

Gytebiologi hos Hunderørret i Gudbrandsdalslågen nedenfor Hunderfossen kraftverk

Morten Kraabøl



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Gytebiologi hos Hunderørret i Gudbrandsdalslågen nedenfor Hunderfossen kraftverk

Morten Kraabøl



Bilde: Vandrende storørret ved Hunderfossen (foto: Børre K. Dervo)

Kraabøl, M. 2006. Gytebiologi hos Hunderørret i
Gudbrandsdalslågen nedenfor Hunderfossen kraftverk - NINA
Rapport 217. 34 s.

Lillehammer, desember 2006

ISSN: 1504-3312

ISBN 10: 82-426-1777-5

ISBN 13: 978-82-426-1777-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Børre K. Dervo

KVALITETSSIKRET AV

Jon Museth

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Børre K. Dervo (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)

Bedre Bruk av Fiskeressurser i Regulerte Vassdrag i Oppland,
Fylkesmannen i Oppland

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Ola Hegge, Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen

FORSIDEBILDE

Børre K. Dervo

NØKKEWORD

Gudbrandsdalslågen, Hunderfossen kraftverk, ørret, gytebiologi,
gyteareal, minstevannføring, naturlig rekruttering

KEY WORDS

River Gudbrandsdalslågen, Hunderfossen Power Plant, brown
trout, spawning biology, spawning area, redds, compensation
flow, natural recruitment

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21

0349 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsenderet

9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeldgården

2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Kraabøl, M. 2006. Gytebiologi hos Hunderørret i Gudbrandsdalslågen nedenfor Hunderfossen kraftverk - NINA Rapport 217. 34 s.

Denne rapporten oppsummerer 7 år med feltregistreringer av gytebiologi hos Hunderørret på den regulerte strekningen nedenfor Hunderfossen kraftverk i Gudbrandsdalslågen. Årlige registreringer er utført i perioden 1990-2006. Utbrudd av soppsykdom i perioden 1996-2004 medførte at disse årene ble utelatt fra denne oppsummeringen av naturlig gytebiologi på regulert elvestrekning.

Utbyggingen av Hunderfossen kraftverk i 1964 medførte betydelig reduksjon i vannføringen på den 4,4 km lange regulerte strekningen mellom turbininntaket ved Hunderfossen demning og tunnelutløpet ved Hølsauget. I gytetiden i oktober ble den gjennomsnittlige vannføringen over gytefeltet redusert med 89,1 %. I inkubasjonsperioden for rogn i perioden november-april ble vannføringen redusert i størrelsesorden 94,5 – 97,4 %. Episoder med underskridelse av minstevannføringen ble påvist med påfølgende redusert gytesuksess hos ørret. Den trinnvise nedtrappingen av minstevannføringen fra $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i løpet av september gir en senkning av vannspeilet over gyteplassen på 56,5 cm. Dette medfører stranding av 1690 m^2 egnet gytesubstrat. Det gjeldende minstevannførringsreglementet fra 1976 er presist synkronisert med hensyn til gytetiden hos ørret, men det forslås tiltak som ytterligere optimaliserer samvirkning mellom minstevannføring og gytesuksess.

Gyteperiodens start defineres som dato for første gravende hunnfisk, og periodens varighet ble bestemt ut i fra antall døgn mellom første og siste dato for registrert graveaktivitet for hunnfisk. Dato for gytestart varierte med 12 døgn i løpet av de syv registrerte årene (21. september - 3. oktober). Gytetidens varighet varierte fra 19 til 36 døgn. Ved gytemaksimum ble det observert fra 25 til 50 ørreter av begge kjønn innenfor gyteområdet på 900 m^2 .

Betydelig overgraving av tidligere etablerte gytegroper forekom hyppig i gyteområdets kjerneområde, og i sjeldne tilfeller i de perifere områdene. Maksimalt oppgravd areal hvert år varierte fra 315 m^2 til 900 m^2 , og ble oppnådd i løpet av 47-100 % (snitt = 75 %) av den totale gyteperioden.

Under flomsituasjoner med vannføringer over dammen opp til $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ble det observert graveaktivitet i elvens dyprenne ovenfor det vanlig anvendte gytefeltet ved $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ved enda høyere flomvannføringer ble det observert graveaktivitet på grusplataet på østsiden av gytefeltet. Imidlertid er en vintervannføring på $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ikke tilstrekkelig for å holde dette grusplataet vanndekt i inkubasjonsperioden. Rogn som legges ovenfor gyteområdet ved vannføringer opp mot $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ vil derimot overleve inkubasjonstiden og bidra til økt naturlig reproduksjon. Det foreslås derfor at minstevannføringen økes fra $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ under gytetiden.

Morten Kraabøl. c/o Norsk institutt for naturforskning, Fakkelgården, 2624 Lillehammer
E-mail: morten.kraabol@nina.no

Abstract

Spawning biology of brown trout (Salmo trutta L.) in River Gudbrandsdalslågen below Hunderfossen Power Plant – NINA Report 217. 34 p.

This report summarize 7 years of field registrations on brown trout spawning biology in River Gudbrandsdalslågen below Hunderfossen Power Plant. Spawning registrations were carried out annually in the 16-year period 1990-2005, but the period between 1996 and 2004 is excluded due to an outbreak of fungal disease on the brown trout spawning stock in this period.

The hydroelectric development of Hunderfossen falls in 1964 changed the water regime in the 4.4 km river stretch in River Gudbrandsdalslågen between the turbine water abstraction at Hunderfossen dam and the outlet at Hølsauget. In the main spawning season in October, the mean water flow was reduced by 89.1 %. During the incubation period (November-April) of fertilized brown trout eggs, the residual water flow was reduced by 94.5 – 97.4 %. Field observations revealed that the fixed minimum water discharge occasionally has been discriminated, leading to reduced spawning success for brown trout. The stepwise reduction of the fixed minimum water discharge from 20 m³s⁻¹ to 1.8 m³s⁻¹ during September involve a lowering of the surface level by 56.5 cm which entail 1690 m² suitable spawning gravel to be left stranded or exposed to icing during winter. The present compensation flow regime was set in 1976 with precise synchronic adaptation to the onset of the spawning season for brown trout. Further strategies to achieve optimal fit between compensation flow and spawning success are discussed.

The onset and duration of the spawning season was determined by the first and last day of digging behaviour of females. The onset of spawning varied within 12 days (September 21 to October 3). Duration of spawning varied between 19 and 36 days. During peak spawning, 25-50 spawners (both sexes) were counted on the 900 m² spawning ground. High rates of redd superimpositions occurred in the middle section of the spawning ground, but were rarely observed in the peripheral areas. The maximum excavated area varied between 315 m² and 900 m² between the years and was obtained within 47-100 % (mean=76 %) of the spawning season.

During natural floods with water discharge up to 15 m³s⁻¹, females extended the area of excavation in the upward direction. At higher floods, digging behaviour was also observed on the gravel plain on the eastern side of the spawning ground. The lowest discharge during the incubation period (1.8 m³s⁻¹) is not sufficient to ensure the eastern gravel bank to be inundated by water, but redds established in the longitude direction during floods within 15 m³s⁻¹ will increase the spawning success and probably reduce redd superimposition. Thus, an increase of the compensation flow from 1.8 m³s⁻¹ to 15 m³s⁻¹ during the spawning season is suggested as a management strategy to increase natural reproduction of brown trout.

Morten Kraabøl. c/o Norwegian Institute for Nature Research, Fakkeltgården, NO-2624 Lillehammer, Norway.
E-mail: morten.kraabol@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold.....	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
2 Områdebeskrivelse.....	9
2.1 Teknisk reguleringsinngrep	9
2.2 Regulert minstevannføring	9
2.3 Gytefeltet ved jernbanebrua	10
3 Materiale og metoder	11
3.1 Utvalg av materiale og tidsserie	11
3.2 Vannføringsdata før og etter regulering	11
3.3 Minstevannføringer og tørrlagt areal ved gytefeltet	11
3.4 Gytefeltets utbredelse ved ulike vannføringer	11
3.5 Definisjon av gyteperiodens start og varighet.....	11
3.6 Registreringer av antall gytefisk på gyteområdet	12
3.7 Registreringer av oppgravd gyteareal	12
3.8 Registreringer av død gytefisk.....	12
3.9 Forsøk med utlegging av befruktet rogn på gytefeltet	12
3.9.1 FORSØK 1: Rogn i kurver 1996-1997	13
3.9.2 FORSØK 2: Rogn i filmrullbokser 1998-1999	14
3.10 Isforhold	16
4 Resultater	17
4.1 P1: Vannføringsforhold før og etter utbyggingen.....	17
4.2 P2: Forholdet mellom minstevannføringer og tørrlagt areal ved gytefeltet	19
4.3 P3: Definisjon av gyteperiodens start, maksimum og varighet.....	19
4.4 P4: Gyteperiodens forløp mht. antall fisk	19
4.5 P5: Gyteperiodens forløp mht oppgravd areal	20
4.6 P6: Gytefeltets utbredelse ved ulike vannføringer.....	21
4.7 P7: Dødelighet hos gytefisk etter gyting	23
4.8 P8: Potensialet for vellykket rognutvikling oppstrøms gytefeltet.....	23
4.9 P9: Isforhold	25
5 Diskusjon.....	26
5.1 Endring i vannføringsforhold etter utbyggingen.....	26
5.2 Potensialet for økt gytesuksess.....	27
5.3 Dødelighet hos gytefisk	29
6 Konklusjoner	30
6.1 Hovedkonklusjon.....	30
6.2 Delkonklusjoner.....	30
7 Referanser	32

Forord

Utarbeidelsen av denne rapporten er gjort på oppdrag av "Bedre Bruk av Fiskeressurser i Regulerte Vassdrag i Oppland" (BB). BB har finansiert utarbeidelse av rapport, samt feltarbeidet med utlegging av rogn. Det øvrige feltarbeidet er utført som egeninnsats av undertegnede. Rapporten inngår også i prosjektet "Innovativ fisketurisme i innlandet" (INNOFINN) som er et brukerstyrt prosjekt i AREAL-programmet finansiert av Norges Forskningsråd og utføres i samarbeid med NTNU Vitenskapsmuseet.

Morten Kraabøl har skrevet rapporten og utført alt feltarbeid med registreringer av antall gytefisk og oppgravd areal, døde gytefisker, oppmålinger av strandlinje ved ulike minstevannføringer, målinger av istykkelse, innhenting av vannføringsdata og har vært delaktig under begge forsøkene med utlegging av rogn. Ola Hegge utførte dykkearbeidet under begge rognforsøkene.

Takk til Børre K. Dervo, Jon Museth (NINA), Ola Hegge og Finn Gregersen (FM i Oppland) for kommentarer på tidligere utkast til rapporten. Børre K. Dervo og Johnny Stenshagen takkes for utlån av bilder.

Lillehammer 14.12.06

Morten Kraabøl
Doktorgradsstipendiat ved NTNU

1 Innledning

Ørretens (*Salmo trutta* L) gyteområder har en sentral populasjonsøkologisk betydning til tross for den relativt korte oppholdstiden hos gytefiskene. Her foretar gytefiskene makevalg og befruktning av rogn som graves ned i grusen av hunnfisken. Rogn utvikler seg frem til klekking av plommeseekkyngel om våren. Yngelen tilbringer sin første livsfase i umiddelbar nærhet til gyteplassen til sine foreldre, før den spres til mer egnede oppvekstområder etter hvert som veksten tiltar. Gyteaktivitetene foregår i løpet av noen uker om høsten og representerer en kulminasjon av mange år med matsøk, vekst og ikke minst konkurranse og predasjonsrisiko i flere ulike habitater. Gytelokalitetenes kvalitet og kapasitet danner utgangspunktet for populasjonens vitalitet og størrelse. Her legges grunnlaget for populasjonen i form av årsklasser som senere reguleres både av lokale forhold på gyte- og oppvekstlokalitetene og i andre habitater senere i livet (Elliot 1994). Kunnskap om hvilke områder som ørreten benytter til gyting står derfor sentralt i fiskeforvaltningen (Berg & Berg 1989, Elliot 1989). Videre er det viktig å kjenne til antall fisk som gyter, hvilke lokale preferanser som ligger til grunn for anvendelsen av gyteområdene, samt suksessen til gyterne og deres avkom. I regulerende vassdrag er både vannføringen og tilgjengelig areal ofte redusert som følge av inngrepene, og habitatenes karakter forandres med reguleringsens omfang. Detaljert kunnskap om habitatforringelsene, samt flaskehals og terskelverdier for denne delen av ørretens livssyklus, er avgjørende for å oppnå presisjon og effekt av eventuelle tiltak som iverksettes.

