

Morten Kraabøl, Jo Vegar Arnekleiv,
Stein I. Johnsen og Jon Museth

Nedvandring av vinterstøing og smolt av Hunderørret ved Hunderfossen kraftverk. Anbefalinger om vannslipp og lukemanøvreringer





Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Vitenskapsmuseet
Zoologisk notat 2009-4

Nedvandring av vinterstøing og smolt av Hunderørret ved Hunderfossen kraftverk. Anbefalinger om vannslipp og lukemanøvreringer

Morten Kraabøl, Jo Vegar Arnekleiv, Stein I. Johnsen og Jon
Museth

Dette notatet refereres som: Kraabøl, M., Arnekleiv, J.V., Johnsen, S.I. & Museth, J. 2009. Nedvandring av vinterstøing og smolt av Hunderørret ved Hunderfossen kraftverk. Anbefalinger om vannslipp og lukemanøvreringer. – NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk notat 2009, 4: 1-18.

Utgiver: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Vitenskapsmuseet
Seksjon for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 80
Telefaks: 73 59 22 95
e-mail: naturhistorie@vm.ntnu.no

Tidligere utgivelser i samme serie, se:
http://www.ntnu.no/nathist/zool_notat

Forsidebilde: Hunderfossen. Alle foto: Morten Kraabøl ©

ISBN 978-82-7126-830-5
ISSN 1504-503X

INNHold

1 BAKGRUNN	5
2 OMRÅDEBESKRIVELSE	6
3 MATERIALE OG METODE	8
4 RESULTATER OG KOMMENTARER	8
5 ANBEFALINGER	16
6 REFERANSER	17

1 BAKGRUNN

Vannkraftreguleringer i vassdrag med vandrende fiskearter virker ofte forstyrrende på vandringerne og reduserer derfor tilgjengeligheten mellom vitale habitater (Petts 1984; Ward 1989; Ward & Stanford 1995). Miljøforandringene som følger etter en vassdragsregulering påvirker både rekrutteringsforhold og utvikling av livshistorier hos fiskebestandene. Skadeomfanget spenner over en skala fra ubetydelig til ødeleggende effekt, og er i meget stor grad avhengig av hvilke tiltak som gjøres for å minimalisere de negative påvirkningene på produksjon og livsløp hos berørte bestander. Typiske problemstillinger knyttet til oppvandring i regulerte elver omfatter samløp mellom driftsvann og minstevannføringsstrekning (Arnekleiv & Kraabøl 1996; 1998; Thorstad et al. 2003; Kraabøl & Arnekleiv 2007), minstevannføringsstrekningen (Kraabøl & Arnekleiv 2007) og fisketrapper (Jensen & Aass 1995; Calles & Greenberg 2009 i trykk). Disse problemstillingene er til dels godt undersøkt i regulerte vassdrag i Norge. Likeledes er det gjennomført en del undersøkelser som omfatter smoltvandring forbi kraftverksdammer.

Returvandring hos utgytt fisk er imidlertid lite undersøkt til tross for at både laks og sjørøtt under normale forhold er iteropare (gyter to eller flere ganger i løpet av livet). Fiskefaunaen i store og lavereliggende innlandsvassdrag har en høyere artsdiversitet, og felles for de aller fleste artene er iteropari som sentral livshistoriestrategi. Det er derfor svært viktig å inkludere problemstillinger som omfatter returvandring hos voksen fisk når passasjeproblemer ved kraftverk skal utredes (Calles & Greenberg 2009 i trykk; Wertheimer & Evans 2005; Scruton et al 2002; 2007).

Returvandring foregår over en annen skala sammenlignet med oppvandringen både når det gjelder tid og rom, samt motivasjon og fysiologisk yteevne hos fisk (Kraabøl et al. 2009). Hos høstgytende arter, som for eksempel ørret og laks, skjer ofte returvandringen umiddelbart etter gyteperioden om høsten eller tidlig på vinteren. På denne tiden er vanntemperaturen lav og fortsatt synkende, noe som reduserer fiskens yteevne fordi den er vekselvarm. Gytingen har også tæret såpass mye på kroppsreservene at det kan være kritisk for fisken dersom den blir tvunget til å overvintre i elva. I tillegg vandrer returfisk nedstrøms, og møter derfor damkonstruksjonen fra den motsatte side sammenliknet med oppvandringen. Hvert enkelt dam- og kraftverksanlegg er forskjellig når det gjelder vannveier og manøvreringsreglement, noe som tilsier at behovet for både stedsspesifikke og generaliserende studier er stort. Dette er et forskningsområde som i liten grad er viet oppmerksomhet i faglitteraturen omkring passasjeproblematikk i regulerte elver. Det er utvilsomt knyttet betydelige kunnskapsutfordringer til fysiske og biologiske forhold omkring returvandring av voksen og utgytt fisk i regulerte elver i Norge.

Kraftlaget Opplandskraft har ønsket en oppsummering av eksisterende kunnskap om Hunderørretens nedvandring forbi Hunderfossen. Dette for å få konkrete anbefalinger om vannslipp og lukemanøvrering for en best mulig sikring av storørretens nedvandring. Følgende problemstillinger har dannet utgangspunktet for tidligere studier ved Hunderfossen kraftverk;

P1: Hvor stor andel av årlig gyteoppgang gjennom fisketrappa ved Hunderfossen returnerer til Hunderfossen etter gyting om høsten i forhold til andel som naturlig overvintrer i elva ovenfor Hunderfossen?

P2: Til hvilken tid på året kommer returvandrende Hunderørret ned til Hunderfossen dam?

P3: Hvor stor andel av returvandrende gytefisk og smolt går ned gjennom turbinene ved Hunderfossen kraftverk?

P4: Hvordan påvirkes nedvandring av vinterstøing og smolt av lukemanøvreringen ved Hunderfossen dam?

P5: Avdekke terskelverdier knyttet til nedvandring av vinterstøing og smolt forbi Hunderfossen.

