

Jo Vegar Arnekleiv og Lars Rønning

Smoltutvandring og kraftverk –
en undersøkelse i forbindelse
med planlagt rehabilitering
av Nustadfoss kraftverk
i Stjørdalsvassdraget,
Meråker kommune





Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Vitenskapsmuseet
Rapport zoologisk serie 2005-1

**Smoltutvandring og kraftverk – en undersøkelse
i forbindelse med planlagt rehabilitering av
Nustadfoss kraftverk i Stjørdalsvassdraget,
Meråker kommune**

Jo Vegar Arnekleiv og Lars Rønning

Laboratoriet for ferskvannøkologi og innlandsfiske (rapport nr. 126)
Trondheim, desember 2004

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

Tidligere utgivelser i samme serie, se
http://www.ntnu.no/vmuseet/nathist/nathist_publ.htm

Fra og med 2005 legges alle rapportene ut på internettet som pdf-filer, se
http://www.ntnu.no/vmuseet/nathist/nathist_publ.htm

Forsidefoto: Laksesmolt fra Dalåa. Foto: J.V. Arnekleiv

ISBN 82-7126-704-3
ISSN 0802-0833

REFERAT

Arnekleiv, J.V. & Rønning, L. 2005. Smoltutvandring og kraftverk – en undersøkelse i forbindelse med planlagt rehabilitering av Nustadfoss kraftverk i Stjørdalsvassdraget, Meråker kommune. – NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. zool. ser. 2005, 1: 1-29.

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) har lagt fram planer om rehabilitering og ny drift av Nustadfoss kraftverk i Stjørdalsvassdraget, Meråker kommune. I perioden 1993-2004 har det vært satt ut ensomrig settefisk av laks, vesentlig i Dalåa, og smolt fra utsettingene vil passere Nustadfossen på nedvandring. Det vil bli svært lite overløp på dammen, og den utvandrende smolten fra utsettingene vil derfor i all vesentlig grad måtte passere gjennom kraftverket hvor det er planlagt installert en Kaplanturbin.

Utvandring av smolt i Dalåa ble studert ved ei smoltfelle ved Øydammen i perioden 1995-2004, og smolten passerte videre Sona i Stjørdalselva hvor også smolt på utvandring ble fanget i ei fangstfelle. Rapporten gir en beskrivelse av smoltutvandringen i Dalåa de enkelte år. Det var stor variasjon i tidspunkt for hovedutvandring mellom år. Det var signifikant forskjell i tidspunkt for utvandring av smolt fra utsettingene mellom Øydammen og Sona ($p < 0,001$), idet smolten passerte tidligere på Sona. For materialet i Dalåa (1995-2000) ble det ikke funnet signifikant sammenheng mellom døgnlig endring i vannføring og endring i utvandring av antall smolt ($p = 0,225$). Derimot fant vi signifikant flere tilfeller av økning i utvandring av smolt med økning i vanntemperatur for totalmaterialet ($p = 0,036$). Utvandningsperioden ved Nustadfoss er beregnet til 1. mai -1. juli, med hovedutvandring i perioden 5. mai - 25. juni.

Smolttapet ved turbindødelighet ved nye Nustadfoss kraftverk antas å ligge i størrelsesorden 7-25 %, men det vil være flere usikkerheter knytta til dette. Rapporten gir en vurdering av flere tiltak for å redusere et smolttap ved kraftverket og anbefaler en etterundersøkelse for å fastslå smolttapet.

Emneord: laks, smolt, utvandring, dødelighet, kraftverk

Jo Vegar Arnekleiv og Lars Rønning, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, N-7491 Trondheim

ABSTRACT

Arnekleiv, J.V. & Rønning, L. 2005. Smolt migration and power plants – an investigation connected to a planning of the rehabilitation of the Nustadfoss power plant in the Stjørdalselv catchment area, Meråker municipality. – NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. zool. ser. 2005, 1: 1-29.

The electricity company Nord-Trøndelag E-verk are planning a rehabilitation of the Nustadfoss power plant in the Stjørdalselv catchment area, Meråker municipality. In the period 1993-2004 a stocking program for Atlantic salmon have been undertaken, mainly in the river Dalåa. Descending smolts from stocked yearlings will pass the waterfall Nustadfossen and the power plant. Since there will be very little spill water passing the dam, most of the produced Atlantic salmon smolts will have to pass through the power plant and a Kaplan turbine.

A smolt trap was installed at Øyvollen in river Dalåa, and the downstream migration of smolt was studied in the period 1995-2004. The smolts were also controlled by a smolt trap at Sona in the main river Stjørdalselva. The report gives a description of the smolt run in river Dalåa in different years. The time for the main smolt run varied between years. There was a significant difference in time of smolt descendance between Øydammen in river Dalåa and Sona in river Stjørdalselva ($p < 0.001$). Concerning the smolt run in river Dalåa (whole material 1995-2000) there was no significant correlation between variation in water discharge and the number of descending smolt ($p = 0.225$). However, a significant positive correlation between number of descending smolt and increasing water temperature was seen ($p = 0.036$). The smolt run period at Nustadfossen is calculated to be 1. May – 1. July, and the main run may occur in the period 5. May – 25. June.

The smolt mortality due to the passing of the Kaplan turbine is estimated to 7-25 %, however, there are several uncertainties connected to this figure. The report gives an evaluation of several possible remedial actions to reduce smolt mortality at the power plant. We recommend an investigation to be undertaken.

Key words: Atlantic salmon, smolt, downstream migration, mortality, power plant.

Jo Vegar Arnekleiv og Lars Rønning, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, N-7491 Trondheim

INNHold

REFERAT

ABSTRACT

FORORD.....	7
1 BAKGRUNN OG MÅLSETTING	8
2 UTBYGGINGSPLANER, VANNFØRING OG TEMPERATUR.....	8
3 FISKEUTSETTINGER	13
4 SMOLTUTVANDRING	14
4.1 Metode og datagrunnlag	14
4.2 Resultater	15
4.2.1 Smoltutvandringen ved Øydammen de enkelte år.....	15
4.2.2 Sammenligning av smoltutvandringen ved Øydammen og Sona.....	19
5 UTBYGGINGENS VIRKNING FOR UTVANDRENDE SMOLT OG FORSLAG TIL TILTAK	21
5.1 Smoltdødelighet ved utvandring gjennom kraftverk	21
5.2 Forslag til avbøtende tiltak	24
6 UTBYGGINGENS VIRKNING FOR ØVRIGE FISKEBIOLOGISKE FORHOLD I ØVRE DEL AV STJØRDALSELVA.....	26
7 KONKLUSJON.....	27
8 LITTERATUR.....	27

FORORD

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) har søkt Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) om tillatelse til rehabilitering og ny drift av Nustadfoss kraftverk i Stjørdalsvasdraget, Meråker kommune for å utnytte pålagt minstevannføring og vannføringen fra restfeltene ovafor Nustadfossen. Etter en høringsuttalelse fra Fylkesmannen i Nord-Trøndelag har NVE gjort vedtak om at tiltaket er konsesjonspliktig etter § 8 i vannressursloven. Søknaden må derfor inneholde en vurdering av konsekvensene for laksefisk, og NTE sendte ut anbud på gjennomføring av de fiskebiologiske undersøkelsene i tilknytning til søknaden.

Laboratoriet for ferskvannøkologi og innlandsfisk (LFI) ved Vitenskapsmuseet, NTNU, fikk oppdraget med å gjennomføre undersøkelsen som i hovedsak har bestått i sammenstilling av eksisterende publiserte og upubliserte data, litteraturgjennomgang og vurderinger. Smoltutvandringa i Dalåa har i perioden 1995-1999 vært undersøkt i forbindelse med de konsesjonspålagte undersøkelsene for Meråker kraftverk, mens undersøkelser over utvandrende smolt i Dalåa i 2000-2004 har vært initiert og utført av LFI utenom dette prosjektet. NTE har sørget for montering av fangstfelle for smolt ved Øydammen. Dette har muliggjort en sammenstilling av data om smoltutvandring i Dalåa for perioden 1995-2004, og gitt grunnlag for en vurdering av konsekvensene for smolt ved rehabilitering av Nustadfoss kraftverk. NTE og NVE har gitt oss data om vassføringer i Dalåa og ved Nustadfoss. Vi takker feltmedarbeidere ved LFI for innsatsen og Nord-Trøndelag E-verk og NVE for godt samarbeid.

Trondheim, desember 2004

Jo Vegar Arnekleiv

1 BAKGRUNN OG MÅLSETTING

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) har lagt fram planer om rehabilitering og ny drift av Nustadfoss kraftverk i Stjørdalsvasdraget, Meråker kommune. Gamle Nustadfoss kraftverk ble nedlagt ved igangsetting av de nye kraftverkene i Meråker i 1994. Det maskinelle og elektriske utstyret er demontert, men inntaksdam, inntak, rørledning og kraftstasjonsbygning står fortsatt. NTE ønsker å utnytte pålagt minstevannføring og vannføring fra restfeltene i et rehabilitert Nustadfoss kraftverk.

Utbyggingssaken er behandlet hos Fylkesmannen i Nord-Trøndelag og NVE som har gjort vedtak om at tiltaket er konsesjonspliktig etter § 8 i vannressursloven. Dette har sin bakgrunn i at tiltaket kan ha negative virkninger av betydning for laksefisk i slik grad at allmenne interesser blir berørt, og at alminnelig lavvannføring søkes utnyttet uten planlagt slipping av minstevannføring forbi kraftverket.

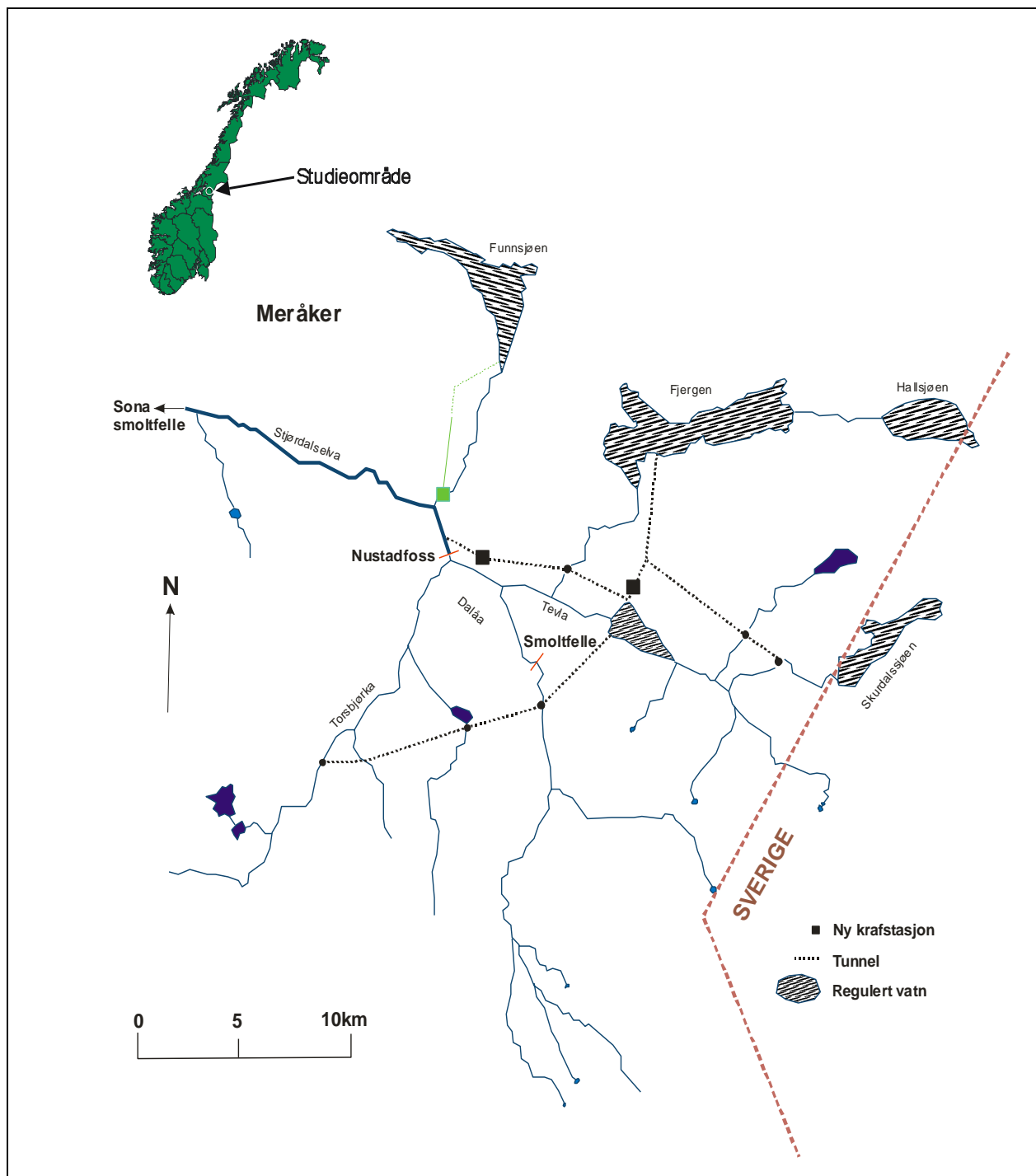
I forbindelse med Meråkerutbyggingen har NTE fått et foreløpig årlig utsettingspålegg på 80 000 settefisk av laks av stedefgen stamme, hvorav over halvparten har vært satt ut ovafor Nustadfoss, vesentlig i elva Dalåa. Pålegget gjelder ut 2005 og vil bli vurdert på nytt når resultatene av de konsesjonspålagte undersøkelsene i Stjørdalselva foreligger. Siden det synes å bli svært lite overløp på dammen, vil den utvandrende smolten fra utsettingene derfor i all vesentlig grad måtte passere gjennom kraftverket. Dette kan gi økt smoltdødelighet, og i forbindelse med søknad om konsesjon er det vedtatt å utføre fiskebiologiske undersøkelser for å klarlegge utbyggingens konsekvenser for smoltutvandring og hvilke avbøtende tiltak som kan være aktuelle for å kompensere for økt smoltdødelighet ved eventuell gjennomføring av planene.

