, & M. Halvorsen. 1998. Etterundersøkelse i Målselvvassdraget med hensyn på tetthet av laksunger og fangst av voksen laks. NINA. Oppdragsmelding nr. **526**. s. 1-24.
- Trépanier, S., M.A. Rodríguez, & P. Magnan. 1996. Spawning migrations in landlocked Atlantic salmon: time series modelling of river discharge and water temperature effects. *Journal of Fish Biology*. **48**, 925-936.
- Williamson, D.S. 1843. *The statistical account of Tongland*.

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 sjørørret (63 s.)