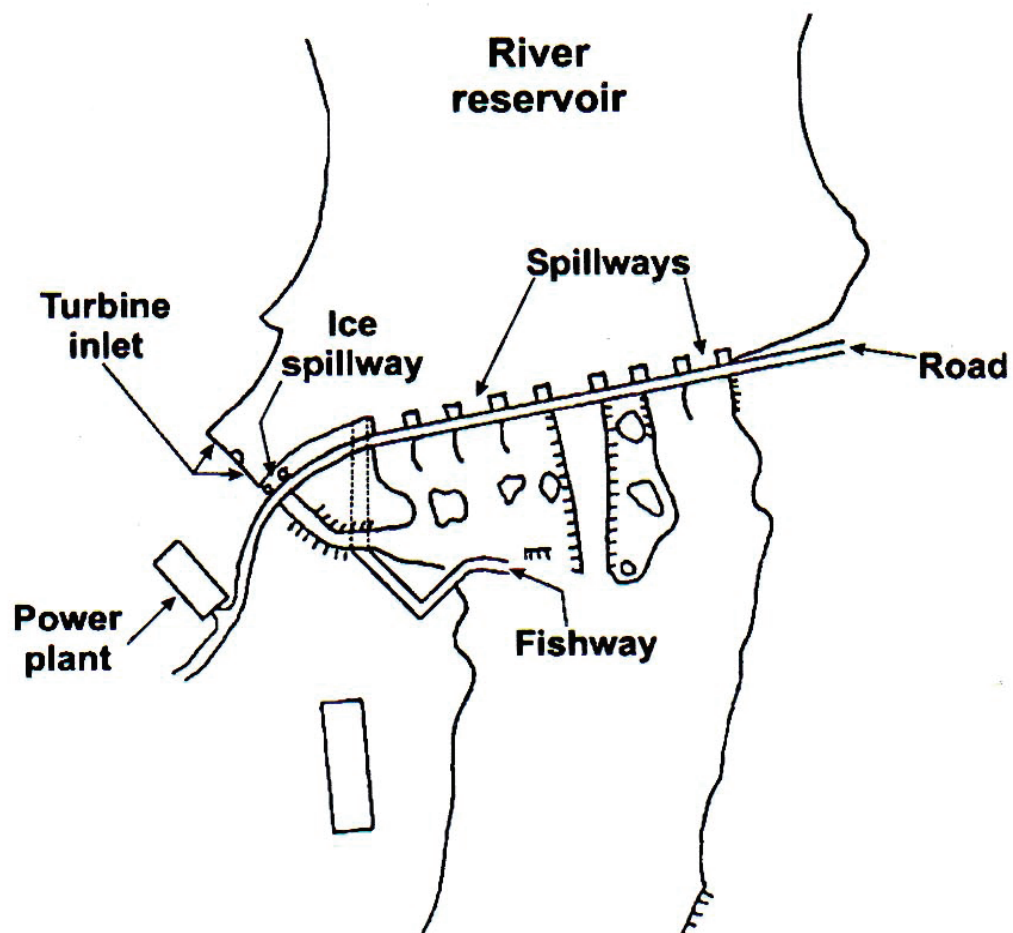
P6: Avdekke eventuell seleksjon knyttet til nedvandring av vinterstøing og smolt forbi Hunderfossen

2 OMRÅDEBESKRIVELSE

Hunderfossen kraftverk ligger 15 km oppstrøms Gudbrandsdalslågens utløp i Mjøsa. De tekniske installasjonene som er av betydning for Hunderørretens gyte- og smoltvandring omfatter den 200 meter brede dammen med til sammen 8 ulike luker samt to turbininntak som leder vannet gjennom to Kaplanturbiner.

Luketyper

Lukene i Hunderfossen dam består av 6 flomluker, 1 tømmerluke og 1 is- og braskeluke (figur 1). Flomlukenes bredde er 16 m og tapper overskuddsvann ved at de løftes opp og slipper normalt vann ut gjennom neddykkede åpninger fra 2-4 meter under bassengets overflate. Flomlukene har kapasitet til å drenere inntil $267 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ når lukebunnene løftes over bassengets vannspeil. Full lukeåpning tilsvarer en lukeåpning på 3,65 m og et tverrsnittsareal på om lag 58 m^2 . Under normale forhold slippes det inntil $170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ gjennom hver flomluke. En vannføring på $170 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ tilsvarer en lukeåpning på 2,03 m og et tverrsnittsareal på om lag 32 m^2 . Tømmerluke er 20 m bred og opererer etter motsatt prinsipp (bilde 1). Luka senkes ned ved vannslipp, og drenerer kun overflatevann fra bassenget. Tømmerluke ble konstruert for å lede tømmer forbi dammen. Etter at tømmerfløtingen opphørte på slutten av 1970-tallet blir luka kun benyttet når det forventes langvarige flommer om våren og under avsmeltingen av høyfjellsområdene i Jotunheimen (Ottaflommen). Is- og braskeluka (bilde 2 og 3) er 6 m bred og har som funksjon å avlede flytende is og brask fra turbininntaket. Luka ble ombygd i 1996, og femdoblet kapasiteten fra $8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og til $40 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. I tilknytning til denne luka er det også en flytende avledningskonstruksjon som bidrar til å lede flytende is og brask direkte mot strømmene mot luka.



Figur 1. Kartskisse over Hunderfossen dam.



Bilde 1. Overflatetapping av overskuddsvann gjennom tømmerluka ved Hunderfossen dam.

Turbininntak

Turbininntakene ligger inntil hverandre ved dammens vestside. Turbininntaket leder driftsvannet ned til turbinene gjennom et 46 m høyt fall. Hver turbin har kapasitet til $150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, og etter passeringen av to Kaplan-turbiner ledes vannet tilbake til elva gjennom en 4,4 km lang avløpstunell. Ved hvert turbininntak er det installert to varegrinder/rister som skal hindre trevirke og lignende fra å komme inn i turbinene. Ristene består av et stålgitter av flattjern med lysåpninger på 70 mm. Begge ristene blir skiftet ut i 2009 og 2010, og de nye ristene vil få lysåpninger på 100 mm.

