Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge

Jo Vegar Arnekleiv, LFI-NTNU
Gunnar G. Raddum, LFI-UiB
Tore Olav Sandnæs, NVE
Arne Fjellheim, LFI-UiB
Tharan Fergus, NVE

3
2006

RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING

Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge

Norges vassdrags- og energidirektorat
2006

Rapport nr. 3 - 2006

Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Jo Vegar Arnekleiv [1], Gunnar G. Raddum [2], Tore Olav Sandnæs [3], Arne Fjellheim [2] og Tharan Fergus [3]

1 LFI, Vitenskapsmuseet NTNU
2 LFI, Universitetet i Bergen
3 Norges vassdrags- og energidirektorat

Forsidefoto: Terskel i Litledalselva, Møre og Romsdal. Foto: Jo Vegar Arnekleiv

ISSN: 1502-234X

ISBN: 82-410-0578-4

Sammendrag: Prosjektets målsetting har vært å evaluere virkningen av tersklene på bunndyr- og fiskebestander, estetiske forhold, sedimentasjon og stabilitet i utvalgte regulerte vassdrag i Midt- og Vest-Norge. Mange av de eldre tersklene ble bygd for rette, med for bratt helning og de fleste har blitt reparert etter skader. Tersklene bygd de siste 10 år har vært bedre formet inn i elvelandskapet og vært mer stabile. I elver med liten vannføring bidrar tersklene til å opprettholde vanndekket areal, kulper og variasjon. For å bevare fiskebestandene i sterkt regulerte elver har tersklene i stor grad fungert etter hensikten, spesielt for ørret. Tersklene øker vanndekt areal og leveområdet for spesielt eldre ørret, forutsatt tilstrekkelig vanndyp og forekomst av skjul. Terskler kan imidlertid virke forsinkende på fiskens vandring. Bunndyrsamfunnet ble endret ved etablering av terskler, og det foregikk en suksesjon med store variasjoner i bunndyrsamfunnet. Det er behov for å planlegge og forme terskler sammen med elvebunnjusteringer, og for å bedre metoder for hvordan slike tiltak skal vedlikeholdes for å gi en positiv effekt også på lang sikt. Det anbefales at studier av sedimenttransport, sedimentering og økologiske effekter blir prioritert i fremtiden.

Emneord: Terskler, steinsetting, landskapsestetikk, sedimentasjon, stabilitet, bunndyr, fisk, økologi.

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

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Februar 2006

Innhold

Forord 7

Sammendrag 9

1 Innledning 13

2 Målsettinger og metoder 14

3 Evaluering av terskler i Nea, 123.Z 15
3.1 Vassdragsbeskrivelse 15
3.2 Terskler og tiltak 15
3.3 Landskapsestetikk og fluviale prosesser 16
3.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser 18
3.5 Diskusjon og evaluering 20
3.6. Konklusjon og anbefalinger 21

4 Evaluering av terskler i Tevla og Dalåa i Stjørdalsvassdraget, 124.Z 22
4.1 Vassdragsbeskrivelse 22
4.2 Terskler og tiltak 22
4.3 Landskapsestetikk og fluviale prosesser 23
4.4 Ferskvannsbiologiske forhold 26
4.5 Diskusjon og evaluering, Tevla og Dalåa 29
4.6 Konklusjon og anbefalinger 30

5 Evaluering av terskler i Søya, 111.7Z 31
5.1 Vassdragsbeskrivelse 31
5.2 Terskler og tiltak 31
5.3 Landskapsestetikk og fluviale prosesser 32
5.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser 36
5.5 Diskusjon og evaluering 39
5.6 Konklusjon og anbefalinger 41

6 Evaluering av terskler i Litledalselva, 109.5Z 42
6.1 Vassdragsbeskrivelse 42
6.2 Terskler og tiltak 42
6.3 Landskapsestetikk, stabilitet og fluviale prosesser 43
6.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser 44
6.5 Diskusjon og evaluering 46
6.6 Konklusjon og anbefalinger 47

7 Evaluering av terskler i Ekso, 063.Z 48
7.1 Vassdragsbeskrivelse 48
7.2 Terskler og tiltak 48
7.3 Fluviale prosesser 48
7.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser 49
7.5 Konklusjon og anbefalinger 52

8 Evaluering av terskler i Matreelva, 067.3Z 53
8.1 Vassdragsbeskrivelse 53
8.2. Terskler og tiltak 53
8.3 Fluviale prosesser 54
8.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser 54
8.5 Konklusjon og anbefalinger 57

9 Evaluering av terskler i Modalsvassdraget, 064.Z 58
9.1 Vassdragsbeskrivelse 58
9.2 Terskler og tiltak 58
9.3 Landskapsestetikk og fluviale prosesser 59
9.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser 60
9.5 Diskusjon og evaluering 66
9.6 Konklusjoner 67

10 Evaluering av terskler i Teigdalselva, 062.BZ 68
10.1 Vassdragsbeskrivelse 68
10.2 Terskler og tiltak 69
10.3 Ferskvannsbiologiske undersøkelser 69
10.4 Diskusjon og evaluering 72
10.5 Konklusjon og anbefaling 72

11 Evaluering av terskler og bunnjusteringer i regulerte elver basert på erfaringer fra utvalgte midtnorske og vestnorske elver 73
11.1 Tradisjonelle terskler (løsmasseterskler, betongterskler, treterskler, syvdeterskler) 73
11.2 Steinsetting, bunnjustering og kulpgraving 74

12 Konklusjon og anbefalinger 75

13 Litteratur 76

Forord

I forbindelse med vassdragsreguleringer, flomsikring og andre inngrep i vassdrag er det ofte bygget terskler for å redusere skadevirkningene. Det er viktig at slike tiltak utformes på best mulig måte for å ivareta de ulike interesser knyttet til vassdraget.

Prosjektet "Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge" har hatt som hovedmål å evaluere virkninger av terskler på blant annet bunndyr- og fiskebestander, estetiske forhold, sedimentasjon og stabilitet. Det har vært nødvendig å evaluere kort- og langtidsvirkningene av ulike terskler, både positive og negative. Prosjektet har vært et samarbeid mellom Laboratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske ved NTNU og Universitetet i Bergen, og NVE.

Denne terskelevalueringen vil gi forvaltningen et bedre grunnlag for å treffe beslutninger om avbøtende tiltak i forbindelse med ulike inngrep i vassdrag.

Oslo, februar 2006

Haavard Østhagen
leder styringsgruppe

John Brittain
programleder

Sammendrag

Prosjektets målsetting har vært å evaluere virkningen av tersklene på bunndyr- og fiske-bestander, estetiske forhold, sedimentasjon og stabilitet i et utvalg vassdrag fra Midt-Norge og Vestlandet. Foruten visuelle vurderinger foretatt under befaringer, har vi sammenstilt og vurdert eksisterende litteratur og benytta de mest relevante data som kunne belyse kortids- og langtidsvirkninger av terskelbygging for de valgte fagområdene.

I **Nea (123.Z)** i Sør-Trøndelag er det i tre perioder bygd 37 løsmasseterskler på en 25 km elvstrekning med sterkt redusert vannføring. Tersklene bygget i perioden 1990 – 92 er formet godt inn i elvelandskapet og har vært stabile, mens tersklene bygget tidligere var for rette, mange hadde for bratt helning på terskelkrona, og de fleste har blitt reparert og ombygd etter skader. Tersklene gir en positiv effekt på landskapsbildet og de biologiske forholdene i elva. Redusert vannføring og terskelbygging har medført endringer i bunnfaunaens sammensetning i Nea og sideelva Rotla. Nea er viktig gyte- og oppvekstelv for ørret i Selbusjøen. Tersklene har gitt økt vanndekt areal og bidratt til å sikre den stasjonære ørretbestanden. Det er ikke påvist forskjeller i ørretbestandens egenskaper i gamle kontra nyere terskler. Utviklingen for den vandrende delen av ørretbestanden er mer usikker. Tunellutløp fra Nedre Nea kraftverk og terskler medfører forsinkelser i oppvandring på lav vannføring. Tersklene har bidratt til spredning og etablering av ørekyte i hele Nea i løpet av de siste 10 år. Noe lav rekruttering av ørret i 2003/2004 kan skyldes en kombinasjon av mindre arealer med stryksterkninger egnet for gyting og oppvekst, lav vintervannføring og konkurranse fra ørekyte. Det er i egen rapport gitt anbefalinger om bl.a å samle vann på strykstrekninger, grave dypområder i grunne terskelbassenger og opprettholde høyest mulig vannføring i gytevandringstida for ørret. Med dagens erfaringer kunne noen terskler helt eller delvis vært erstattet av bunnjusteringer kombinert med lave terskler.

I **Tevla** og **Dalåa** i **Stjørdalsvassdraget (124.Z)** i Nord-Trøndelag ble det bygd henholdsvis 25 og 6 terskler i 1996-97. I Dalåa ble det i tillegg foretatt bunnjusteringer, steinplastring og kulpgraving for å teste ut tilslag og produksjon av laks basert på fiskeutsetting på lave vannføringer. Tersklene og øvrige avbøtende tiltak er planlagt og bygget i ”nyere tid” hvor det ble lagt stor vekt på landskapsestetisk og biologisk gode løsninger. Dette er i stor grad oppnådd ved tiltakene i Tevla og Dalåa. Tersklene av betong og treplank kan forbedres i forhold til estetikk og fiskevandring ut i fra hva vi vet i dag. Hittil er tersklene og terskel-bassengene lite skadet av erosjon og massetransport. Korttidseffekten av terskelbyggingen i Tevla vurderes som positiv for den stasjonære ørretbestanden. 3-5 år etter regulering ble det registrert økt utbytte av noe feitere fisk med om lag samme størrelsesfordeling som før regulering. Det vurderes som viktig at tersklene har stort nok vanndyp, bra med skjulplasser og innløpselv/sideelver som kan fungere som gyteområde. Steinsetting og bunnjustering i strykpartier ga en mangedobling av ungfisktetthetene av utsatt laksyngel sammenlignet med elvepartier uten tiltak i en periode på seks år. Dette skyldtes i hovedsak økt tilgang på skjul (hulrom mellom stein). Tiltakene var utsatt for sedimentasjon (gjenøring) over tid, og det kreves periodisk vedlikehold for å opprettholde en langsiktig positiv effekt. Det trengs erfaring og metoder for hvordan slike tiltak skal vedlikeholdes. Ørreten holdt seg mest i terskelbassengene, og tiltak som skal stimulere lakseproduksjon bør i størst mulig grad sikre strykpartier med mye skjul. For å sikre utvandring av laksesmolt til riktig tid fra elver med minstevannsføring og/eller terskler, anbefales det gjort forsøk med lokkeflommer.

Faunasammensetning og artsmangfold ble betydelig endret av redusert vannføring og terskler, mens steinsetting og bunnjusteringer på strykpartier ga mindre endringer i bunnfaunaen.

Søya (111.7Z) i Møre og Romsdal ble kanalisert for jordbruksformål i 1985-88. For å stabilisere elvebunnen og for å bedre forholdene for fisk ble det bygget sju syvdeterskler, to 30-40 meter lange bunnplastringer av sprengstein og ei steinplastring av elvebunnen under bru i 1986-87. De biotopjusterende og stabiliserende tiltakene gir en positiv estetisk næreffekt i kanalen. Imidlertid burde tiltakene bestått av mer stryk (bunnplastring), djupe partier og mer variasjon i terskelutforming.Utlegging av grov stein i strykpartier (bunnplastring, bunn-terskler) ga gode habitatforhold for laksunger, og en midlertidig mangedobling av ungfisk-tetthetene. Kolonisering av bunndyr skjedde raskt, og steinsettingene hadde større bunndyr-mengder enn elvesenga med elvegrus utenom. Steintersklene var utsatt for relativt rask (ca. 1 år) gjenøring på grunn av elvas store materialtransport, og dette reduserte sterkt effekten av tiltaket på den øverste strekningen. Også tiltak i form av utlegging av store steiner i rekker ga bare en midlertidig økning i ungfisktetthetene. Steinutleggingen nederst i kanal-sonen har hatt en bedre langtidseffekt, men denne er også utsatt for noe gjenøring. Slike tiltak vil ha behov for jevnlig vedlikehold. Erosjonssikring i elvesidene ga økt tetthet av ungfisk, særlig ørret i forhold til naturlig elvegrus i kantene. Dette er i tråd med erfaring fra andre elver. Syvdetersklene har sannsynligvis medført økning i skjulplasser for voksen fisk, og kulpene under har gitt nye fiskeplasser. Tiltakene (bunnplastring, syvdeterskler og stein-grupper) i kanalsonen i Søya har til en viss grad bedret habitatforholdene for ungfisk og voksen fisk i en del av kanalsonen, men kanalsonen framstår som lite variert med et snevert biotoputvalg i forhold til ei naturlig elv. Det er behov for økt detaljkunnskap om sammen-hengen mellom fluviale forhold og økologiske forhold for å kunne finne tiltak som tåler massetransport og flommer og som kan gi en positiv langtidseffekt.

I **Liteledalselva (109.5Z)** i Møre og Romsdal ble det bygd 7 syvdeterskler av hensyn til laks og sjøørret i 1997. Landskapsestetisk er tersklene i Litledalselva bygd for rette, og flere kulper er rensket for stein. Det anbefales å tilføre noe stor stein i kulpene under syvdetersklene, også med tanke på oppholdsplasser for større fisk. Tersklene er stabile, og kulpene under er lite utsatt for sedimentasjon. Det synes å være en beskjeden massetransport i elva nedenfor Dalavatnet som sannsynligvis fungerer som en sedimentasjonsfelle. Terskelbyggingen synes å ha betydd lite for fordelingen av gytefisk (målt som antall gytegroper) på den anadrome strekningen, og den biologiske betydningen av tersklene er usikker. Lokalt har tersklene medført endringer av gyteplasser der tersklene ble bygd i allerede etablerte gyteområder. Det anbefales å unngå å legge terskler slik at influensområdet berører allerede etablerte gyteområder. Tersklenes øvrige betydning for fiskebiologiske forhold som habitater for voksen fisk og ungfisk, og for utøvelse av fiske er ikke undersøkt.

I **Ekso (063.Z)** i Hordaland ble det bygd ca. 30 løsmassesterskler fra 1972. Detaljerte undersøkelser innen flere fagfelt ble utført ved en av tersklene i perioden 1975-1994. Terskelen har vært stabil i hele perioden, men det ble påvist noe sedimentasjon i terskel-bassenget. Det ble i prosjektperioden funnet at sedimentert organisk materiale og begroing økte over tid. Kraftige flommer som følge av stor nedbør og overløp i damkronen reduserte organisk materiale i bassenget. Bunndyrsamfunnet viste store variasjoner i prosjektperioden. Tersklene ble bygd primært for å bedre forholdene for fisk. Bestanden av ørret økte kraftig etter regulering og terskelbygging. En ulempe med den nye situasjonen var at gjennomsnitts-størrelsen av fisken avtok. Produksjonen av fisk i terskelbassenget ble utnyttet som settefisk i et reguleringsmagasin i samme vassdrag. Uttakene av fisk gjorde at størrelsen av ørreten i bassenget økte igjen. Næring produsert på strykstrekningen oppstrøms terskelbassenget

utgjorde en viktig del av energibudsjettet for fiskebestanden i bassenget. Overtallige bestander i terskelbassenger bør reduseres. Der forholdene tillater det, kan slik fisk nyttes som settefisk.

I **Matreelva (067.3Z)** i Hordaland ble et gyteområde for sjøørret på utløpet av Matrevatnet restaurert i 2001 ved fjerning av sedimenter og bygging av en terskel, som skulle konsentrere vannstrømmen over et viktig gyteområde. Forsøket med strømterskel har foreløpig pågått for kort tid til å vurdere om ny nedslamming av gyteområdet vil skje. Anleggsperioden ga en kortvarig skadelig effekt på gytesuksessen målt som 0+ året etter. Det ble ikke registrert negative effekter på eldre fisk. Foreløpig har ikke antall ungfisk økt på grunn av tiltaket. Rognoverlevelsen i gytegropene var bedre i grovt enn i fint substrat. Forsøket viste at ørreten er selektiv med hensyn på gytesubstrat.

I **Modalsvassdraget (064.Z)** i Hordaland ble det bygget to løsmasseterskler i 1999. Landskapsestetisk er tersklene i Modalen bygd for rette. Tersklene har så langt vært stabile selv etter nedbørsrekorder høsten 2005. Tersklene ble bygd for å bedre forholdene for fisk og for å kunne studere fiskens bruk av ulike habitat. For dette har en benyttet habitatmodeller (i Vassdragssimulatoren). Terskelbyggingen har vært positiv for fisk eldre enn 0+. Det har vært mulig å studere hvordan ulike aldersklasser av ungfisk har brukt terskelbassenget med hensyn på vannhastighet, vanndyp og substratforhold. Videre hvordan disse forholdene har endret seg fra situasjonen før terskelbyggingen til etter byggingen. Egnede produksjonsareal for ungfisk > 0+ har samlet sett økt betydelig og gitt 3,5 ganger så mye fisk (vesentlig ørret) etter 5 år.

I **Teigdalselva (062.BZ)** i Hordaland, ble det bygget 4 løsmasseterskler i 1995. I Teigdalselva skjedde det en betydelig bestandsoppbygging av ungfisk av ørret i de to undersøkte terskelbassengene sammenlignet med tettheten før terskelbygging (korttidseffekt). Det finnes noen strekninger i den øvre delen, mellom Mestadvatnet og Kråkefoss, som er velegnet for framtidig terskeletablering, og elva har sannsynligvis et stort potensial for produksjon av ungfisk ved terskelbygging.

Terskler et godt hjelpemiddel for å bedre de estetiske og biologiske forholdene i sterkt regulerte elver. Dagens erfaringer tilsier at mange steder bør man vurdere mulighetene for elvebunnjusteringer istedenfor eller i kombinasjon med færre og lavere terskler.

I tillegg til at terskler skal bygges for å tåle påkjenningene fra store vannhastigheter, isganger, erosjon og massetransport, skal de planlegges og bygges slik at de blir en mest mulig naturlig del av elvelandskapet. Landskapsarkitektkompetanse må anvendes i tillegg til vassdragsteknikk og biologi.

For å bevare fiskebestandene i sterkt regulerte elver har tersklene i stor grad fungert etter hensikten, spesielt for ørret. Tersklene øker vanndekt areal og leveområdet for spesielt eldre ørret forutsatt tilstrekkelig vanndyp og forekomst av skjul (f.eks. steinbunn). Terskler kan imidlertid virke forsinkende på fiskens vandring. Foruten en konsentrert vannstrøm over terskelkrona er variasjoner i vannføring vanligvis den viktigste faktoren for å sikre fiskevandringen.

For å kunne opprettholde noe av artsmangfoldet knytta til rennende vann er det viktig at også formingen av strykstrekninger gis prioritet og at en tar vare på variasjonen i strykområder ved plassering og bygging av terskler.

Biotopjusterende og bunnstabiliserende tiltak i form av steinutlegging og bunnplastring, strømkonsentratorer og kulpgraving har gitt større variasjon i fiskehabitater og økt ungfisk-tettheten av laks- og ørret. Det er imidlertid liten erfaring med langtidsvirkninger av slike biotopjusterende tiltak i sterkt regulerte elver, og spesielt er det behov for mer kunnskap og metoder om hvordan slike tiltak skal formes og vedlikeholdes for å gi en positiv effekt også på lang sikt. Det anbefales at studier av sedimenttransport, sedimentering og økologiske effekter blir prioritert i fremtiden. En bør her benytte terskelområder hvor det foreligger gode studier fra tidligere. Slike studier vil trolig bli mer og mer aktuelle siden en kan forvente større og hyppigere flommer forbundet med klimaendringer.

1 Innledning

Bygging av terskler har vært en av de vanligste avbøtende tiltak i regulerte vassdrag med redusert vannføring, men har også vært benyttet som fiskeforsterkingstiltak og for å hindre erosjon og massetransport i uregulerte vassdrag. Mange av tersklene er bygget fra 1970-årene og helt til i dag, slik at det er stor variasjon i både alder og type terskler. Et landsomfattende forskningsprosjekt, Terskelprosjektet, ble startet i 1975. Hensikten var å øke kunnskapen om økologiske forhold i vassdrag med terskelbygging. For å gi alle de som arbeidet med planlegging og bygging av terskler et bedre faglig grunnlag, ble det i Kraft og miljø-serien fra NVE gitt ut et eget hefte om terskler, vassdrag og landskap (Hillestad 1982). Terskler og andre biotoptiltak ble også viet et kapittel i NVEs Vassdragshåndboka (Sæterbø mfl. 1998), hvor det er lagt vekt på biologiske, estetiske og vassdragstekniske sider ved forskjellig type terskler. Resultatene fra Terskelprosjektet ble oppsummert av Mellquist (1985). Biotop-justeringsprogrammet var en naturlig oppfølging av Terskelprosjektet, men hadde et noe bredere siktemål: ”å prøve ut nye tiltak som kan redusere skader og ulemper ved inngrep i vassdrag” (jf. Eie og Brittain 1990). Resultatene fra dette programmet ble oppsummert i Faugli et al. (1993) og i Eie et al. (1995). Fjellheim (1993) og Brittain et al. (1993) har gitt en grundig oppsummering om datidens kunnskap om effekten av terskler og steinsetting på bunndyr og fisk i regulerte vassdrag. NVE har også gjennomført FoU-programmet ”Etterundersøkelser”, hvor det foreligger rapporter som omhandler effekter av terskelbygging og tiltak i regulerte vassdrag (jf. Kroken & Faugli 1991, Haugum 1998). Noen prosjekter relatert til effekter av terskler og andre tiltak i regulerte vassdrag er videreført etter 1994 (jf. Fagerlund & Grundt 1997). I tillegg foreligger det en rekke enkeltstående publikasjoner fra disse programmene. En del undersøkelser i regulerte vassdrag med terskler og andre tiltak er også gjennomført de seinere årene, uten at resultatene er sammenfattet. Siden det finnes mye data fra vassdrag med terskler av ulik type og alder, er det mulig å vurdere både kort- og langtidsvirkninger av terskelbygging; både fysiske virkninger som slitasje, stabilitet og sedimentasjon og økologiske virkninger som effekter på bunndyr- og fiskebestander. Det er også opp gjennom årene utført landskapsestetiske og tekniske vurderinger ved plassering og utforming av terskler. Vi har derfor valgt å evaluere virkningen av terskler på disse forholdene i noen utvalgte vassdrag hvor det fantes gode bakgrunnsdata. Ved valg av terskelområder for denne evalueringen har vi lagt vekt på følgende:

1. Gode bakgrunnsdata fra minst ett av de aktuelle fagområdene (før/etter)
2. Terskler av ulik alder og type
3. Pågående eller nylig avslutta undersøkelser

På denne bakgrunn ble følgende vassdrag/terskelområder valgt:

Tevla (124.Z) og Dalåa (124.DZ) i Stjørdalsvassdraget i Meråker, Nord-Trøndelag
Nea (123.Z) i Sør-Trøndelag
Søya (111.7Z) i Møre og Romsdal
Litledalselva (109.5Z) i Møre og Romsdal
Teigdalselva (062.BZ) i Hordaland
Eksingedalselva (063.Z) i Hordaland
Modalsvassdraget (064.Z) i Hordaland
Matreelva (067.3Z) i Hordaland

Undersøkelsen har i hovedsak basert seg på eksisterende data innhenta både gjennom litteratursøk, henvendelser til aktuelle bedrifter, organisasjoner og enkeltpersoner, samt bruk av egne upubliserte data for å gi en "review" av tersklenes innvirkning på abiotiske og biotiske forhold. I tillegg har det vært utført befaringer med supplerende datainnsamling fra de valgte vassdragene i 2004.

2 Målsettinger og metoder

Målsettinger

Prosjektets målsetting har vært å evaluere virkningen av tersklene på bunndyr- og fiske-bestander, estetiske forhold, sedimentasjon og stabilitet i et utvalg vassdrag fra Midt- Norge og Vestlandet.

I denne målsettingen ligger en vurdering av om de målene som var stilt ved bygging og vedlikehold av tersklene har vært oppnådd, og videre gis anbefalinger med bakgrunn i framlagte data og erfaringer.

Videre har vi vurdert om massetransport i vassdragene har hatt betydning for funksjon og stabilitet til tersklene.

Framtidig vedlikehold av terskler skal gjennomføres slik at man ivaretar eller forbedrer de landskaps- og miljømessige forholdene ved en terskel samt sikrer stabile terskler. Erfaringene skal føre til at nye terskler blir planlagt og bygget slik at de landskaps- og miljømessige forholdene blir ivaretatt best mulig og at de vil kreve minst mulig vedlikehold.

Metoder

Når vi har vurdert den estetiske siden av tersklene er dette ut fra landskapsarkitektoniske betraktninger hvor vi har sett på plassering, utforming og materialbruk.

Den tekniske tilstanden av tersklene er visuelt vurdert, dvs om det har oppstått erosjonsskader som påvirker stabilitet, utseende, nivå på terskelbasseng, fiskeoppgang, etc. Det er ikke utført noen kontrollmålinger av terskelkronene.

Vi har gjort en visuell vurdering av massetransporten i elvene og hvordan tersklene har påvirket denne prosessen. Det er ikke utført kvantitative undersøkelser av massetransporten.

I evalueringen er det i første rekke tatt hensyn til de fiskebiologiske forholdene. Terskler er ofte etablert for å holde et vannspeil (landskapsestetisk) og sikre fiskebestander og et biologisk mangfold på berørte elvestrekninger. Tiltakene har også vært utformet med sikte på å utvikle eller påskynde etableringen av ønskede biotoper for å bedre leveforholdene for de artene man ønsket å begunstige, for eksempel ørret. Det har også vært fokus på at tersklene ble utformet slik at de ikke hindrer fiskens frie vandring i vassdraget. Vi har vurdert eksisterende litteratur og benytta de mest relevante data som kunne belyse kortids- og

langtidsvirkninger av terskelbygging for de valgte fagområdene. Først har vi foretatt en evaluering av tiltakene i de enkelte vassdragene (kapittel 3-9). Dernest har vi benyttet disse evalueringene for å sammenstille og vurdere virkninger som kan være generelle (kapittel 10-11).

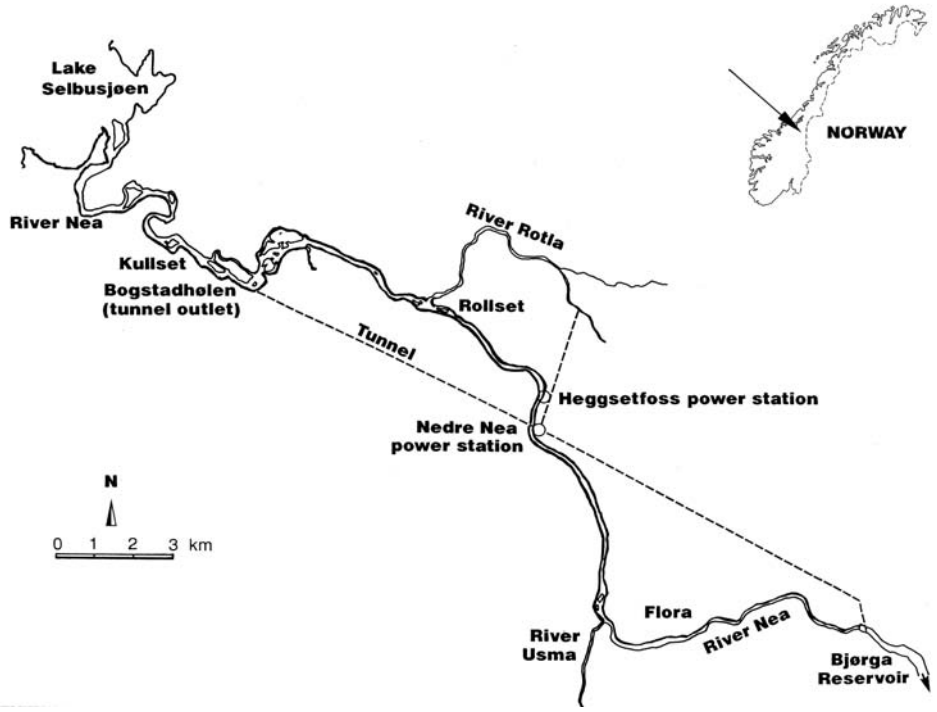
3 Evaluering av terskler i Nea, 123.Z

3.1 Vassdragsbeskrivelse

Beliggenhet	Selbu kommune i Sør-Trøndelag, kartblad: 1621.2, 1721.3
Nedbørfelt, hoh.	3100 km², 158-1500 moh. Aktuell del av Nea. 158-210 moh.
Vernebestemmelser	Ingen
Kraftutbygging	Fra 1944 til 1985, ca.1500 GWh fordelt på 13 kr.v.. Kraftverk som berører aktuell elvestrekning er: Nedalsfoss, Vessingfoss, Tya, Fossan, Nea, Gresslifoss, Heggsetfoss og Nedre Nea
Middelvannføring	Ved utløpet i Selbusjøen: 70 m³/s
Minstevannføringsbest.	1,5 m^3/s i perioden 1.5 til 1.10 målt ved Tuset bru
Andre typer inngrep	Vegbygging som berører elvekant (forbygging)
Utdypende kommentarer	Den regulerte elvestrekningen mellom Heggsetdammen og utløpet fra Nedre Nea kraftverk (Bogstadhølen) er ca. 25 km, og har fått sterkt redusert vannføring etter regulering. Elvesterkningen er preget av et jevnt, svakt fall hvor elva går i småstryk og mer stilleflytende partier i et bredt elveløp (Fig. 1).