Denne fiskeundersøkelsen har derfor primært dreid seg om problemstillinger i forhold til utvandrende smolt, turbinpassasje og overlevelse, samt relevante avbøtende tiltak.

2 UTBYGGINGSPLANER, VANNFØRING OG TEMPERATUR

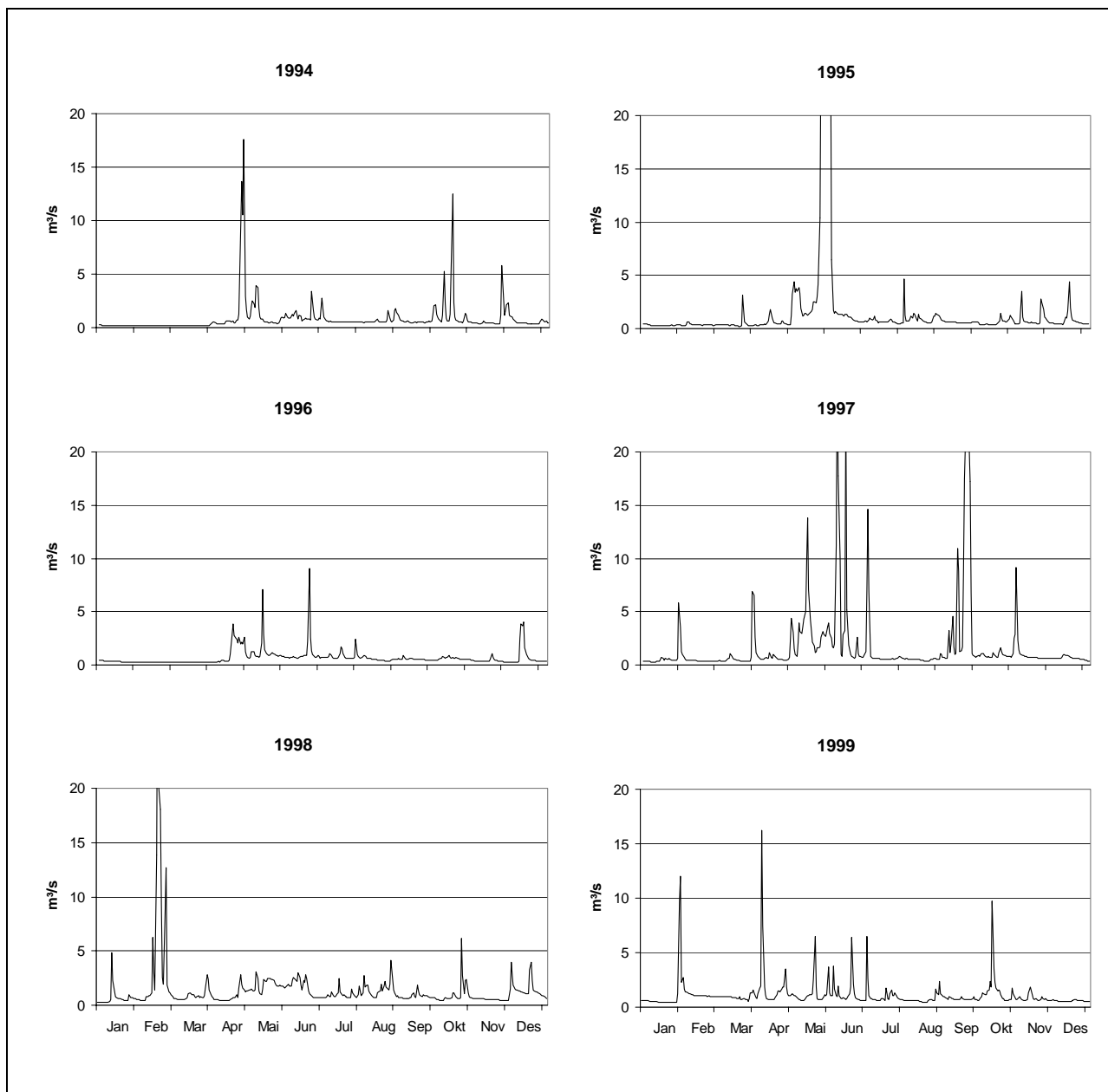
Nustadfoss ligger i Stjørdalselva, vassdrag nr. 124, i Meråker kommune, Nord-Trøndelag (fig. 1). Det nye Nustadfoss kraftverk vil utnytte restvannet fra feltene som i dag utnyttes i Meråker kraftverk i tillegg til å utnytte den minstevannføringen som er pålagt i sideelvene i forbindelse med utbyggingen av Meråker kraftverk. Totalt utnyttes vannet fra et nedbørfelt på 136,5 km² med beregnet midlere avløp på 4,82 m³/s. Inntaksmagasinet blir som før på toppen av Nustadfossen hvor det er en 2 m høy betongdam med fast overløp. Brutto fallhøyde blir 18,41 m, og i kraftverket installeres en kaplanturbin med slukeevne 12 m³/s. Beregnet årsproduksjon er 6,0 GWh. Overløp på fossen vil bare forekomme når vannføringen overstiger slukeevnen i kraftverket.

Vannføringa i sideelva Dalåa ovafor samløpet med Torsbjørka og Tevla, er målt både før og etter bygging av Meråker kraftverk (limnigraf ved Trøa). I tillegg har NTE beregnet vannføringa over Nustadfossen før og etter bygging av Nustadfoss kraftverk.



Figur 1. Oversikt over plassering av Nustadfoss i Stjørdalsvassdraget, smoltfella i Dalåa og reguleringer /overføringer i forbindelse med Meråker kraftverk.

Etter bygging av Meråker kraftverk er vannføringa i Torsbjørka, Dalåa og Tevla sterkt redusert og preget av minstevannslippet. I smoltens utvandingsperiode, mai-juni, viser vannføringsdata fra Dalåa at det i enkelte år er noen kortvarige, mindre flomtopper over $5 \text{ m}^3/\text{s}$, noe som oftest skyldes overløp på inntakene (fig. 2). I andre år som for eksempel 1996, 1998, 2001-2004 var det kun små vannføringsvariasjoner i utvandingsperioden for smolt (se også fig. 5).



Figur 2. Vannføring (døgnmiddelverdier) i Dalåa ved Trøa i perioden 1995-2004 (Data fra NVE).

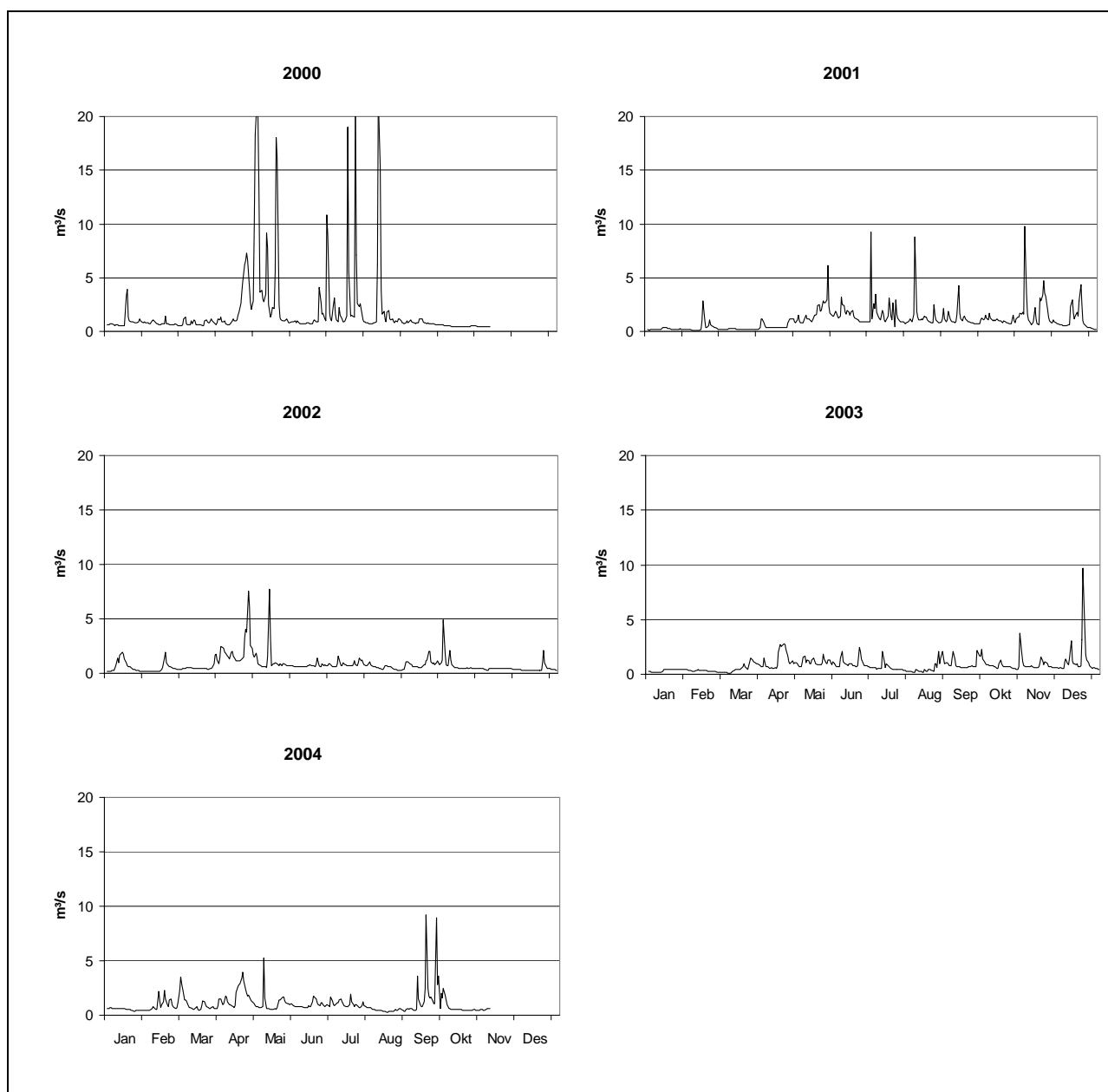
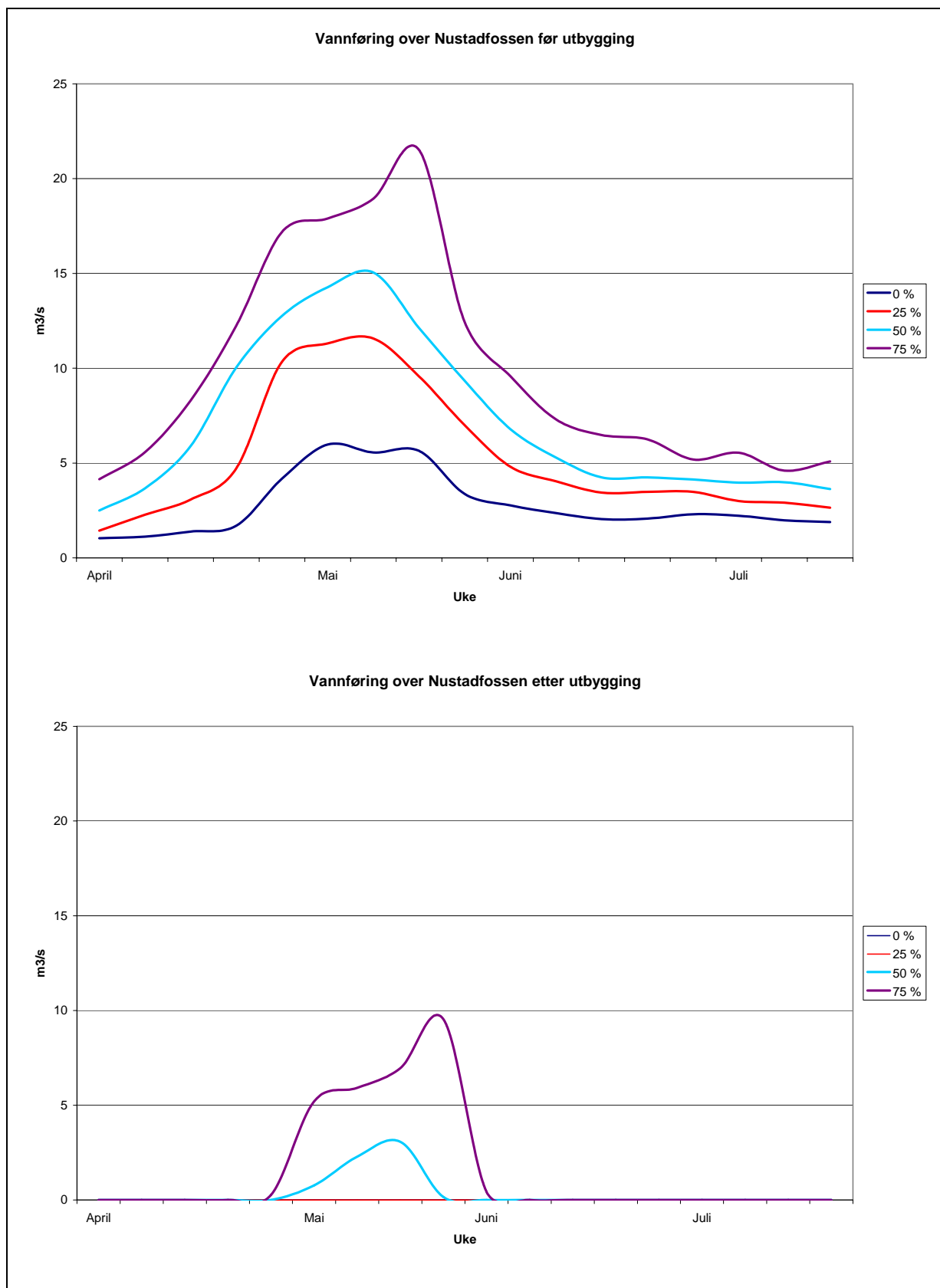