3 MATERIALE OG METODE

Denne rapporten oppsummerer tidligere publiserte artikler og rapporter fra nedvandringsstudier ved Hunderfossen. Studiene er gjennomført ved radiomerking av både voksen fisk og smolt, samt visuelle observasjoner og videofilming av utvandring av ørret gjennom isluka. Nærmere beskrivelser av materiale og metoder er gitt i Kraabøl & Arnekleiv 1997; Arnekleiv et al. 2007; Gregersen et al. 2008; Kraabøl et al. 2008). Disse publikasjonene utgjør grunnlaget for denne rapporten.

4 RESULTATER OG KOMMENTARER

P1: Andel returvandrende og overvintrende Hunderørret ovenfor Hunderfossen

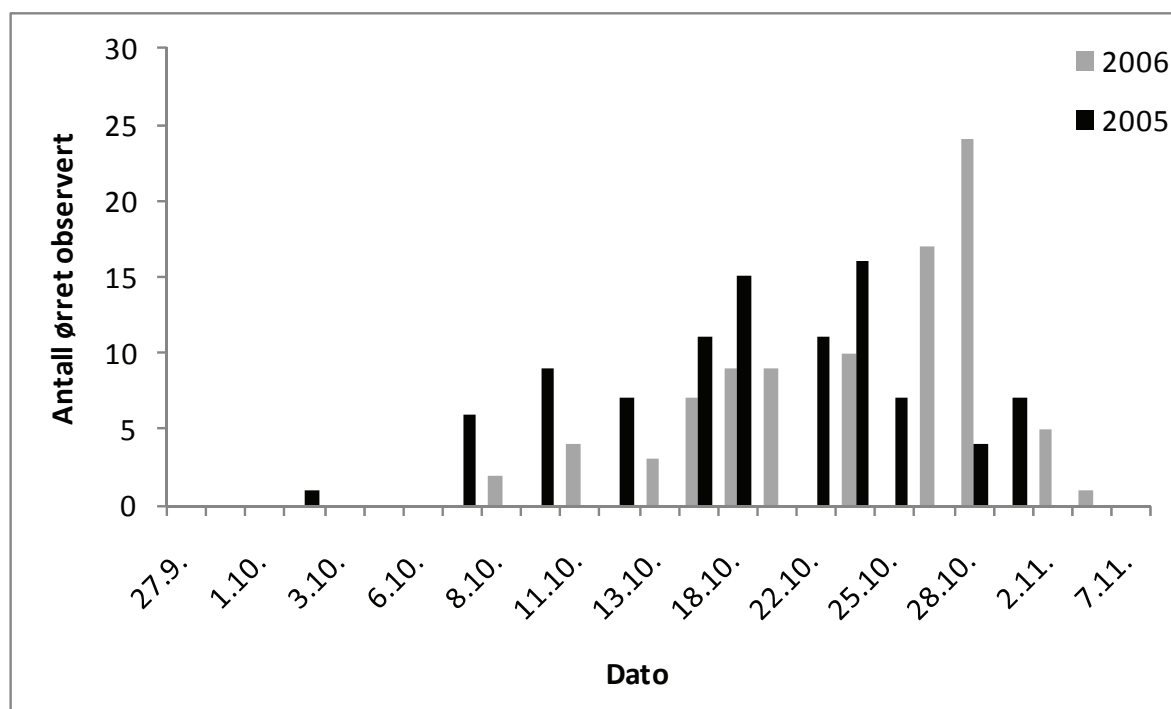
Resultater: Til sammen 41 voksne gytefisk ble studert med radiotelemetri, fordelt på 16 ørreter i 1993/94 og 25 ørreter i 1997/98. Returvandring ned til Hunderfossen dam om høsten ble registrert hos 10 ørreter (62,4 %) i 1993 (figur 2) og 11 ørreter (44,0 %) i 1997. Dersom de to årene slås sammen viser det at 51,0 % av den årlige gytebestanden som passerer fisketrappa i Hunderfossen ønsker å returnere til Mjøsa like etter gyting om høsten. De resterende 49,0 % overvintrer i dype holer lengre opp i Gudbrandsdalslågen, og returnerer ikke til Mjøsa før den påfølgende vårfloppen.

Den todelte returvandringen hos vinterstøingene illustrerer behovet for en optimalisert miljøtilpasning når det gjelder vannslipp gjennom lukene i dammen. Det foreligger et betydelig forbedringspotensial i forhold til gjeldende reglement fra 1976. Tiltak som sikrer tidlig nedvandring hos vinterstøing vil etter all sannsynlighet virke positivt inn på overlevelsen mellom hver gytevandring, og derfor bidra til å øke andelen storvokste individer i bestanden.

P2: Tid på året for returvandring av Hunderørret ovenfor Hunderfossen

Returvandringen foregår i to distinkte perioder. Den første puljen kommer ned til Hunderfossen dam i løpet av oktober og tidlig i november (figur 2), like etter avsluttet gyteperiode. Den neste perioden skjer i mai når vårflommen er stigende (se figur 3).

Om høsten samles returvandrende vinterstøinger i forkant av inntaksrista til turbinene. Ved bruk av polariserte briller kan en del vinterstøinger observeres direkte. I tillegg er det mulig å identifisere flere fisker som følge av de lyse grønne Carlinmerkene som ble festet på under oppstrøms passering av fisketrappa. Nøyaktige tellinger gjennom høsten ble foretatt i 2005 og 2006, og oppsamlingen av vinterstøinger ved turbininntaket er oppsummert i figur 2.



Figur 2. Antall vinterstøinger observert ved turbininntaket til Hunderfossen kraftverk i oktober og november 2005 og 2006.