3.2 Terskler og tiltak

Type terskler	Løsmasseterskler
Antall og byggeår	19 terskler bygget fra utløp Heggsetfoss kr.v. og ned til Bogstadhølen i perioden 1990 – 92, 18 terskler ble bygget mellom Hegset bru v/Flora og utløpet fra Heggsetfoss kr.v. i 1978-79. Av disse var det 3 terskler fra 1962, disse ble ombygd.
Største dyp terskelbasseng	Ca. 4 m
Andre tiltak	En del terskelbasseng ble gravd djupere
Strekning som omfattes av vurderingen	Nea fra Bogstadhølen og opp til Flora
Utdypende kommentarer	Tersklene er bygget av elvestein eller stein fra steinbrudd og steintipp (tunnelmasser). Det ble utarbeidet skisser av alle tersklene fra Heggsetfoss kraftverk og nedover med tanke på å tilpasse tiltakene til elvemiljøet hvor fisk og landskapsestetikk var sentralt. Mange av tersklene bygget i 1978-79 ble konstruert med bratte nedstrøms skråninger og med for små stein. Dette har medført store vedlikeholdsarbeider og ombygginger.



Figur 1. Skisse av nedre deler av Nea med kraftverk og tunneloverføringer. Det er bygd 18 terskler mellom Flora og Heggsetfoss kraftverk, og 19 terskler mellom Heggsetfoss og Bogstadhølen (ikke inntegnet).

3.3 Landskapsestetikk og fluviale prosesser

Tersklene i Nea mellom Flora og Bogstadhølen (utløpet fra Nedre Nea kraftverk) i Selbu ble befart den 29.7.2004. Hensikten var å vurdere om de tersklene TEV ble pålagt å bygge gir en ønskelig effekt for landskapsbildet og fisk i Nea hvor store deler av vannføringen er tatt bort.

3.3.1 Landskapsestetikk

Elveløpet karakteriseres av varierende, men jevnt over stor bredde med noen holmer, stilleflytende med en del korte og lange strykpartier. Lite vann i elva ga mye tørrlagt elvebunn og synlig stein. Tersklene bidrar til mer vanndekket areal og djupere partier i elveløpet.

<u>Oppsummering av registreringene</u>

Tersklene bygget i perioden 1990 – 92 er formet godt inn i elvelandskapet, se bilde 1 og 2. Dette gjelder hovedsakelig tersklene i Nea mellom Utløpet fra Heggsetfoss kraftverk og utløpet fra Nedre Nea kraftverk ved Bogstadhølen. Tersklene bygget rundt 1978-79 ble ikke underlagt den samme landskapsmessige formingen som de seinere bygde terskler. Mange av disse er reparert med grovere stein og gitt en slakere nedstrøms skråning.

Tersklene er bygget av et grovere steinmateriale enn det som er naturlig i elva. Tersklene gir også større fall på korte strekninger. Disse to forholdene fører til at de fleste av tersklene i

Nea ikke kan bli en helt naturlig del av elvemiljøet. For å gi tersklene en mjukere og avrundet tilslutning til elvesidene er det flere steder foreslått og gjennomført oppfylling med elvegrus/elvestein. På grunn av økt vannhastighet og slitasje av is er denne elvegrusen mange steder erodert vekk.

Bilde 1. Terskel 13a

Tersklene er bygget med et noe lavere parti i krona som samler de små vannføringene og gir positiv effekt for både fisken og landskapsbildet. Vannføringen blir synlig over en del av terskelen og forsvinner ikke ned mellom steinene, se bilde 2. Tersklene er formet sammen med øyer og grusører der dette var mulig.

3.3.2 Stabilitet

Selv på terskler der steinstørrelsen er tilpasset økt vannhastighet må man påregne vedlikehold. Mange av tersklene i Nea har vært gjennom omfattende reparasjoner (informasjon fra TEV v/Bjerkenås). Dette skyldes for bratte nedstrøms skråninger og anvendelse av for små stein og for svak sikring av terskelfoten. Det er ofte en kryssende interesse mellom å anvende elvestein eller stein fra brudd eller tunneldrift. Kantet stein låser seg bedre og gir erfaringsmessig mer stabile terskler. Elvestein (”rund” stein) er i Nea et landskapsestetisk bedre produkt, men kan gi terskler mer utsatt for skader. Dersom man bruker elvestein krever det en nøye plastring hvor steinene ”låses” av hverandre og en slakere nedstrøms skråning.

Bilde 2. Terskel 6a

Anvendelse av elvegrus/-stein for å forme deler av terskelen kan bare skje der vannhastighetene er lave.

3.3.3 Massetransport

Vår erfaring med Nea er at den har liten massetransport. I tillegg er vassdraget bortsett fra enkelte sidevassdrag, godt regulert. Dette gir mindre og sjeldnere flommer som normalt sørger for de største massetransportene.

Tersklene i Nea har så langt vi har observert ikke ført til noen problemer med tanke på massetransport.

3.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser

3.4.1 Utførte undersøkelser og tidsperioder, målsetting

Nea ble valgt som en av flere elver for ferskvannsbiologiske undersøkelser i Terskelprosjektet (1975-1980). Det ble utført bunndyrundersøkelser på strykstrekninger og fiskeundersøkelser (prøvefiske med garn og el-fiske) både i gamle terskelbassenger og på strykstrekninger (Langeland & Haukebø 1979, Langeland 1981a). Undersøkelsene ble fulgt opp i Biotop-justeringsprogrammet med undersøkelse av fiskebestandens utvikling og egenskaper på strykstrekninger og i terskelbassenger, og ørretens vandringer (Arnekleiv 1988). I forbindelse med byggingen av Nedre Nea kraftverk ble det utført både for- og etterundersøkelser som fokuserte på bunndyr og vannkvalitet, ørretens utvikling og egenskaper før og etter regulering og terskelbygging og vandringer (Langeland 1981b, Arnekleiv et al. 1991, 1997, Arnekleiv 1992, Bongard et al. 1994). Undersøkelsene ble gjort på oppdrag fra Trondheim E-verk. I 1992 og 1993 ble det utført vandringsstudier på stor ørret i Nea ved hjelp av radiotelemetri (Arnekleiv & Kraabøl 1994, Arnekleiv & Rønning 2004), og i 2003 og 2004 har det vært foretatt prøvefiske i terskelområdet.

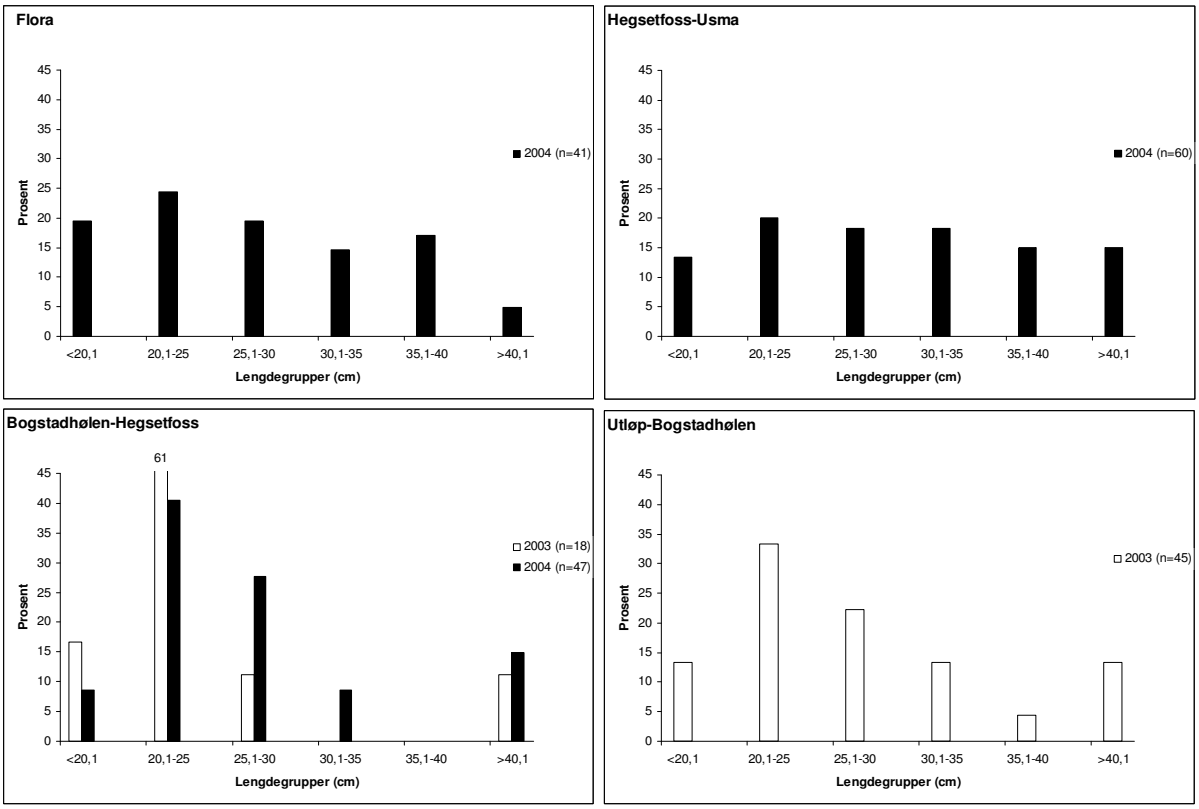
3.4.2 Bunndyr

På strykstrekninger som fikk redusert vannføring ble det registrert en endring i fauna-sammensetningen, med større andel arter som er knytta til stilleflytende vann, og en økt andel algespisere og arter som lever av å filtrere vann (samlere). Nedenfor kraftverksutløpet fra Nedre Nea kraftverk skjedde det en reduksjon i bunndyrmengdene og antall arter av døgnfluer og vårfluer (Arnekleiv et al. 1997).

I sideelva Rotla ble vannføringa redusert med 90 %, og det ble bygget to terskler. Elveleiet her er nesten tørrlagt i perioder, men kan være utsatt for kraftige, kortvarige flommer ved overløp på inntaket. I Rotla var det små endringer i tetthet etter regulering, men redusert vanndekt areal, og det skjedde markerte endringer i artsfordelingen av døgnfluer, steinfluer og vårfluer (Bongard et al. 1994). Andelen rovformer og påvekstspisere ble redusert til fordel for algespisere og filtrerere. Døgnfluefaunaen ble endret fra dominans av arten *Baetis rhodani* til dominans av arten *Heptagenia joernensis.* Endringene forklares med redusert vannhastighet både på grunn av reguleringa og terskelbygging, økt temperatur og økt algebegroing.

3.4.3 Fisk

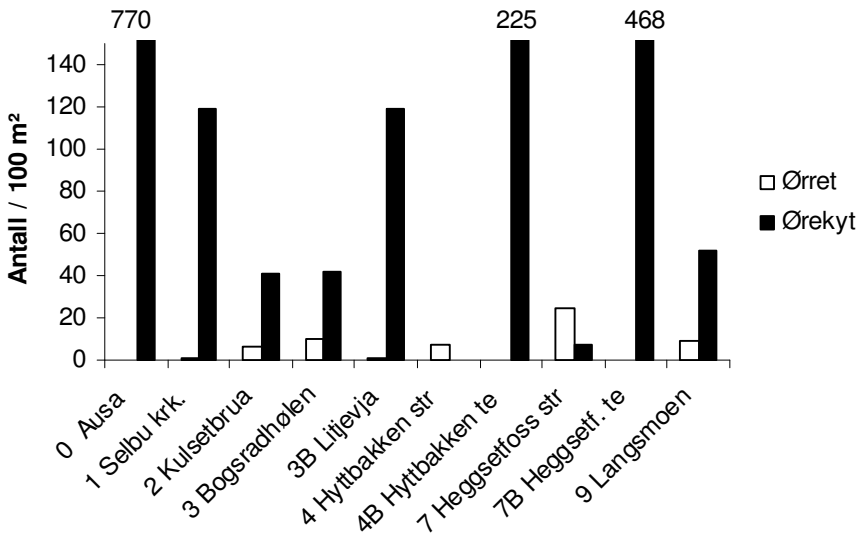
Resultatene fra prøvefiske med garn (1985-2004) i gamle terskler ved Flora, terskler mellom Usma og Heggsetfoss, og nyere terskler mellom Heggsetfoss og Bogstadhølen viser et fangstutbytte som har variert mellom 0,9 og 3 ørret pr. garnnatt. I tillegg tas noe lake (*Lota lota*). De fleste tersklene er relativt dype (>1,5m) og gir skjul og oppholdsplasser også for større fisk, og er blitt gode fiskeplasser. Ørretbestanden er karakterisert av god vekst, middels høy k-faktor og god spredning i lengdegrupper (fig. 2). Det var små forskjeller i ørret-bestandens egenskaper mellom de tre terskelområdene (gamle og nye terskler). Gjennom-snittsvekta hos ørret på garnserien har variert mye, noe som dels skyldes variasjon i andelen stor gytefisk fra Selbusjøen. Det tas hvert år ørret på 1-5 kg i Nea.



Figur 2. Lengdefordeling av ørret i garnfangster (Jensen-serien) i ulike områder i Nea i 2003 og 2004.

Telemetriundersøkelsen viste at det i Nea er en blanda bestand av stasjonær ørret og gytevandrende ørret fra Selbusjøen. Det meste av vandringen skjedde på økende vannføring, og ørretene passerte da 2- 30 terskler og en strekning på opp til 30 km før de nådde gyteplasser i terskelområdet. På lav vannføring virket både tunnellutløpet fra Nedre Nea kraftverk og terskler forsinkende på oppvandringen.

Både garnfiske og ungfiskundersøkelsen tyder på noe svak rekruttering hos ørret i terskelområdet. Dette kan ha sammenheng med den lave vintervannføringa og konkurranse fra ørekyt som har spredd seg nedover hele Nea i løpet av de siste 10 år, og etablert seg både i tersklene og på strykstrekningene (Fig. 3).



Figur 3. Tetthet (N/100 m²) av ørret og ørekyte i Nea, høsten 2003.

3.5 Diskusjon og evaluering

Neas brede elveløp med ei lita restvannføring ville uten terskler gitt mye tørrlagt elvebunn. Tersklene gir positiv effekt på landskapsbildet og på den biologiske situasjonen. Med dagens erfaringer kunne en del av tersklene vært erstattet med elvebunnjusteringer. Det ville ha gitt elva et noe mer naturlig preg. En kombinasjon av lavere terskler og elvebunnjusteringer anbefales. Terskler bygges som regel av grov stein fra steinbrudd eller utsortert fra elveløpet. Kantet sprengstein låser seg bedre i en terskel, men er et mer fremmedelement enn elvestein. Stor elvestein riktig lagt slik at de låser hverandre er best. Riktig plassering og utforming av tersklene må planlegges nøye. Terskel bygget sammen med øy i elveløpet kan gi positiv effekt.

Nea er sannsynligvis den viktigste rekrutteringselva for ørret til Selbusjøen, og etter siste regulering har ca. 80 % av elvestrekningen nedstrøms Hegsetdammen sterkt redusert vannføring. Bygging av totalt 37 terskler på strekningen har hatt en positiv virkning ved å skape oppholdsplasser for den stasjonære ørretbestanden, særlig på lave vannføringer. Bestanden er karakterisert av god vekst og kondisjon, og bra forekomst av også større fisk (> 30cm). Det er mer usikkert hvordan virkningen har vært for den storvokste, vandrende delen av bestanden. På lav vannføring synes oppvandringen å bli forsinket av tunnelutløpet og terskler, men den biologiske betydning av forsinket oppvandring er ukjent. Langtvandrende, storvokst ørret fra Selbusjøen er dessuten særlig utsatt for beskatning. Elva er omgjort fra å veksle mellom lange strykpartier og naturlige høler, til terskler som på mange strekninger avløser hverandre nesten uten strykstrekninger mellom. Dette har økt det vanndekte arealet på lav vannføring, men samtidig har utvalget og størrelsen av gyte- og oppvekstarealer på stryk-strekninger blitt redusert. Tersklene har i tillegg virket gunstig for spredning og etablering av ørekyte. Ørekyte ble første gang påvist på norsk side i vassdraget i 1974, og har siden spredd seg nedover hele vassdraget til lakseførende del i Nidelva hvor den ble påvist i 2003 (Koksvik 2004). Det er usikkert hvordan etableringen av ørekyte vil påvirke rekrutteringen av ørret, men den lave andelen rekrutter både på garnfiske og elfiske i 2003 og 2004 kan være påvirket av en kombinasjon av lav vintervannføring og konkurranse fra ørekyte.

Ved reparasjon og ombygging av tersklene i øvre del (Heggsetfoss-Flora) ble midtpartiet bygd noe lavere for å lette fiskevandringen. Også de nye tersklene mellom Heggsetfoss og Bogstadhølen har fått en slik utforming. Det foregår undersøkelser for å vurdere tiltak, bl.a om bestanden bør styrkes ved fiskeutsetting. Tidligere er det gitt anbefalinger om oppfølginger og tiltak, bl.a. å bevare gjenværende strykstrekninger og samle vannet for å lette oppvandring og skape gyteplasser. Tiltak som sikrer best mulig naturlig rekruttering og oppvekst bør prioriteres, men i dag foreligger sannsynligvis ingen tiltak som kan settes inn for å redusere konkurransen mellom ørekyte og ørretunger. Bygging av terskler ut fra landskapsmessige hensyn kan enkelte ganger komme i konflikt med krav til opprettholdelse av biologisk mangfold og fisk. Ut fra fiskebiologiske vurderinger ville vi i dag ha anbefalt noe færre terskler til fordel for andre biotopjusteringer som kulpgraving og elvekorrigeringer.

3.6 Konklusjon og anbefalinger

- Tersklene i den sterkt regulerte Nea gir en positiv effekt på landskapsbildet og de biologiske forholdene i elva.
- Med dagens erfaringer kunne noen terskler helt eller delvis vært erstattet av bunnjusteringer kombinert med lave terskler da dette hadde redusert tilførselen av grov stein i et elvemiljø bestående for det meste av grus.
- Redusert vannføring og terskelbygging har medført endringer i bunnfaunaens sammensetning i Nea og Rotla.
- Nea er viktig gyte- og oppvekselv for ørret i Selbusjøen. Bygging av totalt 37 terskler i Nea har gitt økt vanndekt areal og bidratt til å sikre den stasjonære ørretbestanden. Ørretbestanden er karakterisert ved god vekst og kondisjon, og bra forekomst av også større fisk (> 30cm) i både gamle og nyere terskler.
- Utviklingen for den vandrende delen av ørretbestanden er mer usikker. Tunellutløp fra Nedre Nea kraftverk og terskler medfører forsinkelser i oppvandring på lav vannføring.
- Tersklene har bidratt til spredning og etablering av ørekyte i hele Nea i løpet av de siste 10 år.
- Noe lav rekruttering av ørret i 2003/2004 kan skyldes en kombinasjon av mindre arealer med stryksterkninger egnet for gyting og oppvekst, lav vintervannføring og konkurranse fra ørekyte.
- Det er i egen rapport gitt anbefalinger om bl.a å samle vann på strykstrekninger, grave dypområder i grunne terskelbassenger og opprettholde høyest mulig vannføring i gytevandringstida for ørret.

4 Evaluering av terskler i Tevla og Dalåa i Stjørdalsvassdraget, 124.Z

4.1 Vassdragsbeskrivelse

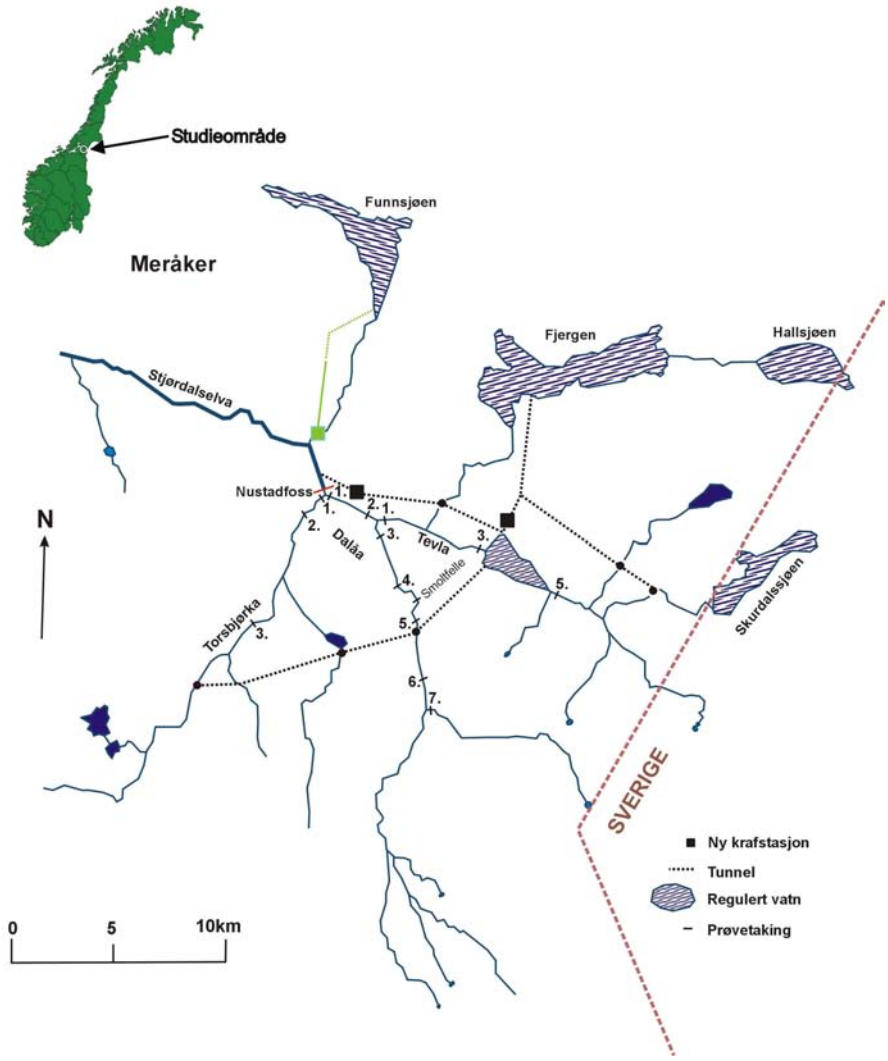
Beliggenhet	Meråker kommune i Nord-Trøndelag
Nedbørfelt, hoh.	480 km^2, 200 – 1100 moh.
Vernebestemmelser	Stjørdalsvassdraget er Nasjonalt laksevassdrag
Kraftutbygging	Meråker kraftverk og Tevla pumpekraftverk ferdigbygget 1994, 550 GWh. Fjergen er hovedmagasinet. Vann fra Torsbjørka, Dalåa, Tevla kan pumpes dit for lagring eller kjøres rett inn på tilløpstunnel til Meråker kr.v. som har utløp i Stjørdalselva
Middelvannføring	Ved målestasjon Tangfoss nedenfor samløp Tevla og Dalåa: 21,5 m^3/s (uregulert)
Minstevannføringsbest.	NVEs innstilling til OED: Dalåa: 0,5 m^3/s (1.10.-14.5.), 0,8 m^3/s (15.5.-30.9.). Tevla: 0,2 m^3/s nedenfor Tevlamagasinet
Utdypende kommentarer	Elva veksler mellom kulper og stryk, dels i fast fjell, dels i morene. Ved sammenløp Tevla har Dalåa etter utbygging bare et restfelt på 13 % i forhold til uregulert. Dalåa drenerer også et skogs- og myrlandskap, og veksler mellom stryk og fosser i et storsteinet løp og roligere partier med mindre stein og dels fin grus ved Øyvollen og Nesheim.

4.2. Terskler og tiltak

Type terskler	Stein-/løsmasseterskler, betong- og treterskler
Antall og byggeår	25 terskler i Tevla, 6 terskler i Dalåa. Bygget i 1995 – 97
Andre tiltak	Utlegging av grovt substrat i Dalåa, Noe kulpgraving og bunnjusteringer i Tevla og Dalåa
Strekning som omfattes av vurderingen	Tevla fra Te 8 (v/Torvmovollen) til Tevlamagasinet. Dalåa fra Storuddu til Nesheim (mellom st.2 og 4, figur 4).

Forut for etableringen av avbøtende tiltak i de regulerte elvene har det vært en omfattende prosess styrt av ei arbeidsgruppe med deltakere fra grunneiere, kommunen, NTNU-Vitenskapsmuseet/LFI, NTE, DN og NVE. Det har vært avholdt informasjonsmøter og en rekke befaringer. Pålegg om bygging av terskler, m.m. er gitt i felles brev fra DN og NVE.

Tersklene og de øvrige tiltak skal bedre forholdene i de regulerte elvene med tanke på landskapsbildet, friluftsliv og det biologiske mangfoldet inkludert forholdene for fisk. I Dalåa prioriteres tiltak som styrker produksjonen av laksesmolt med bakgrunn i utsetting av ensomrig settefisk.



Figur 4. Skisse av kraftutbyggingen i Meråker (1993) i Stjørdalsvassdraget. Terskelevalueringen omfatter sideelvene Tevla og Dalåa.

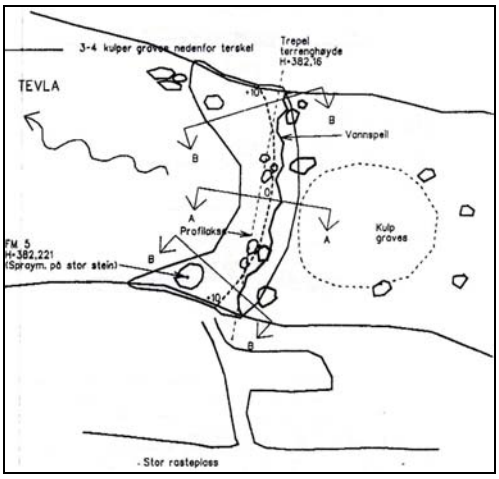
4.3. Landskapsestetikk og fluviale prosesser

Tiltakene i de berørte elvestrekningene er vurdert flere ganger og seinest ved en befaring den 20.8.2004. Det ble da vurdert landskapsestetiske tilstand og skader på tiltakene. Erosjon og massetransport i Tevla er beskjeden og er ikke undersøkt spesielt.

4.3.1 Landskapsestetikk

Tersklene av stein og andre løsmasser er bygget etter tegninger/skisser der det ble lagt stor vekt på landskapsmessige tilpasninger, se bilde 3 og 4. I tillegg ble maskinkjøreren nøye fulgt opp i starten slik at han fikk en god forståelse av hvordan tiltakene skulle formes. Dette fungerte bra. De fleste av stein/løsmassetersklene har en landskapsmessig god form.

Bilde 3. Terskel 8b



Bilde 4. Terskelskisse

Tersklene i Tevla er forsøkt plassert på naturlige steder i elva hvor det er endring av fallforhold, utløp av loner, etc. Dette gjør det enklere å tilpasse tiltakene til elvelandskapet. Terskler bygget av betong eller trematerialer er stive i konstruksjonen og lite tilpasset terrengformer i elveløpet. Dette har vært akseptert og løsningene ble godkjent. I dag vil det mange steder være aktuelt med landskapsestetiske tilpasninger også av betongterskler, se bilde 5 og 6.

Tiltakene som ble kontrollert i Dalåa er prøvetiltak. Hensikten var å prøve ut metoder for å bedre oppvekstforholdene for laksunger ved små vannføringer. Det er lagt ut grovt bunnsubstrat og snevret inn elveløpet. I tillegg er det bygget noen terskler av stein/løsmasser og en av betong. Landskapsmessig sett er justeringene av bunnsubstrat og elvebunn små tiltak som enkelt kan tilpasses elvelandskapet.

Bilde 5. Betongterskel i Tevla.

Strømkonsentratorer (buhner) og grovt bunn-substrat gir imidlertid kontraster i forhold til elvebunn bestående av grus med mindre kornstørrelse. I elver med massetransport vil dette jevne seg ut med tida slik det har blitt i Dalåa.

I et bredt elveløp hvor man samler restvannet i et mindre løp blir deler av elvebunnen liggende tørr store deler av året. Disse partiene gror igjen da flom, is og erosjon blir en sjeldenhet. Dette skaper problemer den dagen flommen kommer og gjør at man må drive et aktivt vedlikehold av tørrlagte elveløp.

Bilde 6. Betongterskel med innstøpt stein.

Betongterskelen ved Øydammen må på grunn av beliggenhet, materialbruk og størrelse bli godt synlig og stå i kontrast til omgivelsene. Her var det tidligere en fløtningsdam av tømmerkister. Dagens betongterskel ville vært litt mer anonym ved bruk av mørk betong.

4.3.2 Stabilitet

Det er ofte en kryssende interesse mellom å anvende elvestein eller stein fra brudd eller tunneldrift. Kantet stein låser seg bedre og gir erfaringsmessig mer stabile terskler. Elvestein (”rund” stein) er i de fleste elver et landskapsestetisk bedre produkt, men kan gi terskler mer utsatt for skader. Dersom man bruker elvestein krever det en nøye plastring hvor steinene ”låses” av hverandre og hvor nedstrøms skråning må nøye tilpasses steinstørrelsen. De fleste tersklene er pålagt med en definert høgde på krona. Steiner som flytter på seg trenger ikke være noe estetisk problem, men kan påvirke den vannstanden terskelen er bygget for å ivareta. Gjennom et tilsynsprogram må derfor vannstandene i terskelbassengene kontrollmåles ved lave vannføringer.