fig. 2, forts.

Vanntemperaturmålinger viser at elvevatnet i Dalåa nedafor inntaket varmes raskere opp på forsommeren enn ovafor og at sommertemperaturen fram til august er høyere på regulert enn uregulert elv. Den er også noe høyere enn i Stjørdalselva på våren-sommeren. Maksimum døgnmiddeltemperatur passerte 18 °C i 1995 og 1997 og 16 °C i 1996 og 1998 (ikke data etter 2000) (Asvall 2001, Arnekleiv *et al.* 2002). Isleggingen skjer som regel rundt 1. november i Dalåa.

Simuleringer av vannføringa over Nustadfossen før og etter utbygging viser at fossen vil bli tørrlagt i store deler av året, men at det vil bli noe vannføring over dammen i korte perioder ved flomsituasjoner i uke 18-22 (fig. 3). For 50-prosentil vannføring er perioden med overløp begrenset til uke 19-21, mens det i tørrår (25 prosentilverdier) ikke vil bli noe overløp.



Figur 3. Simulerte vannføringer (prosentiler) over Nustadfossen i smoltutvandringstida før og etter byggingen av Nustadfoss kraftverk (Data fra NTE).

3 FISKEUTSETTINGER

Fra begynnelsen på 1960-tallet har sideelvene ovafor Nustadfoss vært brukt i kultiverings-sammenheng til utsetting av laksyngel og startfora laksunger. I perioden 1969-1984 ble det satt ut til sammen ca. 700 000 laksunger i Stjørdalsvassdraget. Mesteparten ble satt ut i Dalåa (ovafor Nustadfoss) og i Forra (sideelv nedafor Nustadfoss), med mindre kontingenter i Sona, Mølska og Tevla (Arnekleiv 1985). I forbindelse med utbygging av Meråker kraftverk og utprøving av minstevannføring og tiltak i Dalåa, ble det hvert år fra 1993 foretatt fiskeutsettinger ovafor Nustadfoss. Settefisk ble tatt fra et lokalt klekkeri (Stjørdalsvassdragets klekkeri BA) som ble etablert samtidig med kraftutbyggingen. Alle laksunger satt ut ovafor Nustadfoss ble fettfinneklippet for seinere å kunne skille smolt med oppdrettsbakgrunn fra villsmolt ved produksjonsmålingene i Stjørdalselva (Sona). Undersøkelsene i Dalåa m.v foregikk fram til 1999 (jf. Arnekleiv *et al.* 2002). Etter at undersøkelsene ble avsluttet er fiskeutsettingene videreført, og i 2002 fikk NTE et midlertidig pålegg fra Direktoratet for naturforvaltning om utsetting av 80 000 settefisk pr. år i vassdraget. Over halvparten av dette pålegget er utsatt ovafor Nustadfoss, men med betydelige variasjoner i mengde settefisk mellom år (tabell 1).

Utsettingspålegget vil bli vurdert på nytt etter at de fiskebiologiske undersøkelser i den lakseførende del av vassdraget er rapportert.

Tabell 1. Oversikt over antall settefisk av laks satt ut i Dalåa (inkludert mindre kontingenter i Tevla og Torsbjørka) ovafor Nustadfossen, og i Forra i perioden 1993-2004 (Data fra Stjørdalselvans klekkeri BA)

År	Dalåa		Forra	Sidebekker Stj.	Sum
	Ensomrig (0+)	Tosomrig (0+)	Ensomrig (0+)	Ensomrig (0+)	
1993	33 700		31 000		64 700
1994	1 820	10 170	0		11 990
1995	21 500		0		21 500
1996	42 000		44 000		86 000
1997	12 500	9 000	1 000		22 500
1998	22 700		0		22 700
1999	24 000		0		24 000
2000	43 000		26 000		69 000
2001	36 500*		28 600		65 100
2002	32 000		69 500	5 000	106 500
2003	35 000**		12 000		47 000
2004	82 400		26 200		108 600
Sum	387 120	19 170	238 300	5 000	649 590

* I tillegg ble det satt ut ca. 5 000 øyerogn

** Betydelig andel svimere og døende pga. okerkvelning

4 SMOLTUTVANDRING

LFI har foretatt konsesjonsbetinga fiskeundersøkelser i elvene oppstrøms Nustadfoss i forbindelse med fastesetting av minstevannføring (Arnekleiv *et al.* 2002). Basert på forsøkene er det beregna en mulig smoltproduksjon i Dalåa nedafor inntaket og ned til Nustadfoss på ca. 7 400 smolt. Dette forutsetter at hele den regulerte strekningen i Dalåa tas i bruk. I tillegg kommer produksjonen fra utsettinger i nedre del av Torsbjørka og Tevla, slik at en kan regne med en gjennomsnittlig mulig smoltproduksjon ovafor Nustadfoss på ca. 10 000 lakssmolt årlig. Dette er beregnet å kunne dekkes opp av en utsetting på 33 000-40 000 ensomrig settefisk årlig (Arnekleiv *et al.* 2002). I tillegg til egne undersøkelser på utsatt fisk og smolt har vi hatt en hovedfagsstudent som har analysert utvandringen av settefisksmolt sammenlignet med villsmolt og sjøtoleranse (Urke 2001). Data om utvandring av smolt i Dalåa i perioden 1995-1999 er gitt i Arnekleiv *et al.* (2002). Etter at den konsesjonsbetinga undersøkelsen ble avslutta i 1999 har vi på eget initiativ fortsatt med undersøkelsene på smoltutvandring i Dalåa via fangstfelle på Øydammen. Materialet har vi oppsummert for hele perioden 1995-2004.

4.1 Metode og datagrunnlag

Det var knyttet usikkerhet til utvandringen av den produserte laksesmolten i Dalåa med så liten restvannføring (minstevannføring 0,5-0,8 m³/s). Dette ble undersøkt ved å etablere en enkel fangstfelle (Wolffelle) ved terskelen på Øydammen i 1995 (jf. fig. 1). Fella ble montert i et 6 m bredt nedsenka parti i en betongdam (terskel) og siler av vannstrømmen mens molten fanges i ei renne som fører til en oppsamlingskum (fig. 4). Røkting av fella skjedde hver morgen i fra begynnelsen av mai til begynnelsen/midten av juli, men perioden fella var i funksjon varierte mellom årene siden fella ikke kunne monteres før det var isfritt i dammen. Utvandrende smolt ble da kontrollert og lengdemålt og ble umiddelbart sluppet videre.

Utvandring av smolt ble testet i forhold til variablene vannføring, endring i vannføring, vanntemperatur og endring i vanntemperatur i perioden 1995-2000 ved Chi Square test og Fishers Exact test i statistikkpakken SPSS (Arnekleiv *et al.* 2002). Det ble benytta temperaturdata fra temperaturlogger i Dalåa ved Trøa, samt vannføringsdata fra limnigraf ved Trøa (data fra NVE/NTE). Fella fungerte godt på lave vannføringer, men ved overløp på damkrona kunne smolt passere fritt over dammen. Dette skjedde i korte perioder i flere av årene.

Fella i Dalåa er plassert ved Øydammen, ca. 304 m o.h. (fig. 1), mens inntaket til Nustadfoss kraftverk ligger på ca. 110 m o.h. Det kan derfor tenkes at smolt fra nedre deler av Dalåa vandrer ut tidligere enn ved Øydammen. Vi har imidlertid også undersøkt utvandring av villsmolt fra Stjørdalselva i smoltfelle ved Sona bru, ca. 30 m o.h. (Arnekleiv *et al.* 2000). Smolt produsert fra settefisk i Dalåa vil også passere dette punktet, og siden all settefisk har vært fettfinneklipt kan vi derfor sammenligne utvandringstidspunktet til smolt fra settefisk over dammen i Dalåa, med smolt fra settefisk som ble fanga i fella ved Sona, og slik bedre vurdere smoltutvandringsperioden ved Nustadfoss.



Figur 4. Bilde av smoltfella i Dalåa.