Denne todelingen av returvandningsperioden krever at vannslippet og lukemanøvreringen tar hensyn til begge puljene med returvandrerne. Under vårflommen i mai er det ikke nødvendig å avgi ekstra vann utover normal flomvannføring til dette formålet, men det er viktig å slippe mest mulig vann over isluka så tidlig som mulig etter at totalvannføringen overstiger turbinenes slukeevne.

Den første puljen kommer imidlertid i løpet av oktober og de første dagene av november (figur 2). Antall vinterstøinger synes å være høyest i perioden 18.-28. oktober (figur 2). Utover i november synker antall observerte vinterstøinger til tross for at de ikke passerer dammen. Dette kan trolig forklares ved at vanntemperaturen synker til et nivå som gjør at fiskene forlater de strømssterke partiene foran turbinene og forflytter seg til roligere deler av inntaksbassenget. De opprettholder imidlertid en søkende atferd utover vinteren (Arnekleiv et al.

2007). På denne tiden av året er som regel totalvannføringen lavere enn kraftverkets slukeevne, og den pålagte minstevannføringen i henhold til gjeldende reglement fra 1976 er kun $1,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Denne vannføringen slippes i sin helhet gjennom fisketrappen. Selv om enkelte vinterstøinger slipper seg ned gjennom fisketrappen vil majoriteten bli stående i bassenget ovenfor dammen. For å sikre returvandringmuligheter for denne halvdel av årets gytebestand bør det slippes overflatevann over isluka i oktober og begynnelsen av november. Vannslippet bør være mellom 4 og $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og bør slippes kontinuerlig over flere uker av hensyn til gyteforholdene og strandingsrisiko nedenfor dammen. Denne tilleggsvannføringen vil i tillegg ha en positiv effekt på den naturlige gytingen på den regulerte elvestrekningen, og kan derfor bidra til økt naturlig rekruttering i tillegg (Kraabøl 2006). Det er imidlertid grunn til å påpeke at flaskehalsen for smoltproduksjon nedenfor Hunderfossen ikke er undersøkt. Deresom den naturlige produksjonen av smolt i stor grad er påvirket av fysiske forhold knyttet til den regulerte vintervannføringen, vil en økning i gytesuksess ha mindre betydning for smoltproduksjonen.

P3: Andel vinterstøing og smolt gjennom turbinene

Hverken vinterstøing eller smolt passerte turbinene i løpet av disse studieperiodene. Det er heller aldri rapportert død eller skadet ørret verken av kraftverkspersonell eller fiskere nedenfor Hølsauget. Disse resultatene er imidlertid kun representative for perioden hvor lysåpningene i inntaksrista foran turbininntakene var 70 mm. I 2009 og 2010 installeres rister med lysåpning på 100 mm. Dette kan føre til at smolt og de minste gytefiskene slipper seg ned gjennom turbinene.

Inntaksrista er den eneste fysiske sperreordningen foran turbinsjakten, og er derfor sannsynligvis av stor betydning for nedvandring av fisk. Det er grunn til å tro at vinterstøingene blir fysisk forhindret fra turbinpassasje som følge av lysåpningen på 70 mm. Det er imidlertid grunn til å anta at smolt kan passerre gjennom såpass store lysåpninger, slik det er påvist i bl.a. svenske elver med tilsvarende ørretbestand (Rivinoja 2005). Smolt av Hunderørret er imidlertid vesentlig større enn annen smolt av laksefisk, og større svømmekapasitet og derav viljestyrt navigering kan være en forklaring på at smolt unngikk turbinpassasje i Hunderfossen. Det er også mulig at lysåpningen på 70 mm i kombinasjon med andre fysiske forhold kan virke hindrende for nedvandrende smolt.

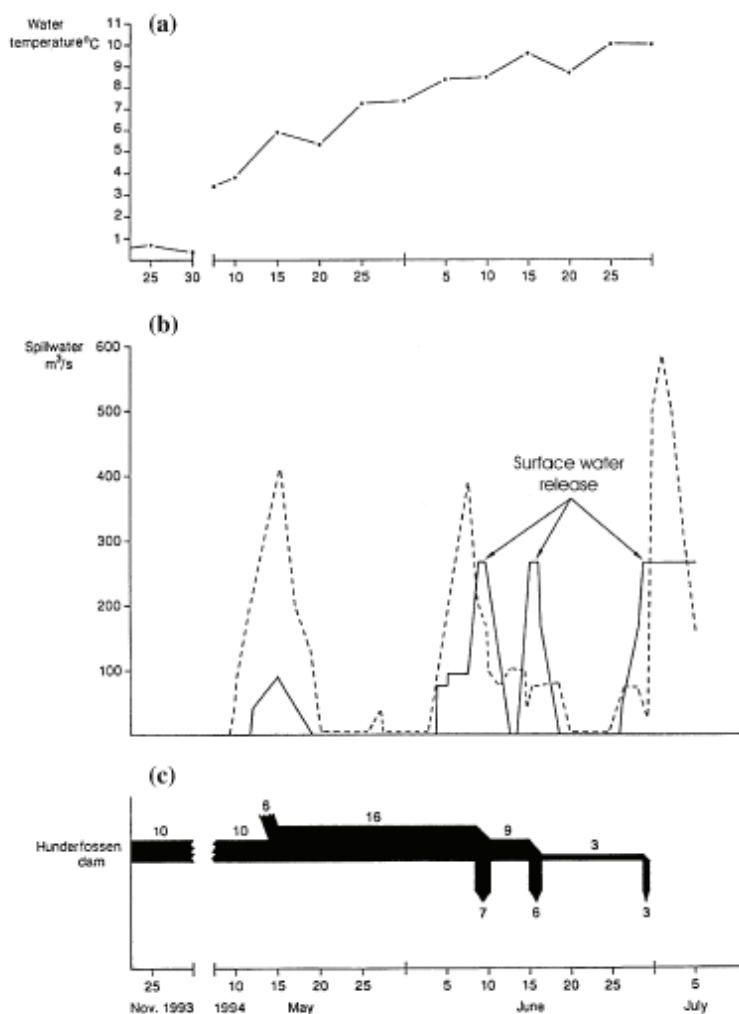
Effektene av utskiftningen av inntaksristene bør i så fall undersøkes nærmere. Det blir installert rister med lysåpning på 100 mm (vinteren 2009 og 2010), og denne forandringen kan medføre økt passasje av smolt gjennom turbinene. I så fall kan økt dødelighet påføre ørretbestanden skade.