På terskelsteder med løsmasser i elvesidene er det utført en enkel erosjonssikring for å hindre at økt vannhastighet medfører erosjon. Dette synes å ha fungert bra ved tersklene i Tevla og Dalåa. Det ble ikke registrert vesentlige skader på tersklene i disse elvene.

4.3.3 Massetransport

Det er ikke utført inngående studier av de fluviale prosessene i Tevla og Dalåa. Ei elv har massetransport i større eller mindre grad. Størst vil denne være i forbindelse med flom og isganger. Terskelbassengene vil fungere som sedimentfeller. Våre observasjoner fra Tevla og Dalåa er at det er liten tilførsel av masser og dermed også liten transport av masser nedover i hovedelva. Man må forvente noe behov for ettersyn og ”tømming” av terskelbassengene for finere sedimenter. Prøvefeltene med utlegging av grovt substrat i Dalåa viser en viss nedøring, se bilde 7. Det ble observert en del fin grus og sand i de øverste steinsettingsfeltene i 1999 og 2004 (jf. Fiskeundersøkelsene). Man må derfor mange steder forvente et behov for periodisk vedlikehold/opprensking av disse feltene.

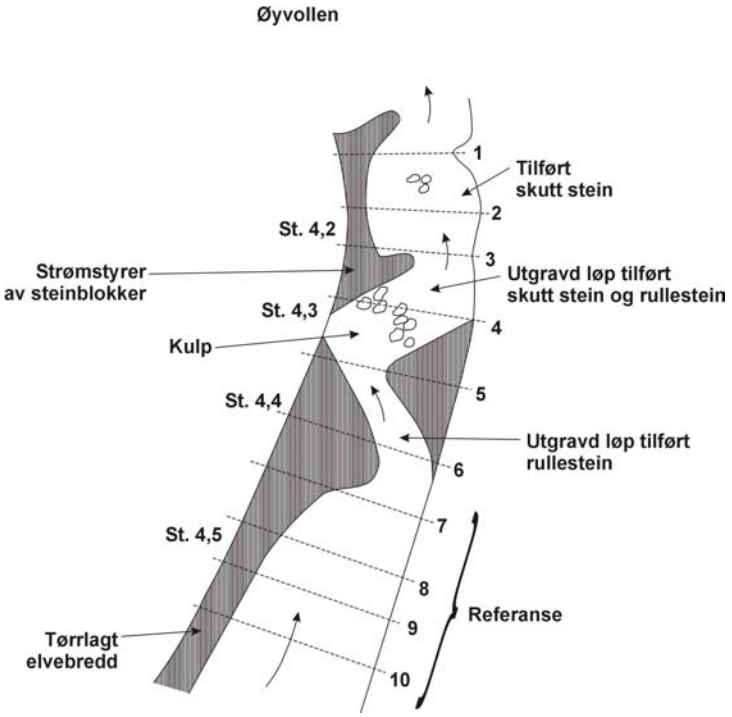
Bilde 7. Bunnsubstrat i Dalåa

4.4 Ferskvannsbiologiske forhold

4.4.1 Utførte undersøkelser og tidsperioder, målsetting

I både Tevla og Dalåa er det utført bunndyrundersøkelser og fiskeundersøkelser både før og etter regulering, blant annet for å måle effekten av reguleringen, effekten av ulike kompenserende tiltak og minstevannføring (Arnekleiv et al. 2002). Prøvefiske med garn ble benytta i noen få terskelbassenger og naturlige kulper i Tevla og Dalåa. Det ble benyttet standard bunngarnserier (Jensen-serie, 21-45 mm), men i noen tilfeller ble det bare satt et utvalg småmaska garn (12,5-26 mm) for innsamling av fisk til bl.a analyse av næringsvalg (Dalåa). I Tevla ble det foretatt prøvefiske med garn før regulering (Arnekleiv 1985, 1986) og i noen av terskeldammene i samme området oppstrøms Tevlamagasinet etter regulering (Arnekleiv et al. 2002, upubliserte data), foruten at ørretbestanden både i Tevlamagasinet og i den restaurerte fløtningsdammen Skurdalsvoldammen er undersøkt flere år etter at reguleringen ble iverksatt (Brodtkorb et al. 1995, upubliserte data).

I Dalåa ble det utført forsøk med biotopjusteringer for å ivareta en lakseproduksjon på små vannføringer (minstevannføring) basert på utsetting av ensomrig settefisk av laks av Stjørdalselv stamme. Utformingen av tiltakene ble først modellert i Fysisk beskrivende vassdragsmodell (Vassdragssimulatoren) for å lage et best mulig habitat for laks (Harby & Arnekleiv 1994). Det ble hvert år satt ut lik tetthet av settefisk på forsøksområder og referanseområder.Tetthet av laksunger, forflytning og overlevelse ble undersøkt på forsøksområder med bunnjusteringer, steinutlegging, kulpgraving og terskler og på referansefelter hvor det ikke ble utført tiltak i perioden 1994-1999 **(figur 5)**(Arnekleiv et al. 2002). De samme feltene ble undersøkt igjen høsten 2004 og våren 2005 i regi av dette prosjektet.



Figur 5. Skisse av tiltak utført på ett av prøvefeltene i Dalåa.

Siden det var liten kunnskap om hvorvidt og hvordan laksesmolt ville vandre ut av ei regulert elv med så liten vannføring og en terskeldam, ble det bygd ei smoltfelle i terskelen ved Øydammen (se bilde 8) og smoltutvandringen er undersøkt årlig i perioden 1995-2005 (Arnekleiv et al. 2002, Arnekleiv & Rønning 2005). I tillegg ble det utført bunndyrundersøkelser på tiltaks- og referansefelter i Dalåa både før og etter regulering (Arnekleiv et al. 2002).

Bilde 8. Smoltfella i betongterskelen i Dalåa

4.4.2 Fiskeundersøkelser

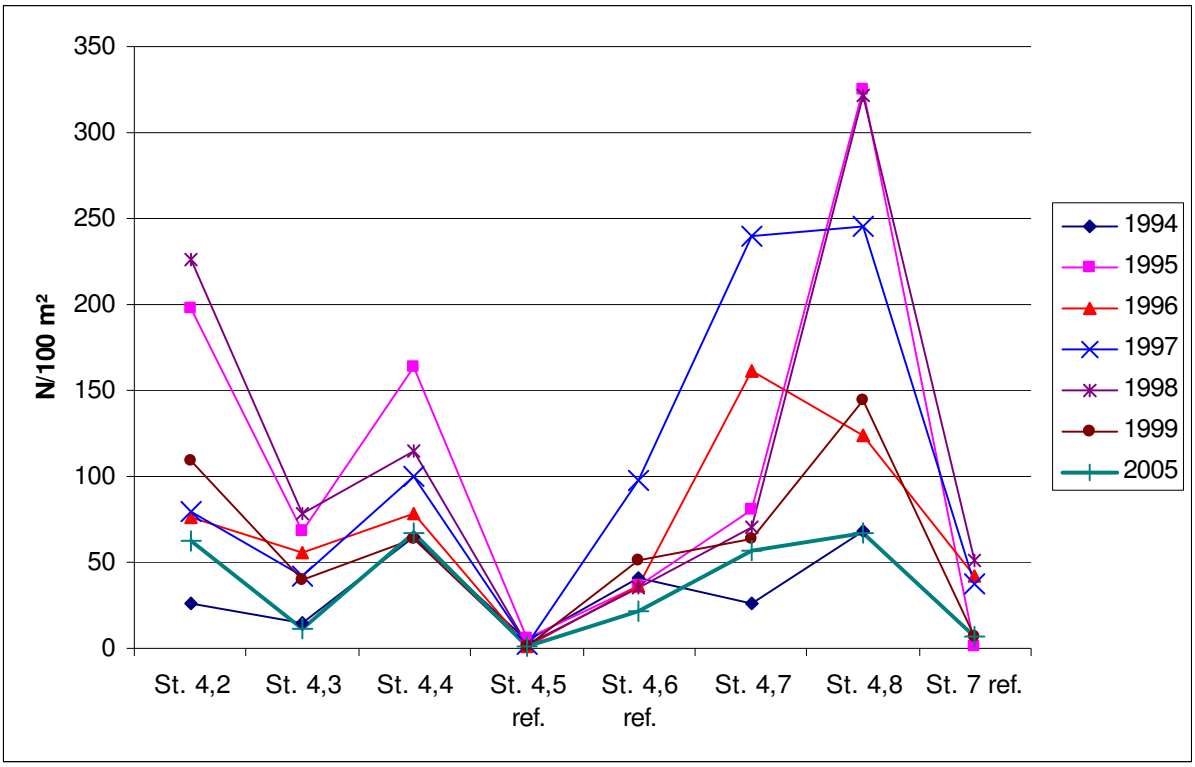
Prøvefisket i Tevla elv i 1984 og 1993 (før regulering) ga et utbytte på henholdsvis 151 og 111 gram ørret pr. garnnatt og med gjennomsnittsvekt på henholdsvis 129 g og 78 g. Det var stasjonær elvefisk med dårlig til middels kondisjon, relativt dårlig vekst og hvit kjøttfarge. Utbytte på de samme maskevidder fra terskeldammer i samme elveavsnitt i Tevla i juni og august 1999 (etter regulering) var vesentlig høyere, 320-614 gram pr. garnnatt. Fisken var feitere, men lengdefordelingen var omtrent den samme som før terskelbygging (Arnekleiv et al. 2002).

Tettheten av laksunger på tiltaksfelter (steinsetting, bunnjustering og kulp) og referansefelter ble undersøkt med tre omgangers elfiske to til fire uker etter utsetting på høsten (oktober), og rett etter isløsning i april/mai. Som et mål på fordeling av laks på feltene velger vi å presentere data fra våren. Da har den utsatte laksen hatt tid til å fordele seg på feltene, etablere territorier og vært utsatt for vinterdødelighet. Resultatene er vist i figur 5. Tiltaksfeltene hadde signifikant høyere tetthet enn referansefeltene (Mann-Whitney, $p < 0{,}000$) gjennom hele forsøksperioden 1994 – 1999 (Arnekleiv et al. 2002). I 2005 var tetthetene av laksunger fortsatt størst på tiltaksfeltene, men forskjellen mellom referanseområder og tiltaksfelter var mindre enn tidligere (**figur 6**). Resultatene viser også en reduksjon i tettheten av laksunger fra 1998 til 1999 og videre til 2005 på samtlige tiltaksfelter, til tross for utsetting av samme, eller noe større mengder settefisk de seinere årene. Det ble funnet lite laksunger i strandsona i en terskeldam, men gode tettheter på strykområder og terskelkrona. Dykkerobservasjoner og merkeforsøk indikerte at laksungene beveget seg lite fra de steinsatte strykpartiene selv på høst og vinter, mens ørreten i hovedsak oppholdt seg i dammene (Arnekleiv et al. 2002, Linnansaari et al. 2005). Både i en naturlig elvehøl og terskeldam hvor det ble satt ut laksunger, var det stor predasjon fra ørreten på utsatt fisk, men dette avtok med tiden fra fiskeutsetting, sannsynligvis som en atferdsmessig tilpasning hos settefisken (Arnekleiv et al. 2002).

Laksesmolt produsert fra settefisk vandret ut fra terskeldammen i Dalåa om våren, men utvandringen skjedde seinere på våren enn for villsmolten, også om en sammenlignet utvandringen lenger ned i vassdraget. Mens utvandringen av villsmolt hovedsakelig var styrt av økning i vannføring, ble det ikke funnet noen sammenheng mellom miljøvariabler og utvandring av smolten i Dalåa. Settefisksmolten hadde imidlertid utviklet sjøtoleranse på samme tid som villsmolten (Arnekleiv et al. 2000, Arnekleiv 2005).

I terskeldammen Øydammen, ble det også lagt ut en røys med grov stein midt i dammen. Både garnfiske og elfiske viste at både stasjonær ørret og større laksunger hadde høy tetthet i området (Arnekleiv et al. 2002). Sannsynligvis har steinsettinga skapt ekstra med skjulplasser for fisk i dammen, og må ses på som et vellykket tiltak.

Resultatene viser at en gjennom å optimalisere forholdene for oppvekst av laksunger gjennom biotopjusterende tiltak, kan mangedoble elvas bæreevne for fisk på lave vannføringer (minstevannføring), men at langtidsvirkningen er mer usikker.



Figur 6. Tetthet (antall pr.100 m²) av laksunger i april/mai på forsøksfelter med utlagt stein og bunnjustering og referansefelter uten tiltak (ref.) i Dalåa 1994-1999 og 2005.

4.4.3 Bunndyrundersøkelser

I Tevla ble strykpartiet hvor det ble tatt bunndyrprøver før og etter regulering (st. 5) liggende i innløpet til en terskeldam. Den tydeligste endringen i bunnfaunaen var en økt andel av fjær-mygg og døgnfluearter som vanligvis foretrekker stillestående vann og mudderbunn (Siphlonuridae, *Centroptilum luteolum* og den store gravende arten *Ephemera danica).* Endringene er forenlig med en mer stilleflytende elv, bl.a påvirket av terskelbygging og redusert vannføring og vannhastighet.

I Dalåa ble det gjennomført bunndyrundersøkelser med både kvalitative og kvantitaive metoder før og etter regulering, og på forsøksfelter med biotopjusterende tiltak og referansefelter med bare minstevannføring. Resultatene viser at det skjedde en økning i bunndyrtetthetene etter regulering, men vanndekt areal ble redusert. Faunasammensetningen endret seg, med økning i tettheten av dyr med liten kroppsstørrelse, som fjærmygg og små

steinfluearter. I tillegg ble forekomsten av større rovinsekter innen stein- og vårfluer redusert. Det var også en tydelig økning av arter knyttet til sakteflytende vann. Disse endringene var klart mye større om en sammenlignet perioden før og etter utbygging enn ved sammenligning av periodene med ulike minstevannføringsregimer etter regulering. På strykstrekningene med bunnjustering (steinutlegging mv.) skjedde en rask kolonisering av bunndyr, og i løpet av året etter at tiltakene var gjennomført, ble det funnet små forskjeller i faunasammensetning og artsantall mellom forsøksfelter med tiltak og referansefeltene. Rask rekolonisering og relativt likt artsutvalg mellom forsøksfeltene har trolig sammenheng med kontinuerlig driv av bunndyr fra ovenforliggende områder, samt at områdene ligger svært nær hverandre (Arnekleiv et al. 2002, Øiangen 2004). Faunautviklingen i de etablerte tersklene ble derimot ikke undersøkt. Det ser ikke ut til at steinsettingen og bunnjusteringene har hatt noen stor innvirkning på bunnfaunaen. Effekten av reguleringa, spesielt gjennom nedsatt vannføring og vannhastighet ser derimot ut til å ha skapt endringer i faunasammensetningen både på manipulerte og umanipulerte områder.

4.5 Diskusjon og evaluering, Tevla og Dalåa

Tevla og Dalåa varierer mellom rolige partier, stryk og småfosser. Dette fører til at mange av terskelstedene peker seg naturlig ut . Terskler ved stryk, fossenakker eller utløp fra loner gir lettere landskapsmessig gode løsninger. Noen terskler er bygget av treplanker og betong (hvor det er rent fjell på terskelstedet). Disse er blitt mer fremmedartet i elvelandskapet og kan bli ei fiskesperre. Ved å bruke mørk betong i kombinasjon med innstøpt stein og forme tersklene bedre, kan løsningene bli mer akseptable. Løsmassetersklene er stort sett bygget av stein fra elveløpet og har gitt estetisk gode og stabile løsninger. Tersklene er formet i henhold til utarbeidete skisser og bygget av dyktige maskinkjørere. Det er beskjeden massetransport i Tevla og Dalåa, men kraftig nedbør, isgang, etc kan utløse erosjon og massetransport i elvene eller sidebekkene. På lengre sikt kan det føre til et behov for vedlikehold av terskelbassengene.

Både som følge av reguleringseffekter med redusert vannføring og vannhastighet, og terskelbygging, har bunnfaunaen endret seg lokalt i Tevla, med større innslag av grupper og arter som er typisk for lokaliteter med stillestående vann. En slik utvikling er også registrert i flere andre regulerte elver hvor det er bygd terskler, og spesielt i terskeldammene skjer det en suksesjon i bunndyrsamfunnet over tid (jf. Fjellheim 1993). Selv om en regner med noe dårligere fangsteffektivitet på garn satt i elva før regulering sammenlignet med i terskeldammene samme sted etter regulering, tyder fangstutbyttet på at ørretbestanden lokalt er større 3-5 år etter regulering og bygging av terskler i Tevla. Fisken er også blitt noe feitere, men størrelsesfordelingen er omtrent den samme. Dette resultatet er i samsvar med en rekke andre undersøkelser som viser at bygging av terskler i regulerte elver med minstevannføring eller liten restvannføring bidrar til å opprettholde en god, stasjonær ørretbestand. Det er imidlertid viktig at tersklene har stort nok vanndyp, bra med skjulplasser og innløpselv/ sideelver som kan fungere som gyteområde (se bl.a Fjellheim 1993, Eie et al. 1995, Arnekleiv 1988). I tillegg må det ikke være betydelig massetransport som over tid fyller terskeldammene og gir dårligere skjul for fisk. Terskeldammene som ble prøvefisket i Tevla var forholdsvis dype med en del spredt stor stein, og ble vurdert som gode ørrethabitater. Det finnes områder og terskler i Tevla som ikke er undersøkt, men som er vurdert som mindre gunstige mht. vanndyp og rekrutteringsmuligheter, men dette var også tilfelle før regulering og terskelbygging. Korttidseffekten av terskelbyggingen i Tevla vurderes som positiv for den stasjonære ørretbestanden.

I Dalåa ble det fokusert mest på tiltak på strykstrekninger i form av steinutlegging, bunnjusteringer for å samle vann og kulpgraving/kombinasjon med mindre terskler. Hensikten var å optimalisere produksjonen av laksesmolt basert på yngelutsetting ved lave vannføringer (minstevannføring). Resultatene viste en mangedobling av ungfisktetthetene på slike tiltaksfelter sammenlignet med elvepartier uten tiltak i en periode på seks år. Undersøkelsene viste at substrat er en nøkkelfaktor i forhold til gode habitatforhold for laksunger i Dalåa. Sedimentasjon medførte et fint substrat i en oppgravd kulp, noe som sannsynligvis var årsaken til relativt lave tettheter her selv om dybde- og hastighetshabitatet var bra (Arnekleiv et al. 2002). Resultatene fra 1999 og 2005 viser imidlertid at selv i en så sterkt regulert elv (ca. 80 % vannføringsreduksjon) med liten massetransport, foregår en gjenøring av slike tiltak, noe som reduserer effekten over tid. Det er imidlertid svært liten erfaring i hvordan slike tiltak skal vedlikeholdes.

Smolten utviklet sjøvannstoleranse, men vandret ut seinere sammenlignet med villsmolten, noe som kan skyldes den konstante, lave vannføringa. Forsinka, og spredt smoltutvandring kan gi en økt smoltdødelighet. Der det er mulighet for å slippe lokkeflommer, kan det være et positivt tiltak som bør prøves. På strykstrekninger med skjul var det lite vandring av laksunger til kulp/terskeldam for vinteropphold. Også undersøkelser i andre elver, bl.a Skjoma viser at det i terskelområdene skjedde en segregering mellom laks og ørret. Ørreten dominerte i terskelbassengene mens laksen hadde høyest tetthet på strykstrekningene (Heggberget 1982, 1991).

4.6 Konklusjon og anbefalinger

- Tersklene og øvrige avbøtende tiltak er planlagt og bygget i ”nyere tid” hvor det ble lagt stor vekt på landskapsestetisk og biologisk gode løsninger. Dette er i stor grad oppnådd ved tiltakene i Tevla og Dalåa.
- Tersklene av betong og treplank kan forbedres mtp. estetikk og fiskevandring ut i fra hva vi vet i dag.
- Hittil er tersklene og terskelbassengene lite skadet av erosjon og massetransport.
- Korttidseffekten av terskelbyggingen i Tevla vurderes som positiv for den stasjonære ørretbestanden. 3-5 år etter regulering ble det registrert økt utbytte av noe feitere fisk med om lag samme størrelsesfordeling som før regulering.
- Det vurderes som viktig at tersklene har stort nok vanndyp, bra med skjulplasser og innløpselv/sideelver som kan fungere som gyteområde.
- Steinsetting og bunnjustering i strykpartier ga en mangedobling av ungfisktetthetene av utsatte laksyngel sammenlignet med elvepartier uten tiltak i en periode på seks år. Dette skyldtes i hovedsak økt tilgang på skjul (hulrom mellom stein).
- Tiltakene var utsatt for gjenøring over tid, og det kreves periodisk vedlikehold for å opprettholde en langsiktig positiv effekt. Det trengs erfaring og metoder for hvordan slike tiltak skal vedlikeholdes.
- Ørreten holdt seg mest i terskelbassengene, og tiltak som skal stimulere lakseproduksjon bør i størst mulig grad sikre strykpartier med mye skjul.
- For å sikre utvandring av laksesmolt til riktig tid fra elver med minstevannsføring og/eller terskler, anbefales det gjort forsøk med lokkeflommer.
- Faunasammensetning og artsmangfold ble betydelig endret av redusert vannføring og terskler, mens steinsetting og bunnjusteringer på strykpartier ga mindre endringer i bunnfaunaen.

5 Evaluering av terskler i Søya, 111.7Z

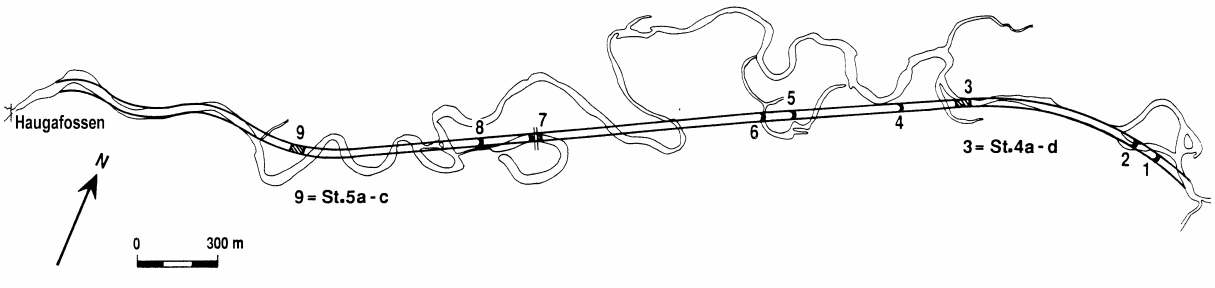
5.1 Vassdragsbeskrivelse

Beliggenhet	Surnadal kommune, Møre og Romsdal (kart: 1420.4)
Nedbørfelt, hoh.	154 km^2, 0 – 1400 moh.
Vernebestemmelser	Verneplan for vassdrag, objektnr.111/3. Varig vernet fra 1973
Kraftutbygging	Nei
Middelvannføring	8,4 m^3/s
Andre typer inngrep	Ca. 5 km av Søya ble kanalisert for jordbruksformål i 1985-88
Utdypende kommentarer	På grunn av høytliggende nedbørfelt, få innsjøer og periodevis mye nedbør, varierer vannføringa i Søya sterkt, også innen korte tidsrom. Elva er laks- og sjøørretførende i ca. 17 km. Ved Haugen, ca. 5 km ovafor utløpsosen, ligger Haugafossen. De beste fiskeplassene ligger nedenfor fossen. På den nedre strekninger veksler elva mellom kulper og stryk med variabelt substrat. Ovenfor Haugafossen var elva sterkt meandrernde i en ca. 7 km lang strekning opp til Kvendbøbrua, men er nå en rett kanal (jf. pkt. 5.2). Ovenfor Kvendbøbrua går elva mest i strie stryk. Elvebunnen er ustabil og består av rund elvestein med varierende størrelse. Elvebunnen er delvis dekt av mose nedenfor Haugafossen, mens det er lite vegetasjon ovenfor fossen.

5.2 Terskler og tiltak

Type terskler	7 syvdeterskler , 2 bunnterskler, 1 sikring under bru
Byggeår	1986-87
Største dyp terskelbasseng	Ca. 5 m
Andre tiltak	Lagt ut steinblokker
Strekning som omfattes av vurderingen	Søya fra Haugafossen og opp til Kvendøla (ca. 5 km)

Kanaliseringen av Søya med senking av Haugafossen for å innvinne jordbruksarealer ble startet planlagt på 1930-tallet. I 1985-88 ble Søya kanalisert etter reviderte planer. En svingete, meandrerende og artsrik elvestrekning ble erstattet av en nesten rett kanal til fordel for jordbruket. Elva ble nesten 3 km kortere (**figur 7**). Øvre halvdel av kanalsonen har et jevnt stryk, mens elva blir mer stilleflytende i partiet ned mot Haugafossen. Etter massetransport og omlagringer er det i kanalsonen utviklet en substratgradient med rund elvestein øverst og gradvis overgang til mindre stein og grus nedover, og til slutt sand og finsand nederst i kanalsonen mot Haugafossen. For å stabilisere elvebunnen og for å bedre forholdene for fisk ble det bygget sju syvdeterskler, to 30-40 meter lange bunnplastringer av sprengstein og ei steinplastring av elvebunnen under bru. Bunnplastringene skulle gi gode oppvekstplasser for småfisk. Det ble også lagt ut en del steinblokker for å skape skjulplasser for fisken.



Figur 7. Skisse av Søyas elveløp før og etter kanalisering med angivelse av terskelplassering (1-9) og stasjoner for biologiske prøver på bunntersklene (steinsettingene).

5.3 Landskapsestetikk, stabilitet og fluviale prosesser

De biotopjusterende tiltakene i Søya ble befart den 28.7.04 og 5.10.04. Hensikten var å vurdere om tersklene ga en landskapsestetisk positiv effekt for det totale inntrykket av den kanaliserte elvestrekningen (avstandseffekt), og om den enkelte terskel hadde en landskapsmessig god form og plassering (nærhetseffekt).

5.3.1 Landskapsestetikk

Avstandseffekt
Kanaliseringen av Søya har gitt et elveløp med meget streng form, bilde 9. De plastrete elvesidene er parallelle og har jevn helling bortsett fra et parti hvor den ene siden er terrassert. Elvebunnen ble formet flat uten djupål eller andre variasjoner. Elvebunnen har lite fall mellom tersklene (fra 0,3 promille nederst til 2,5 promille øverst). Tersklene og de øvrige tiltakene i elveløpet påvirker i liten grad det landskapsmessige inntrykket av en menneske-skapt kanal.

Nærhetseffekt
Beveger man seg ned i elva vil tersklene, utlagte steiner, grusørene og kantskogen bety mye for det landskapsestetiske inntrykket. Det skaper en viss variasjon i kanalen. Bilde 10.

Bilde 9. Den rette Søyakanalen

Bilde 10. Terskelen gir variasjon i kanalen

Oppsummering av resultater

Et naturlig elveløp varierer mer eller mindre i bredde, dybde, substrat og vannhastighet. Tiltak bør da også variere i form og tilpasses elvemiljøet. Den kanaliserte Søya blir noe spesiell med tanke på utformingen av tiltak, men også her ville en større variasjon i formen på avbøtende tiltak gitt en landskapsestetisk bedre løsning.

Elvesidene er plastret med til dels grov sprengstein mens elvebunnen består av sand/grus. Dette gir estetisk sett en sterk kontrast. Det ville derfor vært en fordel med en kombinasjon av flere bunnterskler og terskler som hadde mer variert form. Dette ville ha skapt mer variasjon i substrat, dybdeforhold og vannhastighet. Vedlikeholdet av tersklene må utføres slik at man tar vare på eller om nødvendig forbedrer det estetiske forholdet**.**

De enkelte typer tiltak i Søya kan evalueres slik:

1. Den nedre bunnterskelen (T 9) tar opp et fall på snaut 1 meter over en strekning på ca. 60 meter. Øvre del er plastret med sprengstein 20 – 40 cm, mens nedre del med sprengstein 0 – 20 cm. Det har dannet seg ei djup kulp (5-6 meter) nedstrøms bunnterskelen, se bilde 11. Det var vanskelig å se forskjellen på plastringen mellom øvre og nedre del. Estetisk sett gir denne bunnterskelen sammen med det djupe partiet nedenfor positiv nærhetseffekt gjennom substratet, endring av vannhastighet og fargen på elvebunnen.

2. Den øvre bunnterskelen (T 4) tar opp et fall på ca. ¾ meter over ca. 50 meters lengde. Elvebunnen ble plastret med sprengstein på samme måte som den nedre terskelen. Plastringen ble raskt øret ned av grus og bunnterskelen ble ”harvet” i ca.1990 og pålagt steinblokker etter ønske fra NINA. Dette skulle øke vannhastigheten og holde plastringen rein for grus, se bilde 12. Estetisk sett gir denne bunnterskelen en positiv effekt, men de utlagte steinblokkene er lagt for regelmessig. En mer variasjon i tettheten og størrelsene på steinblokkene vil bedre det estetiske inntrykket.