4.2 Resultater

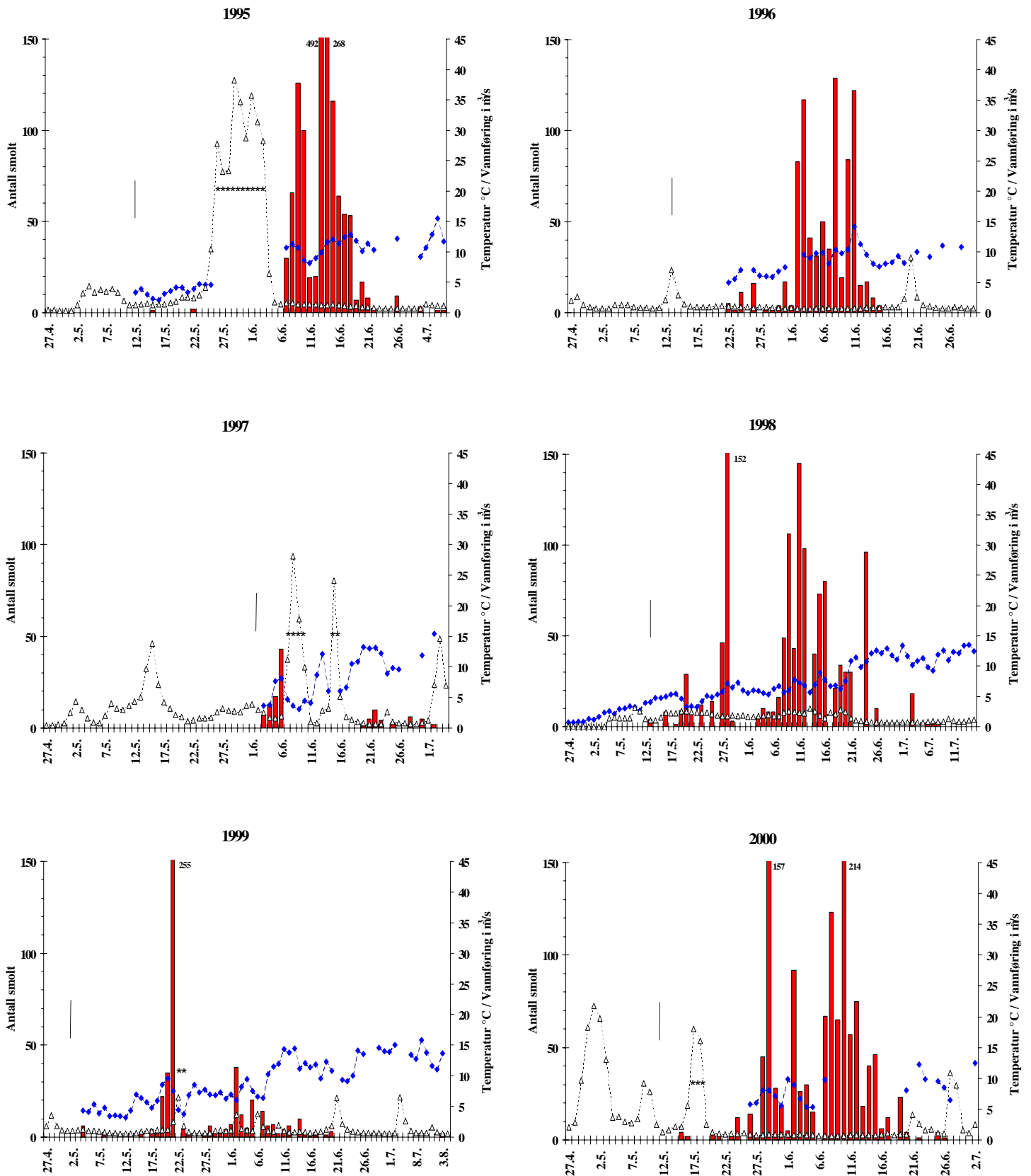
Utvandring av lakssmolt over fella ved Øydammen i perioden 1995-2004 er vist i figur 5.

Resultatene viser stor variasjon i tidspunktet både for start og stopp i utvandringen og i tidsperiode for hovedutvandringen. Vi gir først en kommentar til utvandringen de enkelte år, og deretter kommenteres utvandringsperioden for smolt ved Nustadfoss.

4.2.1 Smoltutvandringen ved Øydammen de enkelte år

1995

Laksungene som ble satt ut høsten 1993 var i oktober 1994 i gjennomsnitt 11-12 cm, og vi antar at mesteparten av årsklassen smoltifiserte våren 1995. I 1995 var fella i funksjon fra 12. mai. Fram til 24. mai ble det kun fanget 3 smolt i fella. Under en flomtopp 25.05 –05.06 var fella ute av funksjon på grunn av overløp på dammen, og vi vet ikke hvor mye smolt som passerte i dette tidsrommet. Fellefangst på Sona viste imidlertid en topp i utvandring av Dalåasmolt 25.-26. mai og 8.-9. juni, mens fellefangsten her ble avslutta 9. juni. På Øydammen var det en klar økning i utvandringa etter vårflommen med en topp i utvandring 13., 14. og 15. juni hvor det passerte henholdsvis 492, 268 og 116 smolt (60 % av totalantallet). Vannføringa var da nede på minstevannføring igjen, men temperaturen hadde steget fra 4,5 °C under flommen til > 9 °C. I resten av utvandringsperioden ble det registrert 217 smolt (15 %). Totalt ble det registrert 1459 smolt i fella dette året.



Figur 5. Utvandring (søyler antall pr. døgn) av laksesmolt fra Dalåa 2001 – 2004, registrert i Wolff-felle ved Øydammen. | = felle operativ fra denne dato. * = felle ikke operativ på grunn av overløp. Δ = vannføring og ♦ = temperatur.

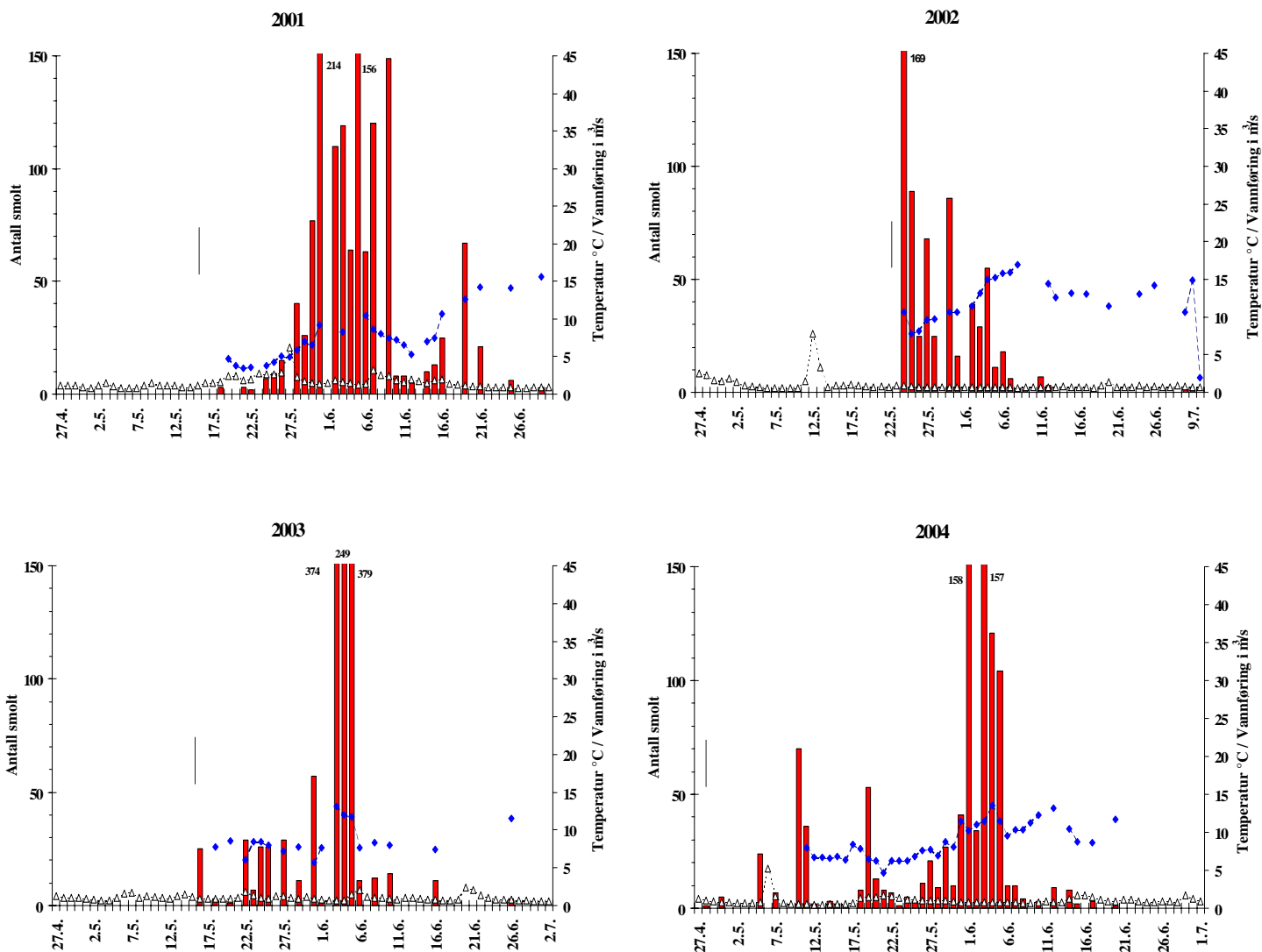


fig. 5, forts.

1996

I 1996 var fella operativ fra 14. mai, og det var minstevannføring hele perioden til i juli bortsett fra to små vannføringsøkninger (fig. 5). Så langt vi kunne registrere, fungerte fella godt hele utvandningsperioden. Det gikk få smolt før 1. juni, men ved temperaturøkning 1.-3. juni økte utvandringa og holdt seg til 11. juni. I denne perioden vandret 88 % av all smolten og det var minstevannføring i hele denne perioden. Fellefangsten på Sona viste at det også var en topp i utvandring av Dalåasmolt 22.-26. mai, altså tidligere enn på Øydammen. Etter 16. juni ble det ikke registrert smolt i fella fram til avslutning 1. juli. Totalt ble det registrert 815 smolt i fella i 1996.

1997

I 1997 kom ikke fella på plass før 1. juni, og vi vet derfor ikke om det gikk smolt før denne datoen. En økning i antall smolt sammenfalt med økning i temperaturen den 3.-6. juni, men så ble det overløp og fella var ute av funksjon i flere perioder i 1997. Totalt ble det registrert bare 116 smolt i fella dette året. Fellefangsten på Sona viste at hovedutvandringen til Dalåasmolten her skjedde i flere topper mellom 28. mai og 15. juni.

1998

I 1998 var utvandringa minimal i perioden fra oppstart av fella (7. mai) og til 14. mai, noe som samsvarte med at fisken ikke hadde utvikla sjøtoleranse før midten av mai (Urke 2001). I perioden 14.-28. mai vandra det 278 smolt som var 23 % av den totale utvandringa (fig. 5). I denne perioden var det en markert topp i antall smolt 28. mai samtidig med at vannføringa gikk ned og vanntemperaturen økte. Det samme var tilfelle 15. juni. I perioden 4.-12. juni var det tre markerte topper i utvandring og i perioden ble over 40 % av total utvandring registrert. Fra 24. juni og ut fangstperioden (15. juli) ble 31 smolt kontrollert (2,5 %). Bortsett fra en økning i vannføring 9.-10. juli, var vannføringa stabil i perioden 21. juni - 15. juli. Totalt ble 1207 smolt registrert i fella i 1998. Fellefangsten på Sona viste tre topper i utvandring av Dalåasmolt; 16. mai, 9. juni og 18.-20. juni.

1999

I 1999 var fella operativ fra 1. mai til 30. juli, men med avbrekk i fangsten 22.-23. mai på grunn av stort overløp på dammen. Fra 1.-18. mai passerte bare 17 smolt fella. Det var en økning i antallet smolt 19.-21. mai, noe som falt sammen med både en økning i temperatur og vannføring. Den 21. mai om kvelden hadde vi kontrollert 255 smolt, men det stod enda igjen ca. 130-160 smolt i kassa. På grunn av flom måtte vi evakuere, og dagen etter var all smolten rømt, og er heller ikke tatt med i figurframstillingen. Vi vet heller ikke hvor mye smolt som passerte fella og dammen under flommen 22.-23. mai. Data fra Sona viser imidlertid en topp i utvandring av Dalåasmolt disse dagene, og videre en topp 2. og 10. juni. Det var også en liten topp i utvandring på Øydammen 2. juni, men etter denne datoen var det en liten, men jevn utvandring til 20. juni hvoretter utvandringa stoppet. I perioden 21. juni - 30. juli ble det bare registrert én smolt i fella. Totalt ble det registrert ca. 640 smolt dette året inklusiv de som vi vet rømte, og dette er derfor minimumstall.