P4: Lukemanøvreringens betydning for nedvandring av vinterstøing ved Hunderfossen dam

Studier av både radiomerket gytefisk og smolt viste at tapping av overflatevann gjennom lukene var avgjørende for å sikre nedstrøms passasje gjennom Hunderfossen dam.

I 1994 ble det gjort forsøk med slipp av overflatevann gjennom flomluke 1. Denne luka er lokalisert på motsatt side som turbininntaket. Luka ble åpnet helt opp slik at den drenerte $267 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ som overflatetapping. Til sammen 16 gytefisk ble radiopeilet før og under tre forsøk med full lukeåpning i juni og juli. Flomvann opptil $500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ble sluppet gjennom de øvrige flomlukene (bunnvann) både før og under forsøkene uten at noen av ørretene passerte lukene. I isluka gikk det en konstant vannmengde på $7\text{--}8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Alle fiskene ble ved flere anledninger lokalisert ved flomluke 1, og ettersom alle passerte i perioder med full lukeåpning ble det konkludert med at alle fiskene passerte gjennom flomluke 1 (figur 3).

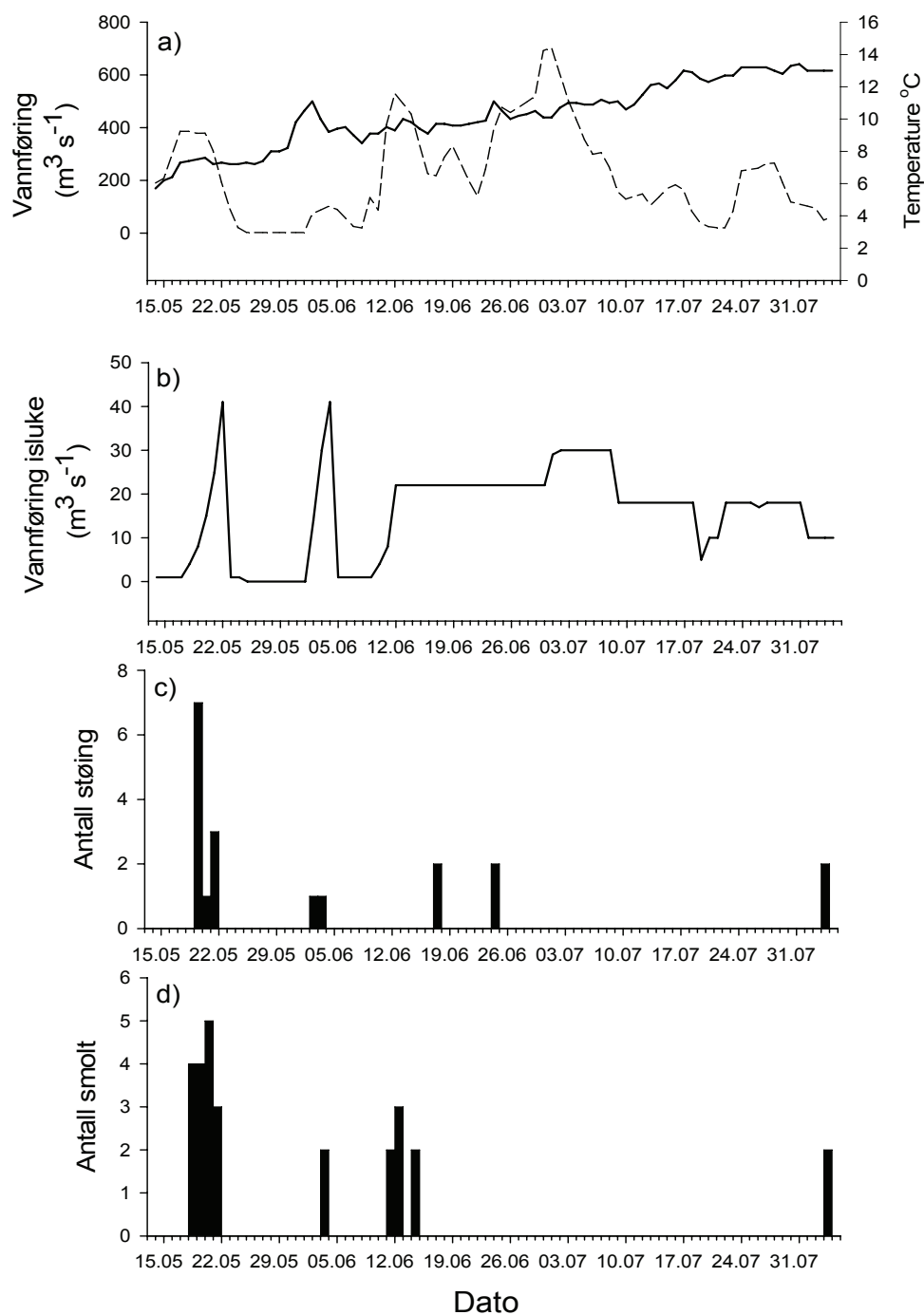
I 1998 ble det gjort tilsvarende forsøk med vannslipp gjennom isluka. Denne luka er plassert på samme side som turbininntaket, og ligger kun få meter fra turbinristene. Til sammen 25 gytefisker ble radiopeilet før og under forsøkene med ulik lukeåpning. Av disse gikk 19 ørreter ned gjennom isluka i løpet av sommeren og 6 ørreter gikk sannsynligvis ned gjennom fisketrappen (figur 4).