3. Syvdetersklene i Søya er stort sett bygget av steinblokker lagt i en motstrøms bue med utgravd og erosjonssikret kulp nedenfor. Høgdene på disse tersklene varierer. Se bildene 13 og 14. Flere av tersklene er skadet av erosjon fra vann og is, og er blitt reparert og forsterket. Syvdetersklene danner en kontrast i Søyas elvelandskap på grunn av formen og de store steinblokkene.

Bilde 11. Nedre bunnterskel i Søya

Bilde 12. Store steiner på øvre bunnplastring

Bilde 13. Lav syvdeterskel

Bilde 14. Høg syvdeterskel

5.3.2 Stabilitet

Opplysningen om stabilitet av tersklene i Søya er innhentet fra distriktsingeniør Joar Skauge i NVE, Region Midt-Norge. Is gir stor slitasje og mye reparasjon av terskler i Søya. Steinblokkene i syvdetersklene var mange steder boltet sammen med armeringsjern som er ført nedover til steinblokker under og til steinene ved siden av, se bilde 15. Disse jernene er flere steder slitt av på grunn av isen. Isganger stopper opp ved brua (ved pel 130B) noe ovenfor den nedre bunnterskelen. Isen kan her ligge helt opp til toppen av flomsikringen. Isen transporterer også mye grus. Bunnen her nede i kanalen består av silt, men nå er det tilført en god del grus. Flommene sliter ikke mye på tersklene, men transporterer en god del grus, rekved, stokker etc., som kan påvirke elva og tersklene.

Bilde 15. Skade på terskel pga. isgang

Problemer med isgang i Søya henger antagelig sammen med at kanalen er relativt bred og dimensjonert til å ta unna store flomvannføringer. På vinterstid med lav vannføring vil det lett kunne danne seg is som fester seg til bunnen og sidene av løpet. Det er ikke uvanlig med mildværsperioder og nedbør i form av regn vinterstid. Dette kan føre til rask stigende vannføringer, som sammen med mye is i det kanaliserte løpet, fører til isgang.

5.3.3 Massetransport

Vassdraget er ikke regulert og det er ikke innsjøer i vassdraget. Det er stor høydeforskjell i nedbørsfeltet med topper opp mot 1400 m.o.h. Middelflommen i vassdraget er beregnet til 69 m^3/s (vannmerke Søya 111.9 perioden 1975-2002) og maksimumsflommen i perioden 1975 – 2002 er registrert til 96 m^3/s.

Bilde 16. Grusbanker i Søya oppstrøms kanalsonen

Bilde 17. Syvdeterskel med kulp og grusbanke

Det er mange mindre og bratte sidevassdrag som transporterer masser ut i hovedløpet i Søya. I tillegg finnes alluviale og glasiale masser langs og i kontakt med hovedløpet. Det er avlagret store grusmasser i aktive grusbanker (dvs. at massene tydelig har vært i bevegelse nylig) i elveløpet oppstrøms den kanaliserte strekningen. Det ble også observert en del større rekved samt 'ferske' sandlommer på grusbanker. Dette tyder på at både erosjons-, transport- og sedimentasjonsprosesser er aktive i Søya, se bilde 16. I de øverste terskelbassengene er det tydelig bankedannelse av grus (Terskel 1 til 3), både midtbanker og sidebanker, se bilde 17. Kornstørrelsen ser ut til å minke nedstrøms i løpet. Flere terskelbasseng er betydelig påvirket av massetransport, spesielt Terskel 3 var betydelig "redusert i høgde". Det lå også mye grus mellom steingruppene i Terskel 4. Det ser foreløpig ikke ut til at pålagringen av masse og bankedannelsen hadde ført til økt påkjenning og erosjon i forbygningen eller på bunnen på kanalen. Dannelsen av grus- og sandbanker gjenspeiler noe av mangfoldet man har i vassdrag. I den kanaliserte delen av Søya gir dette en estetisk positiv effekt. Nedenfor terskel 4 er det tilført noe masse, men både mengde og kornstørrelse ser ut til å avta nedstrøms. Nedenfor brua ved pel 130 består bunnen av fine sedimenter og det ser ut til at det er tilført lite masse her. Elvebunnen har senket seg nedstrøms nedre terskel (bunnterskelen). Det ble derfor bygget en terskel på Haugafossen (som ble senket en god del ved utsprenging).

5.4. Ferskvannsbiologiske undersøkelser

5.4.1 Utførte undersøkelser og tidsperioder, målsetting

I forbindelse med kanaliseringen og byggingen av tersklene ble det utført fiskeundersøkelser og bunndyrundersøkelser i perioden 1985-1992 i regi av Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Vitenskapsmuseet, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Målsetting for undersøkelsene var å undersøke effekter av steinsetting og terskler som tiltak for å bedre næringsgrunnlaget og oppvekstmulighetene for ungfisk etter kanaliseringen.

For denne evalueringen ble det foretatt en befaring med en enkel bunndyr- og ungfisk-undersøkelse i juli og oktober 2004.

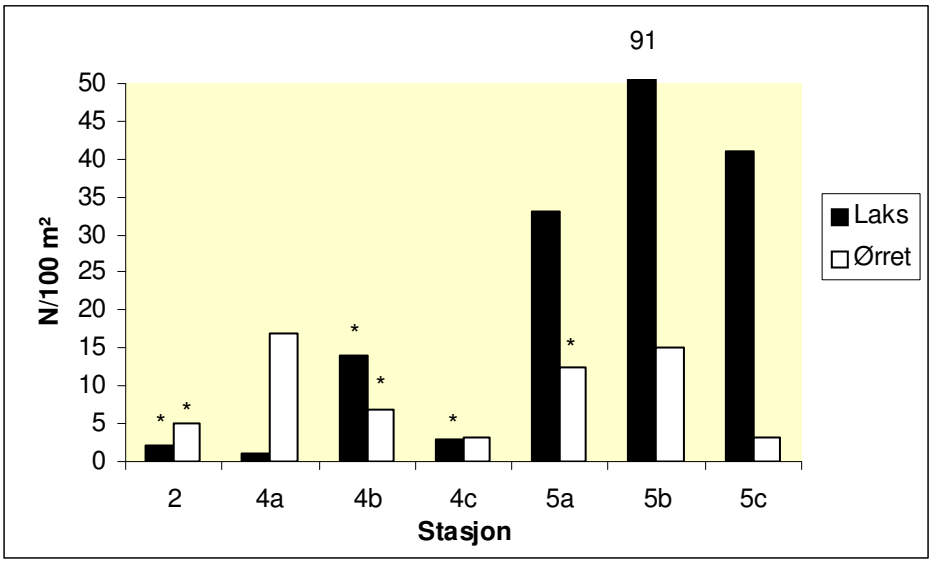
5.4.2 Fiskebiologiske undersøkelser

Tettheten av laks- og ørretunger ble undersøkt på i alt 8 lokaliteter i Søya, og spesielt på de to områdene med bunnplastring (st. 4 a-d og st. 5 a-c, **figur 8**). Elektrofiske etter standard metode (Bohlin et al. 1989) ble benyttet. Tettheten av laksunger økte når det ble lagt sprengstein utover i elva, mens tettheten av ørret syntes å være like stor med bare plastret elveside (Hvidsten og Johnsen 1990, 1992). Tettheten av eldre ørretunger var imidlertid høyere for steinsatte elvesider enn uten steinsetting. Utlagt sprengt stein i elvebunnen ga et meget godt habitat for ungfisk av laks, men effekten avtok med tiden på grunn av material-transport og tilslamming (Hvidsten og Johnsen 1992, Brittain et al. 1993). Steinene ble forsøkt gravd opp av grusen igjen allerede i 1988, men dette ga bare en midlertidig økning av tettheten av laksunger (Hvidsten & Johnsen 1992) på grunn av ny massetransport og nedøring. I 1991 ble det derfor lagt ut rekker med stor stein (opp til 1 m³) på den øverste bunnterskelen (st. 4) slik at steinene skulle virke som strømforsterkere og dermed øke vannhastigheten mellom dem (bilde 12). Hensikten var å forsøke å hindre masselagring på feltet og dermed hindre nedøring av hulrommene mellom steinene. Etter ett år var effekten av denne steinutlegginga positiv. Det ble da registrert høyere tetthet av laksunger på dette området enn på alle andre områder i kanalsonen (Brittain et al. 1993). Varigheten av dette tiltaket har imidlertid ikke blitt undersøkt før befaringen i 2004.

I 2004 lå fortsatt steinene bra i dette feltet (bilde 12), men det hadde lagt seg i mye grus mellom steinene. Mens tetthetene av laksunger var 50-70 pr. 100 m² året etter utlegging av stein (i 1992), var tetthetene av laksunger 3-33 pr. 100 m² i 2004 (st. 4 b, c, **figur 8**). Dette er også lavere tettheter enn det som ble registrert de fleste år på dette feltet i perioden 1987-1990 (25-100 pr. 100 m², Hvidsten og Johnsen 1992). Dette kan tyde på at den positive effekten av å legge ut stein på denne måten hadde kort varighet i Søya. Også tettheten av ørretunger på det øvre steinsettingsfeltet (st. 4a-c) var betydelig lavere ved målingen i 2004 (3-17 pr. 100 m², **figur 8**) enn i 1987-90 (36-106 pr. 100 m²) (Hvidsten og Johnsen 1990, 1992). Masse-transport og tiltetting av elvebunnen på tiltaksfeltet i øvre delen av kanalsonen er sannsynlig årsak til redusert effekt av steinsettingen.

På den nedre bunnterskelen (st. 5) varierte tettheten av laksunger mellom ca. 8 og 30 ind. pr. 100 m² i perioden 1988-92, mens tetthetene var 41-91 pr. 100 m² ved den ene målingen i 2004 (fig. 2, st. 5 b,c). Dette kan tyde på at steinsettingen her har holdt seg noe bedre enn på den

øvre bunnterskelen.



Figur 8. Tettheter av ungfisk av laks og ørret på stasjon 2 og de to bunntersklene (steinsettingene, st. 4a-c og 5a-c) i 2004 etter tre omganger elfiske. * angir min. antall.

Tettheten av ørretunger nedenfor kanalisert sone ble redusert etter kanaliseringen, trolig som følge av mye massetransport (sand) som har tettet til substratet langs land. Tettheten av laksunger avtok mindre enn tettheten av ørret på denne strekningen, og tettheten av laksunger i 1992 var tilsvarende tettheten før kanaliseringen (Brittain et al. 1993). Det ble ikke elfisket i dette området i 2004.

Det er videre foretatt en brukerundersøkelse blant fiskerne og gyteregistreringer på den kanaliserte delen i perioden 1985-1991. De fleste gytegropene var konsentrert til terskelområdene 4 og 5 (jf. **figur 7**), og kanalsonen ble tatt i bruk som gyteområde allerede i 1989, kort tid etter at anleggsarbeidene var ferdige (Brittain et al. 1993). Brukerundersøkelsen viste at det aller meste av fisken blir tatt nedenfor Haugafossen som begrenser videre oppvandring. Undersøkelsen viste videre at det ble tatt om lag like mange laks og sjøørret ovenfor Haugafossen etter terskelbygging som før. Dette skyldes sannsynligvis at det er begrensa mengde fisk som passerer Haugafossen. Nedenfor flere av Syvdetersklene samt nedstrøms den nedre bunnterskelen har det dannet seg dype kulper som er gode oppholdsplasser for voksen fisk. Kulpene er viktige standplasser for gytefisk, spesielt i perioder med liten vannføring. Både oppbygde gapahuker og stier vitner om at disse områdene har blitt velegna fiskeplasser, og tersklene har klart forbedret fiskemulighetene i kanalsonen (bilde 18). Dette bekreftes av grunneierlaget (Lars Polden pers. medd.).

Bilde 18. Gapahuk og illustrasjon av laks tatt i Søya

5.4.3 Bunndyrundersøkelser

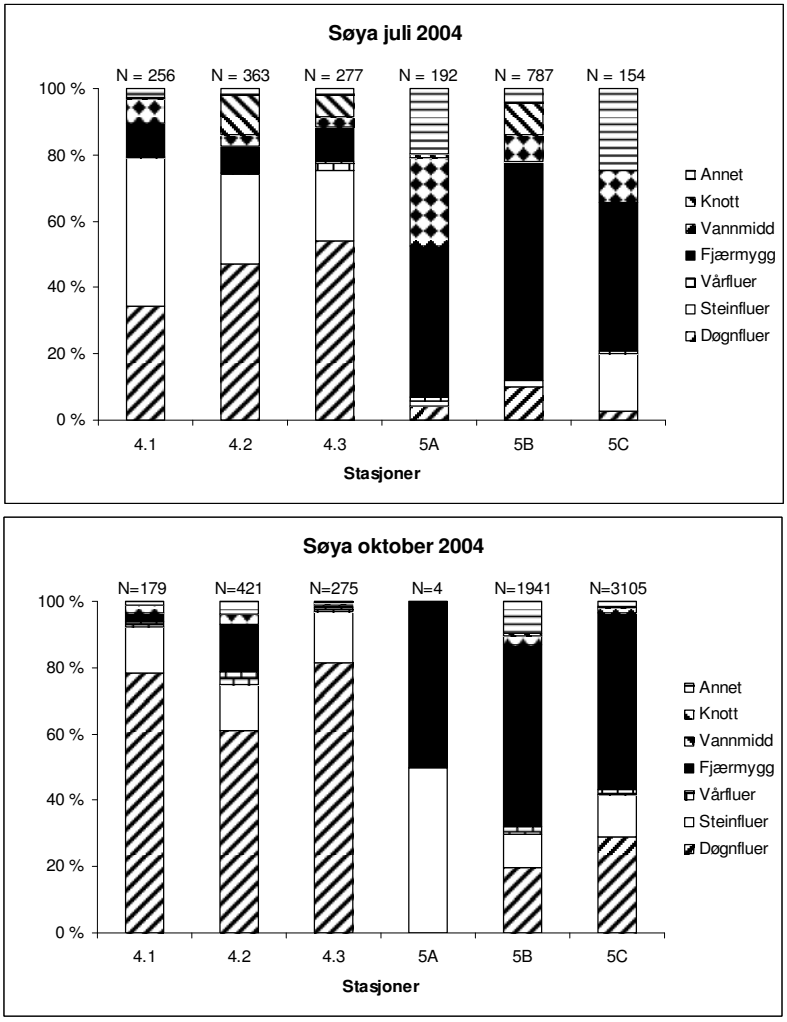
Bunnfaunaen ble i perioden 1987-1991 undersøkt på de samme lokalitetene som det ble elektrofisket (Stasjon 1-8), med spesiell vekt på prøvetaking av de nylagede bunntersklene (St. 4a-d og 5a-c). Fra disse tiltaksfeltene ble det også tatt kvantitative bunndyrprøver. I tillegg ble koloniseringen av bunndyr undersøkt i et nygravd elveløp i Fossåa. Dette er en sidebekk som munner ut i Søya litt ovafor stasjon 5 (jf. **figur 7**), og bekken ble lagt om og overført i et nygravd løp seinhøsten 1987.

Ved kanaliseringen av Søya og overføring av Fossåa til nygravd løp, skjedde det en rask kolonisering av bunndyr. Mengde og faunasammensetning (grupper og arter) i øvre del av kanalsonen i Søya var sammenlignbart med uberørt elv ovafor ett år etter inngrepet (Arnekleiv 1992, Brittain et al. 1993). På de ulike substrattypene som ble etablert i kanalsonen etter steinsetting og naturlig omlagring, var det klare forskjeller i relative bunndyrmengder og artssammensetning. Sandbunn nederst i kanalsonen hadde de laveste bunndyrmengdene og var svært artsfattig. Antallet bunndyr pr. prøve var større i områder med små, rund elvestein, mens de steinsatte feltene hadde de største bunndyrmengdene. Det var imidlertid ikke stor forskjell i artsmangfold mellom steinsettingsfeltene og områdene utenom med rund elvestein, men det ble registrert noen få arter i lavt antall kun i steinsettingsfeltene (Arnekleiv 1992, Brittain et al. 1993).

Nedenfor kanalsonen viste sammenlignbare prøver fra juli 1988-91 en endring i faunaen med avtagende andel døgnfluer og økt andel fjærmygg og fåbørstemark. Samtidig ble det registrert en økt mengde tilslamming av elvebunnen på denne elvestrekningen.

I 2004 ble det tatt kvalitative prøver fra de samme steinsettingene (bunntersklene) som i 1987-91. Resultatene er vist i figur 9. Bunnfaunaen var vesentlig forskjellig mellom de to steinsettingsfeltene ved at bunndyrtetthetene var langt høyere på stasjon 5 i oktober enn på stasjon 4, og det var en større mengde fjærmygg på stasjon 5. Det var også høy tetthet av døgnfluen *Baetis rhodani,* steinfluen *Amphinemura borealis* og elvebillen *Elmis aenea*. På sandbunn, ovafor nedre steinsettingen (st. 5a) var bunndyrmengdene relativt lave, med lite artsmangfold. Faunasammensetning og artsutvalg innen døgnfluer, steinfluer og vårfluer viste stor likhet med resultatene fra juli- og september-/otoberprøver fra de samme feltene i 1988-1989 (jf. Arnekleiv 1992, Brittain et al. 1993), men med enkelte forskjeller i artsutvalg. Steinfluearten *Amphinemura borealis* ble funnet i større antall i 2004, og vårflua *Micrasema*

setiferum/gelidum er tidligere ikke registrert. Registreringen i 2004 støtter konklusjonene fra undersøkelsene 1987-90 som viste større bunndyrmengder på steinsettingsfeltene enn utenom, og en faunagradient knyttet til substratgradienten fra grov skutt stein og rullestein, til grov grus og sand.



Figur 9. Prosentvis sammensetning av bunndyr i sparkeprøver fra steinsettingsfelter i Søya, juli og oktober 2004. Antall individer pr. prøve ar angitt over søylene.

5.5 Diskusjon og evaluering

5.5.1 Landskapsestetikk og fluviale prosesser

Et kart over Søya fra før kanaliseringen viser at det i det opprinnelige elveløpet var store midtbanker og flomløp i den øverste delen (mellom dagens øverste bru, Kvendbøbrua, og terskel 3) før den gikk over i et meandrerende løp med karakteristiske innersvingsbanker og kroksjøer ned mot nederste bunnterskel. Fra denne og ned mot Haugafossen var løpet rettere, og på kartet er det markert at terrenget langs elva var myr. Dette tyder på at det har vært grove masser i den øvre delen og en avtagende kornstørrelse nedstøms mot myrområdet og fjellterskelen. Denne type løpsmønster er svært karakteristisk for mange norske vassdrag som er glasialt utformet med basseng og terskler. Det gamle løpsmønsteret har utviklet seg over en periode på 10 000 år. Slike løp kan sies å være mer eller mindre i likevekt og de er 'kvasistabile'. Det vil si at det er en balanse mellom form (bredde, dybde og mønster), vannføring og tilførte sedimenter (mengde og kornstørrelse) og at løpet er mer eller mindre stabilt uten store endringer år for år.

Det er ikke overraskende at man i det kanaliserte og senkede elveløpet har problemer med isgang, pålagring av masser i de øvre delene og senking og erosjon i den nederste delen. Det er betydelig transport av masser inn i løpet og lett eroderbare i den nederste delen. Det kanaliserte løpet vil kreve vedlikehold også i fremtiden. Det er sannsynlig at masser vil fortsette å pålagres i den øvre delen av kanalen. Dette vil medføre en økt gradient av vannlinjen her og til at massene blir transport videre nedover. Økt gradient av vannlinjen vil gi fortsatt erosjon i de nedre delene av løpet, men tersklene vil hindre en del av bunnerosjonen og senkingen.

Avbøtende tiltak i vassdraget bør ta hensyn til de fluviale prosessene og 'spille på lag' med disse. Dette vil kunne gi mer stabile og holdbare tiltak og gi større naturlig variasjon Steinsettinger i elvebunnen bør tilføres store steiner utlagt uregelmessig slik at plastringene holder seg mer rene for finmasser og effekten for småfisk opprettholdes. Man bør unngå behovet for regelmessig "harving" av steinsettingene.

Framtidig reparasjoner av syvdetersklene bør utføres slik at formen blir mer variert.

5.5.2 Biologiske forhold

Kanaliseringen av Søya medførte en total endring av elvelandskapet med store endringer i de fysiske forholdene. Undersøkelsene foretatt på bunndyr og fisk har i liten grad belyst endringene som følge av selve kanaliseringen på grunn av lite data før kanaliseringen. Men stor sedimenttransport i anleggsperioden var sannsynlig årsak til en sterk reduksjon av tettheten av ørret nedstrøms kanalsonen (Hvidsten & Johnsen 1990), og kanalsonen framstår som lite variert med hensyn til bitoputvalg for bunndyr og fisk i forhold til ei naturlig elv. Effekten av de to steinsettingene (bunntersklene) i strykpartier er imidlertid godt dokumentert. Disse steinsettingene hadde til hensikt å bedre oppvekstmulighetene for ungfisk av laks og ørret i kanalsonen som ellers fremstår nokså homogen med dårlige ungfiskhabitater. Bunndyrundersøkelsen viste en rask kolonisering av bunnfaunaen på nylaga steinsettinger og i et nygravd elveløp (Brittain et al. 1993). Likeså var bunndyrmengdene størst i steinsettingsfeltene, noe lavere i områder med rund elvestein, og lavest i områdene med fingrus og sand. Undersøkelsene viser at potensialet for økt ungfiskproduksjon, særlig av laks, er stort ved slik steinsetting, ettersom tetthetene økte til det mangedobbelte rett etter at tiltaket var gjennomført. På grunn av stor massetransport og rask gjenøring avtok den positive virkningen relativt raskt. Også forsøk med vedlikehold og utlegging av stor stein med tanke på å holde området "selvrensende" synes bare å ha gitt en midlertidig økning i ungfisktetthetene. Den positive effekten av slike habitattiltak synes å ha vart lenger på den nederste bunnterskelen. Sannsynligvis er massetransporten og omlagringen størst i øvre del av kanalsonen (jf pkt. 5.1 over). Den nedre steinsettingen har også tydelig vært utsatt for isskuring og forflytning av steinblokker, men ikke for gjenøring av grus i samme omfang. Her har isskuring og vannføring flyttet på større steiner slik at hele feltet virket "rufsete" og uryddig. Dette har sannsynligvis skapt større variasjon i fysiske forhold (vannhastigheter, dyp, substratstørrelse og hulrom) enn på det øvre feltet (st. 4), og dette kan forklare den økte ungfisktettheten registrert i 2004.

Svakt datagrunnlag gjør det vanskelig å vurdere effekten av de bygde Syvdetersklene på biologiske forhold. Det ble registrert gyting nedstrøms tersklene kort tid etter de var bygd, og flest gytegroper ble registrert i området hvor det var bygd terskler. Dette skyldtes sannsynligvis mest substratet som var best egnet for gyting i dette området, men kulpene

under tersklene gir også skjul for større fisk, særlig ved lav vannføring. Tersklene med kulpene er også mye benytta fiskeplasser, og bidrar til variasjon i biotopforholdene i den ellers kanaliserte delen med en flat elvebunn.

5.6 Konklusjon og anbefalinger

- De biotopjusterende og stabiliserende tiltakene gir en positiv estetisk næreffekt i kanalen. Imidlertid burde tiltakene bestått av mer stryk (bunnplastring), djupe partier og mer variasjon i terskelutforming.
- Dannelsen av grus- og sandbanker gjenspeiler noe av mangfoldet i et vassdrag. I den kanaliserte delen av Søya gir dette en estetisk positiv effekt. Tiltakene i elva må derfor utformes slik at elva tåler massetransport.
- Utlegging av grov stein i strykpartier (bunnplastring, bunnterskler) ga gode habitatforhold for laksunger, og en midlertidig mangedobling av ungfisktetthetene. Kolonisering av bunndyr skjedde raskt, og steinsettingene hadde større bunndyr-mengder enn elvesenga med elvegrus utenom.
- Steintersklene var utsatt for relativt rask (ca. 1 år) gjenøring på grunn av elvas store materialtransport, og dette reduserte sterkt effekten av tiltaket på den øverste strekningen. Også tiltak i form av utlegging av store steiner i rekker ga bare en midlertidig økning i ungfisktetthetene.
- Steinutleggingen nederst i kanalsonen har hatt en bedre langtidseffekt, men denne er også utsatt for gjenøring. Slike tiltak vil ha behov for jevnlig vedlikehold.
- Det er behov for mer kunnskap om steinsetting og andre bunnjusteringer for å bedre oppvekstbetingelsene for fisk i elver (metoder, stabilitet). Erfaringene fra Søya tilsier at utlegging av stein i elvebunnen ikke anbefales som biotopfremmende tiltak i elver med stor massetransport, alternativt må kost-nytte effekten vurderes nøye i hvert tilfelle.
- Erosjonssikring i elvesidene ga økt tetthet av ungfisk, særlig ørret i forhold til naturlig elvegrus i kantene. Dette er i tråd med erfaring fra andre elver.
- Syvdetersklene har sannsynligvis medført økning i skjulplasser for voksen fisk, og kulpene under har gitt nye fiskeplasser.
- Tiltakene (bunnplastring, syvdeterskler og steingrupper) i kanalsonen i Søya har til en viss grad bedret habitatforholdene for ungfisk og voksen fisk i en del av kanalsonen, men kanalsonen framstår som lite variert med et snevert biotoputvalg i forhold til ei naturlig elv.

6 Evaluering av terskler i Litledalselva, 109.5Z

6.1 Vassdragsbeskrivelse

Beliggenhet	Sunndal, Møre og Romsdal
Nedbørfelt, hoh.	361 km^2, 0 – 1800 moh.
Vernebestemmelser	Ingen
Kraftutbygging	Aura: 1792 GWh, Osbu: 78 GWh Tillatelser fra 1913 til 1959 Aursjøen overføres til Osvatnet/Litledalsvassdraget
Middelvannføring	Sterkt redusert vannføring
Minstevannføringsbest.	Ingen
Andre typer inngrep	Elveforbygging på flere partier, vannuttak til Akvaforsk
Utdypende kommentarer	Elva er infisert av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* siden 1981. Av vassdragets totale nedslagsfelt på 361 km^2 er det uregulerte restfeltet på ca. 80 km^2. Mye av tilsiget fra restfeltet samles i Dalavatnet som har et utløp gjennom grov steinur. Vannstanden i Dalavatnet kan synke naturlig 10-15 m om vinteren og gir en forholdsvis stabil, men lav vannføring i Litledalselva (Ove Eide pers. medd.).

6.2 Terskler og tiltak

Type terskler	Enkel terskel og utgravd kulp. Store steiner (0,7 – 1,5 m^3) i kontakt med hverandre, svakt buet mot strømretningen Lengde på kulp ca. 10-15 m. En terskel er bygget som steinbånd over elva uten terskelvirkning.
Antall og byggeår	7 terskler og et steinfelt ferdigstilt høsten 1997
Største dyp terskelbasseng	Ca. 3 m.
Andre tiltak	
Strekning som omfattes av vurderingen	Fra utløpet av Litledalselva i sjøen ved Klopphøla til oppstrøms bro ved Øygarden, ca. 5,5 km (fysiske data), hele anadrom strekning, ca. 9 km (biologiske data).

Tersklene er bygget av elveeierlaget etter en plan utarbeidet av NVE v/Einar Sæterbø på oppdrag av Statkraft. Tersklene skal primært bedre forholdene for fisk.

6.3 Landskapsestetikk, stabilitet og fluviale prosesser

6.3.1 Landskapsestetikk

Tersklene er planlagt bygget som Syvdeterskler med kulp nedenfor. Selv om tegningene viser buede terskler er de stort sett bygget for rette, se bilde 19 og flere av de oppgravde kulpene rett nedstrøms tersklene er rensket for grov stein. Dette gjør at de estetisk sett skiller seg fra elvebunnen ovenfor og nedenfor. Utlegging av store steiner inntil terskelkrona og i kulpene vil virke positivt på landskapsbildet.

Den nederste terskelen (A) er en bunnplastring hvor et belte på ca. 30 meter av elvebunnen som her består av finkornet grus, er erstattet med grov stein (30 – 50 cm i diameter). Landskapsmessig vurdert blir steinbeltet noe stivt i form og burde vært lagt noe mer uregelmessig, se bilde 20.

Bilde 19. Enkel og rett syvdeterskel

Bilde 20. Bunnplastring

6.3.2 Stabilitet

Tersklene er stabile. Det er ikke tegn til utglidninger av terskelstein eller undergraving av tersklene. Kulpene ser også 'rene' ut, dvs. at det ikke er sedimentasjon i disse og at disse er stabile. I brev til grunneierlaget datert 04.08.1998 påpeker NVE at det er benyttet noe mindre steinstørrelser og at tersklene er utført mindre buet enn angitt i planbeskrivelsen, og at dette kan påvirke stabiliteten. Dette ser ikke ut til å være tilfelle.