Valg av tidspunkt og lokalitet for reproduksjon er atferdsmessige trekk som er et resultat av naturlig seleksjon og arv. Foruten vannkvalitet er det tre fysiske miljøvariabler som i stor grad innvirker på valg av gytelokalitet hos ørret; vanddyp, strømhastighet og bunnsbstrat (Ottaway et al. 1981, Witzel & MacCrimmon 1983, Crisp & Carling 1989, Schneider 2000, Rubin et al. 2006). Ørreten velger gytelokaliteter hvor disse variablene er forutsigbare og innenfor artens preferanser. For ørret oppgis følgende verdiintervaller for abiotiske faktorer målt på gytelokaliteter; vanddyp 6-82 cm, vannhastighet 6-80 cm s⁻¹, vanntemperatur 3-11 °C, partikkelstørrelse på gytesubstratet 0,2 - 25,6 cm (Ottaway et al. 1981, Shirwell & Dungey, 1983, Witzel & MacCrimmon 1983, Crisp & Carling 1989, Grost et al. 1990, Essington et al. 1998, Zimmer & Power 2006). Alle disse variablene er en funksjon av vannføringen, og dermed påvirkelige av reguleringsinngrep.

Forskjellig overlevelse som følge av ulike miljøforhold er den drivende kraften som medfører at fremtidige foreldre innehar og viderefører arvelige egenskaper som leder frem til relativt optimale valg av egnet tid og sted for reproduksjon. Hos ørret befruktes eggene under gyteakten og graves ned i grusen (Jones & Ball 1954) hvor de utvikler seg til yngel den påfølgende våren. Denne inkubasjonsperioden på 6-7 måneder er en svært sårbar periode for avkommet fordi de er stasjonære og ute av stand til å kompensere for ugunstige påvirkninger fra miljøet. Ørretens og andre laksefiskers valg av gytetidspunkt er derfor også en tilpasning til fysiske forhold under inkubasjonstiden som synkroniserer klekketidspunktet i forhold til næringstilgang og medfører høyest mulig overlevelsesrate hos avkommet (Bye 1984, Heggberget 1988, Lura & Sægrov 1993). Reguleringer av vannføringen i gyteelvene kan forandre de fysiske forholdene som har vært styrende for en bestemt reproduksjonstaktikk. Reguleringer forringer som oftest både tilgangen og kvaliteten av gyteområdene, samt forholdene for utvikling av rogn og ungfisk.

Reguleringen av Hunderfossen i 1964 berørte Hunderørretens antatt viktigste gyte- og oppvekstområder mellom Hunderfossen og Hølsauget. Vannføringen på denne 4,4 km elvestrekningen ble vesentlig redusert etter reguleringen og medførte endrede forhold for naturlig reproduksjon hos ørret (Løkensgard & Aass 1962, Aass 1967). Det ble vurdert et betydelig produksjonstap som følge av redusert vannføring, og undersøkelser omkring fiskeutsettinger ble igangsatt. Resultatene fra forskning på kultiveringsstrategier har resultert i et vellykket utsettingsprogram som praktiseres ved Hunderfossen settefiskanlegg (Aass 1993). Denne kultiveringspraksisen har i betydelig grad erstattet tapet av naturlig rekruttert ørret på

den berørte strekningen. Gytepopulasjonens størrelse og forholdet mellom naturlig rekruttert og kultivert ørret overvåkes årlig ved driften av fisketrappen ved Hunderfossen (Jensen & Aass 1995).

Til tross for den betydelige reduksjonen i vannføringen på den regulerte strekningen fungerer elvestrekningen fortsatt som et viktig gyte- og oppvekstmiljø for ørret (Kraabøl & Arnekleiv 1998, Johnsen 2006). Feltregistreringer av gyteaktivitet og forsøk med utlegging av befruktet rogn og har gitt en del informasjon om gytebiologien til Hunderørret på den regulerte elvestrekning. Denne kunnskapen sammenstilles på en kortfattet måte i denne rapporten. Følgende problemstillinger omhandles:

- P1: Vannføringsforhold over gyteområdet før og etter reguleringen
- P2: Forholdet mellom minstevannføringer og tørrlagt areal ved gyteplassen
- P3: Definisjon av gytetidens start, maksimum og slutt
- P4: Gyteperiodens forløp mht antall fisk på gyteplass
- P5: Gyteperiodens forløp mht oppgravd areal
- P6: Gytefeltets avgrensninger ved ulike minstevannføringer og flomvannføringer
- P7: Dødelighet hos gytefisk etter gyting
- P8: Potensialet for vellykket rognutvikling oppstrøms gytefelt.
- P9: Isforhold i rognas inkubasjonstid

Hensikten med denne rapporten er å gi en kortfattet og enkel fremstilling av hovedresultatene fra studiene av Hunderørretens gytebiologi på den regulerte elvestrekningen. Rapporten er skrevet på oppdrag fra forvaltningen, og vil forhåpentligvis gi et viktig bidrag ved framtidige miljørevisjoner av kraftverksdriften. En nærmere analyse av resultatene vil bli utført ved en senere anledning.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Teknisk reguleringsinngrep

Hunderfossen kraftstasjon og demning ble konstruert i perioden 1960-1963. Demningen er lokalisert ved fossehodet til tidligere Hunderfossen. Anleggsarbeidet medførte utsprenkning av 750.000 m³ fast fjell og til sammen 50.000 m³ betong ble benyttet til demningskonstruksjonen. Fra de to turbininntakene på vestsiden av demningen faller vannet 46 m ned til to turbiner og ledes deretter tilbake til det naturlige elveleiet 4,4 km nedenfor inntaket (Berdal, udatert). Kraftverket blir drevet av to Kaplanturbiner med 2 x 150 m³s⁻¹ kapasitet.

Overskuddsvannføringen fra Hunderfossen demning slippes gjennom 6 flomluker (bredde; 16 m, dybde; maks 4,5 m), 1 tømmerluke (bredde; 20 m, dybde; maks 5,8 m) og en isluke (bredde; 8 m, dybde; maks 2 m). Maksimal dreneringskapasitet gjennom disse lukene er 2600 m³s⁻¹, men kan økes til 3.300 m³s⁻¹ dersom vannivået ovenfor demningen heves 1 m. I tillegg kan 2 bunnluker (6 x 4 m) åpnes ved ekstreme flomvannføringer (Berdal, udatert).

2.2 Regulert minstevannføring

Kraftverkets slukeevne er oppgitt til 300 m³s⁻¹. Ved totalvannføringer under slukeevnen reguleres vannføringen i det regulerte elveleiet etter gjeldende minstevannføringsreglement. Ved vannføringer over slukeevnen slippes overskuddsvannføringen gjennom lukene i demningen. Under slike flomperioder fluktuierer vannføringen i det regulerte elveleiet i takt med naturlige svingninger.

På den regulerte strekningen reguleres minstevannføringen etter pålagt bestemmelse om vannføring gitt av Det Kongelige Departement for Industri og Håndverk den 2. juli 1976 (tabell 2.1.).

Tabell 2.1. Minstevannføringsbestemmelser for Hunderfossen kraftverk.

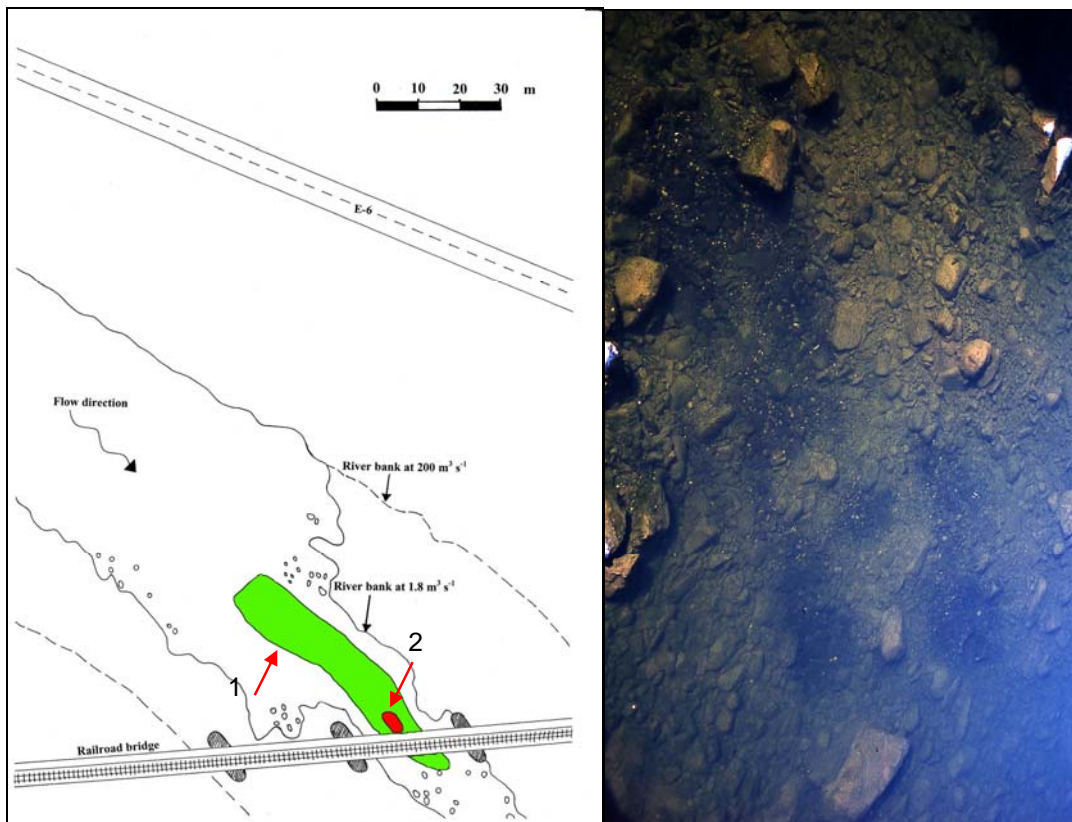
Tidsperiode	Minste tillatte vannføring (m ³ s ⁻¹)
1. juli – 15. juli	15
16. juli – 1. september	20
2. september – 10. september	15
11. september – 20. september	10
21. september – 30. september	5
1. oktober – 30. juni	Fisketrappens kapasitet (1,8 m ³ s ⁻¹)

Hunderfossen kraftverk opereres som et elvekraftverk. Dette innebærer at dammen ovenfor demningen ikke benyttes som magasin. Vannspeilet holdes tilnærmet konstant gjennom året, slik at summen av vannføringen gjennom turbinene og overskuddsvann som slippes på den regulerte strekningen er like stor og fluktuierer likt med det naturlige tilsiget. Unntak forekommer i kortvarige perioder ved tekniske feil eller vedlikeholdsarbeid på installasjonene.

2.3 Gytefeltet ved jernbanebrua

Det studerte gytefeltet for Hunderørret er lokalisert under jernbanebrua (NSB Dovrebana) om lag 500 m nedenfor Hunderfossen demning. Gyteområdet ligger i overgangen (brekket) mellom en dyp og roligflytende høl og strykene som utgjør øvre deler av Ensbyfallene nedover mot Bergvelta/Andershølen.

Det antas at dette er det største gytefeltet for ørret på den regulerte strekningen (Kraabøl & Arnekleiv 1998). Gytefeltets maksimale lengdestrekning er om lag 75 m. Feltets bredde varierer mellom 4 og 15 m. Det største registrerte areal med graveaktivitet etter fullendt gyting er om lag 900 m² med variasjoner mellom årene (figur 2.1.).



Figur 2.1. Kart over gytefeltet ved jernbanebrua 500 m nedenfor Hunderfossen. Grønt areal (1) er maksimalt anvendt gyteareal ved 1,8 m³s⁻¹, rødt areal (2) er kjerneområdet. Bilde til høyre viser kjerneområdet. De mørke feltene er gytegrøper (foto: Børre K. Dervo).

3 Materiale og metoder

3.1 Utvalg av materiale og tidsserie

Registreringer av gytebiologi hos Hunderørret er utført hvert år i 16-årsperioden 1990-2005. I perioden 1996-2004 ble bestanden årlig angrepet av sopprelatert sykdom (*Saprolegnia sp.*) / Ulcerative Dermal Necrose (UDN) (Kraabøl 2003). Disse 9 årene er derfor utelatt fra denne fremstillingen. Registreringene under sopputbruddet ga atypiske forløp av gyteperioden, samt omfattende dødelighet før, under og etter gyting. I denne rapporten fremstilles derfor kun gyteregistreringene for 1990-1995 og 2005, til sammen 7 gytesesonger med antatt normal forekomst av sopp på gytebestanden.