2000

I 2000 var fella i drift fra 12. mai, men ute av funksjon igjen fra 16.-20. mai på grunn av overløp. Fella måtte deretter repareres og var i funksjon igjen fra 21. mai og ut fangstperioden til 1. juli. Fram til 27. mai ble det registrert 43 smolt (7,7 % av totalantallet), mens hovedutvandringa skjedde i perioden 27. mai - 12. juni med en topp 29. mai og 10. juni. I denne perioden vandret 86 % av smolten. Fra 12. juni og ut fangstperioden var antallet synkende. Det er også verdt å merke seg at hovedutvandringa i 2000 skjedde under permanent lav vannføring, men med økning i temperaturen. Smoltfangsten på Sona indikerer at det også var en topp i utvandring av Dalåasmolt den 22. juni, men dette kan skyldes den tida det tar for smolten å vandre fra Øydammen til Sona. Totalt ble det registrert 1185 smolt i fella våren 2000.

2001

I 2001 var fella i drift fra 16. mai til 1. juli. Vi registrerte ikke overløp på dammen og fella fungerte hele perioden. Hovedutvandringen skjedde forholdsvis konsentrert i perioden 30. mai til 9. juni, med en mindre topp 19. juni. Når en tar hensyn til noen få dagers forskyvning i tid for smolten å vandre ned til Sona, var det god overensstemmelse i utvandringen registrert ved Øydammen og Sona. Totalt ble det registrert 1343 smolt i fella på Øydammen.

2002

I 2002 ble ikke fella montert før 23. mai, noe som tydeligvis var for seint, for dagen etter var det en topp i fangst av smolt med 169 stk. Fellefangsten på Sona indikerte at hovedutvandringa av Dalåasmolten skjedde tidligere, i perioden 12.–17. mai. I Dalåa syntes utvandringen å være over innen 12. juni dette året. Totalt ble det registrert bare 648 smolt.

2003

I 2003 var fella operativ fra 15. mai til 3. juli. Bortsett fra overløp på dammen noen timer natt til 6. juni, fungerte fella bra hele perioden. Det vandret en god del smolt helt fra starten 16.mai, men hovedutvandringa var konsentrert til 3.-5. juni. Utvandringa skjedde da på lita, og synkende vannføring, men ved økning i temperaturen. Fra 6. juni til 26. juni gikk det bare 48 smolt, mens totalfangsten var 1268 smolt. Fangstdata fra Sona tyder på at en god del smolt lengre ned i Dalåa må ha vandret ut tidligere. Her var det god fangst av Dalåasmolt fra 15. mai, med en topp 23.-25. mai, foruten en topp 5.-7. juni.

2004

I 2004 var fella operativ allerede 28. april og stod til 1. juli. Fella fungerte bra hele perioden så langt vi kunne registrere. Første smolten ble registrert allerede første dag, og fra 10. mai var det bra utvandring (fig. 5). Hovedutvandringa skjedde i perioden 1.-5. juni på synkende vannstand og økende temperatur. Siste smolt ble registrert i fella 20. juni. Totalt ble det registrert 992 smolt. Fangst av Dalåasmolt på Sona dette året indikerer en tidlig utvandring, og tyder på en tidligere vandring fra nedre del av Dalåa enn dataene fra Øydammen skulle tilsi. På Sona var det en topp i utvandring av Dalåasmolt allerede 5.-10. mai, og videre en stor utgang 18.-22. mai.

4.2.2 Sammenligning av smoltutvandringen ved Øydammen og Sona

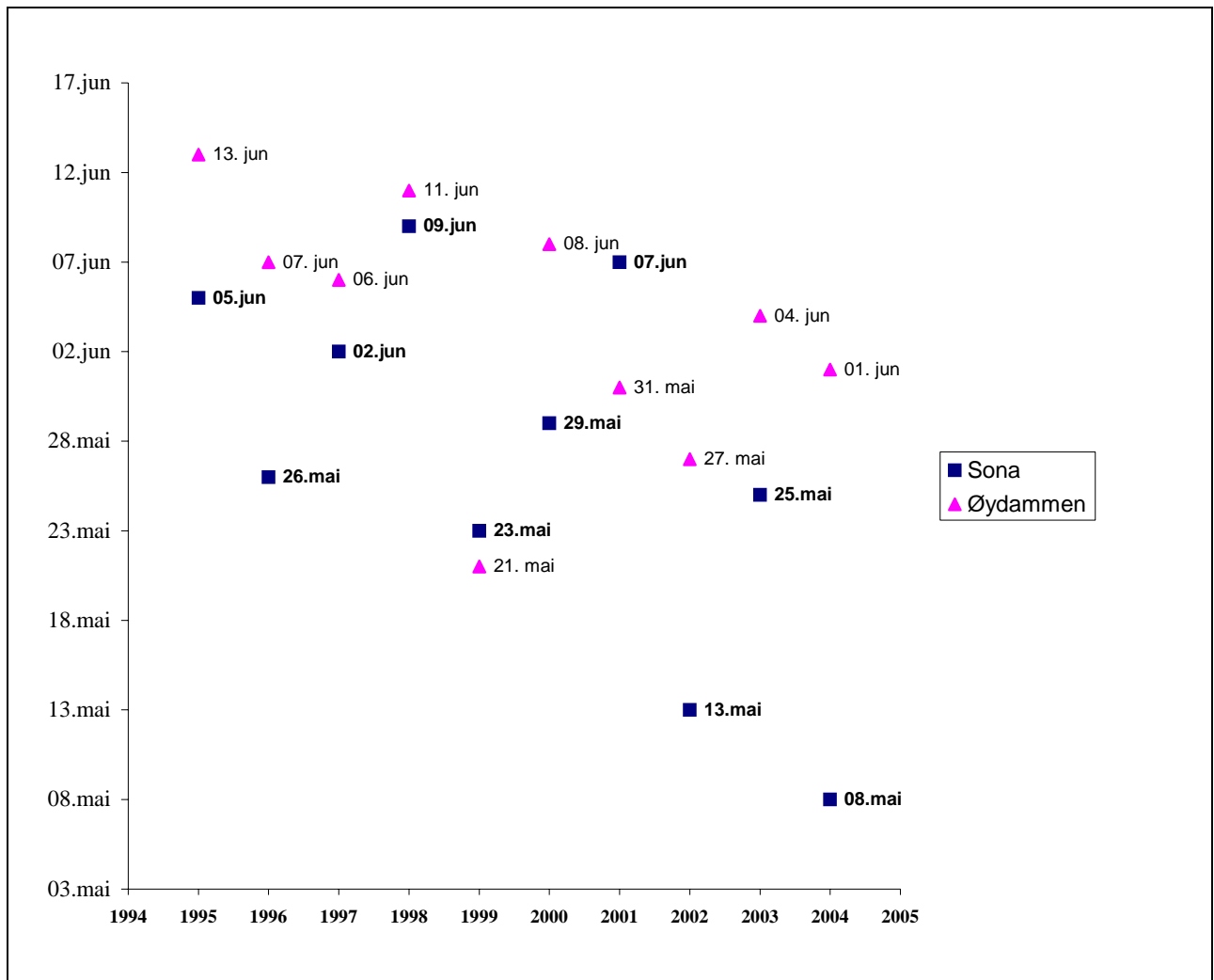
Vi har undersøkt om utvandringstidspunktet av Dalåasmolt er forskjellig mellom Øydammen og Sona i Stjørdalselva. For totalantallet (alle år 1995-2004) var det signifikant forskjell i tidspunkt for utvandring av Dalåasmolt mellom Øydammen og Sona (M-W test, $Z = -34,97$, $p = 0,000$) i det smolten passerte tidligere på Sona. Også om en sammenligner utvandringstidspunktet hvert år, så var det signifikant forskjell i 8 av 10 år, og med tidligere utvandring ved Sona. Dette tyder på at smolt som stammer fra utsettingene vandrer noe tidligere fra nedre del av Dalåa/Stjørdalselva enn dataene fra Øydammen viser.

Det knytter seg imidlertid noen usikkerheter til analysen. Fangstfella på Øydammen var noen år montert så seint at en del av smolten allerede hadde gått ut, mens fangsten på Sona i de fleste år ble avslutta 10. juni, og data fra Øydammen viser at en del smolt vandret seinere enn dette i enkelte år. Tross svakhetene mener vi likevel at resultatene indikerer at en del smolt vandrer tidligere ut fra nedre del av Dalåa enn utvandringdataene fra Øydammen viser, noe som også er tydelig om en ser på enkeltår (jf. kommentarer over).

Det kan også tenkes at smolt fra Dalåa vandrer ned i Stjørdalselva året før smoltutvandring og at utvandringdataene på Sona egentlig er mål på når Dalåasmolten vandrer ut fra Stjørdalselva og ikke fra Dalåa. Til tross for at vi i en femtenårs periode har fanget og merket villsmolt i Meråker, er det svært få Dalåasmolt (fettfinneklipt) vi finner. Også under elfiske etter ungfisk av laks på sommeren har vi fått svært lave antall fettfinneklipt fisk øverst i Stjørdalselva. Dette tyder på at mesteparten av den utsatte laksen holder seg i Dalåa fram mot smoltifisering.

Vi kan derfor benytte en kombinasjon av utvandringsdata fra Sona og Øydammen for en nærmere konkretisering av smoltutvandringsperioden ved Nustadfoss.

Tidspunktet for når 50 % av settefisksmolten hadde vandret var noe forskjellig mellom Sona og Øydammen (fig. 6). For Øydammen varierte dette mellom 21. mai og 13. juni, og for Dalåasmolt på Sona varierte tidspunktet for passering av 50 % av smolten mellom 8. mai og 9. juni. Utenom ett år (1999) var dato for 50 % utvandring tidligere på Sona enn ved Øydammen.



Figur 6. Dato for når 50 % av smolten hadde passert fellene ved Øydammen i Dalåa og Sona i Stjørdalselva .

Dersom en ser alle år under ett, og undersøker ytterpunktene i utvandringsperioden, så ble første smolt registrert ved Øydammen 28. april (2004), mens første Dalåasmolt registrert ved Sona var 3. mai (2001 og 2002). Tidligste registrerte utvandring av større antall (> 50 smolt pr. døgn) var 10. mai på Øydammen, og 7. mai på Sona (2004), mens seineste utvandring av større antall smolt har vært 24. juni (1998) på Øydammen. Ser en på tidspunktet for hovedutvandring har det variert fra 19.-21. mai til 9.-24. juni på Øydammen. Hovedutvandring av Dalåasmolt registrert på Sona har vært fra 13. mai til 10. juni, men her har fellefangsten blitt avslutta 10. juni de fleste år. Siste dato for smoltutvandring over Øydammen er registrert 9.

juli (2002). For smoltutvandringsperioden ved Nustadfoss må en ta utgangspunkt i at det flere år er registrert tidligere utvandring ved Sona enn ved Øydammen, og at smolt som passerer Øydammen må få tid til å vandre ned Dalåa. Vi har merket smolt ved fella i Dalåa med Carlinmerker flere år. Noe av smolten har blitt gjenfanga ved Sona, og vi har derfor kunnet beregne smoltens vandringshastighet nedover elva. Dersom en antar at smolten har lik vandringshastighet på hele strekningen, har det tatt 1-3 dager (gjennomsnitt 2, 4 dager) for smolten å vandre fra Øydammen til Nustadfoss. Det er imidlertid større fall og større vannhastighet i Dalåa, slik at smolten sannsynligvis bruker noe mindre tid på denne strekningen, antatt 0,5-2 dager.

Skal en ta hensyn til hele smoltutvandringsperioden med registrerte variasjoner mellom år, kan denne settes til mellom 1. mai og 1. juli ved Nustadfoss. Basert på smoltutvandringsdataene i 10-årsperioden 1995-2004, vil hovedutvandringen av lakssmolt ved Nustadfoss skje i tidsrommet 5. mai – 25. juni, men det kan ikke gis noen garanti for at hovedutvandringen et enkelt år kan falle utenom denne tidsperioden (eksempelvis ved ekstra tidlig vår).