6.3.3 Massetransport

Det ser ut til å være relativt beskjeden massetransport i Litledalselva nedenfor Dalavatnet. Antagelig fanges mye av sedimenttransporten i vassdraget opp i Dalavatnet. Kilder til sediment er i liten grad i kontakt med hovedløpet nedenfor Dalavatnet. Her går løpet for mye av strekningen i stabile utvaskede glasiale masser (morene el. terrasse) som består av relativt store steiner. Enkelte steder og på den nederste strekningen går elva gjennom alluviale (elveavsatt) masse som er lettere eroderbare. Det var lite tegn til aktiv bankedannelse i løpet og det ble observert noen gjenvokste grusbanker. Det ser likevel ut til at det er noe transport og bevegelse av bunnmaterialet og transport av grus i løpet. Det ble observert noen mindre

lommer med grus som var i aktiv transport. Løpet ser ikke ut som om det senker seg og den virker relativt stabil. Elva har høyst sannsynlig redusert transportkapasitet etter at flom-vannføringer er redusert etter utbygging. Både reduksjon av sedimenter til hovedløpet og redusert transportkapasitet etter utbygging medvirker til et stabilt løp i Litledalselva.

Massetransport i vassdraget har ikke betydning for stabiliteten til tersklene i Litledalselva.

6.4. Ferskvannsbiologiske undersøkelser

6.4.1 Utførte undersøkelser, metode og målsetting

På den anadrome strekningen (ca. 9 km) er det telt gytegroper i perioden 1991-2003 av Ove Eide, Fylkesmannen i Møre og Romsdal. Dataene er velvilligst stilt til disposisjon for prosjektet. Gytegropene er registrert ved at en person har gått elveløpet og kartfestet alle observerte groper på økonomisk kartverk (målestokk 1: 5000). Registreringene er foretatt etter gyting, som regel i perioden 11. november – 1. desember. Data mangler for 2001, og registreringene i 1991 ble foretatt før all gyting var ferdig (1.-3.11).

Hensikten med undersøkelsen var en overvåking av sjøørretbestanden i forbindelse med planlagt rotenonbehandling, men behandlingen ble utsatt i påvente av en nærmere avklaring av bygging av fiskesperre i Driva. Tersklene i Litledalselva ble anlagt høsten 1997, altså om lag midt i observasjonsperioden for gytegropregistreringene. Det har derfor vært mulig å benytte dataene til å belyse effekten av terskelbygging på fordeling av gytefisk i vassdraget.

6.4.2 Tersklenes virkning på fordeling av gytefisk og bruken av gyteområder

I perioden 1991-2003 ble det årlig registrert mellom 594 og 860 gytegroper i Litledalselva, med unntak av 1991 hvor det ble registrert 309 gytegroper tidlig i gytesesongen (**tabell 1**). Gytetida er i november med hovedgyting 10-20 november, og gytefisken forlater elva raskt etter gyting (Ove Eide pers. medd.). Det er ikke utført genetiske analyser for å undersøke fordelingen laks-ørret, men det er antatt at hoveddelen av gytebestanden er sjøørret (Ove Eide pers. medd.), noe som er overensstemmende med fangststatistikken (vedlegg 2). Antallet gytegroper er høyt og vitner om at Litledalselva er ei viktig produksjonselv for sjøørret til Sunndalsfjorden.

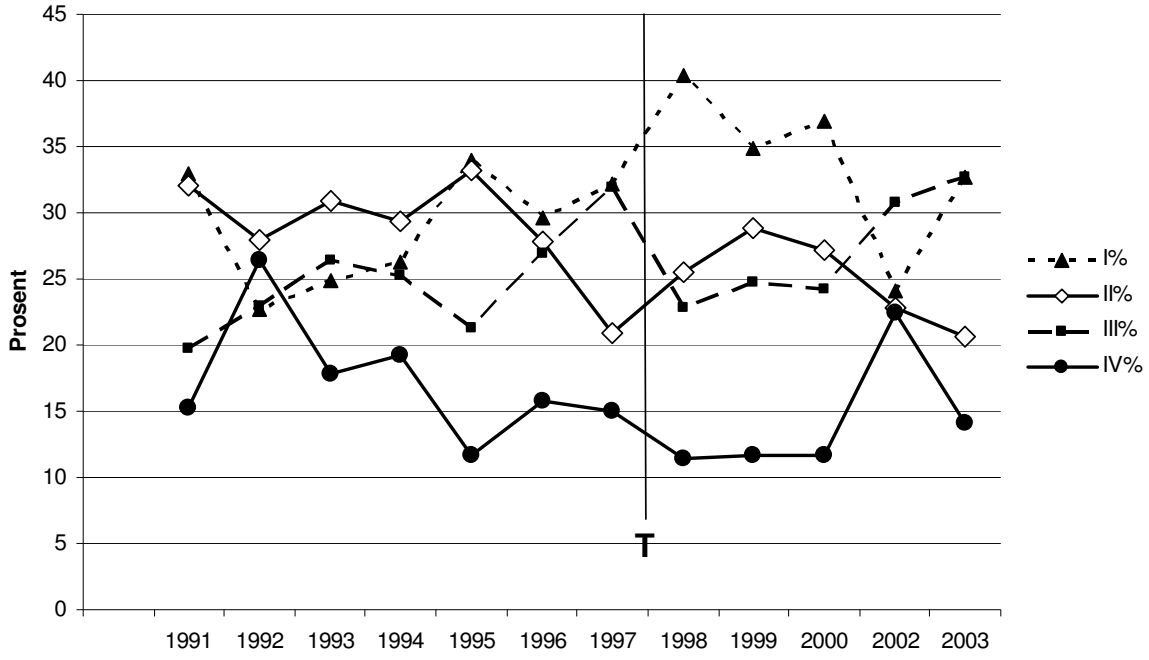
Med hensyn til tersklenes betydning for fordeling av gytefisk i elva, ble det undersøkt om det var forskjell i andelen gytegroper før og etter terskelbygging på fire elvestrekninger. Dersom terskelbyggingen har hatt negativ påvirkninger på oppvandring av gytefisk og gyting, skulle en forvente at det var mindre antall gytegroper etter terskelbygging, og at spesielt den øvre delen av anadrom strekning, ovafor tersklene, fikk en lavere andel gytegroper etter terskel-bygging. Elva ble derfor delt inn i fire strekninger i forhold til lengde og tersklenes plassering, og undersøkt med hensyn til antall gytegroper hvert år:

1. Flomålet til Krokvollen bru – en bunnplastring og to terskler
2. Krokvollen bru til Lykjetrøa – to terskler
3. Lykjetrøa til Hjellan (øverste terskel) – tre terskler
4. Fra Hjellan til stopp anadrom strekning (Kvamhølen) – ingen terskler

Tabell 1 viser fordeling av antall gytegroper på de ulike strekningene i de ulike år. Gjennomsnittlig antall registrerte gytegroper var 690 i perioden før terskelbygging mot 667 i perioden etter terskelbygging. Gytegroptakseringene viste videre at de samme gyteplassene ble benyttet år etter år. Figur 10 viser den prosentvise andelen av totalantallet gytegroper på delstrekninger i Litledalselva de ulike år.

Tabell 1. Registrerte gytegroper (antall) på de ulike elvestrekningene (I-IV) i Litledalselva 1991-2003.

År	Dato	I	II	III	IV	SUM
1991	1.-3.11	102	99	61	47	309
1992	16.-17.11	179	220	181	208	788
1993	18.-19.11	214	266	227	153	860
1994	16.-18.11	209	234	201	153	797
1995	16.-17.11	245	239	153	84	721
1996	18.-19.11	197	185	179	105	666
1997	17.-18.11	221	144	219	103	687
1998	20.-23.11	263	166	149	74	652
1999	17.-19.11	207	171	147	69	594
2000	30.11-1.12	257	189	169	81	696
2002	12.-13.11	188	178	241	175	782
2003	11.-12.11	200	126	200	86	612



Figur 10. Prosentandel registrerte gytegroper hvert år på ulike strekninger (se tekst) i Litledalselva 1991-2003. T angir tidspunktet for terskelbygging.

Den øverste strekningen (IV) hadde den laveste andelen gytegroper alle år utenom 1992. Det var også en større forskjell i andelen gytegroper mellom strekningene i de første årene etter terskelbygging (1998-2000) sammenlignet med før. Det har vært en nedadgående trend i prosentandelen gytegroper på strekning 2 perioden sett under ett, men det var ingen signifikant forskjell i andelen før/etter terskelbygging. Det var heller ingen signifikant forskjell i prosentandelen gytegroper før og etter terskelbygging på noen strekning (**tabell 2**).

Tabell 2. Resultatet av test (Mann-Whitney) på forskjeller i andel gytegroper før og etter terskelbygging på ulike elvestrekninger

Strekning	1	2	3	4
Z	- 1,54	- 1,87	- 0,57	- 1,71
P	0,149	0,073	0,639	0,106

To av tersklene (ved Hjellan og Sjølseng) ble anlagt like i nærheten av gode gyteområder, hvorav den ene (Hjellan) ble anlagt midt i et gyteområde som ble benyttet årlig. Her sank gjennomsnittlig antall gytegroper i området oppstrøms terskelen fra 20,8 til 8,6 etter terskelbygging, mens antallet gytegroper på området rett nedstrøms terskelen økte fra 2,5 til 6,2. Ved den andre terskelen var det mindre forskjeller, men tendensen var den samme; gyteområdet rett oppstrøms terskelen ble mindre brukt, mens området nedstrøms terskelen ble hyppigere benyttet etter terskelbygging.

Totalt sett synes terskelbyggingen i Litledalselva å ha betydd lite for fordelingen av gytefisk (målt som antall gytegroper) i elva, men med lokale endringer ved de terskelstedene det før var gode gyteområder.

6.5. Diskusjon og evaluering

Tersklene i Litledalselva er bygget for å bedre forholdene for fisk og har beskjeden effekt på elvas landskapsbilde. Den aktuelle elvestrekningen er stort sett variert både i form og substrat, og vanndekket areal er for det meste estetisk akseptabelt. Tersklene er noe rette og for markerte i formen. Både tersklene og kulpene kunne fått bedret det landskapsmessige inntrykket dersom man hadde lagt store steiner inntil tersklene og i kulpene.

Til tross for en noe rett linjeføring synes tersklene å være stabile. Massetransporten i vassdraget synes ikke å ha betydning for stabiliteten til tersklene.

Gytegroptakseringene viste at det ikke var forskjell i fordelingen av gytegroper (og dermed gytefisk) innen elva før og etter bygging av tersklene. Dette tyder på at tersklene har hatt liten betydning for hvordan gytefisken sprer seg på elva. Hvorvidt tersklene likevel kan forsinke oppvandringen i perioder, slik det er vist fra enkelte vassdrag (Thorstad & Heggberget 1997, Arnekleiv & Rønning 2004, Rustadbakken et al. 2004) vet vi ikke. Det vesentligste er likevel at sjøørreten synes å fordele seg på gyteplassene som før terskelbyggingen, og at gytefisken tar i bruk hele den anadrome strekningen i Litledalselva til gyting.

Sjøørreten er selektiv i valg av gyteplass, og de største samlingene av gytegroper lå utenfor de områdene det ble bygd terskler. De to tersklene som ble bygd i etablerte gyteområder viste at antall gytegroper oppstrøms terskelen ble redusert, mens det var en liten økning i antall gytegroper nedstrøms terskelen. Bygging av terskler medfører som regel redusert

vannhastighet ovafor terskelen, og området blir derfor mindre egnet som gyteområde. Samtidig ble det etablert en høl nedenfor terskelen, og utløpsområdet av slike høler er ofte godt egnede gyteplasser.

Det er ikke utført undersøkelser som viser hvorvidt tersklene med tilhørende kulper har påvirket voksen fisk og habitatet for ungfisk. Sannsynligvis vil slike kulper under syvdeterskler være standplass for voksen fisk om sommeren, spesielt ved lav vannføring. I Litledalselva kunne dette vært bedre tilrettelagt ved at en ikke hadde rensket kulpene for stor stein. Sannsynligvis har terskelbyggingen hatt liten betydning for fiskens vinteropphold siden ørreten synes å forlate elva rett etter gyting, en strategi som er godt kjent for sjøørret i små elver og bekker.

6.6 Konklusjon og anbefalinger

- Landskapsestetisk er tersklene i Litledalselva bygd for rette, og flere kulper er rensket for stein. Det anbefales å tilføre noe stor stein i kulpene under syvdetersklene, også med tanke på oppholdsplasser for større fisk.
- Tersklene er stabile, og kulpene under er lite utsatt for sedimentasjon. Det synes å være en beskjeden massetransport i elva nedenfor Dalavatnet som sannsynligvis fungerer som en sedimentasjonsfelle.
- Tersklene ble bygd primært for å bedre forholdene for fisk. Terskelbyggingen synes å ha betydd lite for fordelingen av gytefisk (målt som antall gytegroper) på den anadrome strekningen, og den biologiske betydningen av tersklene er høyst usikker. Lokalt har tersklene medført endringer av gyteplasser der tersklene ble bygd i allerede etablerte gyteområder. Det anbefales å unngå å legge terskler slik at influensområdet berører allerede etablerte gyteområder.
- Tersklenes øvrige betydning for fiskebiologiske forhold som habitater for voksen fisk og ungfisk, og for utøvelse av fiske er ikke undersøkt.

7 Evaluering av terskler i Ekso, 063.Z

7.1 Vassdragsbeskrivelse

Beliggenhet	Eksingedal, Hordaland
Nedbørfelt, hoh.	410 km^2 (før regulering)
Vernebestemmelser	Ingen
Kraftutbygging	Øvre del av nedslagsfeltet overført til Evanger Kraftverk Skjerjevatnet overført til Modalen (Nygard og Steinsland kraftverk) Myster kraftverk 307 GWh i vassdragets nedre del
Middelvannføring	Sterkt redusert vannføring
Minstevannføringsbest.	Ingen i øvre del. Minstevannføringsbestemmelser for Myster Kraftverk
Andre typer inngrep	
Andre forhold	Kalkdosering i nedre del

Eksingedalsvassdraget er sterkt regulert. Det er ikke pålagt minstevannføring i den øvre delen, som overføres til Evanger Kraftverk. En terskel ved Ekse (Terskel 26 Nedre Ekse) har vært gjenstand for omfattende biologiske undersøkelser fra 1975 til 1990 gjennom Terskel-prosjektet og Biotopjusteringsprogrammet.

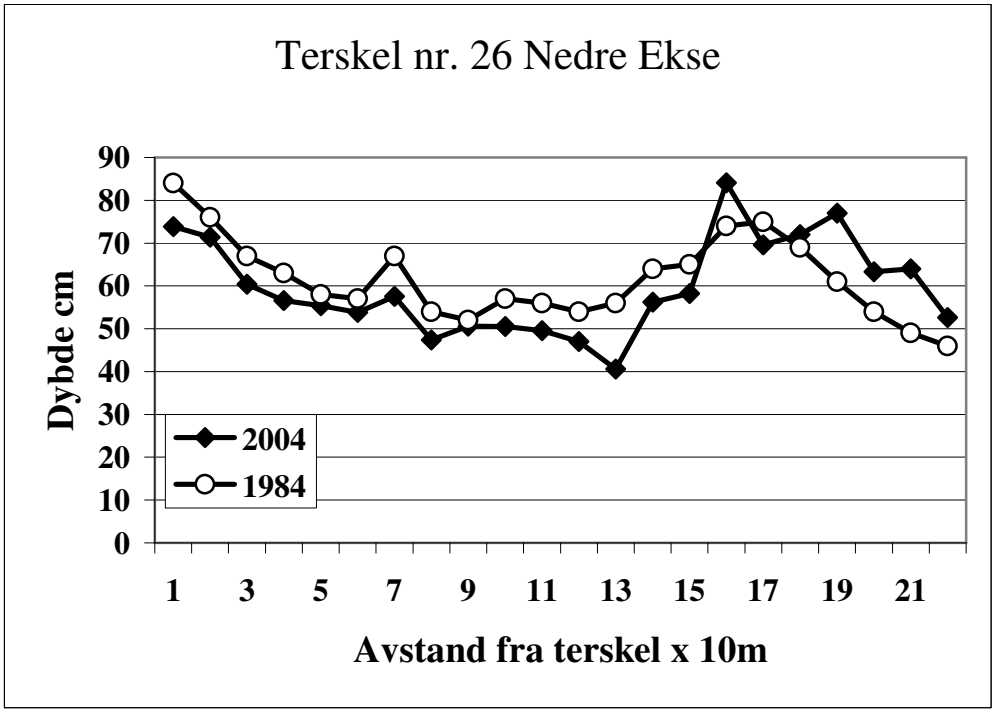
7.2 Terskler og tiltak

Type terskler	Tersklene i Eksingedalsvassdraget er av typene løsmasseterskel eller betongterskel. Terskel nr. 26 Nedre Ekse er en løsmasseterskel
Antall og byggeår	Det er bygget ca. 30 terskler i vassdraget fra 1972. Terskel nr. 26 Nedre Ekse ble bygget i 1973
Største dyp terskelbasseng	Ca. 1,2 m.
Største bredde terskelbasseng	Ca. 40 m
Andre tiltak	
Strekning som omfattes av vurderingen	370 m, Terskel nr. 26 Nedre Ekse

Utdypende kommentarer: Terskelen skal primært bedre forholdene for fisk.

7.3 Fluviale prosesser

Dybdemålinger er foretatt til to ulike tidspunkt: september 1984 og november 2004. Gjennomsnittsdybde i terskelbassenget, basert på ca. 180 målepunkt hadde i denne perioden minket fra 61,7 til 59,6 cm (**figur 11**).



Figur 11. Gjennomsnittsdybde i nedre del av terskelbasseng 26 Nedre Ekse målt høsten 1984 og høsten 2004.

7.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser

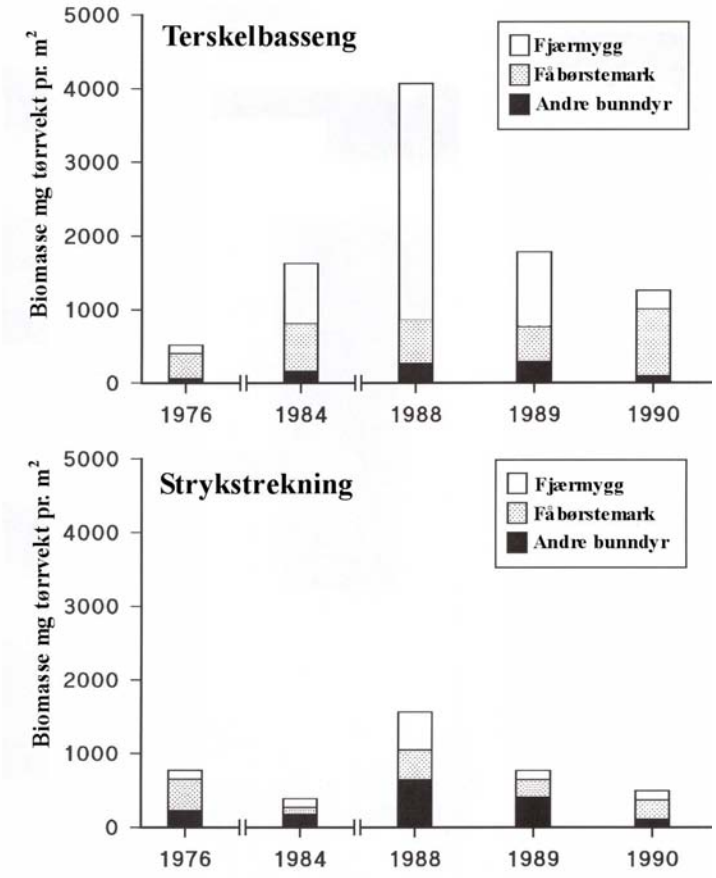
7.4.1 Utførte undersøkelser, metode og målsetting

Terskelprosjektet ble startet i 1975 og avsluttet i 1980. Terskel nr. 26 Nedre Ekse ble valgt som hovedlokalitet i dette prosjektet. Den mest intensive forskningsperioden varte i fem år. Prosjektet i Eksingedalen omfattet studier av mange ulike hydrofysiske og biologiske prosesser og en av hovedhensiktene var å finne sammenhenger mellom de ulike elementene i økosystemet. Et team av forskere og hovedfagsstudenter arbeidet med ulike problemstillinger, der hydrologi, planteliv, bunndyr, fisk, omsetning av organisk materiale og energiflyt gjennom økosystemet var sentrale elementer. Det vil i denne sammenstillingen føre for langt å trekke fram detaljerte resultater fra prosjektet. Terskelprosjektet er oppsummert av Mellquist (1985), Fjellheim (1993) og Fjellheim & Raddum (1996). Flere av forskningsprosjektene under Terskelprosjektet ble senere videreført gjennom Biotopjusteringsprogrammet, som startet i 1985.

I tillegg til å følge utviklingen av bunndyr- og fiskebestandene i Ekso ved Ekse (Andersen & Kleiven 1988, Karlsen 1988, Fjellheim mfl. 1992), bidro Biotopjusteringsprogrammet til økt forskningsaktivitet i magasinområdene. Blant annet ble det gjort suksessfulle forsøk med å flytte villfisk fra overtallige bestander i elva til magasinområdene (Fjellheim & Raddum 1994). Dette prosjektet ble gjort i samarbeid med grunneierne. I Askjelldalsvatnet er det fra 1984 årlig satt ut 500 – 1000 villfisk fra øvre del av Ekso.

7.4.2 Bunndyr

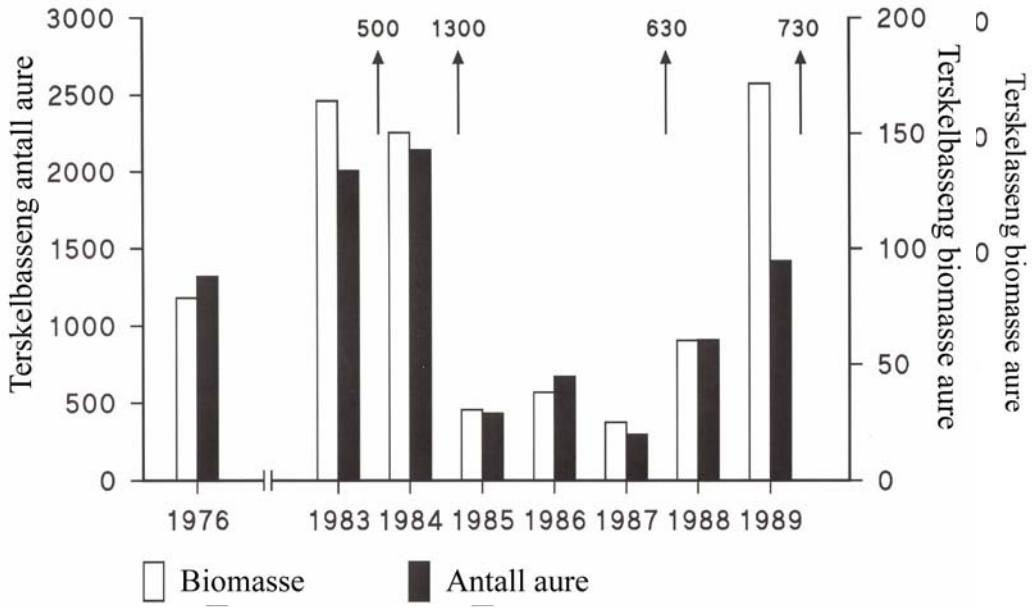
Etter regulering og terskelbygging skjedde det i perioden 1976 – 1988 en kraftig oppbygging av bunndyrbiomassen i terskelbassenget. Samtidig fant det sted en markant suksesjon mot en faunasammensetning bestående av bunndyrarter som er mer tilpasset sakteflytende og stillestående vann. I løpet av denne perioden var det synlig økning av opplagret organisk materiale og begroing i bassenget. Mye av dette materialet ble spylt ut av bassenget i 1989, som var et usedvanlig vannrikt år. Dette medførte at tetthet og biomasse av bunndyr ble redusert (**figur 12**). Lignende endringer ble også observert på strykstrekningene, men i mindre målestokk.



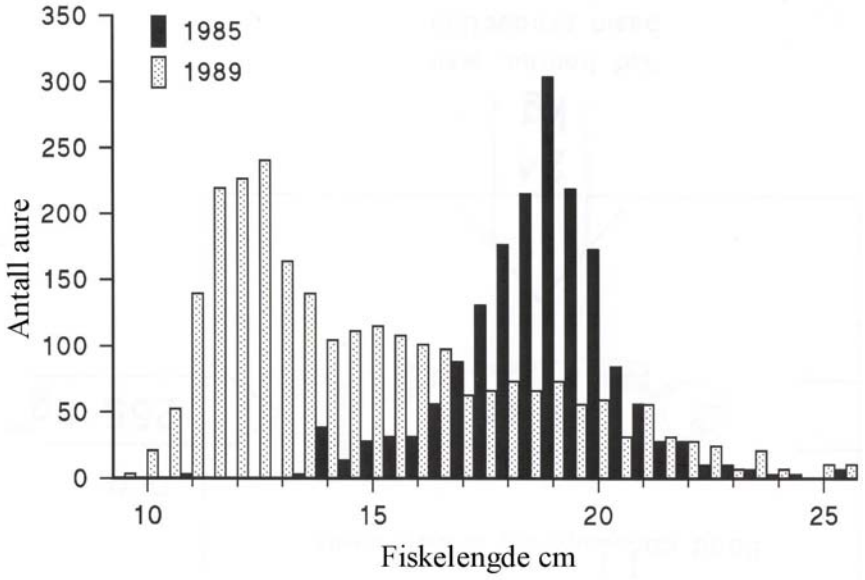
Figur 12. Biomasse av bunndyr i terskelbasseng 26 Nedre Ekse i årene 1976 – 1990.

7.4.3 Fisk

Bestanden av ørret i terskelbassenget økte fra 2,5 individer pr. 100 m^2 før bassenget ble etablert til 23,1 fisk pr. 100 m^2 i 1983. Bestanden i 1983 viste tydelige tegn på å være overtallig. Det ble derfor besluttet å høste ørret for utsetting i et av magasinene i samme vassdrag. Figur 12 viser utviklinger av ørretbestanden i terskelbassenget i årene 1976 til 1989. Det ble i denne perioden høstet i alt ca. 3200 ørret fra bassenget. Uttaket av fisk bedret gjennomsnittsstørrelsen av ørreten i bassenget betydelig (**figur 14**).

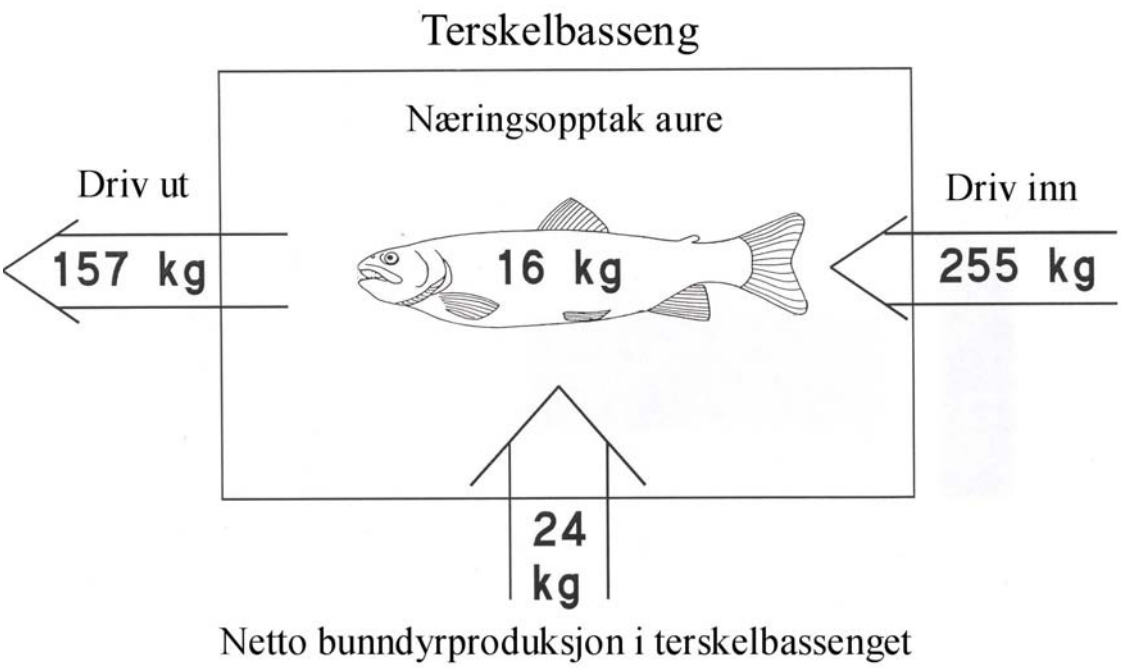


Figur 13. Variasjon i tetthet og biomasse av ørret i terskelbasseng 26 Nedre Ekse i perioden 1976 til 1989. Pilene viser tidspunkt og antall fisk som ble fjernet fra terskelbassenget.



Figur 14. Lengdefordeling av ørret i terskelbasseng 26 Nedre Ekse i 1985, før uttak og i 1980, etter høsting av settefisk.

Næringsopptaket av ørret i terskelbasseng 26 Nedre Ekse ble estimert ved å bruke data fra studier utført i 1984 (Andersen mfl., 1986). Ved å koble disse til bunndyrdata fra terskel-bassenget ser vi at en stor del av næringen til ørretbestanden i terskelbassenget var produsert på strykstrekningen oppstrøms terskelbassenget (**figur 15**). Ørreten får tilgang til denne ved å spise dyr som driver inn i bassenget eller ved aktive næringsvandringer ut av bassenget (Evensen 1981).