3.2 Vannføringsdata før og etter regulering

Døgnmålinger av total vannføring for Lågen er gitt av Glommens & Laagens Brukseierforening (GLB) og omfatter målinger gjort på målestasjon Losna. Døgnmålinger for vannføring på regulert strekning er gitt av Kraftlaget Opplandskraft/Vannkraft Øst. For å tallfeste reguleringens innvirkning på vannføringen over gytefeltet i gyteperioden og inkubasjonsperioden for ørretrogn, er totalvannføringen i perioden 1949-1969 (21 år) sammenlignet med overskuddsvannføringen i perioden 1980-1994 (15 år).

Episoder med underskridelse av fastsatt minstevannføring ble evaluert ved å sammenholde påståtte observasjonsdatoer fra undertegnede og publikum med utskrifter av driftsjournaler fra kraftverket. Korrespondanse omkring disse forhold blir også kort referert.

3.3 Minstevannføringer og tørrlagt areal ved gytefeltet

I september og oktober 1995 ble det utført oppmålinger av suksessivt tørrlagt areal ved ulike minstevannføringer på øst- og vestsiden av gytefeltet. Elvebreddens forflytning ved hver nedregulering av vannstanden ble avmerket med malingsspray på 10 linjer på vestsiden og 16 linjer på østsiden. Alle linjene lå på strekningen jernbanebrua og opp til gytefeltets øvre grense. Avstanden mellom punktene i hver linje ble målt med målbånd og avrundet til nærmeste desimeter.

3.4 Gytefeltets utbredelse ved ulike vannføringer

Den normale vannføringen over gytefeltet er konstant $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. I noen få tilfeller er det observert avvikende vannføring, både lavere og høyere enn denne verdien. Lavere verdier ble observert i en 11-dagers periode i 1995. Høyere verdier er registrert ved regnværsperioder som gir såpass stor avrenning at turbinkapasiteten overskrides og overskuddsvann slippes gjennom den regulerede strekningen som et tillegg til minste pålagte vannføring.

3.5 Definisjon av gytetidens start og varighet

Gyteperiodens start defineres som dato for første gravende hunnfisk, og periodens varighet ble bestemt ut i fra antall døgn mellom første og siste dato for registrert graveaktivitet for hunnfisk. Intervallene mellom gravesekvensene hos hunnfisk varierer fra 30 s til 30 min. Minste kontinuerlige observasjonsperiode pr. feltdag var derfor 30 min så lenge gyting pågikk.

3.6 Registreringer av antall gytefisk på gyteområdet

Registreringene av gytefisk på gytefeltet under jernbanebrua ble utført i form av visuelle tellinger fra brua. Alle tellingene ble utført av samme person og etter samme fremgangsmåte. All synlig og gyteaktiv fisk på eller i nærheten av gytefeltet ble registrert både ovenfor, under og nedenfor brua. Daglige tellinger på de ulike feltene ble utført med minimal tidsforsinkelse slik at forflytning av fisk ikke påvirket tellingene. Tellinger utført på dager med vindkrusninger på vannoverflaten ble forkastet på grunn av underestimering av antall fisk. Alle tellingene ble utført i perioden kl. 13.00 – 16.00.

Det ble observert fisk på gyteplassene både før og etter definert gyteperiode. Disse observasjonene er utelatt i denne rapporten. Antall fisk før og etter gyteperioden er derfor definert til null.

3.7 Registreringer av oppgravd gyteareal

Referansen for maksimalt (100 %) oppgravd areal er det totale arealet som ble oppgravd i 2005. Skjønnsmessige anslag er gjort til nærmeste 5 % nivå, og i ettertid justert mot 2005 ved bruk av kartskisser og fotografier.

3.8 Registreringer av død gytefisk

Hvert år ble en 300 m strekning fra jernbanebrua og ned til svabergene ovenfor Andershølen befart for registrering av død gytefisk. Befaringene ble utført i begynnelsen av oktober (gytetidens startfase), månedsskiftet oktober-november (gytetidens slutfase) og i mars-april-mai den påfølgende våren før vårflommen skylte vekk kadavrene. De døde gytefiskene som lå tilgjengelig for inspeksjon ble kjønnsbestemt, lengdemålt og noen av disse ble åpnet for sjekk av gonadestatus. De som ikke ble åpnet ble merket med avklipping av haleflik for å unngå dobbelttelling. Døde ørreter som ble funnet i andre deler av elven i samme periode ble inspisert på samme måte, men disse er utelatt fra denne rapporten.

3.9 Forsøk med utlegging av befruktet rogn på gytefeltet

Det ble gjennomført to forsøk med utlegging av befruktet rogn ved gyteområdet ved jernbanebrua. Hensikten var å undersøke om befruktet rogn overlevde frem til klekking dersom de ble lagt ovenfor gytefeltet som ble anvendt ved $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Befruktet og desinfisert (bufodin 1:100 i fysiologisk saltvann) rogn ble hentet fra stamfisk fra fisketrappen ved Hunderfossen og plassert i plastemballasje med stor grad av gjennomstrømming. Disse ble deretter gravd ned i øvre gruslag av dykker på gytefeltet. Det ble under begge forsøkene opprettet en matrise av utleggingen slik at rogn lå i gyteområdets kjerneområde, øvre del og oppstrøms øvre del av gytefeltet (figur 3.1.). Nedenfor følger en nærmere beskrivelse av metodikken for de to forsøkene.

Da rogn ble tatt opp for kontroll den påfølgende våren ble det under **forsøk 1** telt antall rogn og yngel i hver kurv. Dette tallet ble benyttet som referanse for overlevelsen gjennom vinteren fordi vi ikke hadde eksakt antall rogn i hver kurv ved utleggingstidspunktet. En del rogn forsvant ut av kurven som følge av turbulens i vannet under nedgraving og oppgraving.

For å sjekke levedyktigheten hos den benyttede rogn ble det lagt inn 537 befruktet rogn under det første forsøket i 1996-1997. Rogn ble plassert i eget dørslag i klekkerenna i Åveita klekkeri. Overlevelse og dødelighet i denne kontrollgruppen viste at både rogn og melke ga helt normal befruktning og rognutvikling.

Ved **forsøk 2** ble antall rogn i hver boks beregnet til ca 60 ved utleggingstidspunktet. Dette tallet ble benyttet som referanse for å regne ut overlevelsen gjennom vinteren fordi verken rogn eller plommeseckyngel kunne slippe ut gjennom plastboksen under inkubasjonstiden eller etter klekking. Boksene ble tettet med lokk og perforert med 4 mm hull i sider og bunn. Tallverdiene fra dette forsøket er derfor angitt som omtrentlige verdier da antall rogn i hver boks kunne variere med pluss/minus 5 rogn.

3.9.1 FORSØK 1: Rogn i kurver 1996-1997

- Rogndonor: Hunnfisk på 4 kg med settefiskopprinnelse fanget med garn 5. oktober ved Hunderfossen.
- Dato for stryking, befruktning og desinfisering: 24. oktober 1996.
- Plastemballasje for rogn: 6 plastkurver 28 x 41 cm med spalteåpninger i kurvsidene på 0,8 x 6,5 cm.
- Innhold i kurvene: Plastikkdekke over spaltene i bunnen, 3-5 cm gruslag (diameter 1-3 cm) fra gytefeltet og et lag av større stein (4-15 cm) øverst. I midten av hver kurv ble et kort plastrør med diameter 4 cm plassert stående i steinmassene mens rogn ble tømt ned i grusen. Plastørene ble deretter fjernet slik at rogn ble liggende i en lomme i grusen.
- Rogn i kurvene: 1,25 dl (ca 550 rogn) ble plassert ned i røret mens kurven var neddykket. Dykker fjernet røret fra kurven etter nedgraving i grusen slik at færrest mulig rogn ble klemt av steinene. Rogn ble liggende i overgangen mellom grus og stein i kurven.
- Lokalisering av kurvene på gytefeltet: Kurv K1, K2 og K3 innenfor gyteområdet. Kurv K4, K5 og K6 ovenfor gytefeltets største utbredelse (figur 3.1).
- Dato for utlegging av kurvene: 25. oktober 1996
- Dato for innhenting av kurvene: 6. mai 1997
- Kontrollrogn: 537 stk i Åveita klekkeri. Innlagt 24. oktober 1996, kontrollert 28. april 1997



Bilde: Plastkurver fylt med gytesubstrat. Plastrør for rognpåfylling ligger i kurven øverst til høyre (foto: Morten Kraabøl).

3.9.2 FORSØK 2: Rogn i filmrullbokser 1998-1999

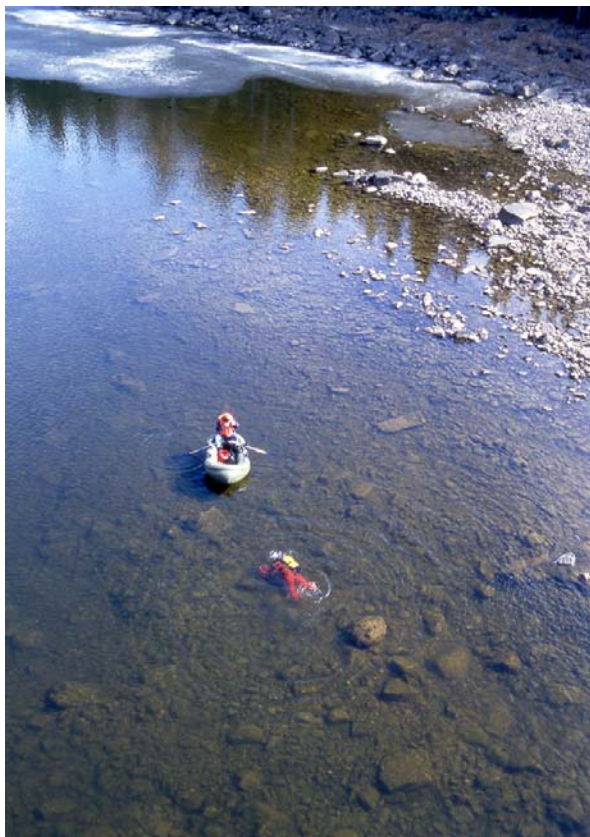
- Rogndonor: Hunnfisk på 5 kg med naturlig opprinnelse. Fanget i fisketrappen (dato ukjent).
- Dato for stryking, befruktning og desinfeksjon: 20. oktober.
- Plastemballasje for rogn: 15 filmrullbokser med lokk perforert med stort antall 4 mm hull. Isopordupp festet i 30 cm nylonsnøre til hver boks.
- Rogn i boksene: 0,4 dl (ca 60 rogn) i hver boks.
- Lokalisering av boksene på gytefeltet: Boksene ble gravd ned i matrise på 5 nivåer à 3 bokser. De to nederste matrisene (boks F1-F2-F3 og boks F4-F5-F6) ble plassert i gyteområdets kjerneområde. Boksene F7-F8-F9 ble plassert i gytefeltets øvre utbredelse, mens de to siste matrisene (boks F10-F11-F12 og boks F13-F14-F15) ble gravd ned ovenfor gyteområdets utbredelse (figur 3.1).
- Dato for utlegging av boksene: 21. oktober 1998.
- Dato for innsamling av boksene: 28. april 1999.



Bilde: Plommeseckkyngel, øyerogn og død rogn fra en åpnert filmrullboks fra forsøk 2. (Foto: Morten Kraabøl).

F13	K6 F14	F15	Ovenfor gyteområdet
F10	K5 F11	F12	
	K4		
F7	F8	F9	Grense øvre del
F4	K3 F5	F6	Anvendt gyte- område ved 1,8 m³s⁻¹
F1	K2 F2	F3	
	K1		

Figur 3.1. Forenklet matriseskisse for plassering rognkurver (K) og i filmrullbokser (F) (nedre ramme angir området hvor gyting alltid foregår, midtre ramme angir området hvor øvre utstrekning varierer mellom årene, øvre ramme er området ovenfor anvendt gyteområde).



Bilde: Fra opphenting av rogn fra forsøk 2 den 28. april 1999 (Foto: Morten Kraabøl).