Figur 3. Skjematisk og forenklet fremstilling av sammenhengen mellom nedvandringstidspunkt for 16 vinterstøinger, vannføringer, luke-manøvreringer og vanntemperatur under forsøket i 1994.



Bilde 2 og 3. Fotosekvens av vinterstøing av Hunderørret som slipper seg baklengs utfor isluka ved Hunderfossen dam (nederst til venstre på begge bildene).



Figur 4. Nedvandringstidspunkt for 19 vinterstøinger og 27 smolt i forhold til vanntemperatur, og vannføring gjennom isluke og samlet total forbitapping ved Hunderfossen dam i 1998.

I 2005 ble det undersøkt om det var forskjeller i nedvandningsfrekvens gjennom døgnet. ”Bedre bruk av fiskeressursene i regulerte vassdrag i Oppland” gjennomførte en undersøkelse ved bruk av videoovervåking (Gregersen *et al.* 2007). Det ble montert et videokamera ved isluke som tok bilder kontinuerlig gjennom et døgn den 09.11-10.11.2005. Det ble sluppet $10 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ vann over isluke i forsøksperioden.

I løpet av dette døgnet ble det totalt gjort 110 videoobservasjoner av ørret ved isluka, hvorav 30 ørret slapp seg ned. Dette tilsvarte ca 5 % av den totale oppgangen i fisketrappa ved Hunderfossen i 2005. Den største andelen (ca 50 %) vandret ned forbi isluka i grålysningen (kl. 07-08).

Det ble også plassert ut kameraer ved jernbanebrua nedstrøms dammen. Analyser av bilde-materiale fra disse kameraene tydet på at kun 7 av 30 ørret vandret fra hølen ved jernbanebrua og videre nedover den regulerte strekningen mot Fåberg.

Videoundersøkelsene fra 2005 bekreftet at ørret slipper seg over isluka ved et vannslipp på $10 \text{ m}^3 \text{ sek}^{-1}$ og at kun en liten andel av ørreten vandret videre forbi jernbanebrua og nedover regulert elvestrekning. Vinterforholdene i hølen ved jernbanebrua er trolig dårligere (jfr. minste-vannstrekning, isgang og dårlige næringsforhold for fiskespisende ørret) enn i inntaksmagasinet til Hunderfossen kraftverk. Det bør imidlertid påpekes at dette forsøket ble gjort 10 dager ut i november ved lave vanntemperaturer. Fisken har langt mindre vandringstrang ved lave temperaturer, og det er grunn til å tro at et vannslipp over isluka i oktober kunne ha gitt langt bedre resultater med tanke på videre nedvandring til Mjøsa.

Andre visuelle studier av kortere varighet ved isluka under vannslipp på 2 og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ har ikke påvist nedvandring av ørret (Gregersen *et al.* 2007; egne upubliserte data). Dette skyldes sannsynligvis at vanntemperaturen under disse kortvarige studiene var for lav til å utløse nedvandring. Videoundersøkelsene ved isluka bør gjentas i oktober dersom en mer presis kunnskap om døgnvariasjoner i nedvandningsfrekvens over isluka og videre passasje nedover mot Mjøsa skal fremskaffes.

Alle disse undersøkelsene demonstrerer viktigheten av at det slippes overflatevann gjennom lukene ved Hunderfossen. Effektiv bruk av isluka kan drenere hele foregående års gytebestand i løpet av få dager, og viser at denne type manøvrering er langt mer kostnadseffektiv pr. fisk som passerer dammen sammenlignet med vannbehovet som er nødvendig for å sikre oppvandring gjennom fisketrappa. Det kreves normalt 5 måneder for å gi oppvandringssmulighet for en årlig gytebestand ved Hunderfossen (Jensen & Aass 1995). Den samme gytebestanden kan returnere gjennom lukene i løpet av ett eller få døgn om våren under optimale forhold (Arnekleiv *et al.* 2007).

Det er imidlertid viktig å sikre nedvandring av utgytt fisk både om høsten og om våren (se ovenfor).

P5: Terskelverdier for nedvandring av vinterstøing og smolt

Nedvandrende og utgytt ørret ble studert ved visuelle observasjoner den 21. mai 1999 ved isluka. Betydelige mengder ørret ble observert foran inntaksristene til turbinene i forbindelse med en mindre flom i perioden 15.-20. mai. Årets første forbitapping av vann ble gjort gjennom isluka i løpet av 3 t og 45 minutter om formiddagen. Det ble sluppet henholdsvis 4, 6, 15, 1 og

25 m³s⁻¹ gjennom isluka i denne perioden. Antall fisk observert ved lukekanten ble notert etter hvert, i tillegg til de som slapp seg utfor lukekanten. Resultatene er oppsummert i tabell 1.

Resultatene indikerer en klar terskelverdi for nedvandring av vinterstøing over isluka mellom 1 og 4 m³s⁻¹. Denne vannføringen korresponderer med vannsøyler over lukekanten på henholdsvis 12 og 36 cm. Terskelverdien for nedvandring er sannsynligvis mer styrt av høyden på vannsøyla over lukekanten enn selve vannføringen. Men totalvannføringen over luka kan ha stor betydning for fiskens evne til å oppfatte denne vandringsveien mens den står foran turbininntakene. Desto høyere vannføring som slippes gjennom isluka desto mer markert blir strømdraget fra inntaksmagasinet og ut gjennom isluka. Det foreligger ikke grunnlag for å gi mer spesifikke avveininger mellom vannføring og vannsøyle, og det anbefales derfor å slippe mellom 5 og 10 m³s⁻¹ om høsten.