Figur 15. Netto bunndyrproduksjon, driv av bunndyr og næringsopptak hos ørretbestanden i terskelbasseng 26 Nedre Ekse basert på bestands – og drivdata fra 1976, konsumpsjonsdata etter Andersen mfl. (1986).

7.5 Konklusjon og anbefalinger

- Terskel 26 Nedre Ekse har vært stabil gjennom prosjektperioden 1975-1994. Det er påvist noe sedimentasjon i terskelbassenget.
- Det ble i prosjektperioden funnet at sedimentert organisk materiale og begroing økte over tid. Kraftige flommer som følge av stor nedbør og overløp i damkronen kan redusere organisk materiale i bassenget.
- Bunndyrsamfunnet viste store variasjoner i prosjektperioden.
- Tersklene ble bygd primært for å bedre forholdene for fisk. Bestanden av ørret økte kraftig etter regulering og terskelbygging. En ulempe med den nye situasjonen var at gjennomsnittsstørrelsen av fisken avtok.
- Produksjonen av fisk i terskelbassenget ble utnyttet som settefisk i et reguleringsmagasin i samme vassdrag. Uttakene av fisk gjorde at størrelsen av ørreten i bassenget økte igjen.
- Næring produsert på strykstrekningen oppstrøms terskelbassenget utgjorde en viktig del av energibudsjettet for fiskebestanden i bassenget.
- Overtallige bestander i terskelbassenger bør reduseres. Der forholdene tillater det, kan slik fisk nyttes som settefisk.

8 Evaluering av terskler i Matreelva, 067.3Z

8.1 Vassdragsbeskrivelse

Beliggenhet	Masfjord, Hordaland / Sogn og Fjordane
Nedbørfelt, hoh.	210 km^2, med magasin beliggende mellom 488 og 714 m.o.h.
Vernebestemmelser	Ingen
Kraftutbygging	Matrevassdraget er utbygd sammen med Haugsdalsvassdraget gjennom Matre kraftverk, ferdig 1963. I Matrevassdraget er det i tillegg to kraftverk, Hommelfoss kraftverk, ferdig 1944, og Stordal kraftverk, ferdig 1974.
Middelvannføring	Sterkt redusert vannføring
Minstevannføringsbest.	Minstevannføring fra 1997 på 300 l/s.
Inngrep	Terskel for å konsentrere vannstrømmen over et gyteområde. Forslag om to terskler. Utlegging av gytesubstrat.
Andre forhold	Anadrom strekning – km?

Matrevassdraget er sterkt regulert. Det har ikke vært pålagt minstevannføring i den anadrome delen før sommeren 1997. Av biotopforbedrende tiltak ble det foreslått bygging av to terskler på strekningen oppstrøms Matrevatnet og restaurering av gyteområdet på utløpet av Matrevatnet ved hjelp av en terskel som skulle konsentrere vannstrømmen over et viktig gyteområde. Foreliggende rapport omhandler fiskebiologiske undersøkelser knyttet til denne terskelen.

8.2 Terskler og tiltak

Type terskler	Terskelen/strømlederen nedstrøms Matrevatn består av løsmasser.
Antall og byggeår	Den var ferdig bygget høsten 2001
Lengde av terskel / strømleder	Ca. 100 m
Andre tiltak	Utløpet av Matrevatn / gyteområde ble rensket for vegetasjon, silt, mudder og andre finere partikler.
Strekning som omfattes av vurderingen	100 m

Utdypende kommentarer: Terskelen skal konsentrere vannstrømmen ut av Matrevatn over et viktig gyteområde. Hensikten er å øke utvaskingen av fine partikler og hindre sedimentering av slike på gyteområdet etter utbygging. Konsentrasjonen av vann vil motvirke tørrlegging og innfrysing av gytegroper. Terskelen skal derfor bidra til å øke rekrutteringen av fiskeunger i vassdraget. Det ble og lagt ut gytegrus i området for å få en rask respons fra fisken etter at anleggsvirksomheten var ferdig. Alle resultater som presenteres er fra et pågående prosjekt LFI Bergen utfører for BKK.

8.3 Fluviale prosesser

Utløpet og tidligere gyteområde nedstrøms Matrevatn var før tiltaket nedslammet med fine partikler og begrodd med høyere vegetasjon. På det tidligere gyteområdet var det et slam-/mudderlag med opp til 1 m tykkelse. Slam og vegetasjon ble fjernet høsten 2001. Håpet er at ny sedimentering skal forhindres ved å konsentrere vannstrømmen over gyteområdet og ved den gitte minstevannføringen.

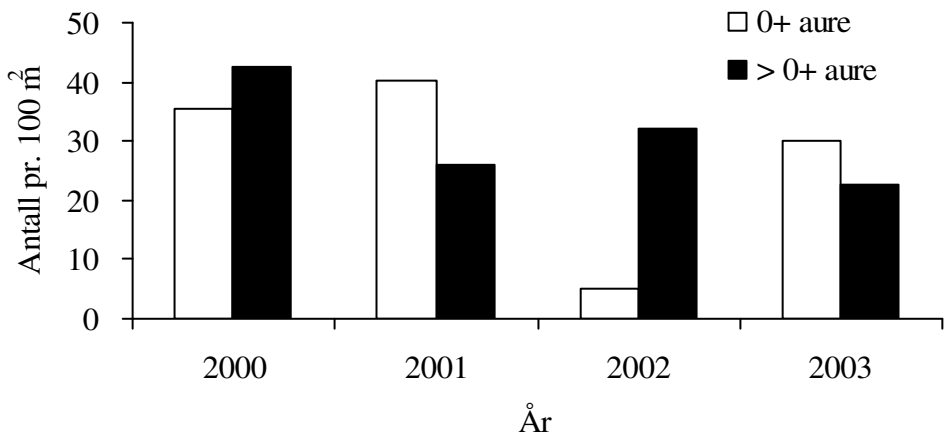
8.4. Ferskvannsbiologiske undersøkelser

8.4.1 Utførte undersøkelser, metode og målsetting

Undersøkelser av gytegroper, eggoverlevelse og ungfisk er utført siden 1998. Hensikten med undersøkelsene er å styrke vurderingsgrunnlaget for fremtidige biotopjusteringer og å følge opp de foreløpige resultatene fra terskelen ved Matrevatn. Biotopjusteringsprogrammet for Matrevassdraget er fortsatt under utredning. Overvåkingen av tiltaket som er gjort og den generelle situasjonen for fisk i vassdraget vil bli lagt til grunn for evalueringen av ytterligere tiltak.

8.4.2 Fisk

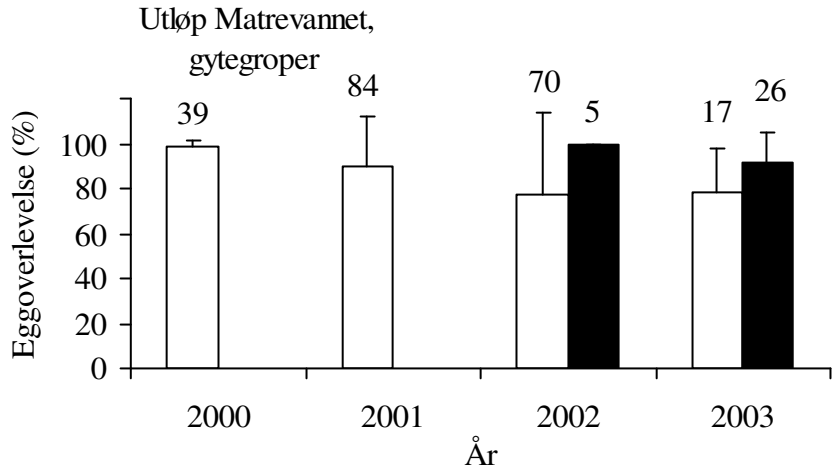
Gyteområdet på utløpet av Matrevatnet var tydelig forringet grunnet tilslamming som følge av redusert vannføring. Dette har konsekvenser for sjøørretbestanden siden gyteområdet har vært ansett som det viktigste i vassdraget. Til tross for nevnte tilslamming ble det våren 1999 registrert mange gytegroper i det opprinnelige gytearealet, som er minst påvirket av tilslamming. Resultatene fra ungfiskundersøkelsene høsten 1998 viste på den annen side at det var lite årsyngel på denne elvestrekningen noe som trolig skyldes tilslammingen. Generelt har det vært forholdsvis gode tettheter av ungfisk i Matrevassdraget. I 2002, etter opprensking av gyteområdet på utløp Matrevatn ble det for denne stasjonen registrert lave tettheter av 0+ (**figur 16**), mens eldre fisk var i normalt høyt antall. Året etter var antallet 0+ tilbake på et normalt nivå. Anleggsvirksomheten slo sannsynligvis ut en god del av 2002 årsklassen.



Figur 16. Tetthet av gruppene ensomrig og eldre ørret på utløpet av Matrevannet i perioden 2000 til 2003.

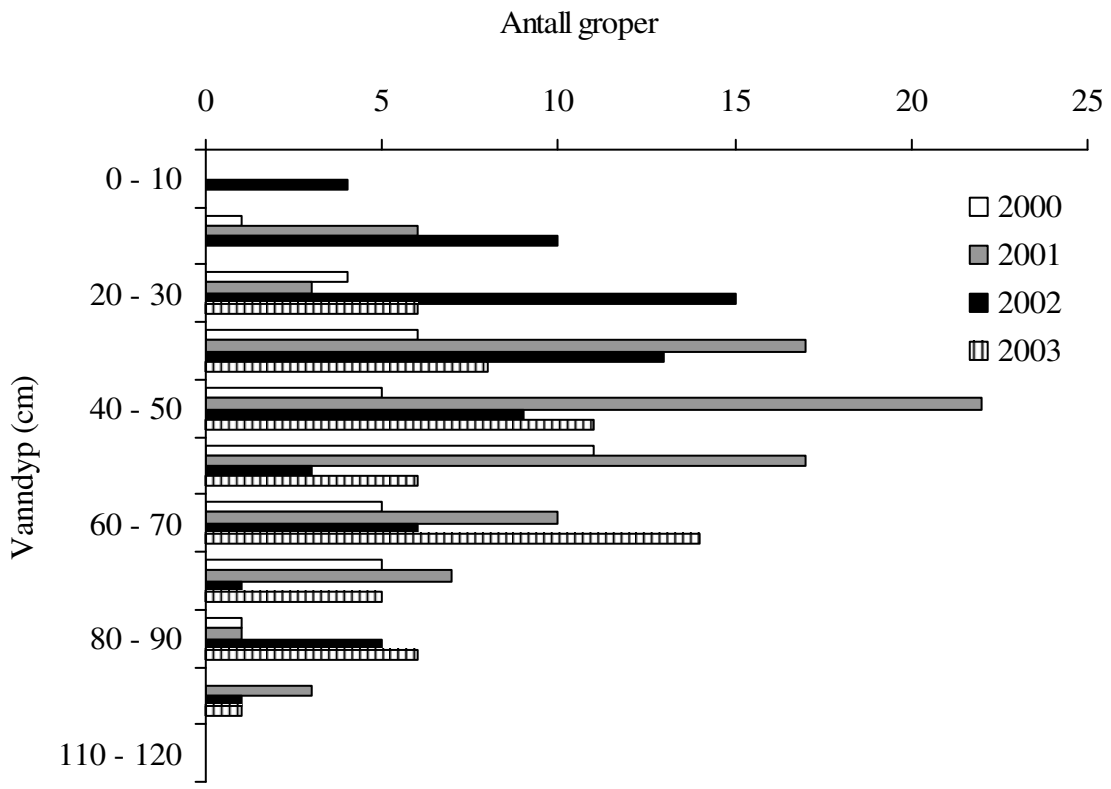
8.4.3 Gytegroper

I undersøkelsesperioden er det totalt undersøkt 210 gytegroper i opprinnelig gytegrus og 31 gytegroper i den utlagte grusen i utløpet av Matrevannet. Den gjennomsnittlige egg-overlevelsen i opprinnelig gytesubstrat ble funnet å være 86,2 % (SD = 27,1), mens tilsvarende resultater i den utlagte gytegrusen i 2002 og i 2003 var 93,4 % (SD = 12,5). Eggoverlevelsen i de enkelte år er gitt i figur 17. Det ble stort sett observert øyerogn i gytegropene.



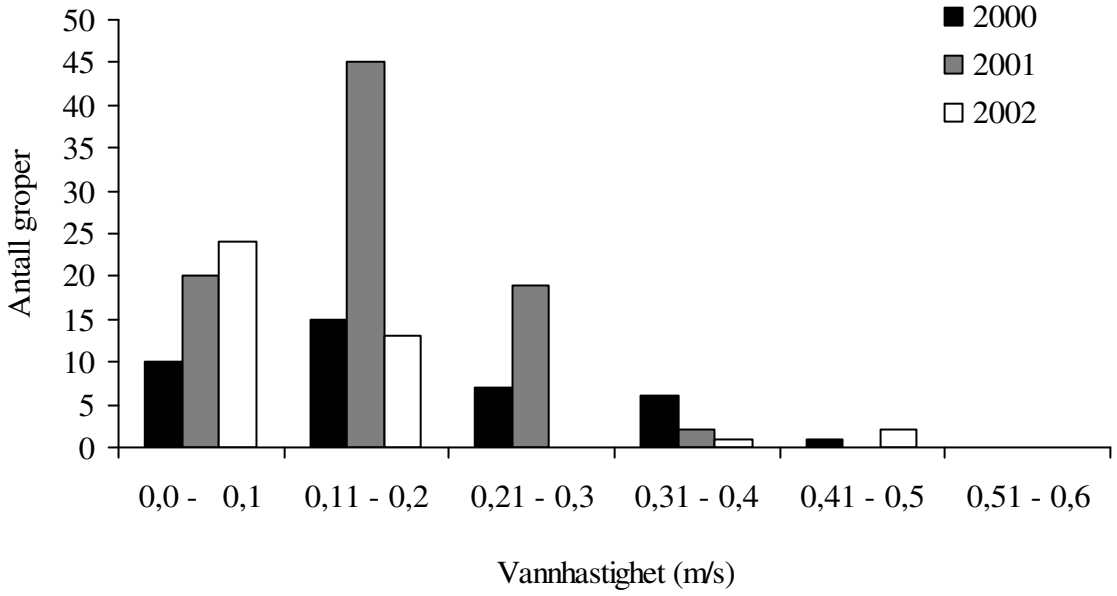
Figur 17. Eggoverlevelse i gytegroper på utløpet av Matrevannet i perioden 2000 – 2003. Hvite søyler er opprinnelig (naturlig) gytegrus og sorte søyler er utlagt grus. Tall over søylene angir antall undersøkte gytegroper.

Gropene ble registrert innefor et gitt dybdeintervall (**figur 18**). Det gjennomsnittlige vanndypet over gytegropene var 49,8 cm (n = 252, SD = 21,0 cm).



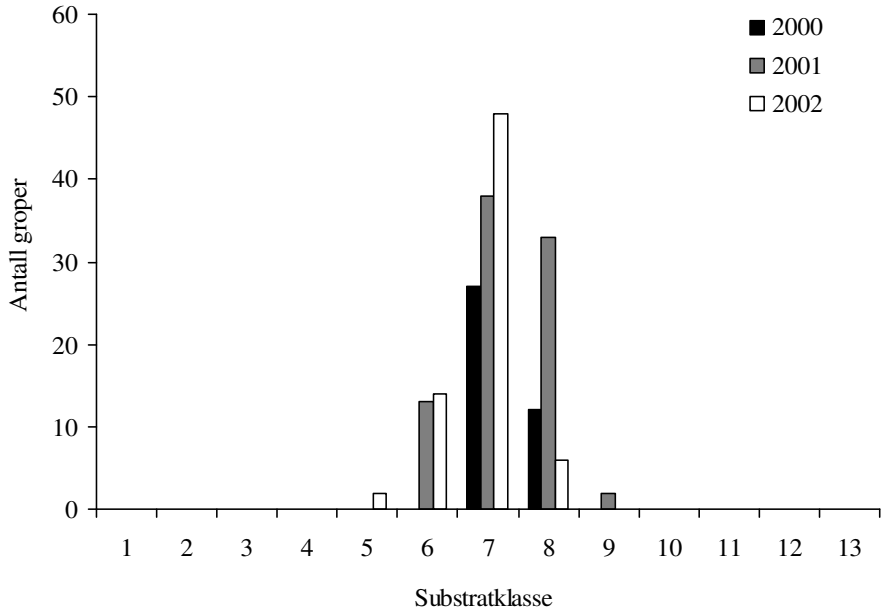
Figur 18. Antall gytegroper og in situ målinger av vanndyp over gytegropene ved utløpet av Matrevannet i perioden 2000 - 2003.

Vannhastigheten over gytegropene er målt for årene 2000 – 2002 (**figur 19**). Hovedtyngden av gropene ligger i vannhastigheter fra 0 til 0,2 m/s.



Figur 19. Registrerte vannhastigheter over gytegropene i vannsøylen ved utløpet av Matrevannet 2000 – 2002.

Kornfordeling av gytegrus basert på Wenthworth skala ble undersøkt for årene 2000 - 2002. Medianverdien av gytegrusen funnet i denne perioden var 7 (n = 195, min = 5, max = 9, **figur 20**). Verdi 7 i Wenthworth skala tilsvarer grus i størrelsesorden fra 1,6 cm til 3,2 cm. Tallverdi 1 og 2 er organisk materiale (bl.a. mudderbunn), mens verdiene 6 og 7 er grus, 8 og 9 er hhv. grov grus og små stein. Figur 19 indikerer en viss forskyvning mot grovere partikler i 2001 og 2002.



Figur 20. Antall gytegroper med ulike substratklasser basert på Wenthworth skala i utløpet av Matrevannet 2000 - 2002.

Den utlagte grusen hadde mye større kornstørrelse, grunnet feilleveranse, og var lite egnet som gytegrus.

Samlet sett viser resultatene at fisken er selektiv med valg av gyteplass. Dette gjelder særlig valg av substrat (dvs. gytegrus). De fleste gytegropene ble funnet i substratkategori 7 (1,6– 3,2 cm) og grov grus (3,2-6,4 cm).

8.5 Konklusjon og anbefalinger

- Forsøket med strømterskel har foreløpig pågått for kort tid til å vurdere om ny nedslamming av gyteområdet vil skje.
- Anleggsperioden ga en kortvarig skadelig effekt på gytesuksessen målt som 0+ året etter. Det ble ikke registrert negative effekter på eldre fisk.
- Foreløpig har ikke antall ungfisk økt på grunn av tiltaket. Rognoverlevelsen i gytegropene var bedre i grovt enn i fint substrat.
- Fisken er selektiv med hensyn på gytesubstrat og velger det som er best på stedet.

9 Evaluering av terskler i Modals-vassdraget, 064.Z

9.1 Vassdragsbeskrivelse

Beliggenhet	Modalen, Hordaland og en liten del i Sogn og Fjordane
Nedbørfelt, hoh.	387 km^2, vesentlig høyfjell over tregrensen
Vernebestemmelser	Ingen
Kraftutbygging	Hellandsfoss kraftverk: Bygget først på midten av 1950-tallet. Modernisert i 1992. Steinsland kraftverk: Ferdig i 1981 Åsebotn kraftverk: Ferdig i 1994 Nygard pumpekraftverk: Oppstart sommeren 2005
Middelvannføring	Før Nygard pumpekraftverk ble satt i drift, 30,89 m^3, etter oppstart av Nygard pumpekreftverk, 34,32m^3 ved utløp sjø
Minstevannføringsbest.	16. april-15 juli 3 m^3/s, 16. juli-30. sept. 5 m^3/s og 1. okt.-15. april 2,2 m^3/s
Andre typer inngrep	Elveforbygging forekommer, Laksetrapp forbi Hellandsfossen ferdig i 1983 og trapp forbi Almelid ferdig i 1993
Vannførings og temperaturforhold, annet	Raske vannføringsendringer kan forekomme nedenfor Hellandsfoss kraftverk. Temperaturforholdene antas generelt å være litt høyere om vinteren og litt lavere om sommeren grunnet slipping av magasinvann.

Modalsvassdraget er regulert ved flere kraftverk, se tabell over. Det er pålagt minstevann-føring mellom Almelid og utløp av Hellandsfoss kraftverk. Vassdragets totale nedslagsfelt ned til Hellandsfoss er regulert. Før Nygard pumpekraftverk ble satt i drift var nedslagsfeltet ved utløp sjø 350,3 km^2. Etter oppstart av Nygard pumpekraftverk fra og med sommeren 2005, er det overført vann fra Eksingedalsvassdraget, Skjerjevatn. Det totale nedslagfeltet ved utløp sjø har da økt til 381,8 km^2. Terskelundersøkelsene i vassdraget ble utført før Nygard pumpekraftverk ble satt i gang

9.2 Terskler og tiltak

Type terskler	To enkle løsmasseterskler på tvers av elva med sikring mot erosjon. Det er bare foretatt undersøkelser i det nederste terskelbassenget. Denne terskelens lengde er 60 m. Terskel høyden er 0,6 m over opprinnelig elvebunn. Terskel kronen er 4 m bred. Terskelen er plastret med duk og plastringsstein i en bredde på 20 m på hver side.
Antall og byggeår	To terskel som var ferdig i 1999. Vanndekt areal økte med 36 % i den undersøkte terskelen.
Største dyp i terskelbasseng	Stor grunn terskel med dyp hovedsakelig fra 0 til 0,5 m ved 5 m^3 vannføring. Største dyp ca. 1,8 m.
Andre tiltak	Utlegging av gytegrus på terskelkronen og inn mot terskel bassenget, ca. 20 m

Strekning som omfattes av vurderingen og hensikt med studien	En terskeldam omfattes av studiene. Hensikt å studere hvordan ungfisken bruker habitatet i et område før og etter terskelbygging og å finne den beste kombinasjonen av tiltak f.eks. knyttet til minstevannføringer og biotopforbedringer ved bruk av modeller. Undersøke om utlagt gytegrus blir tatt i bruk.

Tersklene er bygget av Bergenshalvøens kommunale kraftselskap, BKK, med formål å utprøve Vassdragssimulatoren i et terskelbasseng, habitatstudier med hensyn på fisk. Vassdragssimulatoren består av flere modeller som er bundet sammen med et felles bruker-grensesnitt som utveksler data mot en felles database. Det gjennomførte prosjektet ble finansiert av NFR, BKK og LFI Bergen og har gått over 5 år. Resultatene fra undersøkelsene er utarbeidet i en rapport av Kirkhorn mfl. (2005). Denne rapporten er basis for den informasjonen som er gitt i den foreliggende rapport.

9.3 Landskapsestetikk og fluviale prosesser

9.3.1 Landskapsestetikk

Tersklene er bygget som fyllingsterskler hvor det er lagt ut plastringsstein på begge sider av terskelkronen. I tillegg er det lagt ut gytegrus på terskelkronen og innover i bassenget. Dette gjør at terskelen estetisk sett deler et tidligere strykparti av elva, se **bilde 21**. Ovenfor terskelen oppstår et vannspeil som står i sterk kontrast til den skarpe overgang til strykpartiet nedenfor. Utlegging av store steiner inntil og på terskelkrona kan bryte den skarpe over-gangen og gi et mer positivt landskapsbilde. Faren med slike tiltak er at det kan redusere stabiliteten og forårsake uønsket erosjon.

Bilde 21. Terskelbasseng i Modalen ved Neset. Bildet viser den skarpe overgangen mellom stillestående vannspeil og stryk (hentet fra Kirkhorn mfl. (2005))

9.3.2 Stabilitet

Tersklene er unge og virker stabile. Det har ikke vært utglidninger eller undergraving av tersklene. Terskelen ble ikke påført skader under de store flommene høsten 2005.

9.3.3 Massetransport

Massetransporten i vassdraget er vurdert visuelt ved besøk og ved feltarbeid. Det er ikke foretatt noen undersøkelser av massetransporten. Foreløpig er det ikke dokumentert endringer grunnet mulig massetransport.

9.4 Ferskvannsbiologiske undersøkelser

9.4.1 Utførte undersøkelser, metode og målsetting

Habitatmodellering er en hydraulisk modell som blir sammenlignet med registrerte feltdata. De registrerte data blir brukt til å interpolere hvordan habitatet vil endre seg ved ulike vann-føringer eller ved endringer i topografien. Parametrene som er undersøkt i dette prosjektet er valgt for å studere områdets egnethet som oppvekstområde for fisk. De viktigste parametrene er.

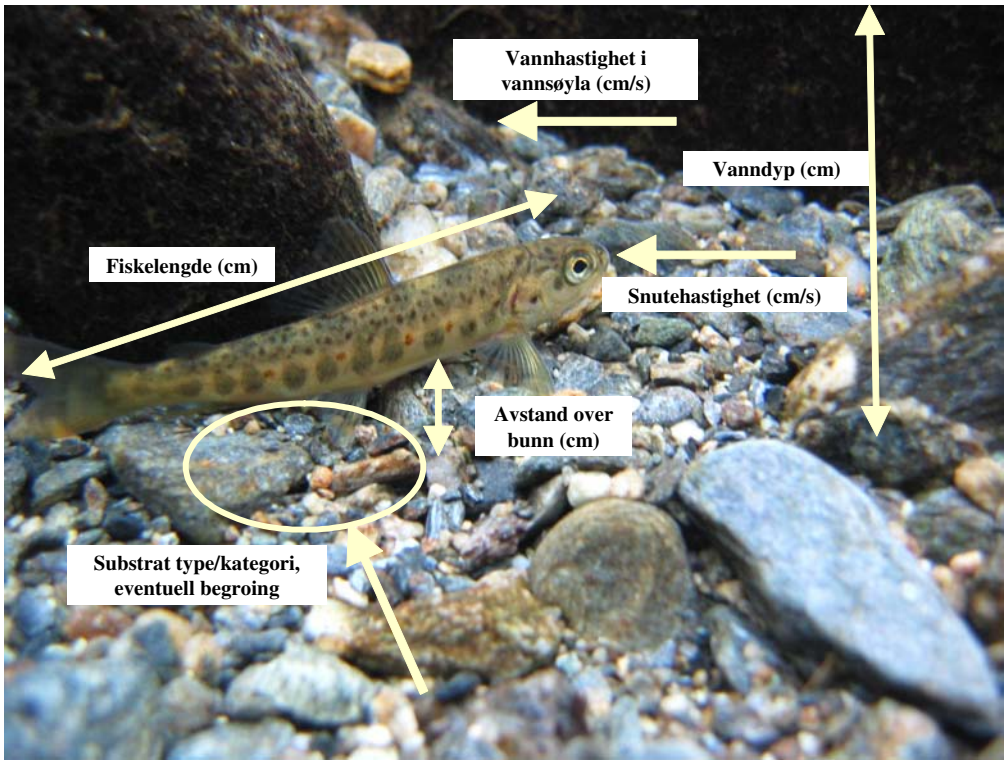
- vannhastighet
- vanndyp
- substrat (bunnforhold)

Generelt benytter metoden korte strekninger som er representative for vassdraget. Videre blir de undersøkte parametrene på disse strekningene modellert. I den foreliggende studien ligger de undersøkte strekningene inne i et terskelbasseng.

Modellen baserer seg på oppmålinger og registrering av fysiske data i et valgt område. Området blir delt inn i et rutenett og målinger blir gjort i tverrprofil (transekt), der avstand mellom tverrprofilene er 5-10 m og avstanden mellom punktene i profilet er 0.5 – 1.0 m. For hvert punkt i profilet er det målt vanndyp og vannhastighet, i tillegg blir substratet (bunnforholdene) registrert. Det ble vanligvis utført slike registreringer i de samme profilene ved to eller flere vannføringer.

Observasjonene av fisk blir sammenlignet med habitattilbudet. Resultatet av dette gir preferanser for hvilke vannhastighet, vanndyp og substrat fisken foretrekker. Disse preferansene er et tall mellom -1 og +1 (gitt ved Jacobs formel). Negativ verdi betyr at fisken skyr området, mens positiv verdi gir utsagn om at fisken tiltrekkes området. Ved hjelp av preferansekurvene og registreringer av habitatet blir det gjort simuleringer av strekningene. Resultatet av disse simuleringene forteller hvor stor del av den modellerte strekningen som har gitt egenskapen egnet, uegnet eller ”nøytrale”.

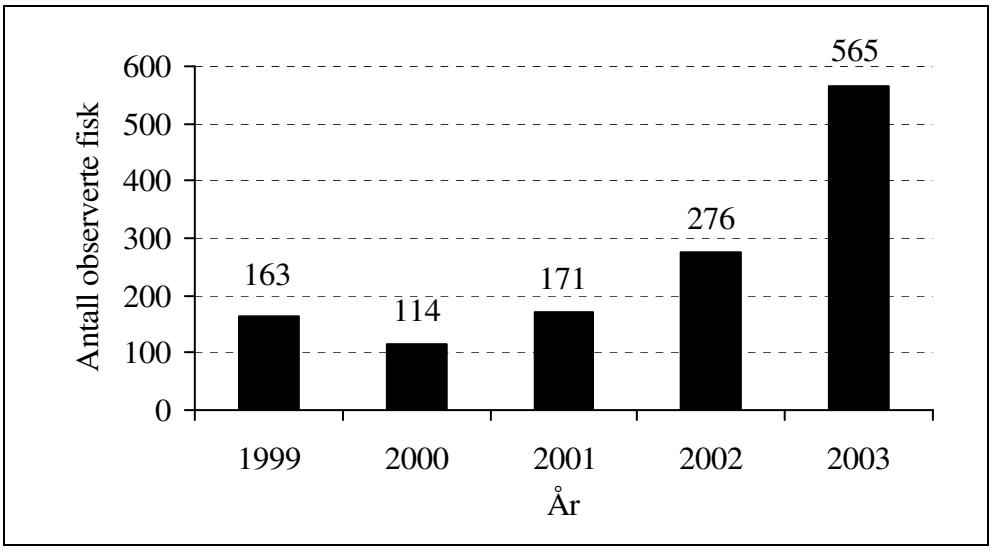
Ved å simulere ulike tiltak (f.eks. kombinasjoner av terskler og vannføringer) kan modellen brukes til å vurdere hvordan ulike tiltaket fører til endringer i fiskehabitatet og forventet fiskemengde. Figur 21 viser en prinsippskisse av hvordan bruken av habitat registreres.