3.10 Isforhold

Istykkelsen over gytefeltet ble målt 28. desember 1995 etter en langvarig og streng kuldeperiode. Det ble i denne perioden dannet et isdekke over hele gytefeltet, med unntak av to meter helt nederst ved overgangen til stryk. Isens tykkelse ble målt ved hjelp av isbor og målesonde som bestemte tykkelsen av kompakt is på 14 punkter (5 m intervaller) langs en linje midt i gytefeltet (hovedstrømmen) fra nedre del av gytefeltet og 65 m oppstrøms til øvre del av gytefeltet. Målelinjen var parallell med vannstrømmen.

Det ble også gjort en generell vurdering av konsekvensene ved brå isgang over gytefeltet i forbindelse med utfall av turbiner om vinteren. Flere slike episoder ble dokumentert.

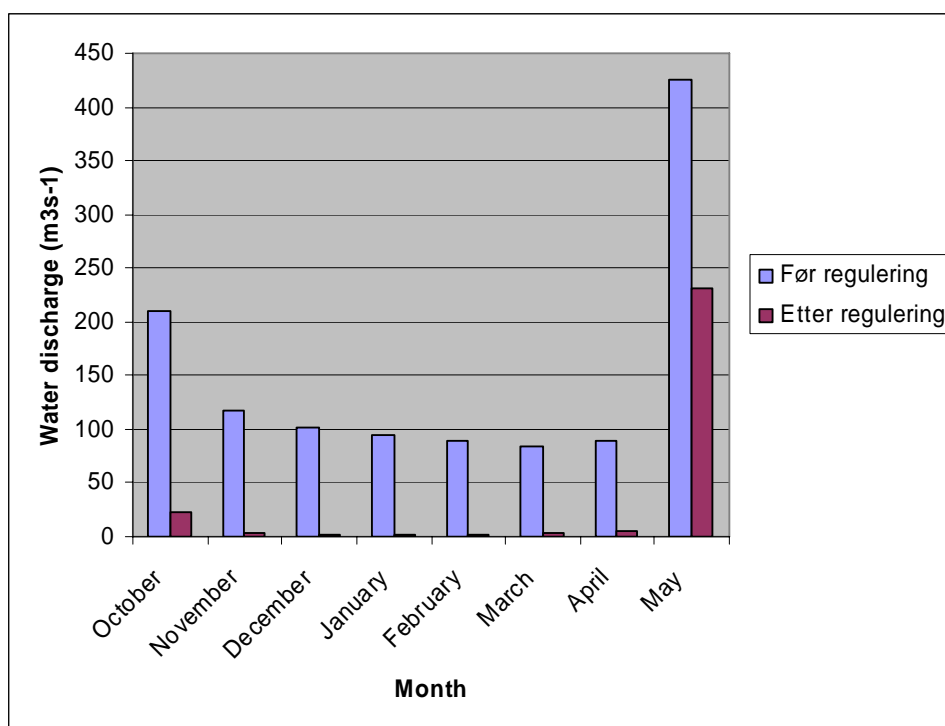


Bilde: Rester av isgang i forbindelse med turbinutfall i Hunderfossen kraftverk. Store isblokker brytes løs fra kulpene ovenfor gytefeltet og stuves sammen og skurer ned i gytegrusen som følge av sammenpressing mellom to brupillarar ved jernbanebrua. Bildet viser ismasser på gytefeltet kort tid etter en episode i februar 1996 (foto: Morten Kraabøl).

4 Resultater

4.1 P1: Vannføringsforhold før og etter utbyggingen

En sammenligning av månedlig middelvannføring før (1949-1969) og etter (1980-1994) utbyggingen av Hunderfossen kraftverk viste at under gytetiden i oktober er vannføringen redusert med 89,1 % som følge av kraftverksdriften. I løpet av 6 måneder inkubasjonstid for befruktet rogn (november til april) er den regulerede vannføringen over gytetfeltet redusert med 94,5 % til 97,9 % i forhold til vannføringsforholdene før utbyggingen. Vårflommen medfører en regelmessig og stor vannføringsøkning, og den regulerede vannføringen for mai er 45,7 % i forhold til vannføringene før reguleringen (**figur 4.1.**). I perioder hvor det slippes minstevannføring på $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og totalvannføringen i Lågen tilsvarer den totale slukeevnen for turbinene ($330 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) vil den maksimale reduksjonen av vannføringen innenfor gjeldende manøvreringsreglement utgjøre 99,45 %. Slike situasjoner inntreffer om våren og høsten men er av begrenset varighet.



Figur 4.1. Gjennomsnittlig vannføring (månedsmiddel) over gytetfeltet før (1949-1969) og etter (1980-1994) reguleringen av Hunderfossen og Ensbyfallene.

De laveste døgn-vannføringene som ble registrert på Losna i perioden 1949-1969 varierte mellom $30,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (1963) og $71,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (1968). Middelverdien for laveste registrerte vannføring for denne perioden var $58,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Laveste vannføring ble registrert i april for 15 (71 %) av årene, i mars for 5 (24 %) av årene og i november for ett (5 %) av årene.

I følge korrespondanse (Kraabøl, M. 1996, Kraftlaget Opplandskraft (KO) 1996), vannføringslister fra Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) og driftsjournaler for Hunderfossen kraftverk for perioden 1980-1994 har vannføringen nedenfor demningen vært helt avstengt ved 6 anledninger av ulik varighet (1. mai 1983, 28. desember 1984, 13.-15. oktober 1985, 2.-4. november 1985, 5. januar 1986, 6. desember 1986 og 19. desember 1991). I et tilsvarende brev fra Kraftlaget Opplandskraft (KO-brev datert 17. juni 1996, ref. 422.01 BS/VK)

dokumenteres avvik mellom GLBs lister og driftsjournaler. I driftjournalen for 4.-11. november 1985 fremkommer ingen uregelmessigheter i minstevannføringen, men dammen ovenfor demningen ble senket med 1 m på de påståtte dagene med for lav minstevannføring. For tilfellet den 6. oktober 1989 innrømmer KO at dammen ved en feil ble tappet litt for langt ned om natta slik at minstevannføringen kan ha vært nede i $1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ på morgenkvisten. Dette ble i følge driftjournalen umiddelbart rettet opp den samme morgenen.



Bilde: Fotodokumentasjon på episode med underskridelse av minstevannføring nedenfor Hunderfossen den 6. oktober 1989 (foto: Johnny Stenshagen).

I de første dagene av gytetiden i oktober 1995 ble det over en 11-dagers periode sluppet for lav minstevannføring (M. Kraabøl, pers. obs). Utviklingen av antall gytefisk og graveaktivitet på gytefeltet ved jernbanebrua var i denne perioden klart avvikende fra tilsvarende år med identiske registreringer (**figur 4.2**, s. 20). Både den suksessive utviklingen av antall gytere og oppgravd areal var mindre enn 10-20 % av tilsvarende år mens minstevannføringen var vesentlig lavere enn $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Etter en mediedebatt om forholdene i lokal radio ble vannføringen justert opp til $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ den 11. september 1995. Antall gytefisk økte umiddelbart, mens oppgravd areal begynte å øke først etter to døgn (**figur 4.3**, s. 21). Det videre forløpet av gyteperioden viste en viss økning i gyteaktivitet men med et tydelig lavere antall deltakere og graveaktivitet på gyteplassen (**figur 4.2 og 4.3**).

4.2 P2: Forholdet mellom minstevannføringer og tørrlagt areal ved gytefeltet

En vannføringsreduksjon fra $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ medfører en senkning av vannivået over gyteplassen på 56,5 cm. Tilsvarende blottlegges i alt $1690,4 \text{ m}^2$ elvebunn fordelt på $218,7 \text{ m}^2$ (13 %) på vestsiden og $1471,8 \text{ m}^2$ (87 %) på østsiden av gytefeltet. **Tabell 4.1** viser de suksessive verdiene for hvert nivå og areal for hvert nedtappingstrinn. Det tørrlagte arealet på vestsiden vurderes som helt uegnet som gytesubstrat, mens hele det tørrlagte arealet på østsiden er godt egnet som gytesubstrat for stor ørret. Det tørrlagte arealet på østsiden utgjøres av et stort og relativt jevnt grusplatå som ligger under vann ved $5\text{-}10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Det er registrert en viss ustabilitet i disse grusmassene, særlig i vestre avgrensning mot elvens naturlige dyprenne hvor gytingen foregår. Etter flommen i juni 1995 flyttet vestre kant av grusplatået seg anslagsvis 1-2 m og snevret inn dyprenna tilsvarende.

Tabell 4.1. Nivåspesifikke og kumulative endringer i vannivå og tørrlagt areal (A) målt i m^2 på øst- og vestsiden av gytefeltet ved Hunderfossen høsten 1995.

Vannf m^3s^{-1}	Vannivå		Tørrlagt A vest		Tørrlagt A øst		Tørrlagt A totalt	
	Pr.nivå	Kumul	Pr.nivå	kumul	Pr.nivå	kumul	Pr.nivå	kumul
20	0	0	0	0	0	0	0	0
15	-8,6	-8,6	30,5	30,5	76,0	76,0	106,5	106,5
10	-16,1	-24,7	55,1	85,6	307,3	383,3	362,4	468,9
5	-13,0	-37,7	50,1	135,7	328,1	711,4	378,4	847,3
1,8	-18,8	-56,5	82,7	218,4	760,4	1471,8	843,1	1690,4

4.3 P3: Definisjon av gyteperiodens start, maksimum og varighet

Dato for gytestart varierte med 12 døgn (variasjonsbredde: 21.09-03.10, snitt=27.09) mellom de syv årene. Gytemaksimum (høyeste antall gytefisk observert) varierte innenfor 12 døgn (variasjonsbredde: 04.10-16.10, snitt=12.10). Gyteperioden varierte fra 19 til 36 døgn (**tabell 4.2.**).

Tabell 4.2. Dato for gytetidens start, gytemaksimum og antall døgn varighet

År	Gytestart	Gytemaksimum	Gyteslutt	Total varighet
1990	25.09	04.10	16.10	22
1991	03.10	14.10	30.10	28
1992	25.09	09.10	16.10	22
1993	21.09	15.10	20.10	30
1994	01.10	12.10	19.10	19
1995	30.09	14.10	22.10	23
2005	27.09	16.10	01.11	36
Gj. snitt:	27.09	12.10	22.10	25,7

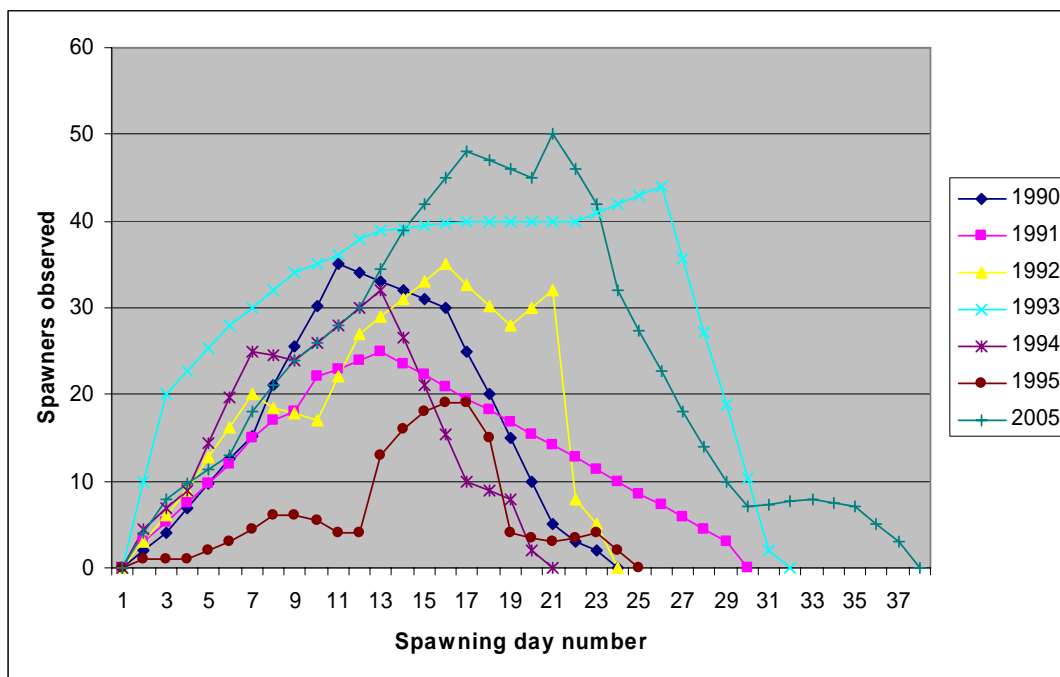
4.4 P4: Gyteperiodens forløp mht. antall fisk

Det maksimale antall gytefisk (gytemaksimum) som ble registrert på gyteplassen varierte årlig mellom 19 og 50 fisk (snitt=34,3). Gytemaksimum inntrådte etter 10-25 dager fra gytestart (snitt=15,6) med en økning på 1,3 - 3,5 fisk/døgn (snitt=2,3). Fra gytemaksimum til gyteslutt avtok antall gytefisk med 1,6 – 8,8 fisk/døgn (snitt=4,1). De årlige verdiene er oppgitt i **tabell 4.3.**

Tabell 4.3. Maksimalt antall gytefisk observert på gytefeltet samt endringer i antall gytefisk døgn-1 før og etter gytemaksimum.