Tabell 1. Oppsummering av observasjoner av vinterstøinger ved isluka ved ulike vannføringer den 21. mai 1999

Vannføring m ³ s ⁻¹	Antall minutter	Antall fisk obs.	Antall nedvand.	Nedvand. fisk/min	% nedvand. i fht. antall obs.
4	62	59	23	0,37	39
6	71	21	13	0,18	62
15	43	5	4	0,09	80
1	19	0	0	0	0
25	30	8	8	0,27	100
Sum	225	93	48	-	-

P6: Seleksjon på nedvandrende vinterstøing og smolt

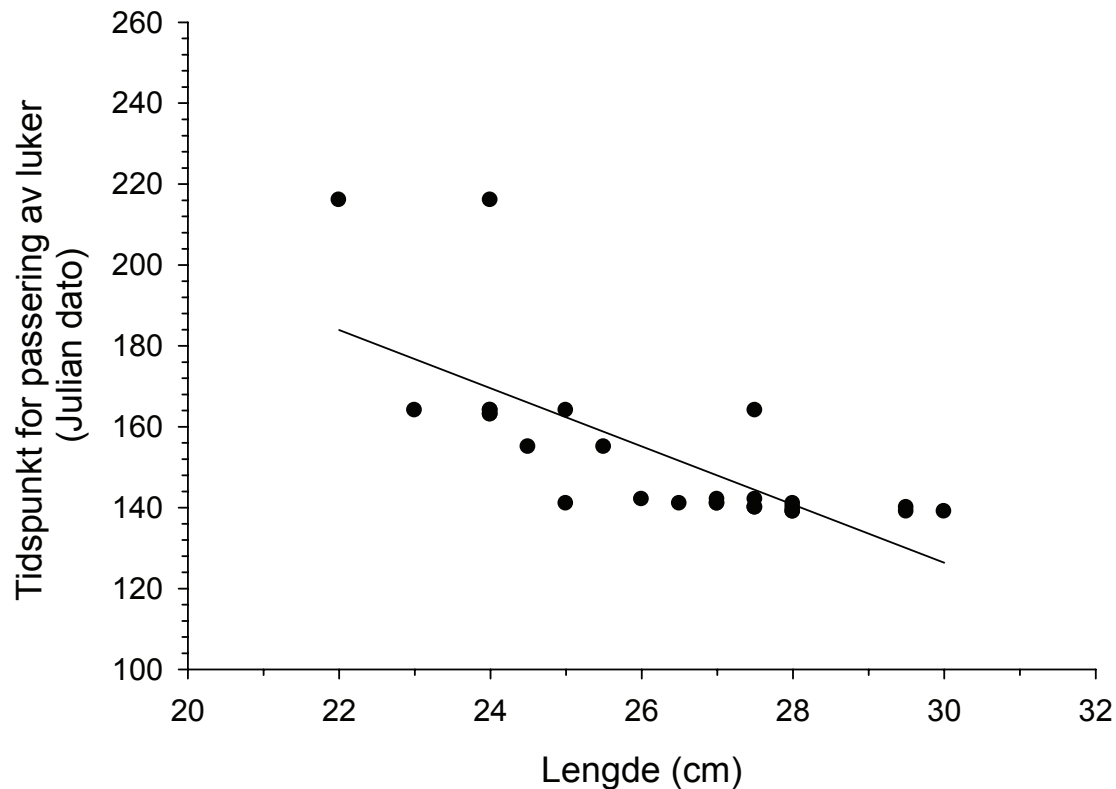
Telemetristudier av gytevandrende Hunderørret ovenfor Hunderfossen viste at om lag 50 % av gytefiskene returnerte til Hunderfossen like etter gyting. Hunnfisk hadde 5,2 ganger høyere sannsynlighet for å igangsette returvandringene nedover i vassdraget sammenlignet med hannfisk. Hannfiskene hadde større tendens til å overvintre i nærheten av gyteplassen. Det ble ikke funnet noen sammenheng med kroppsstørrelse (Kraabøl et al. 2008).

Ved passering av lukene under vårflommen ble det også funnet at hunnfiskene blant vinterstøingene hadde 8 ganger høyere sannsynlighet for å slippe seg ut gjennom lukene ved første lukeåpning sammenlignet med hannfisk. Videre ble det funnet at kroppsstørrelsen hadde betydning for tidspunkt for passering av lukene. Store fisker av begge kjønn gikk tidligere ut gjennom lukene sammenlignet med mindre vinterstøinger.

Hos smolt ble det funnet en sterk negativ korrelasjon mellom tidspunkt for nedvandring gjennom lukene og kroppsstørrelse. Store smolt vandret ut tidligere enn mindre smolt (figur 5).

Den tidsmessige differensieringen av nedvandringstidspunkt med hensyn til kjønn og kroppsstørrelse viser at kortvarige slipp av lokkeflommer for å sikre nedvandring av vinterstøing og smolt ikke er tilstrekkelig. Vannslippene bør foregå over flere uker for å eliminere seleksjon på kjønn hos vinterstøing og kroppsstørrelse hos smolt.

Både smolt og vinterstøing passerte dammen over et tidsrom på nesten 6 uker. Den største andelen passerte i løpet av 3-4 uker i mai og juni, og viser at tiltak for å sikre nedvandring bør omfatte tilsvarende tidsrom.



Figur 5. Sammenhengen mellom tidspunkt for passering av lukene (Juliansk dato) og kroppslengde hos Hunderørretsmolt.

5 ANBEFALINGER

1. For å sikre returvandring av utgytt Hunderørret bør det slippes overflatevann over isluka i perioden 05.10 – 05.11.
2. Vannslippet bør ikke underskride $4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og ikke overskride $15 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.
3. Vannslippet bør være tilnærmet konstant av hensyn til gyteforholdene på minstevannføringsstrekningen.
4. Minst $10 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ av forbitapping av overskuddsvann i mai, juni og juli bør i størst mulig grad gjøres som overflatevann gjennom isluka for å sikre nedvandring av vinterstøing og smolt.
5. Dersom isluka ikke kan benyttes enkelte år bør tilsvarende vannslipp skje over tømmerluka.