For både villsmolten i Stjørdalselva og settefisksmolten fanga i Stjørdalselva ved Sona ble det funnet en klar sammenheng mellom antallet smolt på utvandring og økning i vannføring (Arnekleiv *et al.* 2000, Urke 2001). I Stjørdalselva reagerte altså settefisksmolten likt med villsmolten på endringer i miljøvariablene. I Dalåa ved Øydammen finner vi ikke en slik sammenheng. For totalmaterialet i Dalåa (1995-2000) ble det ikke funnet signifikant sammenheng mellom døgnlig endring i vannføring og endring i utvandring av antall smolt (Chi Square $p = 0,173$, Fisher 2-sidet $p = 0,225$). Derimot fant vi signifikant flere tilfeller av økning i utvandring av smolt med økning i vanntemperatur (pr. døgn, Fisher 2-sidet $p = 0,036$) for totalmaterialet. Det er imidlertid knytta usikkerheter til disse analysene siden fella ikke virka når det ble stor økning i vannføring og overløp på dammen. For året 1998 hvor fella fungerte bra hele perioden, fant ikke Urke (2001) noen signifikant sammenheng mellom endring i utvandrende smolt og endring i vannføring eller temperatur. Smoltutvandringa i Dalåa (Øydammen) synes derfor å bli initiert av andre faktorer enn i Stjørdalselva. En jevn minstevannføring i tida for smoltutvandring kan være en av årsakene til dette.

5 UTBYGGINGENS VIRKNING FOR UTVANDRENDE SMOLT OG FORSLAG TIL TILTAK

5.1 Smoltdødelighet ved utvandring gjennom kraftverk

Kraftverket i Nustadfossen vil ta mesteparten av vannføringa, og simuleringene viser at det bare vil bli vannføring over dammen i korte perioder ved flomsituasjoner i uke 18-22 (jf. fig. 3). For 50-prosentil vannføring er perioden med overløp begrenset til uke 19-21. Selv ved overløp på dammen er det usikkert hvor mye smolt som vil slippe seg ned denne vegen i forhold til gjennom turbinene. Erfaringer fra en rekke forsøk og tiltak for forbislipping av smolt over dam tilsier at en betydelig andel (min. 20-50 %?) av vannføringa må slippes over dammen for å unngå at en stor del av smolten går i turbinene, men dette vil variere med de lokale forholdene (jf. tiltak). Med den lange utvandringsperioden som er vist (uke 18-26), og at smolten i Dalåa også vandrer ut på lave vannføringer ved økning i temperaturen utover i juni,

er det stor sannsynlighet for at det meste av smolten de fleste år vil måtte passere gjennom kraftverket.

Dødeligheten til smolt som passerer turbinene i et kraftverk har vært undersøkt i en rekke prosjekter fra 1950-årene til i dag. Vi har foretatt en litteraturgjennomgang, og vil presentere resultatene fra de mest relevante undersøkelsene.

Det kan være flere årsaker til at fisk dør ved passeringer av turbiner. Det som synes å forårsake størst dødelighet er den harde mekaniske påkjenningen ved at fisk kommer i kontakt med for eksempel skovlene og blir kappet i to eller får så store mekaniske skader at den dør (Montén 1985). Fisk som passerer turbiner blir også utsatt for store trykkforandringer, stress og skjelltap.

I Sverige ble det på 1950- og 1960-tallet utført en rekke tester av fiskens (vesentlig lakssmolt og ål) overlevelse og dødelighet gjennom ulike turbintyper (Montén 1985). Dødeligheten synes å avhenge av ulike forhold, slik som fiskeart og størrelse, turbintype og virkningsgrad ved drift. Ifølge Montén overlever ikke fisk passasje gjennom Peltonturbiner, mens passasje gjennom Francisturbiner og spesielt Kaplansturbiner kan gi en relativt god overlevelse. I Nustadfoss kraftverk er det planlagt installert en Kaplansturbin.

Montén (1985) refererer til forsøk med laksunger i to kraftverk med Kaplansturbiner. Det ble gjort forsøk med utsetting av 100-350 smolt i tunnelinntaket og gjenfangst i felle nedstrøms kraftverket. Undersøkelsen viste at 8-19,5 % av smolten var skadet. Montén viste at det var sammenheng mellom fiskestørrelsen og åpningen mellom skovlene på løpehjulet i forhold til skader/dødelighet. Undersøkelsene viste videre at dødeligheten/skadeprosenten på smolt var lavest når turbinen ble driftet ved beste virkningsgrad. Også nyere studier av atferd hos fisk relatert til hydrodynamiske forhold ved turbiner viser at turbulens/strømninger har mye å si for fiskens passering (Turnpenny 1996, Coutant & Whitney 2000). NTE har oppgitt at beste virkningsgrad for en Kaplansturbin i Nustadfoss oppnås ved 50-80 % av maksimal vannføring (ca. 6-9,5 m³/s). Det er usikkert om beste virkningsgrad kan oppnås under hele utvandringsperioden for smolt ved Nustadfoss siden utvandringsperioden kan strekke seg fra 1. mai til 1. juli. Utvandringsdataene ved Øydammen viser at hovedutvandringen i Dalåa også kan skje ved jevn og lav vannføring. Montén sine undersøkelser og beregninger viser at sjansen for skader øker hvis turbinen ikke driftes med beste virkningsgrad, noe som dels skyldes turbulens/virvelstrømninger som øker sjansen for at fisken utsettes for skjær- og bøyepenninger og lettere blir skadet mot roterende maskinflater.

Andre forsøk utført etter 1980 viser store variasjoner i dødelighet ved passasje gjennom turbiner, men synes å bekrefte at kaplansturbiner gir best overlevelse/minst dødelighet. Forsøk med lakssmolt gjennom Kaplansturbiner i USA viste en høy overlevelse på 86-88 % (dødelighet 12-14 %) (Stier & Kynard 1986). I den franske delen av Rhinen ble dødeligheten til lakssmolt som passerte turbiner i kraftverk estimert til 20 % av all utvandrende smolt (Roche 1994, Larinier & Travade 1999). I Canada ble det gjort forsøk med utvandrende smolt av Atlantisk laks, hvor smoltutvandringen ble fulgt ved hjelp av radiotelemetri. Dødeligheten ved passering gjennom Kaplansturbiner i to kraftverk var i gjennomsnitt 18,2 % med variasjon 10-25 % (Carr 2000). I Snake River, USA, ble overlevelsen til smolt av stillehavslaks (Chinnok salmon og steelhead) som passerte henholdsvis turbiner, damoverløp og fiskepassasjer undersøkt gjennom merkeforsøk. Beregna overlevelse for smolt som passerte turbinene var 86-93 % (Muir *et al.* 2001). Også i Columbia River var overlevelsen til smolt av stillehavslaks (chinook salmon) som passerte turbinene i kraftverket høy (93 %) og høyere enn det som tidligere

var rapportert (70-89 %) for salmonider (Mathur *et al.* 1996). Det er imidlertid ikke angitt hvilken turbintype dette gjaldt. Også for ungfisk (små fisk < 20 cm) av andre amerikanske fiskearter (American Shad og Blueback Herring) har forsøk vist relativt lave dødeligheter (0-14 %) ved passering av Kaplanturbiner (Mathur *et al.* 1994, Taylor & Kynard 1985). Oppsummert viser eksemplene en dødelighet for lakssmolt på 7-25 % ved passering av Kaplanturbiner.

Dødeligheten for smolt som passerer gjennom Francisturbiner synes å være noe høyere enn for Kaplanturbiner. Forsøk utført ved en Francisturbin i Motala (Sverige) ga følgende resultat: Av 314 laksunger som passerte turbinen var 9 % delt i to, 17 % var hardt skadd mens de resterende 74 % var lite skadet eller uskadet (Montén 1985). Basert på merkingsforsøk med lakssmolt ved Stornorrfors (Francisturbiner) beregnet Montén en dødelighet mellom 4 % og 21 % for de ulike forsøkene.

I Orkla ble det utført forsøk med Carlinmerket smolt i kraftverksinntaket og nedenfor inntaket til Svorkmo kraftverk for å måle dødelighet som følge av turbinpassasjen. Svorkmo kraftverk har et fall på 99 m og to Francisturbiner med slukeevne på henholdsvis 27 og 43 m³/s. På grunnlag av gjenfangster etter seks år med utsettinger, ble turbindødeligheten beregnet til 73 % for smolt som var satt ut i kraftverksinntaket sammenlignet med smolt som var satt ut nedenfor kraftverket (Hvidsten & Johnsen 1997, Hvidsten *et al.* 2004). Den høye dødeligheten forklares bl.a. med små åpninger på denne type Francisturbin. En dødelighet på 73 % er høyere enn det som ellers er beskrevet som turbindødelighet for salmonider, men kan ved siden av selve turbindødeligheten også skyldes forskjeller i dødelighet etter turbinpassasjen (eks. på postsmoltstadiet).

Smolt som overlever turbinpassasje kan tenkes å ha dårligere overlevelse som postsmolt i sjøen på grunn av skjelltap, stress, og at den har vært utsatt for store trykkforandringer. Montén sine undersøkelser tyder på at laksefisk tåler trykkforandringene gjennom en turbin når fallhøyden er moderat, og han viser til små/ingen skader ved større fallhøyde og trykkforandringer enn de en vil få ved Nustadfoss (Montén 1985). I forbindelse med vurdering av om røye kunne spres ved passering gjennom kraftverk, undersøkte Fjellheim *et al.* (1991) om røye tålte trykkforandringene ved turbinpassasje. Testene ble utført på plommeseekyngel, startforet røye og voksen røye som ble utsatt for en gradvis kompresjon fra atmosfæretrykk til 35 atm. overtrykk med brå dekompresjon. Alle fiskene overlevde testene og viste ingen tegn til trykkfallsyke. Observasjon av fiskene 12 døgn etter forsøkene viste lav dødelighet og ingen forskjell i dødelighet mellom forsøksgrupper og kontrollgrupper (Fjellheim *et al.* 1991, Fjellheim & Raddum 2003). Røye, i likhet med andre laksefisk, har en åpen forbindelse mellom svømmeblæren og tarmen (physostom svømmeblære) og det er antatt at dette bl.a. er årsak til at laksefisk kan utligne trykkforandringer, men mekanismene for trykkutjevningen ved brå trykkforandringer er dårlig kjent. Trykkforandringer som de en kan forvente ved Nustadfoss antas derfor ikke å gi problemer for smolten ved passering gjennom turbinen.

Smoltstadiet hos laks er det mest sensitive stadiet i laksens livssyklus, og lakssmolt er kjent for å tåle lite stress og mekanisk skade (jf. Finstad & Jonsson 2001). Montén viste for eksempel til at smolt som passerte turbinene tilsynelatende uskadd fikk til dels store skader ved kontakt mot tuneltaket i utløpstunnelen, og at dette kunne medføre en ekstra dødelighet på 15 % (Montén 1985). Smolt som utsettes for transport og håndtering (stress), og smolt som får skjelltap viser redusert overlevelse (Finstad & Jonsson 2001, Kostecki *et al.* 1987). Dette kan skyldes både større mottagelighet for sykdom og generell dårlig tilstand og økt predasjon. Det er sannsynlig at den smolten som overlever turbinpassasje, men som utsettes for skjelltap og

stress vil ha dårligere overlevelse i postsmoltfasen enn smolt som ikke har vært utsatt for turbinpassasje, men dette er det liten kunnskap om. Smoltdødelighet som følge av fysisk skade ved passering av demninger og høye fossefall er også kjent (Muir *et al.* 2001), men det foreligger lite kvantifisering av slik dødelighet.

Med bakgrunn i refererte undersøkelser og de framlagte planer kan vi sannsynliggjøre at smolttapet ved turbindødelighet ved nye Nustadfoss kraftverk vil ligge i størrelsesorden 7-25 %, men at det vil være flere usikkerheter knytta til dette.

5.2 Forslag til avbøtende tiltak

For å redusere smoltdødelighet ved at smolten passerer turbinen i Nustadfoss er det flere aktuelle avbøtende tiltak som kan iverksettes. Felles for flere av disse er at de tar utgangspunkt i smoltatferd ved utvandring og smoltutvandringsperioden.