År	Maksimalt antall gytefisk observert	Økning i ant. fisk pr døgn (start-maks)	Reduksjon i ant. fisk pr døgn (maks-slutt)
1990	35	3,50	2,92
1991	25	2,08	1,56
1992	35	2,33	5,00
1993	44	1,76	8,80
1994	32	2,67	4,57
1995	19	1,27	2,38
2005	50	2,50	3,13
Gj. snitt:	34,29	2,30	4,05

Utviklingen i antall gytefisk på gytefeltet er vist i **figur 4.2**. Gytestart varierte med 12 dager mellom årene. For å sammenlikne de enkelte årene er kurvene i **figur 4.2** vist med felles tidsakse fra dag nr. 1 i de respektive årene.



Figur 4.2. Utvikling av antall gytefisk på gyteområdet.

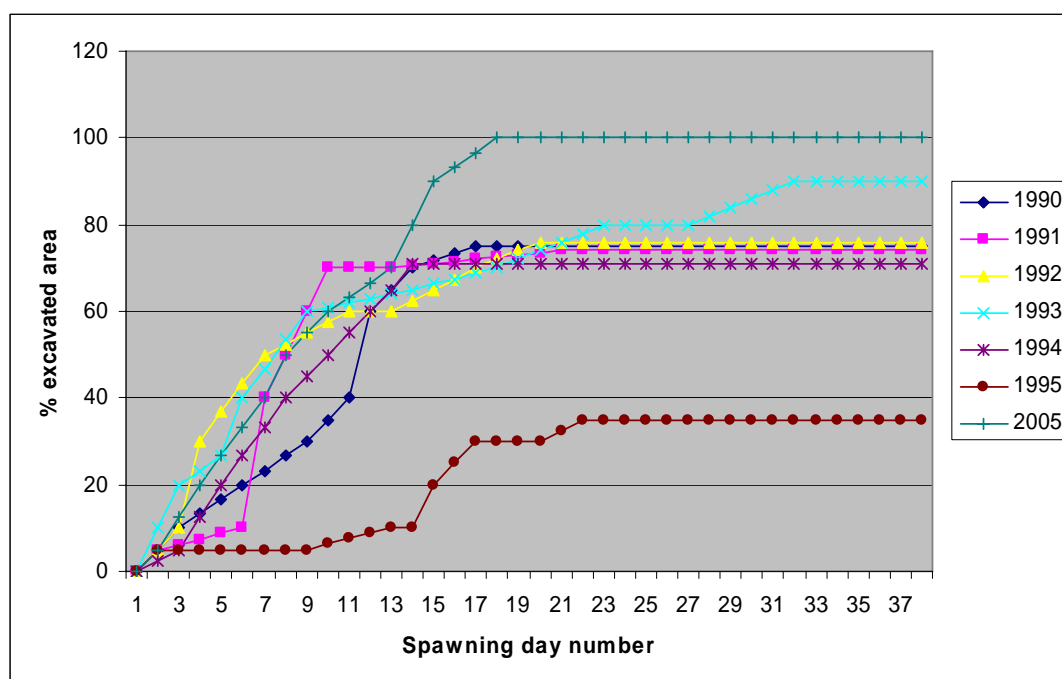
4.5 P5: Gyteperiodens forløp mht oppgravd areal

Det største oppgravde areal på gyteplassen ble registrert i 2005. Dette arealet ble beregnet til 900 m² og benyttes som referanse på 100 % utnyttelse av tilgjengelig areal ved 1,8 m³s⁻¹. Det oppgravde arealet varierte mellom 315 og 900 m² mellom årene (snitt=669 m²). Gytefeltets maksimale utbredelse ble oppnådd etter 13-30 døgn (snitt= 19,4 døgn). Gytefeltet økte mellom 15 og 53 m²/døgn (snitt=36,4 m²/døgn). Det maksimale oppgravde arealet ble oppnådd fra 3 dager før til 8 dager etter gytemaksimum (snitt=3,9 dager etter gytemaksimum) (**tabell 4.4**).

Tabell 4.4. Oppgravd areal uttrykt som m² og % for de enkelte årene.

År	Totalt oppgravd areal		Antall døgn start-maks	Antall m ² økning pr. døgn	Forsinkelse (døgn) mellom maks antall og areal
	m ²	%			
1990	675	75	16	42,19	6
1991	675	75	20	33,75	8
1992	675	75	19	35,53	4
1993	810	90	30	27,00	5
1994	630	70	13	48,46	1
1995	315	35	21	15,00	6
2005	900	100	17	52,94	-3
Gj.snitt	669	74,3	19,4	36,4	3,9

Utviklingen i oppgravd areal er vist i **figur 4.3** (se side 19). Gytestart varierte med 12 dager mellom de registrerte årene. For å sammenlikne de enkelte årene er kurvene i **figur 4.3** vist med felles tidsakse fra dag nr. 1 og forlenget ut til dag nr. 38 i de respektive årene.

**Figur 4.3.** Utviklingen av oppgravd areal på gyteområdet. Alle kurvene er forlenget til dag 38.

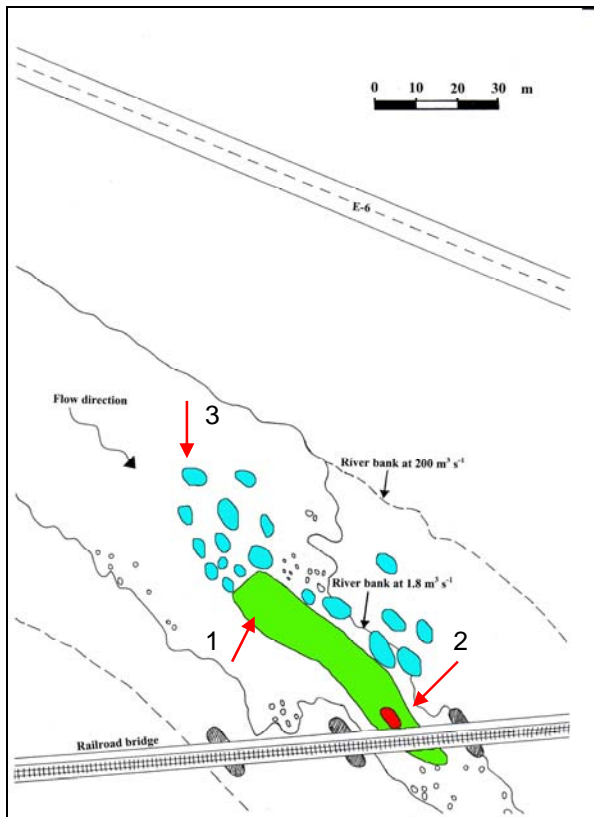
4.6 P6: Gytefeltets utbredelse ved ulike vannføringer

Ved konstant minstevannføring på 1,8 m³s⁻¹ var gyteområdet nedre, vestre og østre avgrensning svært lik mellom årene. Den øvre grensen varierte imidlertid med flere titalls meter.

Ved lavere vannføringer enn 1,8 m³s⁻¹ ble gytefeltet vesentlig innskrenket i øvre del. Vannføringen over gytefeltet var vesentlig lavere i løpet av de 11 første dagene av gyteperioden i 1995. I denne perioden forløp gyteperioden atypisk i form av en vesentlig redusert gytedeltakelse og et innskrenket areal som ble oppgravd (**figurene 4.2 og 4.3**). Det

maksimale antall gytere og økning i antall fisk og areal frem mot gytetidens maksimum var vesentlig lavere i 1995 sammenlignet med de andre årene (**tabell 4.3.**).

Ved høyere vannføringer enn $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ øker det oppgravde areal først i øvre deler og deretter i østlig retning. Observasjoner av graveaktivitet under ulike flomsituasjoner indikerer at en økning i øvre deler skjer opp til $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og ved enda høyere vannføringer både i øvre deler og i østre deler av gytetfeltet. Ved vannføringer over $20\text{--}30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ble det observert graveaktivitet og oppstilling av gytefisk på flere steder på den østre grusbanken som tørrelegges ved $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (**figur 4.4.**).



Figur 4.4. Kart over gytetfeltet ved jernbanebrua 500 m nedenfor Hunderfossen. Grønt areal (1) er maksimalt anvendt gyteareal ved $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, rødt areal (2) er kjerneområdet og turkis areal (3) er gyteområder ved høyere vannstand.

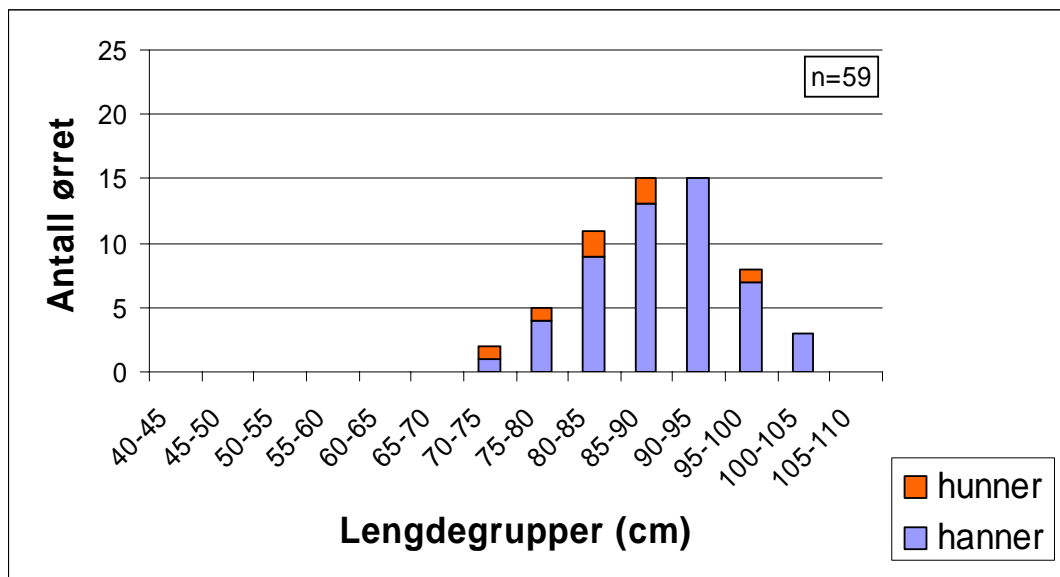
Når gyteperioden starter i slutten av september er vannføringen over gytetplassen $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Fra 1. oktober senkes minste vannføringen til $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Minste tillatte vannføring på $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ble registrert i 66,7 - 100 % av gyteperiodene hvert år (snitt=81,1 %) (**tabell 4.5.**). De første gytegrøpene legges alltid innenfor samme areal under disse konstante minste vannføringene. Dette såkalte kjerneområdet er lokalisert på oversiden av jernbanebrua (se **figur 2.1.**) og har høyest forekomst av gytefisk og graveaktivitet gjennom gyteperioden. Innenfor dette kjerneområdet er det registrert en betydelig grad av overgraving. I 1993 og 2005 ble det dokumentert henholdsvis 6 og 5 overgravinger innenfor kjerneområdet. Overgravinger forekommer svært sjelden utenfor kjerneområdet. Felles for hele gytearealet utenfor kjerneområdet er at gytegrøpene plasseres helt inntil hverandre (med unntak av stor blokkstein).

Tabell 4.5. Regulerte vannføringer i gytetiden.