6 REFERANSER

- 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* 12; 39-49.
- Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 1998. Opp- og nedvandring av ørret ved Hunderfossen kraftverk. Proceedings from the Nordic Conference on Fish Passage, Oslo 9.-11. september 1998. DN-notat 1998-1.
- Arnekleiv, J.V., Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582; 5-15.
- Calles, O. & Greenberg, L. 2009. Connectivity is a two-way street – the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers. *River Research & Applications*, i trykk.
- Gregersen, F., Johnsen, S.I., Hegge, O. & Kraabøl, M. 2007. Nedvandring av utgytt hunderaure forbi Hunderfossen dam og videre nedstrøms gyteområdet ved jernbanebrua. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen. Rapport 1/07, 21 sider + vedlegg.
- Jensen, A.J. & 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.
- Kraabøl, M. 2006. Gytebiologi hos Hunderørret i Gudbrandsdalslågen nedenfor Hunderfossen kraftverk- NINA Rapport 217, 34 sider.
- Kraabøl, M. & Arnekleiv, J.V. 2007. Telemetristudier av gytevandrende Hunderørret i Gudbrandsdalslågen 1990-1997; vandringsproblemer og fordeling av gytefisk. NTNU, Vitenskapsmuseet, zoologisk notat 2007-5, 23 sider.
- Kraabøl, M. & Arnekleiv, J.V. 1997. Utvandring av vinterstøing og smolt av Hunderørret fra Gudbrandsdalslågen i relasjon til manøvrering av Hunderfossen kraftverk – pilotforsøk med radiotelemetri. NTNU, Vitenskapsmuseet, zoologisk notat 1997-1, 22 sider + vedlegg.
- Kraabøl, M., Arnekleiv, J.V. & Museth, J. 2008. Emigration patterns among trout, *Salmo trutta* (L.), kelts and smolts through spillways in a hydroelectric dam. *Fisheries Management and Ecology* 15; 417-423.
- Kraabøl, M., Johnsen, S.I., Museth, J. & Sandlund, O.T. 2009. Conserving iteroparous fish stocks in regulated rivers; the need for a broader perspective! *Fisheries Management and Ecology* 16; 337-340.
- Petts, G.E. 1984. Impounded rivers: perspectives for ecological management. John Wiley & Sons, Chichester, England, 1-322.
- Scruton, D., McKinley, R., Kouwen, N., Eddy, W. & Booth, R. 2002. Use of telemetry and hydraulic modeling to evaluate and improve fish guidance efficiency at louver and bypass system for downstream-migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and kelts. *Hydrobiologia* 483; 83-94.
- Scruton, D., Pennell, C., Bourgeois, C., Goosney, R., Porter, T. & Clarke, K. 2007. Assessment of a retrofitted downstream fish bypass system for wild Atlantic salmon (*Salmo salar*)

- smolts and kelts at a hydroelectric facility on the Exploits River, Newfoundland, Canada. *Hydrobiologia* 582; 155-169.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Kroglund, F. & Jepsen, N. 2003. Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology* 10; 139-146.
- Ward, J.V. 1989. The 4-dimensional nature of lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 8; 2-8.
- Ward, J.V. & Stanford, J.A. 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers; Research & Management* 11; 105-119.
- Wertheimer, R. & Evans, A. 2005. Downstream passage of steelhead kelts through hydroelectric dams on the Lower Snake and Colombia Rivers. *Transactions of the American Fisheries Society* 134; 853-865.

VITENSKAPSMUSEET ZOOLOGISK OPPDRAGSTJENESTE

Utredning og forskning innen anvendt zoologisk miljøproblematikk

Helt siden 1969 har Vitenskapsmuseet, NTNU, påtatt seg oppdrag innen anvendt zoologisk miljøproblematikk. Et laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske (LFI) ble da tilknyttet Zoologisk avdeling. Siden har en også fått en terrestrisk oppdragsenhet.

Vitenskapsmuseet har derfor i dag et utrednings- og forskningsmiljø som blant annet tar sikte på å bistå ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner og kommuner med miljøkonsekvensanalyser. Vi påtar oss også forsknings- og utredningsoppgaver (FoU) i forbindelse med planlagte naturinngrep fra interesserte private bedrifter m.m.

Oppdragsvirksomheten påtar seg:

- **forskningsoppgaver i forbindelse med naturinngrep og naturforvaltning**
- **konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep**
- **for- og etterundersøkelser ved naturinngrep**
- **alle typer faunakartlegging**
- **biologiske overvåkingsprosjekter**

Oppdragsvirksomheten har i dag faglig kapasitet innenfor fagfeltene:

- **ferskvannsökologi**
- **fiskebiologi**
- **ornitologi (fugl) og mammalogi (pattedyr)**
- **viltøkologi**
- i samarbeid med andre forskningsinstitusjoner ved NTNU/SINTEF dekkes også andre fagfelt, deriblant marinøkologi

Vitenskapsmuseets geografiske arbeidsfelt vil normalt være innenfor fylkene Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Nordland. Så fremt vi har kapasitet bistår vi imidlertid også innen andre landsdeler.

Vi har lang erfaring i FoU innen våre fagfelt og bred erfaring fra samarbeid med forvaltningsmyndighetene på ulike plan. Dette medfører at vi kan tilby alle våre kunder et ferdig produkt:

- av faglig god standard
- til avtalt tid
- til konkurransedyktige priser

For å sikre dette, er det ønskelig at oppdrag blir bestilt så tidlig som mulig. Spesielt er dette viktig ved arbeidsoppgaver som krever større feltinnsats.

Adresse: NTNU
Vitenskapsmuseet
Seksjon for naturhistorie
7491 Trondheim

Tlf.nr.: 73 59 22 80
Telefax.: 73 59 22 95
E-mail: naturhistorie@vm.ntnu.no

ISBN 978-82-7126-830-5
ISSN 1504-503X