Studier av smoltutvandring til laks både i Orkla og Stjørdalselva (Hvidsten *et al.* 1995, Arnekleiv *et al.* 2000) og internasjonale studier (jf. Thorpe *et al.* 1981, Byrne *et al.* 2003) tyder på at smolten vandrer ut vesentlig i overflatelaget og i den mørkeste delen av døgnet. Data fra Stjørdalselva indikerer imidlertid at noe smolt også kan vandre på dagtid under hovedutvandringa. Også ved fangstfella i Dalåa kom det betydelig med smolt på dagtid i døgn med stor utvandring. Tiltak for å lette smoltutvandringa ved bl.a. kraftverksdammer har tatt utgangspunkt i at smolten hovedsakelig vandrer i overflatelaget.

Basert på antagelsen at mesteparten av utvandrende smolt vil bli ført med driftsvannet gjennom turbinen i Nustadfoss kraftverk, har vi vurdert følgende aktuelle avbøtende tiltak:

1. Konsentrere overløpet i dammen og avgi overløpsvann
2. Stans eller reduksjon i kraftproduksjonen i den viktigste utvandringstiden for smolt
3. Kompensasjon av smolttap ved økt utsetting
4. Øke kunnskapen om det faktiske smolttapet ved utbyggingen gjennom en etterundersøkelse, og iverksette tiltak med bakgrunn i faktisk kunnskap

1. De vanligste tiltakene for å lede smolt forbi turbininntakene er ulike fysiske tiltak i form av dykket vanninntak, ulike typer ledeinnretninger i overflata og bygging av egne fiskepassasjer (jf. Hvidsten & Johnsen 1997, Scruton *et al.* 2002, 2003). Ved Svorkmo kraftverk i Orkla ble det bygget et 50 m langt bunninntak og en deflektor for å lede overflatevannet (og smolten) over demningen. Med bakgrunn i flerårige merke-gjenfangstforsøk ble det konkludert med at innretningen fungerte bra på høy vannføring, men på lav vannføring gikk mye smolt gjennom kraftverket, og det ble anbefalt å stenge kraftverket eller benytte inntil 20 % av vannføringa til kraftproduksjon under smoltutvandring på lav vannføring (Hvidsten & Johnsen 1997). Hvidsten *et al.* (2004) beregnet at det årlig ble ført minimum 9500 smolt gjennom Svorkmo kraftverk og at dødeligheten var høy (73 %). Gjennomgang av undersøkelser ved en rekke kraftverk hvor det er gjort tiltak for å lede lakssmolt forbi inntakene, viser at det er vanskelig å konstruere tiltak som fungerer godt (jf. Wilson *et al.* 1991, Ferguson 1996, Croze *et al.* 1999, Scruton *et al.* 2002, 2003). De fleste tiltakene synes å ha en effekt på under 50 % (dvs at under 50 % av smolten føres forbi kraftverket), men det er også vist til forsøk der effekten har økt fra 25 % til 73 % ved justeringer av tiltaket (jf. Scruton *et al.* 2003). Også kombinasjon med andre tiltak som elektriske gjerder og akustiske barrierer har gitt varierende effekt (jf. Gosset & Travade 1999, Travade *et al.* 1999). De hydrauliske forholdene ved inntaket og

ledeinnretning/overløp synes å være viktige for et godt resultat, og tiltaket må derfor tilpasses nøye (Scruton *et al.* 2002).

En rimelig løsning ved Nustadfoss kan være å snevre inn overløpet på demningen for å øke strømdraget og montere ei tømmerlense med skjørt mot overløpet. Dette forutsetter imidlertid at det slippes vann over dammen i smoltutvandringsperioden, og tiltaket må vurderes nøyer i forhold til hvor mye vann som må slippes for å gi ønsket forbipassering. Et slikt tiltak må også vurderes i forhold til økonomien i prosjektet og kost-nytte effekt, men dette ligger utenfor rammen til dette oppdraget.

2. Stans av kraftverket i hele smoltutvandringsperioden er utvilsomt det mest effektive tiltaket for å sikre at smolten får vandre mest mulig uhindret forbi kraftverket. Mangeårige smoltundersøkelser i både Dalåa og Stjørdalselva har gitt et godt grunnlag for vurdering av smoltutvandringsperioden. Denne kan settes til mellom 1. mai og 1. juli, mens hovedutvandringa normalt vil skje i perioden 5. mai – 25. juni. Det kan også være en mulighet å overvåke smoltutvandringen med ei smoltfelle for å kunne varsle smoltutvandring og dermed redusere perioden kraftverket må stå. Siden største delen av utvandringa skjer i den mørke del av døgnet, kan et alternativ være å kjøre kraftverket om dagen, men stoppe fra start skumring om kvelden til lysning om morgenen i perioden 1. mai-1. juli. Det vil imidlertid være en usikkerhet i forhold til hvor mye smolt som passerer turbinen på dagtid under hovedutvandringen og den faktiske dødeligheten ved turbinpassasje i Nustadfoss, men dette kan eventuelt undersøkes.

3. Dersom en velger å drifte kraftverket uten hensyn til økt smoltdødelighet, bør dette smolttapet kompenseres. Smoltdødeligheten ved kraftverket bør da undersøkes for å kvantifisere hva som skal kompenseres. Smoltproduksjonen ovafor Nustadfoss er inntil videre en kompensasjon for mulig tap i lakseproduksjonen i forbindelse med bygging av Meråker kraftverk, og bør således komme Stjørdalselva til gode gjennom uhindret nedvandring. De pålagte utsettingene av ensomrig settefisk i Dalåa og nedre del av Tevla og Torsbjørka tar allerede i bruk produksjonsmulighetene for laks ovafor Nustadfoss. Det er høyst usikkert om en kan øke produksjonen enda mer ved ytterligere utsetting. Dette må i tilfelle vurderes nærmere sammen med en vurdering av potensialet for utsetting i andre deler av vassdraget. Alternativt kan en kompensere smolttapet ved å sette ut anleggsprodusert smolt øverst i Stjørdalselva. Settefiskanlegget i Meråker er imidlertid ikke bygd med tanke på smoltproduksjon, og det vil også være andre biofaglige og sannsynligvis veterinærfaglige betenkeligheter med smoltutsetting. Blant annet har smoltutsetting i en rekke vassdrag gitt dårlig effekt (Finstad & Jonsson 2001). Vi vil derfor ikke anbefale denne form for kompensasjon.

4. Det er knytta usikkerhet til hva som vil bli det faktiske smolttapet ved at smolten passerer gjennom turbinen. Dersom dødeligheten blir like lav som de laveste verdiene i de refererte undersøkelsene, kan det muligens tolereres, men dette må i tilfelle undersøkes over noen år. En rekke undersøkelser og tiltak for å lede smolten forbi kraftverksinntak viser at slike tiltak bør nøye tilpasses lokale forhold og smoltatferd for å bli effektive. Det er de seinere år utvikla metoder som gjør det mulig å følge smoltens atferd i detalj ved kraftverksinntak og kunne designe lokalt tilpassa tiltak. Det kan derfor være formålstjenlig med en etterundersøkelse for å måle den faktiske smoltdødeligheten på grunn av kraftverket, og registrere smoltatferden ved tunnelinntaket og damkrona. På den bakgrunn kan en finne egnede, og lokalt tilpassede tiltak med større sannsynlighet for å lykkes. På et seinere tidspunkt vil en også være kjent med omfanget av framtidige utsettinger ovafor Nustadfoss slik at et eventuelt smolttap kan kvantifiseres.

6 UTBYGGINGENS VIRKNING FOR ØVRIGE FISKEBIOLOGISKE FORHOLD I ØVRE DEL AV STJØRDALSELVA

Utbyggingen vil ikke innebære endringer i vannføringa i Stjørdalselva, men bare gi endringer i vannføringa over fossen. Virkningen av utbyggingen for øvrige ferskvannsbiologiske forhold vil derfor kun bli merkbar i de nærmeste områdene til Nustadfoss, dvs inntaksdammen, fossen og helt øverste del av Stjørdalselva i Meråker. I inntaksdammen til kraftverket er det, foruten utsatt laks, en ørretstamme og invertebratsamfunn. Det er ikke foretatt nærmere undersøkelse av disse bestandene.

Det synes ikke å bli vesentlige variasjoner i vannstanden i inntaksdammen i det kraftverket vil kjøre på tilsiget i elva (ref. NTE søknad). Forutsatt at vannstanden holdes mest mulig stabil, vil situasjonen bli omtrent som tidligere, og det ventes ikke negative virkninger for fisk og ferskvannssamfunn i dammen. Vannføringa over fossen vil bli redusert i forhold til dagens situasjon, og fossen vil være tørrlagt utenom flomperioder. Fossen består av fast fjell i et område som er sterkt påvirket av menneskelig aktivitet fra før (Meråker sentrum), og det forventes ikke at plante- eller dyresamfunn i selve fossen blir negativt berørt. Landskapsestetisk vil det imidlertid bli en endring med tørrlagt fossefall store deler av året. Situasjonen vil bli tilnærmet slik den var da gamle Nustadfoss kraftverk var i drift, dog med færre perioder med overløp.

I øvre del av Stjørdalselva vil endringen først og fremst bestå i at restvannføringa kommer gjennom kraftverket med utløp på nordsida av Nustadfosshølen i stedet for over fossen som i dag. Siden kraftverket bare vil benytte tilsiget fra restfelt og minstevannføringa, vil det ikke medføre endringer i vassføring i øvre del av Stjørdalselva. Det skulle heller ikke bli nevneverdig forskjell i vanntemperatur om vatnet går gjennom kraftverket i forhold til over fossen. Det er sannsynlig at strømningsforholdene i selve hølen kan bli påvirka av om denne vannføringa kommer via fossen eller gjennom kraftverket, men vi kan ikke se at dette vil påvirke biologiske produksjonsforhold nevneverdig. Normalt vil ene maskina i Meråker kraftverk kjøres for å opprettholde minstevannsføringskravet i Stjørdalselva. Vannføringa herfra vil normalt være større enn vannføringa gjennom Nustadfoss kraftverk, og vil derfor være avgjørende for strømningsforholdene i hølen. Om dette kan ha noen betydning for utøvelsen av fisket i selve Nustadfosshølen er vanskelig å si, men virkningen vil i tilfelle være svært lokal. Vi kan derfor ikke se at byggingen av Nustadfoss kraftverk skulle ha nevneverdig negative virkninger verken på fiskebiologiske forhold eller for utøvelsen av fiske øverst i Stjørdalselva.

7 KONKLUSJON

1. Rehabilitering av Nustadfoss kraftverk vil med stor sannsynlighet medføre at det meste av smolten som produseres av utsatt fisk i Dalåa, Tevla og Torsbjørka de fleste år vil måtte passere gjennom kraftverket.
2. Utvandningsperioden for smolt ved Nustadfoss kan strekke seg mellom 1. mai og 1. juli, med hovedutvandring mellom 5. mai og 25. juni. Smoltutvandningsperioden er satt med basis i faktiske utvandringstidspunkter for Dalåasmolt ved Øydammen (Dalåa) og Sona (Stjørdalselva) i perioden 1995-2004. Utvandringen av smolt ved Sona styres i stor grad av økning i vannføring, mens utvandringen i Dalåa (Øydammen) også skjer på stabil minstevannføring, ofte ved temperaturstigning.
3. Med bakgrunn i en rekke undersøkelser og de framlagte planer kan vi sannsynliggjøre at smolttapet ved turbindødelighet ved nye Nustadfoss kraftverk vil ligge i størrelsesorden 7-25 %, men at det vil være flere usikkerheter knytta til dette.
4. Vi har vurdert flere aktuelle avbøtende tiltak for å redusere smoltdødeligheten ved turbinpassasje. Det sikreste tiltaket er å la kraftverket stå i utvandningsperioden, alternativt å stoppe om natta i denne perioden. Dernest anbefales et alternativ med etterundersøkelser for å fastslå turbindødeligheten og smoltatferden ved inntaket siden det er relativt stor usikkerhet knytta til dette. Med bakgrunn i forsøkene vil en kunne foreslå lokalt tilpassa tiltak med formål å føre smolten forbi kraftverket.
5. Det synes ikke å bli vesentlige variasjoner i vannstanden i inntaksdammen i det kraftverket vil kjøre på tilsiget i elva. Situasjonen vil bli omtrent som tidligere, og det ventes ikke negative virkninger for fisk og ferskvannssamfunn i dammen. Strømningsforholdene helt lokalt i Nustadfosshølen kan bli endret, men vi kan ikke se at dette skulle ha nevneverdig negative virkninger verken på fiskebiologiske forhold eller for utøvelsen av fisket øverst i Stjørdalselva.