År	Vannføring ved gytetestart	Vannføring i gytetiden		Min-max vannføring i gytetiden	Døgn med 1,8 m ³ s ⁻¹	
		snitt	median		antall	%
1990	5	2,8	1,8	1,8-5	16	72,7
1991	1,8	1,8	1,8	1,8-1,8	28	100
1992	304	61,6	1,8	1,8-314	16	68,2
1993	5	3	1,8	1,8-5	20	66,7
1994	1,8	22	1,8	1,8-1,8	19	100
1995	5	7,5	1,8	1,8-55	17	73,9
2005	5,5	3,3	1,8	1,8-36	31	86,1

4.7 P7: Dødelighet hos gytefisk etter gyting

Det ble foretatt årlige registreringer av død gytefisk fra jernbanebrua og 300 m nedstrøms mot Bergvelta. Begge elvebreddene ble befart i oktober-november og i mars-april (i mai 2006 ble kun elvens vestre side befart). På denne strekningen ble det til sammen registrert 59 døde ørreter, hvorav 52 stk (88,1 %) var hanner og 7 stk (11,9 %) var hunner. Kroppslengdene til de døde ørretene var fra 71-102 cm (figur 4.5.).



Figur 4.5. Lengdefordeling av døde ørreter funnet i perioden 1990-1995 og 2005 på en 300 m strekning nedenfor gytefeltet ved jernbanebrua, Hunderfossen.

4.8 P8: Potensialet for vellykket rognutvikling oppstrøms gytefeltet

Resultatene fra rognutleggingsforsøkene viste at dødeligheten var svært variabel mellom forsøkene. I forsøk 1 var overlevelsen 74-80 % i de fire kurvene (tabell 4.6.). I forsøk 2 var overlevelsen vesentlig lavere og varierte mellom 0-47 % (tabell 4.7.). Felles for de to forsøkene var at de viste at befruktet rogn kan utvikle seg og frem til klekking både på de øvre deler av gytefeltet og grusområder på oversiden av det anvendte gytefeltet.

Av de 6 utlagte kurvene fra forsøk 1 ble 4 stk (K1, K2, K3 og K4) gjenfunnet (**tabell 4.6.**). Ved utlegging av kurvene om høsten ble det observert tap av rogn fra kurvene under nedgravingen i substratet. Som grunnlag for å beregne andel døde og overlevende ble antall individer (alle stadier) som ble funnet i kurvene ved inspeksjon om våren benyttet som utgangspunkt.

Tabell 4.6. Antall døde og levende rogn og plommesekkyngel fra 4 kurver fra forsøk 1 (1996-1997).

Kurv nr.	Lokalisering på gytefeltet	Ant. Ind. funnet	Døde				Levende			
			rogn	øyerogn	yngel	%	rogn	øyerogn	yngel	%
K1	Nedre del	62	15	0	0	24	0	39	8	76
K2	Midtre del	69	18	0	0	26	0	40	11	74
K4	Ovenfor	291	57	0	0	20	0	181	53	80
K6	Ovenfor	492	124	0	0	25	0	299	69	75

Av de 15 utlagte boksene i forsøk 2 ble 10 stk gjenfunnet (F1, F2, F3, F4, F5, F7, F8, F9, F13 og F14) (**tabell 4.7.**). En boks ble gjenfunnet på en radiomerket ørret som ble gjenfanget i Mjøsa i oktober 1997. Nylontråden mellom boksen og duppen hadde kilt seg fast i radiosenderen og ble sittende fast til fisken.

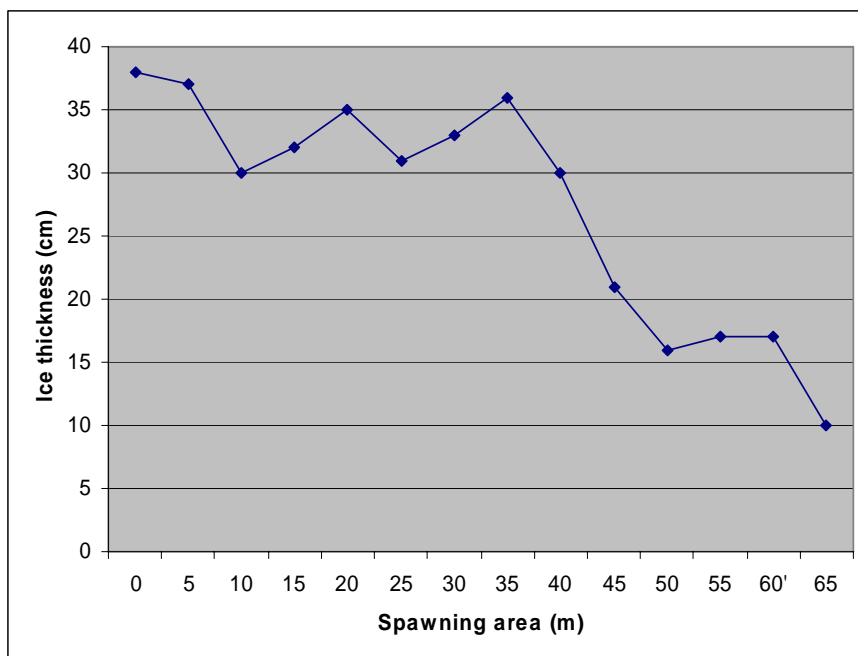
De perforerte plastboksene ga antakeligvis en vesentlig reduksjon av vannstrømmen rundt rogn og dermed gode forhold for nedbryterorganismer. Det var derfor ikke mulig å atskille og telle døde individer i boksene. Den prosentvise fordelingen av døde og levende individer var mulig å beregne ut i fra at alle boksene ble fylt opp med om lag 60 befruktete rognkorn (**tabell 4.7.**). Verken rogn eller plommesekkyngel hadde mulighet til å komme gjennom hullene i plastboksene. Ingen av plommesekkynglene hadde synlig reduksjon av plommesekken da de ble gjenfunnet.

Tabell 4.7. Antall døde og levende rogn og plommesekkyngel fra 10 bokser gjenfunnet om våren 1999 fra FORSØK 2 (uidentifisert organisk masse fra rogn og yngel er markert med "?").

Kurv nr.	Lokalisering på gytefeltet	Ant. Ind. boks	Døde				Levende			
			rogn	øyerogn	yngel	%	rogn	øyerogn	Yngel	%
F1	Nedre del	60	?	?	9	100	0	0	0	0
F2	Nedre del	60	?	?	?	100	0	0	0	0
F3	Nedre del	60	?	?	?	100	0	0	0	0
F4	Midtre del	60		?	27	85	0	0	9	15
F5	Midtre del	60	29	12	?	98	0	0	1	2
F7	Øvre del	60	29	5	?	100	0	0	0	0
F8	Øvre del	60	?	?	9	100	0	0	0	0
F9	Øvre del	60	?	?	?	53	0	0	28	47
F13	Ovenfor	60	?	55	?	99	0	3	0	1
F14	Ovenfor	60	?	?	?	83	0	0	10	17

4.9 P9: Isforhold

Istykkelsen langs strømrretningen midt i gytefeltet varierte mellom 38 cm øverst på gytefeltet til 17 cm under jernbanebrua og ned til 10 cm like nedenfor jernbanebrua. Helt nederst på gytefeltet var det åpent vann i overgangen til strykene mot Bergvelta. På de øverste 40 m av gytefeltet varierte istykkelsen relativt konstant mellom 38 og 30 cm og avtok raskt med økende strømhastighet nedover mot strykene (figur 4.6.).



Figur 4.6. Målinger av istykkelse den 28.12.95 fra øverst på gytefeltet (0 m) og ned til jernbanebrua (55-60 m) og ned til overgangen mot strykene (65 m).

Flere tilfeller av hurtige lukeåpninger som følge av turbinutfall om vinteren er observert ved Hunderfossen. I disse tilfellene har vannføringen økt med anslagsvis $60\text{--}80\text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Dette har medført oppbrekking av islaget på kulpene. Målinger av istykkelse viste at isblokker hadde opptil 60-70 cm tykk is. Spor av isgang viste at ismassene passerte mellom 2. og 3. brupillar ved jernbanebrua, og mekaniske påvirkninger i form av groper og skuringsmerker ble observert i gytegrusen. Systematiske undersøkelser av eksakt omfang, hyppighet og effekt ble ikke utført.

5 Diskusjon

5.1 Endring i vannføringsforhold etter utbyggingen

Utbyggingen medførte meget store endringer i vannføringen mellom turbininntakene ved Hunderfossen og utløpet av driftsvannet ved Hølsaundet. I perioden fra gyting i oktober til første klekking av yngel i april har utbyggingen ført til at den månedlige middelvannføringen er redusert mellom 89,1 og 97,9 %. De opprinnelige planene inkluderte ingen forbitapping av vann i den delen av året hvor turbinenes slukeevne var høyere enn totalvannføringen ved kraftverket. Dette innebar en tilnærmet fullstendig tørrlegging av det regulerte elveleiet i gyte- eller inkubasjonsperioden fra oktober til april-mai. Stor mediefokus som følge av funn av store mengder død ørret i kulpene nedenfor Hunderfossen markerte starten på etablering av miljøvannslipp på denne strekningen.

I 1976 ble dagens gjeldende reglement for slipp av minstevannføring fastsatt. Dette reglementet sikrer et minimum av vannføring gjennom høsten og vinteren slik at en viss naturlig reproduksjon har blitt opprettholdt. Reglementet har overraskende høy grad av presisjon i forhold til ørretens livssyklus og terskelverdier. Telemetristudier har vist at den minste sommervannføringen på $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ligger like over laveste terskelverdi for at gytevandrende ørret kan passere Hølsaundet (Kraabøl & Arnekleiv 1992, Arnekleiv & Kraabøl 1996). Dette reglementet har i avgjørende grad sikret gytefisk tilgang til gyteområdene nedenfor Hunderfossen og ikke minst passering av fisketrappen og fordeling på ulike gytefelter opp til Harpefoss (Kraabøl & Arnekleiv 1998). Videre viser resultatene fra denne gytetudien at gyteperioden starter i gjennomsnitt den 27.09, hvilket ligger svært nær tidspunktet for nedreguleringen til absolutt lavesteintervannføring. Denne vannføringen tilsvarer fisketrappens kapasitet på $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, og resultatene fra gytetudiene bekrefter også at denne vannføringen ligger like over terskelverdien for vellykket gyteforløp.

Driften av Hunderfossen kraftverk har gitt flere episoder med avvik fra minstevannføringsreglementet. Ettersom vannføringen utformer en rekke fysiske forhold som står sentralt i fiskens valg av gytelokalitet bør det utvikles rutiner for å hindre negative avvik fra minstevannføringen. Perioder med redusert eller bortfall av pålagt minstevannføring vil redusere den naturlige rekrutteringen i varierende grad. Perioden mellom gytetestart og klekking, tilsvarende oktober-mai, anses som særlig sårbar som følge av redusert gytesuksess og rognoverlevelse. Episodene som er registrert ser ut til å ha sammenheng med nedtapping av Hunderfossen dam og arbeidsoppgaver tilknyttet lukene eller fisketrappen. Det er fra undertegnede side også observert avvik som ikke er registrert i driftsjournalen. Det synes derfor viktig at alle avvik fra minstevannføringen bør rapporteres slik at de kan etterspores ved forespørsel. Videre har undertegnede også observert enkelte episoder med redusert minstevannføring gjennom fisketrappen i perioder med stort tilsig i bekker som munner ut i kulpene mellom demningen og jernbanebrua. Det er viktig å presisere at pålagt minstevannføringsmengde skal slippes gjennom luker eller fisketrapp uavhengig av tilsiget nedenfor.

Utfall av turbiner om vinteren har medført en rekke uheldige episoder i form av isgang over gytefeltet. Under etablerte vinterforhold kan istykkelsen i kulpene mellom demningen og jernbanebrua komme opp i 60-70 cm. Ved utfall av en turbin slippes tilsvarende vannføring umiddelbart over dammen og bryter opp islaget fra kulpene. Isgangen presses mellom de to pillarene under jernbanebrua hvor gytefeltet er lokalisert. Befaringer i etterkant av flere slike episoder viser at ismassene presses kaotisk mellom de samme pillarene hver gang som følge av elveleiets topografi og vannføringsmengden som varierer mellom 60 og $80 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Dette medfører som regel stor fysisk skade på gytegrøpene og tilgrensende oppvekstområder for ungfish som lever i hulrommene i grusen om vinteren. Det er ikke utført eksakte beregninger av skadeomfanget ved slike episoder, men skure- og støtmerker på mer enn halve gytefeltet er observert.