Figur 21. Prinsippskisse av hvordan habitatbruken registreres (Foto B. T. Barlaup).

9.4.2 Utvikling av antall ungfisk i terskelbassenget

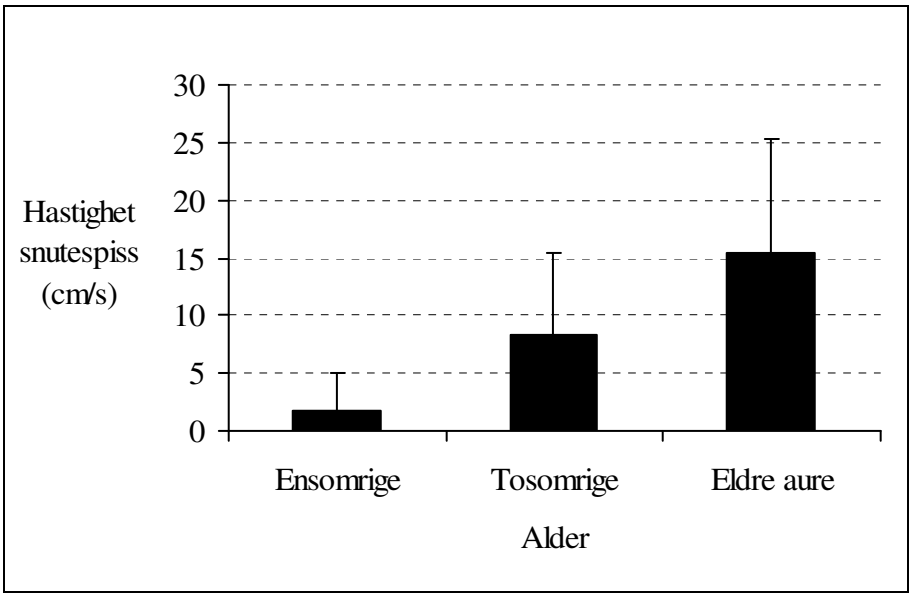
For perioden 1999-2003 ble det totalt observert 1289 ørret i terskelbassenget. Antall fisk økte spesielt mye i årene 2002 og 2003, se **figur 22**. Siste året var det ca. 3,5 ganger så mye fisk som ved starten i 1999.



Figur 22. Antall ørret observert ved dykking i perioden 1999-2003 (fra Kirkhorn mfl. (2005).

9.4.3 Fordeling av ungfisk i forhold til vannhastighet

Av den observerte ensomrige ørreten ble 89,4 % funnet i vannhastigheter mellom 0 og 4 cm/s. Gjennomsnittlig hastighet var 1,7 cm/s (Std = 3,4), se **figur 23**. Tosomrig ørret, 85,3 %, ble tilsvarende registrert i vannhastigheter mellom 0-14 cm/s. Gjennomsnittlig vannhastighet ved snutespissen for disse fiskene var 8,7 cm/s (Std = 6,3). Hos eldre ørret ble de fleste (76,6 %) registrert i vannhastigheter mellom 5-24 cm/s. Gjennomsnittlig vannhastighet ved snutespissen for disse fiskene var 14,2 cm pr. sek. (Std = 9,3). Det var signifikant forskjell mellom vannhastigheten til de ulike aldersklassene (Anova, $F_{2,495} = 109,2$, $P < 0,001$).

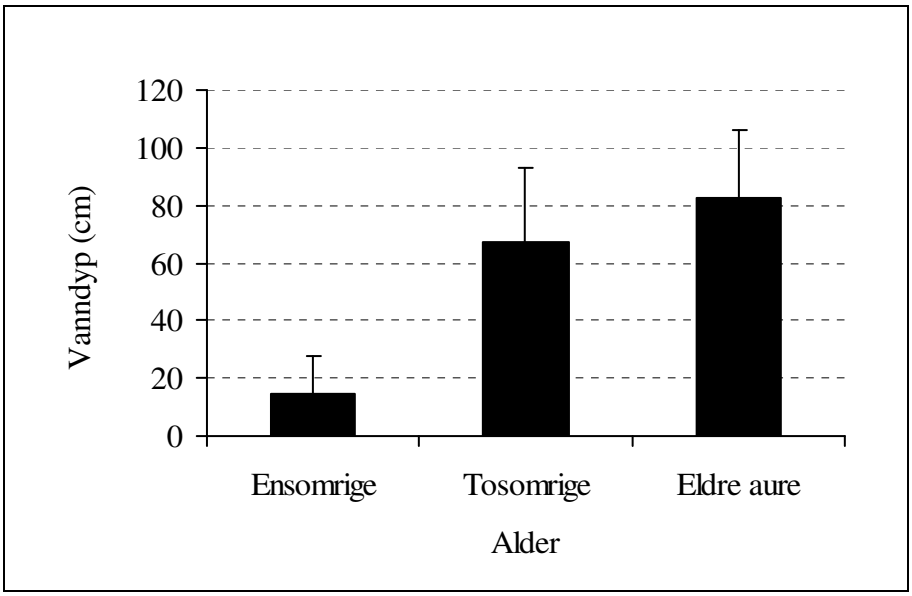


Figur 23. Vannhastighet registrert ved snutespiss for ensomrig-, tosomrig- og eldre ørret i terskelbassenget i Modalsvassdraget.

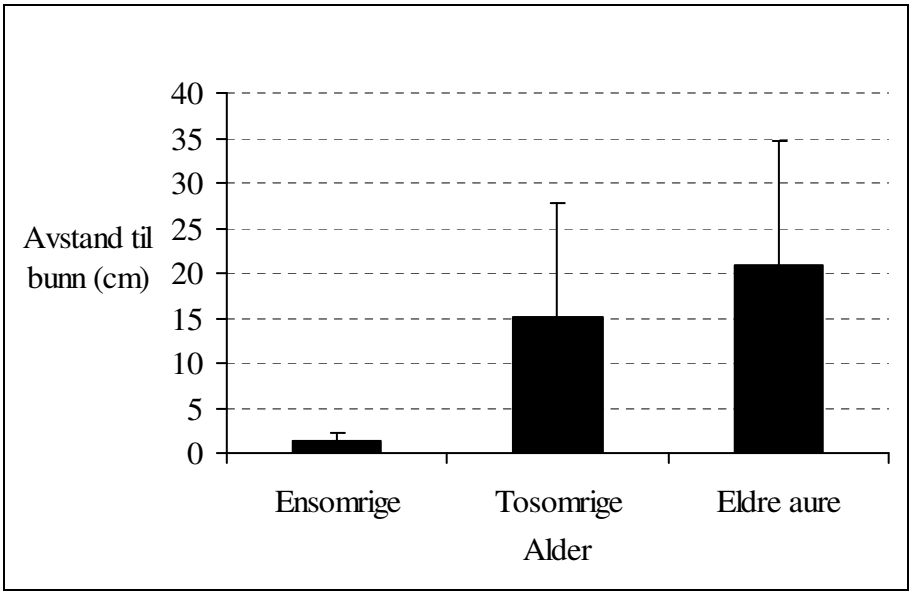
9.4.4 Fordeling av ungfisk i forhold til vanndyp og avstand til bunn

Tosomrig og eldre fisk utnyttet dypere partier av terskelbassenget enn ensomrige individ (Anova, $F_{2,445} = 317,9$, $P < 0,001$) (**figur 24**). De brukte en større andel av det tilgjengelige vanndypet enn ensomrig ørret. Den ensomrige ørreten, 83 %, ble registrert i et vanndyp mellom 2 og 19 cm. De ble hovedsakelig observert i de grunne områdene langs elvekanten. Det gjennomsnittlige vanndypet til ensomrige ørreten ble beregnet til 14,3 cm (Std = 13,2). Den tosomrige ørreten, 64,7 %, ble funnet på dyp mellom 60-99 cm, med gjennomsnittlig vanndyp 67,5 cm (Std = 25,4). De fleste av den eldre ørreten (80,8 %) ble observert på dyp mellom 60 og 109 cm, med gjennomsnittlig vanndyp på 82,7 cm (Std = 23,4).

Aldersklassenes fordeling med hensyn på avstand til bunnen er vist i **figur 25**. Den ensomrige ørreten, 99,1 %, ble registrert i intervallet 0-4 cm over elvebunnen. I gjennomsnitt var avstanden 1,4 cm (Std = 0,8). 61,5 % av den tosomrige ørreten ble observert 0-14 cm fra elvebunnen, mens resten i hovedsak ble observert 15-34 cm fra bunnen. Den gjennomsnittlige avstanden til bunnen for tosomrige ørret ble beregnet til 15,1 cm (Std = 12,8). For den registrerte eldre ørretene var gjennomsnittlig avstanden til bunnen 20,8 cm (Std = 13,9), se figur 25.



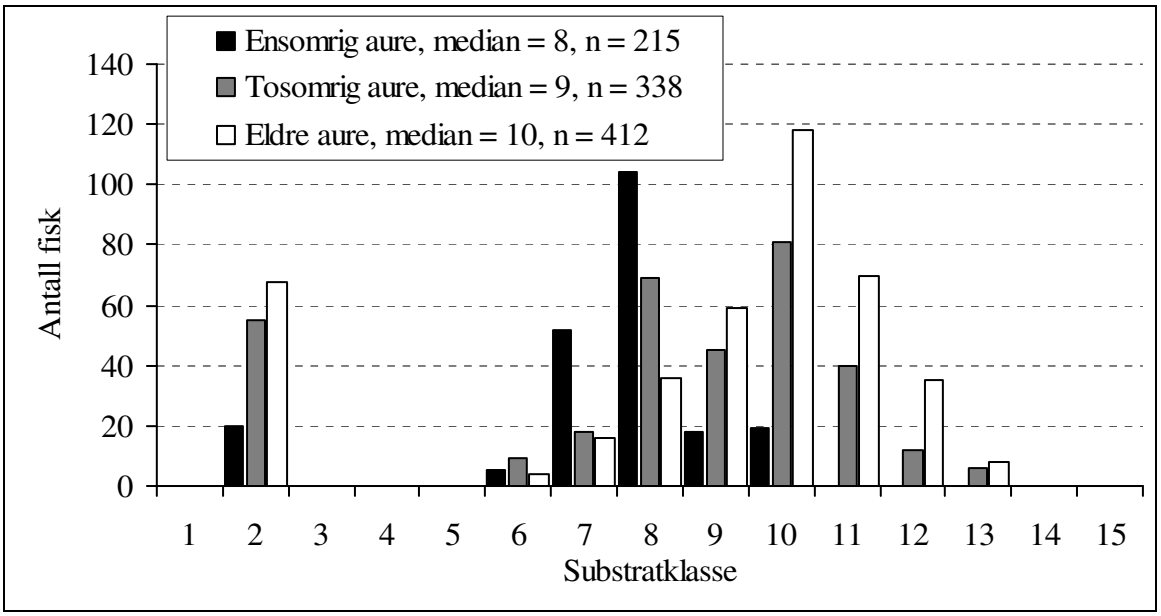
Figur 24. Fordeling av ensomrig- tosomrig- og eldre ørret i forhold til vanndyp.



Figur 25. Avstand til bunnen for ensomrig-, tosomrig- og eldre ørret.

9.4.5 Fordeling av ungfisk i forhold til substrat

Fisk ≥ årsunger ble observert med grovere substrat under seg enn ensomrig ørret (Anova, $F_{2,964} = 12{,}0$, $P < 0{,}001$), **figur 26**. De eldre fiskene brukte dessuten en større andel av substrattilbudet. Den ensomrige ørreten brukte områder hvor bunnen besto av fin til grov grus, men med hovedvekt på sistnevnte substrat (klasse 8). De fleste tosomrige ørretene ble registrert i områder med bunnen bestående av grov grus til stein. Den beste substratklassen for den tosomrige ørreten var små stein (klasse 9). De fleste av den eldre ørreten ble tilsvarende observert i områder hvor bunnen består av små - til stor stein. Den mest fremtredende substratklassen for den eldre ørreten var stein (klasse 10).



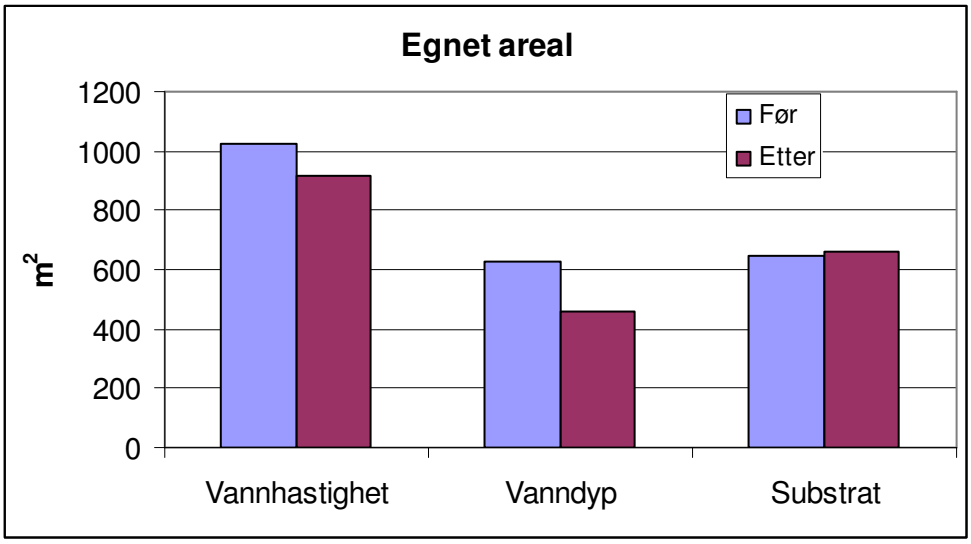
Figur 26. Type substrat registrert under ensomrig- (svarte søyler), tosomrig- (grå søyler) og eldre ørret (åpne søyler) i terskelbassenget.

9.4.6 Endringer i egnet areal

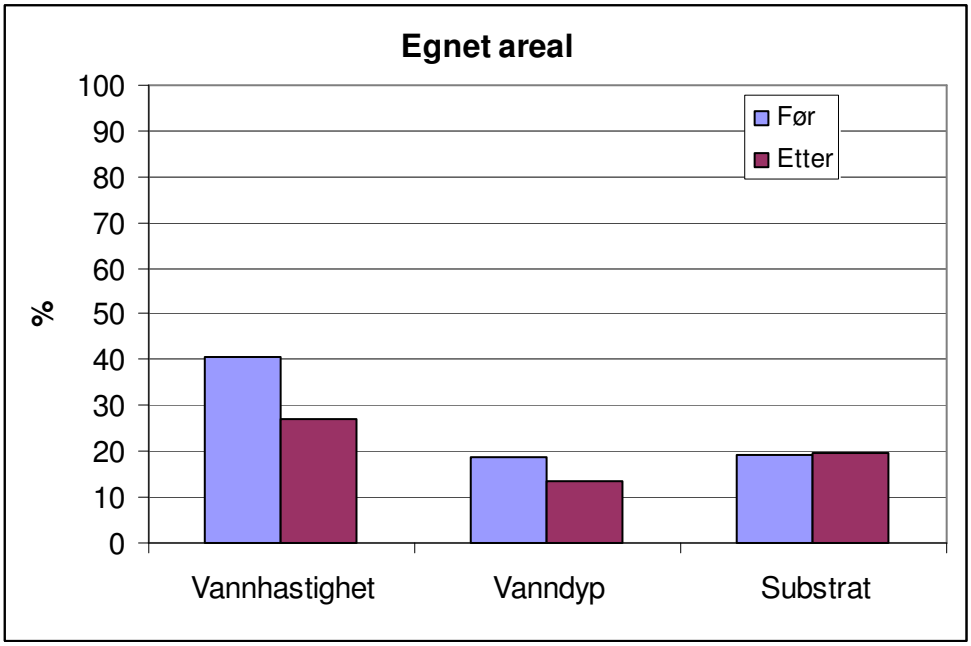
Terskelen førte til at vanndekket areal ved lavvannføring, 5 $m^3 s^{-1}$, økte fra 2510- til 3393 m^2. Hvilke konsekvenser dette har hatt for 0+ og eldre ørret med hensyn på endringer av vannhastighet, vanndyp og substrat er vist i figurene 7 – 10. For 0+ ørret har egnet areal med hensyn på vannhastighet og vanndyp blitt litt mindre etter terskelbyggingen (**figur 27**). Arealet med egnet substrat har økt marginalt. Figur 28 viser andel av arealet i prosent som er egnet for 0+ før og etter terskelbygging Her går det frem at andelen med gunstig vannhastighet og vanndyp for 0+ går ned, mens arealet med egnet substrat i praksis er uendret. Det siste betyr at bunnforholdene i det neddemte arealet har samme substrat som i det øvrige bunnarealet. Totalt sett har forholdene for 0+ blitt litt dårligere etter terskelbyggingen.

Forholdene for eldre ørret har bedret seg betydelig (**figur 29**). Arealet med egnet vannhastighet har økt ca. 3,5 ganger, mens arealet med gunstig vanndyp er mer enn fordoblet. Arealet med gunstig substrat har økt proporsjonalt med neddemt areal. Før bygging av terskelen hadde 25 prosent av arealet gunstig vannhastighet for eldre fisk, se figur 30. Etter byggingen var tilsvarende andel 67 prosent. For Vanndyp er prosentverdiene for før og etter henholdsvis 21- og 47, mens verdiene for substrat er 15- og 23 prosent. Dette viser at eldre ørret har fått betydelige forbedringer med hensyn på fysiske forhold etter terskelbygging.

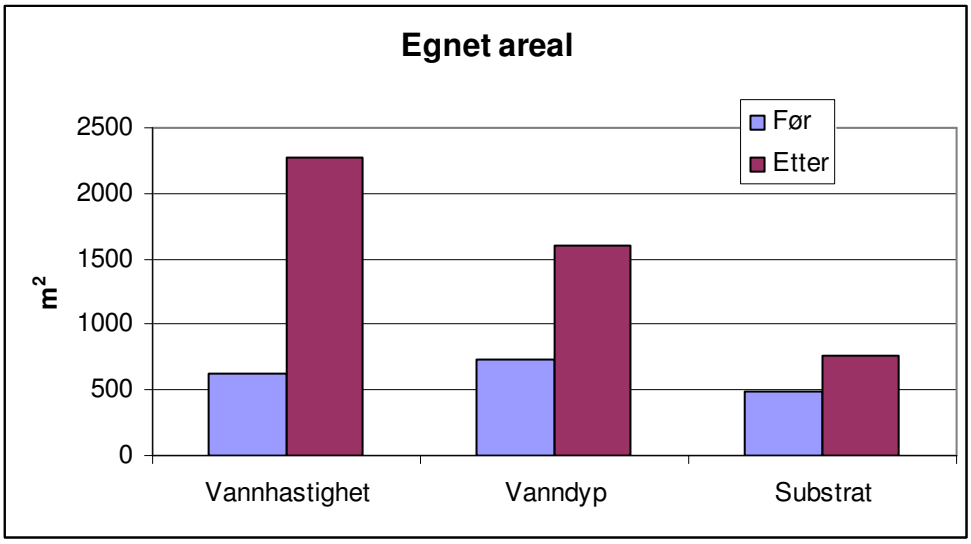
For alle aldersgruppene er vintersituasjonen forbedret med betydelig redusert dødelighet forårsaket av frost.



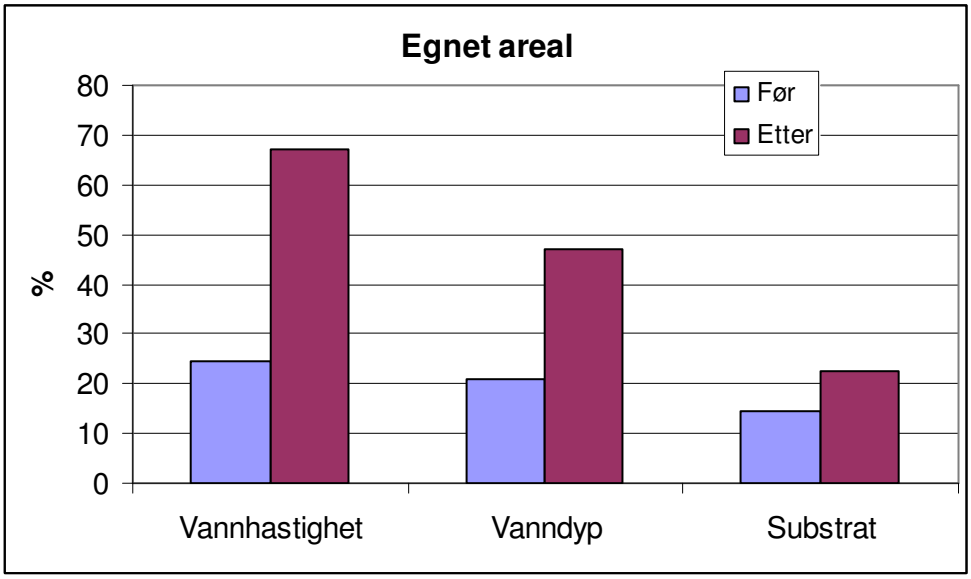
Figur 27. Areal med egnet vannhastighet, vanndyp og substrat før og etter terskelbygging for 0+ ørret.



Figur 28. Andel av areal i prosent med egnet vannhastighet, vanndyp og substrat før og etter terskelbygging for 0+ ørret.



Figur 29. Areal med egnet vannhastighet, vanndyp og substrat før og etter terskelbygging for eldre ørret.



Figur 30. Andel av areal i prosent med egnet vannhastighet, vanndyp og substrat før og etter terskelbygging for eldre ørret.

9.5 Diskusjon og evaluering

Økningen av ørret i terskelbassenget var ca. 3,5 ganger etter 5 år. Dette skyldes mest sannsynlig at mer gunstig habitat ble tilgjengelig, spesielt vannhastighet og vanndyp for eldre fisk. Dette er i overensstemmelse med at arealet med egnet leveområder for tosomrig og eldre ørret med hensyn på vannhastighet nesten er firedoblet. Tilsvarende har egnet leveområde med hensyn på vanndyp blitt mer enn doblet, mens gunstig substrat økte fra 493 - til 768 m^2. Samlet sett har endringene både i habitatkvalitet og kvantitet for eldre ørret medført et betydelig økt produksjonspotensiale på strekningen etter terskelbyggingen.

Produksjonspotensialet for 0+ viste en negativ utvikling i gunstig habitat. På den annen side kan en forvent mindre dødelighet blant disse fiskene grunnet mindre risiko for tørke og

innfrysing. 0+ produksjonen er derfor neppe noen flaskehals når det gjelder å få fylt opp bæreevnen i terskelbassenget.

De registrerte vannhastighetene for eldre årsklasser av ørret i terskelbassenget, er i overensstemmelse med andre registreringer (Shirvell & Dungey, 1983; Rincón & Lobón-Cerviá, 1983; Heggenes & Saltveit 1990). Imidlertid finnes det lite eller ingen litteratur på målte vannhastigheter for ensomrig ørret. Undersøkelsene i Modalen er derfor med på å utfylle kunnskapen om preferanser ensomrig ørret har til vannhastighet.

Liten ørret blir generelt funnet i grunnere områder og med lavere vannhastighet i vannsøylen enn større ørret (Heggenes, 1988a; Heggenes & Saltveit, 1990; Heggenes mfl. 1996; Maki-Peytas et al., 1997). Tilsvarende resultater ble registrert i terskelbassenget, og styrker resultatene med at ulike årsklasser av ørret har ulike preferanser for vannhastighet og vanndyp. Årsaker til dette er bl.a. at større ørret utøver en interaktiv segregasjonseffekt på mindre ørret (Bohlin, 1977; Bardonnet & Heland, 1994) og at tilgjengeligheten av dypere vann i små elver kan være begrensende for tetthet av eldre ørret enn i større vassdrag (Baldes & Vincent, 1969; Kennedy & Strange, 1982).

Liten ørret er funnet over eller i substrat med mindre kornstørrelse enn i substrat valgt av større ørret (Heggenes, 1988a; Heggenes & Saltveit, 1990; Ekløv mfl., 1999). For alle aldersklasser gjelder at ørret unngår områder med for fin grus eller sand hvor de ikke kan gjemme seg. Undersøkelsene i Modalen har foreløpig ikke gitt substratendringer som påvirker egnetheten til ørret. Det kan forventes sedimentering av finere partikler. Hyppigheten av ”spyleflommer” vil avgjøre om substrat kvaliteten vil endre seg i fremtiden.

9.6 Konklusjoner

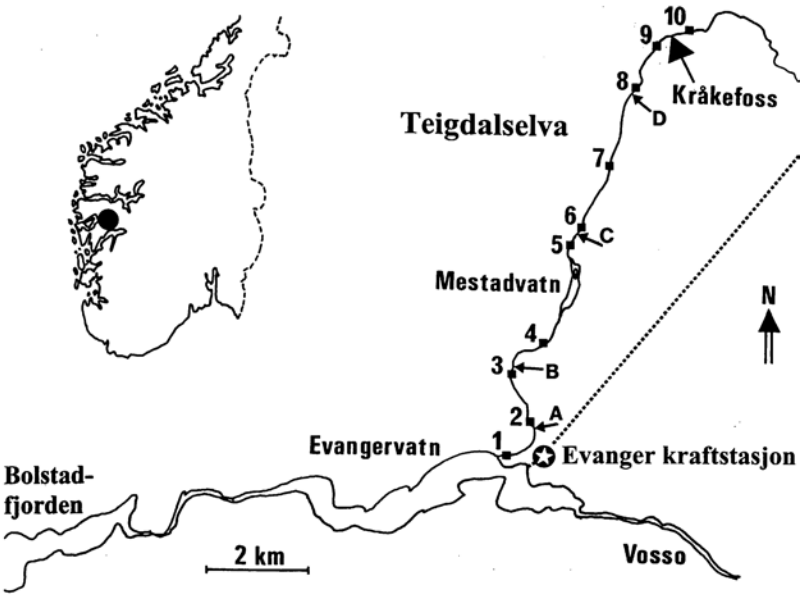
- Landskapsestetisk kan en si at er tersklene i Modalen er bygd for rette.
- Tersklene har så langt vært stabile selv etter nedbørsrekorder høsten 2005.
- Tersklene ble bygd for å bedre forholdene for fisk og for å kunne studere fiskens bruk av ulike habitat. For dette har en benyttet habitatmodeller (i Vassdragsmodellen). Terskelbyggingen har vært positiv for fisk eldre enn 0+. Det har vært mulig å studere hvordan ulike aldersklasser av ungfisk har brukt terskelbassenget med hensyn på vannhastighet, vanndyp og substratforhold. Videre hvordan disse forholdene har endret seg fra situasjonen før terskelbyggingen til etter byggingen.
- Egnede produksjonsareal for ungfisk > 0+ har samlet sett økt betydelig og gitt 3,5 ganger så mye fisk etter 5 år.

10 Evaluering av terskler i Teigdalselva, 062.BZ

10.1 Vassdragsbeskrivelse

Beliggenhet	Voss, Hordaland
Nedbørfelt	147,5 km^2
Vernebestemmelser	Del av et nasjonalt laksevassdrag
Kraftutbygging	Øvre del overført til Evanger kraftverk. – 1435 GWh
Middelvannføring	Ukjent
Minstevannføringsbest.	Ingen
Andre typer inngrep	Tidligere uttak av løsmasser fra elveleiet
Andre forhold	Kalket med skjellsand fra 1994

Elva er laks- og sjøørretførende i ca. 10 km fra Evangervatnet til Kråkefossen (**figur 31**). BKK fikk konsesjon til å regulere felter i den øvre delen av Teigdalsvassdraget, Eksingedals-



Figur 31. Kart over Teigdalsvassdraget med stasjonsnett. Terskler er merket A – D.

vassdraget og Modalsvassdraget ved kgl. res. av 4. mars 1966. Den første fasen av reguleringen skjedde i 1969. Det er senere utført en del mindre tilleggsreguleringer. Fallet mellom Volavatn øverst i Teigdalen og inntaksstunnelen er utnyttet i Oksebotn kraftverk. Etter reguleringen er vannføringen i Teigdalselva redusert ca. 70 % på årsbasis ved Kråkefoss. Ved utløpet til Evangervatnet er den redusert 45 %. Vannstandsvariasjonene kan være brå og store, og vannføringen kan synke ned mot 0,1 $m^3 s^{-1}$ i perioder med liten avrenning. Store partier av elvas lakseførende del renner gjennom en flat dalbunn og er karakterisert av et ensartet, fint substrat. Mestadvatnet (figur 31) er det eneste vatnet i den anadrome delen av Teigdalselva.