8 LITTERATUR

- Arnekleiv, J.V. 1985. Fiskeribiologiske undersøkelser i øvre deler av Stjørdalsvassdraget i forbindelse med planlagt vannkraftutbygging. – K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1985, 4: 1-87.
- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Rønning, L., Koksvik, J & Urke, H.A. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. Del I. Vassdragsregulering, hydrografi, bunndyr, ungfisktettheter og smolt. – Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2000, 3: 1-91.
- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Rønning, L. & Koksvik, J. 2002. Fisk, bunndyr og minstevannføring i elvene Tevla, Torsbjørka og Dalåa, Meråker kommune. – Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2002, 5: 1-90.
- Asvall, R.P. 2001. Vanntemperatur og isforhold i Stjørdalselva. Virkninger av Meråkerutbyggingen. – NVE, Oppdragsrapport 6-2001: 1- 58.
- Byrne, C.J., Poole, R., Rogan, G., Dillane, D. & Whelan, K.F. 2003. Temporal and environmental influences on the variation in Atlantic salmon smolt migration in the Burishoole system 1970-2000. – Journal of Fish Biology 63: 1552-1554.
- Carr, J. 2000. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolt migration patterns in the dam-impacted St. John River system. Pp. 217-227 in Moore, A. & Russell, I (eds.). Advances in Fish telemetry. CEFAS Lowestoft, England 264 pp.

- Coutant, C.C. & Whitney, R.R. 2000. Fish behaviour in relation to passage through hydro-power turbines: A review. – Transactions of the American Fisheries Society 129: 351-380.
- Croze, O., Chanseau, M. & Larinier M. 1999. Efficiency of a downstream bypass for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts and fish behaviour at the Camon hydroelectric powerhouse water intake on the Garonne River. – Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture 353-54: 121-140.
- Finstad, B. & Jonsson, N. 2001. Factors Influencing the Yield of Smolt Releases in Norway. – Nordic J. Freshw. Res. 75: 37-55.
- Fjellheim, A., Barlaup, B.T. & Raddum, G.G. 1991. Kan røye overleve trykkforandringene ved passasje gjennom det planlagte Nygard Pumpekraftverk? – LFI, Zoologisk institutt, Universitete i Bergen, Rapport nr. 73, 14 s.
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 2003. Nygard pumpekraftverk. Virkninger på fiskeribiologiske og hydrologiske forhold I Modalsvassdraget. – LFI, Universitetet i Bergen. Rapport nr. 125, 17 s.
- Gosset, C & Travade, F. 1999. Devices to aid downstream salmonid migration: Behavioral barriers. – CYBIUM 23: 45-66 Suppl. S.
- Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1997. Screening of Descending Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Smolts from a Hydropower Intake in The River Orkla, Norway. – Nordic J. Freshw. Res. 73: 44-49.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. – Nordic Journal of Freshwater Research 70: 38-48.
- Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Jensen, A., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E.B., Jensås, J.G., Bakke, Ø. & Forseth, T. 2004. Orkla – et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. – NINA Fagrapport 079, 94 s.
- Kostecki, P. T., Clifford, P., Gloss, S.P. & Carlisle, J.C. 1987. Scale loss and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after turbine passage. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 44: 210-214.
- Larinier, M. & Travade, F. 1999. Downstream migration: Problems and facilities. – Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture 353-54: 181-210.
- Mathur, D., Heisey, P.G. & Robinson, D.A. 1994. Turbine-passage mortality of juvenile American Shad at Low-Head Hydroelectric Dam. – Transactions of the American Fisheries Society 123: 108-11.
- Mathur, D., Heisey, P.G., Euston, E.T., Skalski, J.R. & Hays, S. 1996. Turbine passage survival estimation for chinook salmon smelts (*Oncorhynchus tshawytscha*) at a large dam on the Colombia River. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 53: 542-549.
- Mathur, D., Heisey, P.G., Skalski, J.R. & Kenney, D.R. 2000. Salmonid smolt survival to turbine efficiency and entrainment depth in hydroelectric power generation. – Journal of the American Water Resources Association 36: 737-747.
- Montén, E. 1985. Fisk och turbiner. Om fiskars möjligheter att oskadda passera genom kraftverksturbiner. Vattenfall Stockholm 1985. 114 s.
- Muir, W. D., Smith, S.G., Williams, J.G. & Sandford, B.P. 2001. Survival of juvenile salmonids passing through bypass systems, turbines, and spillways with and without deflectors at Snake River dams. – North American Journal of Fisheries Management 21: 135-146.
- Roche, P. 1994. Habitat availability and carrying capacity in the French part of the Rhine for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). – Water Science & Technology 29: 257-265.

- Scruton, D.A., McKinley, R.S., Kouwen, N., Eddy, W. & Booth, R.K. 2002. Use of telemetry and hydraulic modelling to evaluate and improve fish guidance efficiency at a louver and bypass system for downstream-migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and kelts. – *Hydrobiologia* 483: 83-94.
- Scruton, D.A., McKinley, R.S., Kouwen, N., Eddy, W. & Booth, R. K. 2003. Improvement and optimization of fish guidance efficiency (FGE) at a behavioural fish protection system for downstream migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. – *River Research and Applications* 19: 605-617.
- Stier, D.J. & Kynard, B. 1986. Use of radio telemetry to determine the mortality of Atlantic salmon smolts passed through a 17-MW Kaplan turbine at Low-Head Hydroelectric Dam. – *Transactions of the American Fisheries Society* 115: 771-775.
- Taylor, R.E. & Kynard, B. 1985. Mortality of juvenile American Shad and Blueback Herring passed through a low-head Kaplan hydroelectric turbine. – *Transactions of the American Fisheries Society* 114: 430-435.
- Thorpe, J.E., Ross, L.G., Struthers, G. & Watts, W. 1981. Tracking Atlantic salmon smolts, *Salmo salar* L. smolt migration. – *Journal of Fish Biology* 19: 519-537.
- Travade, F., Goyyou, C. & De Faveri, N. 1999. Efficiency of a downstream bypass and a behavioural acoustic barrier for Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) at the St. Cricq hydropower plant on the Ossau River (France). – *Bulletin de la Perche et de la Pisciculture* (353-54): 157-180.
- Turnpenny, A. W. H. 1996. Mechanisms of Fish Damage in Low-Head Turbines: An Experimental Appraisal. *International Conf. on Fish Migration & Fish Bypass-Channels. Abstract Book.*
- Urke, H. 2001. Utvikling av sjøtoleranse og vandringsåtfærd hos Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) med og utan oppdrettsbakgrunn. Cand.scient.-oppgave i akvakultur. Zoologisk institutt, NTNU Trondheim. 79 s.
- Wilson, J. W., Giorgi, A.E. & Stuehrenberg, L. C. 1991. A method for estimating spill effectiveness for passing juvenile salmon and its application at Lower Granite Dam on the Snake River. – *Can. J. Fish. Freshw. Res.* 48: 1872-1876.

Rapportserien

«Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet Rapport zoologisk serie» er en videreføring av »Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie» og presenterer stoff fra de zoologiske fagområdene ved Vitenskapsmuseet. Serien bringer i hovedsak arbeider fra oppdragsprosjekter og andre undersøkelser og forskning ved Seksjon for Naturhistorie. Serien er ikke periodisk og antall numre varierer pr. år. Serien startet i 1974 og det finnes parallelle botaniske og arkeologiske rapportserier ved Vitenskapsmuseet. Mindre arbeider og utredninger som av ulike grunner trenger en rask publisering og distribusjon presenteres i en egen notatserie: »Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Vitenskapsmuseet Zoologisk notat».

Til forfatterne

Manuskripter

Manuskripter bør leveres som papirutskrift og som tekstfil i Word. Vitenskapelige slekts- og artsnavn kursiveres. Manuskripter til rapportserien skal skrives på norsk, unntatt abstract (se nedenfor). Unntaksvis, og etter avtale med redaktøren, kan manuskripter på engelsk bli tatt inn i serien. Tekstfilen(e) skal inneholde en ren «brødtekst», dvs. med færrest mulig formateringskoder. Hovedoverskrifter skal skrives med store bokstaver, de øvrige overskrifter med små bokstaver. Manuskriptet skal omfatte:

1. Eget ark med manuskriptets tittel og forfatterens/forfatterens navn. Tittelen bør være kort og inneholde viktige henvisningsord.
2. Et referat på norsk på maksimum 200 ord. Referatet innledes med bibliografisk referanse og avsluttes med forfatterens/forfatterens navn og adresse(r).
3. Et abstract på engelsk som er en oversettelse av det norske referatet.

Manuskriptet bør for øvrig inneholde:

4. Et forord som ikke overstiger en trykkside. Forordet kan gi bakgrunnen for arbeidet det rapporteres fra, opplysninger om eventuell oppdragsgiver og prosjekt- og programtilknytning, økonomisk og annen støtte, institusjoner og enkeltpersoner som bør takkes osv.
5. En innledning som gjør rede for den faglige problemstillingen og arbeidsgangen i undersøkelsen.
6. En innholdsfortegnelse som viser stoffets inndeling i kapitler og underkapitler.
7. Et sammendrag av innholdet. Sammendraget bør ikke overstige 3 % av det øvrige manuskriptet. I spesielle tilfeller kan det i tillegg også tas med et «summary» på engelsk.
8. Tabeller og figurer leveres på separate ark og skrives i egne filer. I teksten henvises de til som «Tabell 1», «Figur 1» osv.

Litteraturhenvisninger

En oversikt over litteratur som det er henvist til i manuskriptteksten samles bakerst i manuskriptet under overskriften «Litteratur». Henvisninger i teksten gis som Haftorn (1971), Arnekleiv & Haug (1996) eller, dersom det er flere enn to forfattere, som Sæther *et al.* (1981). Om det blir vist til flere arbeider, angis det som «som flere forfattere rapporterer (Haftorn 1971, Thingstad *et al.* 1995, Arnekleiv & Haug 1996,)», dvs. forfatterne nevnes i kronologisk orden, uten komma mellom navn og årstall. Litteraturlisten ordnes i alfabetisk rekkefølge: det norske alfabetet følges: aa = å (utenom for nederlandske, finske og etniske navn), ö = ø osv. Flere arbeid av samme forfatter i samme år angis ved a, b, osv. (Elven 1978a, b). Ved lik alfabetisk prioritet går to forfattere foran tre eller flere («*et al.*»).

Eksempler:

Tidsskrift/serie

Slagsvold, T. 1977. Bird song activity in relation to breeding cycle, spring weather, and environmental phenology. – *Ornis Scand.* 8: 197-222.

Arnekleiv, J.V. & Haug, A. 1996. Fiskebiologiske undersøkelser i Holmvatnet og Rundtuvatnet, Rana kommune, Nordland, 1995. – *Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser.* 1996, 3: 1-22.

Kapittel

Nilsson, S.G. & Ericson, L. 1992. Conservation of plants and animal populations in theory and practice. s. 71-112 i Hansson, L. (red.). *Ecological principles of nature conservation.* – Elsevier Appl. Sci., London.

Monografi/bok

Urke, H. A. 2001. Utvikling av sjøtoleranse og vandringsåtfærd hos Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) med og utan oppdrettsbakgrunn. – Cand.scient. oppgave i akvakultur. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Zoologisk institutt. 79 s. Upubl.

Haftorn, S. 1971. *Norges Fugler.* – Universitetsforlaget, Oslo. 862 s.

Illustrasjoner

Figurer (i form av fotografier, tegninger osv.) leveres separat, på egne ark, dvs. de skal ikke inkluderes eller monteres i brødteksten. På papirutskriften av manuskriptet skal det i venstre marg angis hvor i teksten figurene ønskes plassert. Strekfigurer, kartutsnitt o.l. figurer skal være trykkeferdige fra forfatterens hånd. Skal rapporten inneholde fargebilder, bør også disse leveres som jpg-filer.

Opplag

Rapporten trykkes vanligvis i et opplag på 150-300 eksemplarer.

ISBN 82-7126-704-3
ISSN 0802-0833