5.2 Potensialet for økt gytesuksess

Vannføringen over gytefeltet har stor betydning for både antall gytefisk og anvendt gyteareal fordi vannføringen og dermed vannhastigheten er et av de sentrale kriterier for valg av egnet gytelokalitet (Petts et al. 1995, Gibbins & Acornley 2000). Det vanddekte arealet som gir tilfredsstillende vannhastighet varierer etter en viss proporsjonalitet med vannføringen. Dette kom meget godt til syne i 1995 da den pålagte minstevannføringen på $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ved en feil ble om lag halvert i den første del av gyteperioden. Både antall gytefisk og anvendt areal fikk et vesentlig redusert omfang sammenlignet med gjennomsnittet for de øvrige årene. Ved gjenoppsett av korrekt minstevannføring etter ca to uker ble verken gytedeltakelsen eller arealanvendelsen kompensert i full grad. Dette antas å skyldes fysiologiske effekter av overmodning og retensjon av gonader hos gytefisken. Overmodning hos laksefisk har negativ innvirkning på hunnfiskenes gyteatferd ved lavere deltagelse, gytekapasitet og levedyktighet hos eggene (Takano et al. 1973, Hiroi 1978, Azuna et al. 2003). Laksehunner med en ukes overmodning la rogn raskere enn modne hunner. I tillegg inneholdt disse hunnene mer residualrogn etter gyting. Dette indikerer videre at 1-2 ukers forsinkelse og overmodning av hunner kan medføre redusert selektivitet for gytepartner (deGaudemar & Beall 1998).

Potensialet for å øke den naturlige gytesuksess på gytefeltet ved jernbanebrua synes å være betydelig. Observasjonene av graveaktivitet under flomsituasjoner indikerte at det anvendte gytearealet økte betydelig oppstrøms i elvens lengderetning ved vannføringer opp til $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ved vannføringer over $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ økte det anvendte arealet også utover grusplatået i østre elveleie. Disse resultatene viser klart at gytearealet kan økes betydelig ved å øke vannføringen utover $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i gytetiden. Flere studier har påvist tilsvarende effekter av økt vannføring i gytetiden hos laksefisk (Kondolf et al 1987, Kondolf 2000, Ortlepp & Mürle 2003).

For at den økte gytesuksessen skal lede frem til økt antall klekkinger av ørret yngel etter inkubasjonsperioden er det helt avgjørende at gytegrøpene ikke tørrelegges eller fryses i løpet av vinteren (Gibbins & Acornley 2000). Det er den laveste minstevannføringen etter gytingen som i størst grad influerer på tørrelegging og frysing. Dersom laveste vintervannføring fortsatt holdes på $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bør økningen i minstevannføringen under gyteperioden ligge mellom 10 og $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, men ikke overstige $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ved eventuelt fastsettelse av høyere vintervannføring kan gytevannføringen økes ytterligere. Det bør i så fall gjennomføres nye undersøkelser for å definere den optimale sammenhengen mellom vannføring i gytetiden og laveste vintervannføring og isforhold.

Tilsvarende problemstillinger som inkluderer tilgjengelig gyteareal, vannføring under gytetiden og minste vintervannføring er utredet gjennom modelleringsforsøk i forbindelse med utforming av nytt reguleringsregime i utløpselven North Tyne fra Kielder Reguleringsmagasin i Nord-Øst England (Gibbins & Acornley 2000). De viste at gytehabitatet ble forbedret ved å øke den regulerte vannføringen under gyteperioden. Tilgjengelig gytehabitat ved den tidligere regulerte vannføringen på $1,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ utgjorde kun tredjedel av det tilgjengelige habitatet som ble tilgjengelig ved $4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Videre viste de at en halvering av minste vintervannføring fra $1,3$ til $0,66 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ medførte 80 % reduksjon av gytesuksess. Slike studier demonstrerer viktigheten av å vurdere det anvendte gytearealet opp mot minste vannføring som inntreffer i løpet av inkubasjonsperioden. I regulerte vassdrag med bestemmelser om minstevannføring kan slike beregninger utføres svært presist.

Det er også rimelig grunn til å anta at en slik økning i anvendt gyteareal også vil medføre redusert overgraving i gyteområdets midtre deler og derved en betydelig økning i antall befruktede rogn i grusen etter endt gyting. Hvorvidt overgraving er et resultat av høy tetthet av gytefisk i forhold til tilgjengelig areal er noe omdiskutert. Flere studier har vist at overgraving kan redusere gytesuksessen i stor grad. Reproductiv suksess hos ørret i en liten elv i New Zealand ble redusert med 94 % som følge av senere overgraving av regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) (Hayes 1987). van den Berghe & Gross (1989) antok at overgraving var en viktig faktor som virket selekterende på gytetidspunkt hos stillehavslaks (*O. kisutch*).

Imidlertid har overgraving også blitt observert hos elvelevende laksefisk som har lave gytebestander (Witzel & MacCrimmon 1983, Beard & Carline 1991, Sørensen et al. 1995). Disse observasjonene åpner for muligheten for at overgraving kan være en atferdsmessig tilpasning til å grave i tidligere oppgravde grusmasser fordi dette er energibesparende (Hendry et al. 2004). I en studie av overgraving mellom bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) og ørret ble det ikke funnet sammenheng mellom tetthet av gytefisk og overgraving. Atferdsstudier under gyting viste imidlertid at hunnfisk har en klar preferanse for å gyte i eksisterende gytegrøper (Essington et al. 1998).

Økt minstevannføring i gyteperioden bør vurderes i sammenheng med retur av utgytt ørret fra gytefelter ovenfor og nedenfor Hunderfossen. I løpet av de første dagene i gytetiden starter de tidligst gytende ørretene forflytning til overvintringslokaliteten, som enten er i elva eller i Mjøsa. Om lag halvparten av ørretene som passerer fisketrappa søker helt ned til Hunderfossen etter gyting og slipper seg ut gjennom lukene ved tapping av overflatevann (Arnekleiv et al. 2006, i trykk). Utover gytetiden i oktober kan flere titalls utgytte ørret observeres ved turbininntakene i nærheten av isluka (M. Kraabøl, upubl. data). Ved å slippe ekstra vann i form av overflatevann over isluka utover gyteperioden vil derfor kunne oppfylle tre viktige funksjoner som har det til felles at de reduserer reguleringsinduserte flaskehalsen i ørretens livssyklus. For det første vil dette vannslippet sikre returvandring for ørret som har passert fisketrappen. For det andre vil vannslippet gi økt gytesuksess på gytefeltet ved jernbanebrua. For det tredje vil vannslippet gi bedre nedvandringsforhold på den regulerte strekningen fra Hunderfossen og ned til Hølsaundet. For å synkronisere dette vannslippet til ørretens livssyklus og vandringsatferd, bør slippet starte noen dager etter gytetstart og vedvare noen dager etter gyteslutt. Dette begrunnes med at de tidligst gytende fiskene starter returvandringen etter noen dagers gyteaktivitet og at returvandring fortsetter noen dager etter at gyteperioden er avsluttet. I tillegg bør det beregnes noe tid for å fullføre returvandringen på den regulerte strekningen. Det antydes derfor at overflatevann inntil $15 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ bør slippes over isluka i perioden 05.10 til 05.11 hvert år.

Hvorvidt et økt antall ørretungel vil medføre økt smoltutvandring fra de tilsvarende årsklasser vurderes ikke inngående i denne sammenheng. Det er imidlertid rimelig å anta at dette krever en nærmere vurdering av aspekter tilknyttet tidlige ontogenetiske nisjeskift og habitattilgjengelighet frem til smoltifiseringsalder.

Forsøkene med utlegging av befruktet rogn innenfor og ovenfor gytefeltet som anvendes ved $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ viste at rogn har muligheter for å utvikle seg frem til klekking ovenfor gytefeltet. De sprikende resultatene fra de to forsøkene antas å skyldes ulike forhold for soppinfeksjon og oksygentilførsel. Det er sannsynlig at forsøk 1 ved bruk av substratfylte kurver med rogn ga de mest pålitelige resultatene. Bruk av ulike typer av perforerte beholdere for å undersøke overlevelse av rogn i grusen har blitt benyttet i mange tilsvarende studier (Harris 1973, Harshbarger & Porter 1979, MacKenzie & Moring 1988, Schrivener 1988, MacCrimmon et al. 1989). Et vanlig problem ved disse studiene var høy dødelighet som følge av sedimentering av finkornete sedimenter og fremvekst av sopp på rogn (Harshbarger & Porter 1979). MacKenzie & Moring modifiserte de såkalte Vibert-boksene ved å sette inn skillevegger slik at den innlagte rogn ble atskilt i mindre rom. På denne måten ble soppveksten og dødeligheten begrenset. I forsøk 2 benyttet vi perforerte filmbokser fylt med ca 60 rogn. Dette gir en vesentlig høyere rogn tetthet enn det som anbefales i litteraturen. Harris (1973) oppga en maksimal rogn tetthet på 30 rogn pr. 108 cm^3 . Rubin (1995) benyttet en ny metode basert på erfaringene fra tidligere forsøk med ulike rognbeholdere. Ved å bruke beholdere fylt opp med gytesubstrat og nylig befruktet rogn, ble det dokumentert at denne metoden var egnet til å beregne overlevelse av befruktet ørretrogn i elvegrus. Forsøk 1 er i prinsippet mest likt denne metoden, og anses derfor som mest relevant for å vurdere potensialet for overlevelse av rogn som legges ovenfor gyteområdet.

Ved vannføringer over $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ øker det anvendte gytefeltet i motstrøms retning. Rogn som legges i disse gytegrøpene antas derfor å gi god overlevelse selv om minstevannføringen

reduseres til $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ etter endt gyting. Etablering av et volumkrevende islokk på 10-40 cm over en konstant minstevannføring medfører økt vannhastighet over hele gytefeltet i denne perioden, sammenlignet med isfri periode.

5.3 Dødelighet hos gytefisk

Størrelsesfordelingen og kjønnsfordelingen hos de døde ørretene som ble funnet i nærheten av gyteplassen viste en klar forskyvning mot overvekt av store hanner i forhold til den naturlige stukturen hos gytebestandene i Lågen (Jensen & Aass 1995). Hos laksefisk er det vist at hannene har lavere overlevelse etter gyting sammenlignet med hunnene (Jones 1959, Jonsson et al. 1990, 1991). Årsakene til denne kjønnsforskjellen kan være at hannene forbruker mer energi i forbindelse med reproduksjonen (Hirshfield 1980). Hannene utkjemper slosskamper i forbindelse med dominanshierarkier både før og under gyteperioden. Dette kan medføre skader i slimlaget og sår i huden som medfører økt tilbøyelighet til å utvikle soppsykdom. Studier av enegriforbruk hos gytende laksevisk har vist at dominante hanner forbruker mer fett sammenlignet med dub-dominante hanner (Hendry & Beall 2004). En akkumulering av store og eldre individer reflekterer også naturlig og aldersindusert mortalitet.

6 Konklusjoner

6.1 Hovedkonklusjon

Vannføringer over $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i gytetiden ga betydelig økning i anvendt gyteareal. Dersom laveste vintervannføring holdes på $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ bør det slippes inntil $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i gytetiden for å unngå tørrelegging og frysing av gytegrøper i løpet av vinteren. Økt minstevannføring i gytetiden kan redusere tre kjente flaskehalsar for naturlig reproduksjon og overlevelse hos Hunderørret; 1): Forbedre nedvandringsmulighetene forbi demningen for utgytt ørret fra gytefelt ovenfor Hunderfossen, 2): Øke gytesuksessen på gytefeltet ved jernbanebrua og 3): Øke videre nedvandringsmulighetene for utgytt ørret som vil passere den regulerte strekningen ned til Hølsauget. For å optimalisere samvirket mellom disse tre forbedringene bør vannslippet skje med en viss faseforskyvning i forhold til gyteperiodens varighet. Det foreslås derfor at dette vannslippet skjer i perioden 05.10 – 05.11.

6.2 Delkonklusjoner

1. Utbyggingen av Hunderfossen kraftverk medførte en reduksjon av vannføringen over gytefeltet med 89,1 % i gyteperioden i oktober og 94,5 – 97,9 % i rognas inkubasjonstid fra november til april. Eksisterende manøvreringsreglement gir rom for en reduksjon av vannføringen inntil 99,45 % i perioder med full last i turbinene og $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ som minstevannføring. Avvik fra minstevannføringsreglementet er påvist ved enkelte anledninger og er som oftest relatert til mekaniske arbeider på demningen og nedtapping av dam. Når vannføringen i gytetiden i oktober er vesentlig lavere enn $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ reduseres gytesuksessen målt som gyteandel og oppgravd areal betydelig.
2. Nedtrappingen av minstevannføringen fra $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ til $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i løpet av september medfører tørrelegging av $1471,8 \text{ m}^2$ egnet gyte- og oppvekstområder på østsiden av gyteområdet. På vestsiden tørrelegges $218,4 \text{ m}^2$ oppvekst, i alt $1690,4 \text{ m}^2$.
3. Gjennomsnittlig gytestart, gytemaksimum og gyteslutt var henholdsvis 27.09, 12.10 og 22.10. Gytetidens varighet varierte mellom 19 og 36 døgn (snitt=25,7 døgn).
4. Antall aktive gytefisk viste en gjennomsnittlig økning på 2,3 fisk døgn⁻¹ frem til gytemaksimum. Reduksjonen av antall gytefisk fra gytemaksimum til gyteslutt var i gjennomsnitt 4,05 fisk døgn⁻¹. Ved gytemaksimum ble det observert fra 25-50 aktive gytefisk innenfor gyteområdet.
5. Det oppgravde gytearealet varierte mellom 315 m^2 og 900 m^2 mellom årene (snitt=669 m^2). Gyteperiodens forløp mht oppgravd areal viste en gjennomsnittlig økning på $36,4 \text{ m}^2$ døgn⁻¹. Maksimalt oppgravd areal ble i gjennomsnitt oppnådd innen 75 % av den totale gyteperioden.
6. Gytefeltets utbredelse varierte i samsvar med minstevannføringen. Ved vannføringer lavere enn $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ble antall gytere og oppgravd areal vesentlig redusert. Ved vannføringer mellom $1,8$ og $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ økte gytefeltet oppover langs elvens djupål. Rogn som legges i dette området utsettes ikke for tørrelegging i løpet av vinterens lavvannføring på $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ved vannføringer over $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ økte gytefeltet i østlig retning. Rogn som legges på den østre siden av elvens djupål vil bli tørrelagt eller utsatt for frysing i løpet av vinteren.

7. Døde gytefisker som ble funnet i nærheten av gyteplassen viste en sterk overrepresentasjon av store hanner i forhold til bestandsstrukturen hos gytebestanden. Kjønnsfordelingen (hann:hunn) og kroppslengdene hos de døde ørretene var henholdsvis 8:1 og 71-102 cm.
8. Forsøk med utlegging av befruktet rogn ovenfor gytefeltet som anvendes ved $1,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ viste at rogn utviklet seg frem til klekking. Gyting på disse områdene vil derfor bidra til redusert overgraving i gyteområdets kjerneområde og dermed øke den naturlige rekrutteringen av ørret fra dette gytefeltet.
9. Gytefeltet dekkes av et islokk om vinteren med unntak av de nederste områdene mot strykene. Isen er tykkest i øvre deler av gyteområdet og vil dermed medføre økt vannhastigheten om vinteren. Episoder med utfall av turbiner og isgang om vinteren medfører mekanisk påvirkning av gytesubstratet og sannsynligvis økt dødelighet på rogn.

7 Referanser

- Aass, P. 1967.** Fiskeribiologiske undersøkelser i Mjøsa og Lågen 1966. Rapport 28 sider + vedlegg.
- Aass, P. 1993.** Stocking strategy for rehabilitation of a regulated brown trout (*Salmo trutta* L.) river. Regulated River: Research & Management 3: 255-266.
- Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 1996.** Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to water flow in a regulated Norwegian river. Regulated Rivers; Research & Management 10: 39-49.
- Arnekleiv, J.V., Kraabøl, M. & Museth, J. 2006.** Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. Hydrobiologia (akseptert manuskript i trykk).
- Azuma, T., Ohta, H., Oda, S., Muto, K., Yada, T & Unuma, T. 2003.** Changes in fertility of rainbow trout eggs retained in coelom. Fisheries Science 69: 131-136.
- Beard, T.D. & Carline, R.F. 1991.** Influence of spawning and other stream habitat features on spatial variability of wild brown trout. Trans. Am. Fish. Soc. 120: 711-722.
- Berdal, B. A. udatert.** Hunderfossen Dam and Power Plant. Concrete Dams in Norway. Østlandets Blad Trykkeri, Ski.
- Berg, O.K. & Berg, M. 1989.** The duration og sea and freshwater residence of the sea trout, *Salmo trutta*, from the Vardenes River in northern Norway. Environmental Biology of Fishes 24: 23-32.
- Bye, V. J. 1984.** The role of environmental factors in the timing of reproductive cycles. I: Pott, G. W. & Wootton, R. J. (red.). Fish reproduction; strategies and tactics. London: Academic Press, 187-205.
- Crisp, D. T. & Carling, P. A. 1989.** Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. Journal of Fish Biology 34: 119-134.
- deGaudemar, B. & Beall, E. 1998.** Effects of overripening on spawning behaviour and reproductive success of Atlantic salmon females spawning in a controlled flow channel. Journal of Fish Biology 53: 434-446.
- Elliot, J.M 1989.** Wild brown trout *Salmo trutta*: an important national and international resource. Freshwater Biology 21: 1-5.
- Elliot, J. M. 1994.** Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press, 286 s.
- Essington, T. E., Sorensen, P. W. & Paron, D. G. 1998.** High rate of redd superimposition by brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and brown trout (*Salmo trutta*) in a Minnesota stream cannot be explained by habitat availability alone. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55: 2310-2316.
- Gibbins, C.N. & Acornley, R.M. 2000.** Salmodid habitat modeling studies and their contribution to the development of an ecologically acceptable release policy for Kielder Reservoir, North-East England. Regulated Rivers; Research & Management 16: 203-224.
- Grost, R. T., Hubert, W. A. & Wesche, T. A. 1990.** Redd site selection by brown trout in Douglas Creek, Wyoming. Journal of Freshwater Ecology 5: 365-371.
- Harris, G. S. 1973.** A simple egg box planting technique for estimating the survival of eggs deposited in stream gravel. Journal of Fish Biology 5: 85-88.
- Harshbarger, T. J. & Porter, P. E. 1979.** Survival of brown trout eggs. Two planting techniques compared. Progressive Fish-Culturist 41: 206-209.
- Hayes, J.W. 1987.** Competition for spawning space between brown trout (*Salmo trutta*) and rainbow trout (*S. gairdneri*) in a lake inlet tributary, New Zealand. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 40-47.
- Heggberget, T. G. 1988.** Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45: 845-849.
- Hendry, A.P. & Beall, E. 2004.** Energy use in spawning Atlantic salmon. Ecology of Freshwater Fish 13: 185-196.
- Hendry, A.P., Castaic, V., Kinnison, M.T. & Quinn, T.P. 2004.** The evolution of philopatry and dispersal. Homing versus straying in salmonids. I: Hendry, A.P. & Stearns, S.C. (red.). Evolution illuminated, 52-91.
- Hiroi, O. 1978.** Studies on the retention of gametes of salmonid fishes 3: Change in fry-liberation rate of stored chum salmon eggs inseminated with sperms preserved in same conditions. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery 32: 19-26.

- Hirshfield, M.F. 1980.** An experimental analysis of reproductive effort and cost in Japanese medaka, *Oryzias latipes*. *Ecology* 61: 282-292.
- Jensen, A. & Aass, P. 1995.** Migration of a fast-growing population of brown trout (*Salmo trutta* L.) through a fish ladder in relation to water flow and water temperature. *Regulated Rivers: Research & Management* 10: 217-228.
- Johnsen, S. 2006.** Bedre bruk av fiskeressursene i regulerte vassdrag i Oppland. Fagrapport 2005. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen. Rapport 2/2006, 54 s.
- Jones, J. W. & Ball, J. N. 1954.** The spawning behaviour of brown trout and salmon. *The British Journal of Animal Behaviour* 2: 103-114.
- Jones, J.W. 1959.** The Salmon. London: Collins.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1990.** Partial segregation in the timing of migration of Atlantic salmon of different ages. *Animal Behaviour* 40: 313-321.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1991.** Energetic cost of spawning in male and female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) *Journal of Fish Biology* 39: 1-6.
- Kondolf, G.M. 2000.** Assessing salmonid spawning gravel quality. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 262-282.
- Kondolf, G.M., Cada, G.F. & Sale, M.J. 1987.** Assessment of flushing flow requirements for brown trout spawning gravels in steep streams. *Water Resources Bulletin* 23: 2589-2599.
- Kraabøl, M. & Arnekleiv, J.V. 1992.** Gytevandring hos Hunderørret. Status for prosjektarbeidet 1992. Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet, Zoologisk notat 1992-6: 1-21.
- Kraabøl, M. & Arnekleiv, J.V. 1998.** Registrerte gytelokaliteter for storørret i Gudbrandsdalslågen og Gausa med sideelver. NTNU Vitenskapsmuseet. Rapport zoologisk serie 1998-2: 1-28 + vedlegg.
- Kraabøl, M. 2003.** Soppangrep (*Saprolegnia parasitica*) på gytebestand av Mjøsørret (*Salmo trutta*) i Gudbrandsdalslågen 1990-1999. DN/Statkraft/VESO: Kultiveringsanleggenes Forening, kultiveringsmøtet 2003, Eidfjord.
- Lura, H. & Sægrov, H. 1993.** Timing of spawning in cultured and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in the River Vosso, Norway. *Ecology of Freshwater Fish* 3: 167-172.
- Løkensgard, T. & Aass, P. 1962.** Hunderfossreguleringens virkninger på fiske. Fiskeriinspektøren for Østlandet. Rapport datert 3/7 1962, 44 sider.
- MacCrimmon, H. R., Gots, B. L. & Witzel, L. D. 1989.** Simple apparatus for assessing embryo survival and alvein emergence of stream salmonids. *Aquaculture and Fisheries Management* 20: 333-335.
- MacKenzie, C. & Moring, J. R. 1988.** Estimating survival of Atlantic salmon during the intragravel period. *North American Journal of Fisheries Management* 8: 45-49.
- Ortlepp, J. & Mürle, U. 2003.** Effects of experimental flooding on brown trout (*Salmo trutta* fario L.): The River Spöl, Swiss National Park. *Aquatic Sciences* 65: 232-238.
- Ottaway, E. M., Carling, P. A., Clarke, A. & Reader, N. A. 1981.** Observations on the structure of brown trout, *Salmo trutta* Linnaeus, redds. *Journal of Fish Biology* 19: 593-607.
- Petts, G.E., Maddich, I, Bickerton, M. & Ferguson, A.J.D. 1995.** Linking hydrology and ecology: The scientific basis for river management. I: Harper D.M. & Ferguson, A.J.D. (eds.). *The ecological basis for river management*. John Wiley & Sons, Chichester: 1-16.
- Rubin, J.-F. 1995.** Estimating the success of natural spawning of salmonids in streams. *Journal of Fish Biology* 46: 603-622.
- Rubin, J.-F., Glimsäter, C. & Jarvis, T. 2006.** Spawning characteristics of the anadromous brown trout in a small Swedish stream. *Journal of Fish Biology* 66: 107-121.
- Schneider, B. 2000.** Spawning microhabitat selection by brown trout in the Linthkanal, a mid-sized river. *Journal of Freshwater Ecology* 15: 181-187.
- Schriverer, J. C. 1988.** Two devices to assess incubation survival and emergence of salmonid fry in an estuary streambed. *North American Journal of Fisheries Management* 8: 248-258.
- Shirvell, C. S. & Dungey, R. G. 1983.** Microhabitats chosen by brown trout for feeding and spawning in rivers. *Transactions of the American Fisheries Society* 112, 355-367.
- Sørensen, P.W., Cardwell, J.R., Essington, T.E. & Weigel, D.E. 1995.** Reproductive interactions between sympatric brook and brown trout in a small Minnesota stream. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 1958-1965.
- Takano, K., Hiroi, O., Yasukawa, M. & Suetake, T. 1973.** Studies on the retention of gametes of salmonid fishes 1: On the fertility of chum salmon eggs after storage. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery* 27: 31-37.

- van den Berghe, E.P. & Gross, M.R. 1989.** Natural selection resulting from female breeding competition in a Pacific salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Evolution* 43: 125-140.
- Witzel, L. D. & MacCrimmon, H. R. 1983.** Redd-site selection by brook trout and brown trout in Southwestern Ontario Streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 760-771.
- Zimmer, M. P. & Power, M. 2006.** Brown trout spawning habitat selection preferences and redd characteristics in the Credit River, Ontario. *Journal of Fish Biology* 68: 1333-1346.

Korrespondanse:

Kraabøl, M. 07.05.96: Angående underskridelse av minstevannføring i Hunderfossen.

Kraftlaget Opplandskraft 17.06.96, ref.: 422.01 BS/VK: Hunderfossen kraftverk-minstevannføring.

NINA Rapport 217

ISSN:1504-3312

ISBN 10: 82-426-1777-5

ISBN 13: 978-82-426-1777-4



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no