10.2 Terskler og tiltak

Type terskler	Løsmasseterskler
Antall og byggeår	4, Byggeår 1995
Største dyp terskelbasseng	Basseng B: Ca. 2 m Basseng C: < 1 m
Andre tiltak	Utlegging av stein på strykstrekninger med fint substrat
Strekning som omfattes av vurderingen	2 Terskler i elvas nedre del Basseng B: Ca. 150 m lengde, maks. 20 m bredde Basseng C: Ca. 100 m lengde, maks. 20 m bredde

Utdypende kommentarer:
Sjøørretbestanden i Teigdalselva ble kraftig redusert etter reguleringen. Hovedårsaken til dette var at vannføringen i perioder var svært lav etter reguleringen (Fjellheim mfl. 1994). En annen årsak var endringer i elvebunnens morfologi. Store mengder grov stein ble fjernet og brukt som fyllmasser i anleggsveier. Dette skapte et finkornet substrat som gav dårlig skjul for eldre fiskeunger (Fjellheim mfl. 1998a, 1998b). Som en konsekvens av dette etablerte BKK i 1995 fire terskler i elva (**figur 31, 32**). I tillegg ble det lagt ut stein i et forsøksfelt.

Det er ikke utført undersøkeler eller befaringer for å vurdere landskapsestetikk, satbilitet og massetransport.

10.3 Ferskvannsbiologiske undersøkelser

10.3.1 Utførte undersøkelser, metode og målsetting

Det er utført en fiskeribiologisk vurdering av tidligere utsettingsprogram 1991 – 1997 og utført ungfisktellinger på fire stasjoner i forbindelse med overvåkingen av Vossovassdraget. Videre er det foretatt årlige gytefisktellinger fra 1991. For bunndyrundersøkelser er det etablert en lokalitet i Teigdalselva som blir prøvetatt i forbindelse med kalkingsovervåkingen av Vossovassdraget.

10.3.2 Fiskeribiologisk vurdering av etablerte terskler

For å teste hypotesen om at elvas bæreevne var dekket opp ved naturlig rekruttering, ble settefiskprogrammet stanset i 1996 og 1997. I begge disse to årene ble det foretatt fiske-tellinger i to av terskelbassengene, Forvoren og Fasteland (B og C, figur 31). Resultatene fra disse to årene er presentert av Fjellheim mfl. (1998, 2003). Fisketellingene ble utført med not (**bilde 22 og 23**). Tettheten ble beregnet etter fangst/gjenfangstmetoden. Bassengene er av-fisket på lave vannføringer ved bruk av en 40 x 2 m not med maskevidde 5 mm. Det ble tatt tre notdrag i basseng B, Forvoren og to notdrag i basseng C, Fasteland.

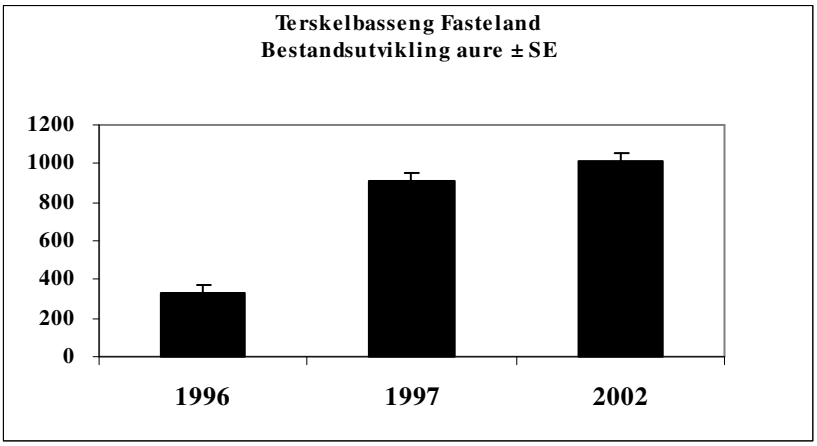
Bilde 22. Trekking av not i basseng C Fasteland. Legg merke til notposen i enden av nota.

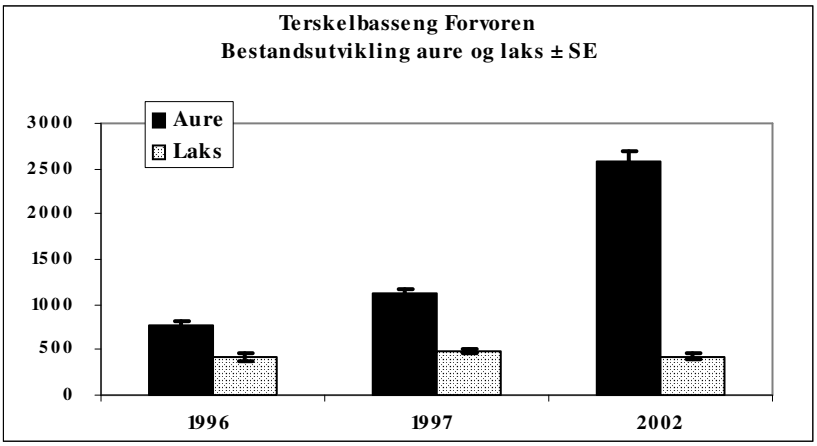
Bilde 23. Notposen tømmes.

Nota viste seg å være svært effektiv i de aktuelle terskelbasseng. Fangstene i ti notkast i 2002 varierte fra 135 til 526 fisk. Fisken ble bedøvet, artsbestemt og lengdemålt. All fisk ble merket med klipping av ytterste spissen av bukfinnen og satt tilbake der de var fanget. Gjenfangst ble utført påfølgende døgn etter samme prosedyre som fangsten dagen i forveien. Tettheten er beregnet ved bruk av umodifisert Petersen beregningsformel, N=mc/r, der N er bestandsestimatet, m antall merket, c totalt antall fanget i gjenfangstforsøket og r er antall merket i gjenfangsten.

Bestandsestimatene viste at bestandene av ørret i de to undersøkte bassengene hadde økt fra 1996 til 2002 (**figur 32**). I terskelbassenget på Forvoren (B, figur 31) hadde bestanden av ørret økt fra 779 ± 33 i 1996 til 2587 ± 108 i 2002, en økning på 332 %. Terskelområdet på Fasteland (C, figur 31)viste en lignende utvikling, fra 327 ± 43 i 1996 til 1014 ± 37 i 2002, en økning på 310 %.

I terskelbassenget på Forvoren er det også en betydelig bestand av lakseunger. Denne har. I motsetning til ørreten vært noenlunde konstant, henholdsvis 410 ± 43, 489 ± 29 og 428 ± 38 laks i årene 1996, 1997 og 2002.

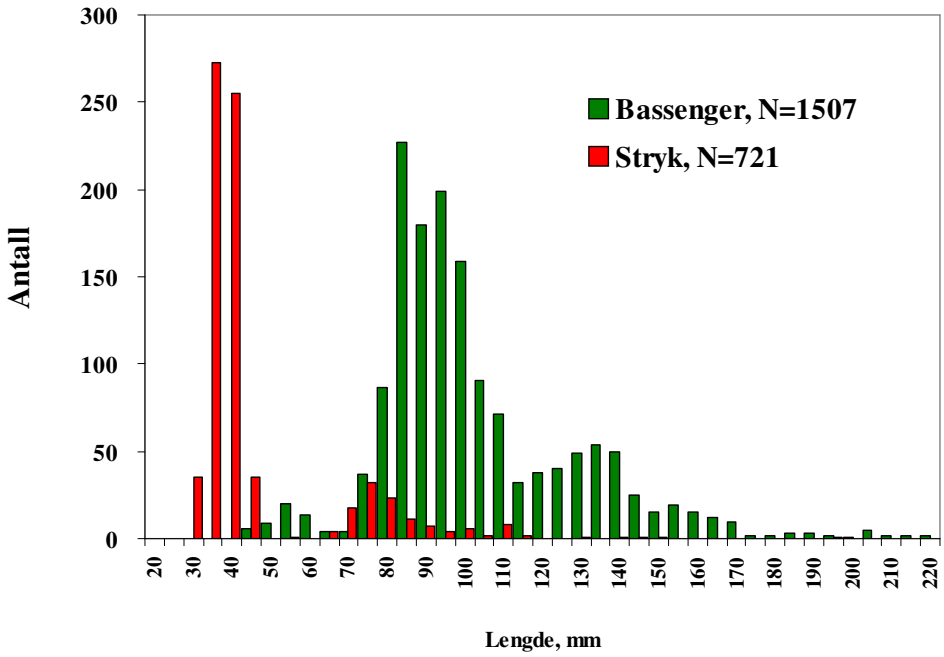




Figur 32. Bestandsutvikling av ungfisk av ørret og laks i de to undersøkte terskelbasseng i perioden 1996 – 2002.

Lengdefordelingen av fisk i terskelbassengene i 2002 viser at bestandene stort sett bestod av fisk større enn 7 cm (**figur 33**). Det ble fanget noe 0+ ørret i terskelbassenget på Fasteland. Fangbarheten av 0+ er mindre i noten, men visuelle observasjoner av yngel i bassengene bekrefter at bestanden hovedsakelig bestod av større fisk.

En sammenligning mellom lengdefordelingen av ørret i bassengområdene og lengde-fordelingen på strykstrekningene (figur 5) viser at de to habitattypene skiller yngel og eldre fisk.



Figur 33. Sammenligning av størrelsesfordelingen av ørret på strykstrekninger og i terskel-basseng i Teigdalselva.

10.4 Diskusjon og evaluering

Det hadde skjedd en betydelig bestandsoppbygging av ungfisk av ørret i begge bassengene, sammenlignet med tettheten før terskelbygging. Et av terskelbassengene hadde høye tettheter av laks og ørret. Det andre hadde en stor bestand av ørret. Større fiskeunger (1+ og eldre.) dominerte i terskelbassengene mens de tilhørende strykstrekninger var dominert av årsyngel. De biotopjusteringer som er foretatt i Teigdalselva, spesielt terskelbyggingen, har bidratt til å øke bestanden av eldre fiskeunger i vassdraget. En viktig grunn til dette er også at ungfisk i tersklene i langt mindre grad vil fryse inne eller dø på annen møte i lavvannsperioder. I andre deler av elva vil dette være et utstrakt problem, men det er ikke utført undersøkelser for å tallfeste innefrysing, stranding m.m.

Resultatene fra Teigdalselva er oppløftende, ikke bare med hensyn til de økte mengdene av større ungfisk i elva. Også gytebestanden av sjøørret er i framgang. Dette gir også positive ringvirkninger til sportsfisket.

10.5 Konklusjon og anbefalinger

- I Teigdalselva skjedde det en betydelig bestandsoppbygging av ungfisk av ørret i de to undersøkte terskelbassengene sammenlignet med tettheten før terskelbygging. Det finnes noen strekninger i den øvre delen, mellom Mestadvatnet og Kråkefoss, som er velegnet for framtidig terskeletablering, og elva har sannsynligvis et ennå større potensial for produksjon av ungfisk. Slike terskler må planlegges nøye.

11 Evaluering av terskler og bunn-justeringer i regulerte elver basert på erfaringer fra utvalgte midtnorske og vestnorske elver

11.1 Tradisjonelle terskler (løsmasseterskler, betong-terskler, tretersklер, syvdeterskler)

Terskler har vært et populært og på mange måter effektivt hjelpemiddel for å bedre de estetiske og biologiske forholdene i regulerte elver. Det har vært bygget hundrevis av terskler av mange forskjellige årsaker og av forskjellige aktører. Dette har vært viktig og har medvirket til økt oppmerksomhet på forholdene i de regulerte elvene.

Virkningen av terskler er evaluert gjennom en rekke prosjekter (se kap. 1). Erfaringene fra gjennomgangen av terskler i noen midtnorske og vestlandske vassdrag viser at det er behov for noe nytenking når det gjelder utforming, og at man nå i større grad vurderer mindre/lavere terskler kombinert med elvebunnjusteringer der dette er mulig. Celleterskler er en ny type terskel som i seinere år er bygd i flere sørnorske vassdrag, men foreløpig ikke i midtnorske eller vestlandsvassdrag.

Terskler og andre tiltak i elvene kan være utsatt for sterke krefter (store vannhastigheter, is, erosjon, massetransport). I tillegg skal tersklene ha en funksjon og være best mulig tilpasset elvelandskapet. Det har vært fokusert mye på det vassdragstekniske og delvis også opplegg for fiskevandring, men i mindre grad på den landskapsestetiske siden med terskler. De nyeste tersklene evaluert i denne rapporten, i Dalåa og Tevla i Meråker, er forsøkt bygget i henhold til utarbeidete skisser hvor både plasseringen og utformingen ble tillagt betydelig vekt. I tillegg ble maskinkjørerne ”kurset” i startfasen slik at de visste hva vi mente og de så selv hvordan arbeidet skulle utføres. Dette ga gode resultater.

Betongterskler har i stor grad blitt bygget der det er fjell i terskelprofilet. Vi har sett at det er et forbedringspotensiale mtp. form og farge. Betong kan gis fargetilsetning slik at den blir mer lik den lokale steinen i farge. I tillegg kan det også noen steder være aktuelt å legge inn synlig stein i betongen.

Terskler av treplank er benyttet spesielt der terskelen ligger langt unna veg. Tretersklер er vanskelig å tilpasse elvelandskapet og blir mer en etterligning av tidligere tiders fløtnings-innretninger i elvene. Der det er mulig bør man velge godt formet og farget betongterskler. Disse kan også lettere tilpasses eventuelle behov for fiskepassasje.

Terskelbasseng vil stort sett fungere som sedimentfeller. I elver med stor sedimenttransport må man forvente hyppig tømming av bassenget for løsmasser der både dybden og substratet i bassenget er viktig for fisk, bading etc.

Bunndyrundersøkelser foretatt både på strykstrekninger og i terskeldammer viser at det skjer store endringer både i biomasse og artsmangfoldet i regulerte elver med sterk reduksjon i vannføringen. Særlig i områder hvor det etableres terskler skjer det en suksesjon i utviklingen av bunndyrsamfunnet med store omveltninger i artsmangfoldet. Noe av disse endringene kan forklares ut fra endringene i vannhastighet og tilgjengelig næring, mens andre endringer er knytta til endringer i substrat og næring, eksempelvis ved sedimentasjon av finere masser på bunnen i terskelbassenger. For å kunne opprettholde noe av artsmangfoldet knytta til rennende vann er det viktig at også formingen av strykstrekninger gis prioritet (se kap. 11.2) og at en tar vare på variasjonen i strykområder ved plassering og bygging av terskler.

For å bevare fiskebestandene i sterkt regulerte elver har tersklene i stor grad fungert etter hensikten. Mengden av ørret har økt i forhold til økningen av egnet habitat for eldre årsklasser. For årsyngel har egnet areal sannsynligvis endret seg lite, men mengden av årsyngel er trolig ikke en flaskehals for andelen av eldre fisk. Dette skyldes at dødeligheten på 0+ vanligvis er meget stor og at terskeldammer reduserer sjansen for innfrysing og tørrlegginger. Det betyr at en større andel av årsyngelen kan overleve og danne grunnlag for eldre fisk som har fått økt sitt leveområde med terskelbygging. For laks ser det derimot ut til at det er viktig å bevare strykområder med nok skjul i kombinasjon med terskler.

Tersklene i Litledalselva hadde ingen begrensende effekt på sjøørettens fordeling oppover elva ved gyting, men flere andre undersøkelser har vist at passering av kraftverksutløp, dammer og terskler kan være vanskelige hindre for oppvandrende laks, sjøørret og innlandsørret. Foruten å bygge tersklene lave med konsentrert vannstrøm, kan manipulering av vannføring i enkelte tilfelle være et egnet tiltak for å lette vandringen forbi slike hindre, men undersøkelsene viser at det sjelden finnes enkle terskelverdier og sammenhenger mellom vannføring og vandring. I tillegg viser ørret stor variasjon i livsformer og livshistorie, noe som tilsier at tiltak for å lette vandringene må tilpasses de enkelte bestander og lokale forhold.

Det anbefales at studier av sedimenttransport, sedimentering og økologiske effekter blir prioritert i fremtiden. En bør her benytte terskelområder hvor det foreligger gode studier fra tidligere. Det bør være terskler som har vært stabile uten nevneverdige skader. Slike studier vil trolig bli mer og mer aktuelle siden en kan forvente større og hyppigere flommer forbundet med klimaendringer. ”Spyleflommenes” effekt på sedimentering og sedimenttransport vil gi viktig informasjon om en terskels ”levetid” og hvordan arealene eventuelt endrer seg med hensyn på egnethet både for bunndyr og fisk.

11.2 Steinsetting, bunnjustering og kulpgraving

For å kunne bevare mest mulig av det opprinnelige artsinventaret i regulerte elver er det viktig å opprettholde en god andel av strykstrekninger. Til nå har det vært mye fokus på terskler, mens strykstrekninger mellom tersklene ikke har fått samme oppmerksomhet. For å kunne opprettholde visse partier med fortsatt god vannhastighet, er det viktig å samle de små vannføringene i partier med passende fallforhold. Foruten at dette skaper habitater for strømelskende bunndyrarter, vil det også forbedre muligheten for fiskevandring på små vannføringer.

Det er i de seinere årene utført flere biotopjusterende og bunnstabiliserende tiltak i form av steinutlegging og bunnplastring. Dette gir en betydelig positiv effekt på tettheten av laks- og ørretunger, mest fordi en øker mengden skjulplasser og sannsynligvis vinteroverlevelsen

(Brittain et al. 1993). Også steinsetting med stor blokk i Gaula og Søya ga en korttidseffekt med bedre tettheter av laks- og ørretunger (Bremset et al. 1993) og steinsetting i Gråelva i Stjørdal har gitt gode oppvekstområder for ungfisk, særlig ørret (Jonsson & Jonsson 1997). For flere av disse tiltakene har det imidlertid vært vanskelig å opprettholde den positive effekten over tid fordi steinsettingene ble gjenøret med sedimenter (Brittain et al. 1993, Taugbøl 1994). I Dalåa er vassføringa redusert ca. 80 % og tilførselen av masser via sidebekker vurderes som svært liten. Resultatene fra Dalåa viser at selv i regulerte elver med liten massetransport foregår en gjenøring av slike tiltak, noe som krever jevnlig vedlikehold. I Dalåa var tetthetene betydelig redusert ti år etter at steinutleggingen ble gjennomført. Det er imidlertid liten erfaring med langtidsvirkninger av slike biotopjusterende tiltak i elver med minstevannføring, og spesielt er det liten erfaring med hvordan slike tiltak skal vedlikeholdes for å gi en langsiktig, positiv effekt. Slike tiltak er best egnet i elver med redusert, relativt stabil vannføring og liten massetransport. Undersøkelsene både i Søya, Gaula og Stjørdalselva viser at erosjonssikring med grov stein i elvesidene kan gi forbedra ungfiskhabitater, spesielt for ørret (Hvidsten & Johnsen 1992, L'Abée-Lund & Heggberget 1995, Arnekleiv & Rønning 1997).

Plastring av elvebunnen med grovt steinmateriale skaper imidlertid ofte en kontrast med tanke på utseende (endring av substrat, farge, lysbrytning). Dersom bunnplastringen holdes til de djupeste partiene i elveløpet vil dette forholdet minimaliseres. Utlegging av store steiner på bunnplastringen vil være et hjelpemiddel for å minske sedimentering av finere substrat, men undersøkelser både i Søya og Gaula viser at i elver med betydelig massetransport vil slike tiltak gjenøres over tid (Hvidsten & Johnsen 1992, Bremset et al. 1993, Brittain et al. 1993). Også for slike tiltak vil det være behov for mer inngående studier av fluviale prosesser og de økologiske virkningene av eventuelle hyppigere og større flommer. Spesielt vil det være behov for å utvikle metoder for hvordan slike tiltak skal vedlikeholdes for å opprettholde de positive effektene for fiskeproduksjon over lang tid.

12 Konklusjon og anbefalinger

Terskler et godt hjelpemiddel for å bedre de estetiske og biologiske forholdene i sterkt regulerte elver. Dagens erfaringer tilsier at mange steder bør man vurdere mulighetene for elvebunnjusteringer istedenfor eller i kombinasjon med færre og lavere terskler.

I tillegg til at terskler skal bygges for å tåle påkjenningene fra store vannhastigheter, isganger, erosjon og massetransport, skal de planlegges og bygges slik at de blir en mest mulig naturlig del av elvelandskapet. Landskapsarkitektkompetanse må anvendes i tillegg til vassdragsteknikk og biologi.

For å bevare fiskebestandene i sterkt regulerte elver har tersklene i stor grad fungert etter hensikten, spesielt for ørret. Tersklene øker vanndekt areal og leveområdet for spesielt eldre ørret forutsatt tilstrekkelig vanndyp og forekomst av skjul (f.eks. steinbunn). Terskler kan imidlertid virke forsinkende på fiskens vandring. Foruten en konsentrert vannstrøm over terskelkrona er variasjoner i vannføring vanligvis den viktigste faktoren for å sikre fiskevandringen, men det er sjelden funnet enkle terskelverdier for vannføring relatert til fiskevandring.

For å kunne opprettholde noe av artsmangfoldet knytta til rennende vann er det viktig at også formingen av strykstrekninger gis prioritet og at en tar vare på variasjonen i strykområder ved plassering og bygging av terskler.

Biotopjusterende og bunnstabiliserende tiltak i form av flatterskler (steinutlegging, bunnplastring), strømkonsentratorer og kulpgraving har gitt større variasjon i fiskehabitater og økt ungfisktettheten av laks og ørret. Det er imidlertid liten erfaring med langtidsvirkninger av slike biotopjusterende tiltak i sterkt regulerte elver, og spesielt er det behov for mer kunnskap og metoder om hvordan slike tiltak skal formes og vedlikeholdes for å gi en positiv effekt også på lang sikt. Det anbefales at studier av sedimenttransport, sedimentering og økologiske effekter blir prioritert i fremtiden. En bør her benytte terskelområder hvor det foreligger gode studier fra tidligere. Slike studier vil trolig bli mer og mer aktuelle siden en kan forvente større og hyppigere flommer forbundet med klimaendringer.

13 Litteratur

Andersen, T.F, og Kleiven E. 1988. Forandringer i ørretbestanden ved Ekse fra 1976 til 1983. Informasjon nr. 29 fra Terskelprosjektet, NVE-Vassdragsdirektoratet: 1-48.

Andersen, T.F., Fjellheim, A., Karlsen, L.R. & Raddum, G.G. 1986. Variations in density of a population of brown trout (*Salmo trutta* L.) and its relation to food resources in a regulated West Norwegian river. - Pol. Arch. Hydrobiol. 33: 463-474.

Arnekleiv, J.V. 1988. Fiskebestand og bunndyr i Nea etter bygging av terskler. Terskelprosjektet - Biotopjusteringsprosjektet. Informasjon nr. 28: 1-35.

Arnekleiv, J.V. 1992. Biotopjusterende tiltak i Søya – effekter på bunndyr. Vitenskapsmuseet, Notat: 1-22.

Arnekleiv, J.V. 1992. Fiskebestanden i Nedre Nea 1987-90 og vurdering av skadevirkninger av Nedre Nea kraftverk. Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1992-1: 1-41.

Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 1994. Gytevandring hos innsjølevende ørret i Gudbrandsdalslågen og Nea. EnFO, Fiskesympoiet 1994. Publikasjon nr. 26: 99-118.

Arnekleiv, J.V. & Rønning, L. 1997. Effekter av grusgraving på ungfisk og bunndyr i Gaula, Sør-Trøndelag. – Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1997-5: 1-36.

Arnekleiv, J.V. & Rønning, L. 2004. Migratory patterns and return to the catch site of adult brown trout (*Salmo trutta* L.) in a regulated river. River Research & Applications 20: 929-942.

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 Zoologisk rapport 2005, 1: 1-29.

Arnekleiv, J.V., Hellesnes, I., Lindstrøm, E.A. & Bongard, T. 1997. Vannkvalitet, begroing og bunndyr i Nea 1993-1995. Del II. Forholdene etter regulering. – Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1997-10: 1-46.

Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Rønning, L. og Koksvik, J. 2002. Fisk, bunndyr og minstevannføring i elvene Tevla, Torsbjørka og Dalåa, Meråker kommune. Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2002, 5: 1-90.

Baldes, R. J. & Vincent, R. E. 1969. Physical Parameters of Microhabitats Occupied by Brown Trout in an Experimental Flume. Trans. Am. Fish. Soc. 98: 230-238.

Bardonnet, A. & Heland, M. 1994. The influence of potential predators on the habitat preferenda of emergingbrown trout. J. Fish. Biol. 45 (Supplement A): 131-142.
Bohlin, T. 1977. Habitat selection and intercohort competition of juvenile sea-trout *Salmo trutta*. Oikos. 29: 112-117.
Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. & Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing. Theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173: 9-43.
Bongard, T., Arnekleiv, J.V. & Solem, J.O. 1994. Bunndyr og fisk I Rotla før og etter regulering. II Etter regulering. Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1994-9: 1-29.
Bremset, G., Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G & Johnsen. B.O. 1993. Forbedring av oppvekstområder for laksefisk i Gaula. NINA Forskningsrapport 41: 1-18.
Brodtkorb, E. M., Arnekleiv, J.V. & Haug, J.V. 1995. Fiskebiologiske undersøkelser i Tevla og Skurdalsvolldammen før regulering og de to første årene etter regulering. Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 1995-4: 1-30.
Brittain, J.E. & LÀbèe-Lund, J.H. 1993. Biotopjusteringsprogrammet – status 1992. NVE Publikasjon nr. 15, 1993.
Brittain, J.E., Saltveit, S.J., Arnekleiv, J.V., Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1993. Steinsetting i vassdrag, virkning på bunndyr og fisk. s. 511-533 i Faugli, P.E., Erlandsen, A. & Eikenæs, O (red.): Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak – en kunnskapsoppsummering. NVE Publikasjon nr. 13 1993, Bind 2.
Eie, J.A. & Brittain, J.E. 1990. Biotopjusteringsprogrammet – Status 1988. NVE publikasjon nr. 28: 1-54.
Eie, J.A., Brittain, J.E., Eie, J.A. 1995. Biotopjusteringstiltak i vassdrag. NVE, Kraft og miljø 21: 1-79.
Eklöv, A. G., Greenberg, L. A., Brönmark, C., Larsson, P. & Berglund, O. 1999. Influence of water quality, habitat and species richness on brown trout populations. J. Fish. Biol. 54: 33-43.
Evensen, T.H. 1981. Ørretvandring i øvre del av Eksingedalselva. - Informasjon nr. 12 fra Terskelprosjektet, NVE-Vassdragsdirektoratet: 1-37.
Fagerlund, K.H. & Grundt, Ø. 1997. Fou-prosjekter 1994-1996 innen vassdrags- og energisektoren. NVE publikasjon 11: 1-106.
Faugli, P.E., Erlandsen, A.H. & Eikenæs, O. 1993. Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak – en kunnskapsoppsummering. NVE Publikasjon 13, 1-2: 1-639.
Fjellheim, A. 1993. Tersklers virkning på miljøet i regulerte vassdrag. s. 484-510 i Faugli, P.E., Erlasndsen, A. & Eikenæs, O (red.): Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak – en kunnskapsoppsummering. NVE Publikasjon nr. 13 1993, Bind 2.
Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1994. Stocking experiments with wild brown trout (Salmo trutta) from a regulated river in two mountain reservoirs. - In: Rehabilitation of inland fisheries (I. G. Cowx, ed.). Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications, Oxford: 268-279.
Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1996. Weir-building in a regulated West Norwegian river: Long term dynamics on invertebrates and fish. - Regulated Rivers: Research and management 12: 501-508.
Fjellheim, A., Barlaup, B.T. & Raddum, G.G. 1998a. Oppfølgende fiskeribiologiske undersøkelser i Teigdalselva – En evaluering av tiltak for å styrke fiskebestandene. - Lab. for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske, Bergen, Rapport nr. 100.
Fjellheim, A., Barlaup, B.T., & Raddum, G.G. 1998b. Biotopjusteringer som alternativ til fiskeutsetting – erfaringer fra Teigdalselva. EnFO - Fiskesymposiet 1998, Energiforsyningens fellesorganisasjon, Publikasjon nr. 281-1998: 113-121.

Fjellheim, A., Barlaup, B. T., Gabrielsen, S.E. & Raddum, G.G. 2003. Restoring fish habitat as an alternative to stocking in a river with strongly reduced flow. Ecohydrology and Hydrobiology 3: 17-26.

Fjellheim, A., Håvardstun, J., Raddum, G.G. & Schnell, Ø. 1992. Bunndyrstudier i Eksingedalselva ved Ekse. Effekter av økt vannføring på bunndyrsamfunnet. - Biotopjusteringsprosjektet. Rapport nr. 33. Norges Vassdrags- og Energiverk, Oslo.

Fjellheim, A., Raddum, G.G. & Barlaup, B. T. 1994. Fiskeribiologiske undersøkelser i Teigdalselva og Bolstadelva. Lab. for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske, Bergen, Rapport nr. 80.

Fjellheim, A., Raddum, G.G. & Barlaup, B.T. 1995. Dispersal, growth and mortality of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a regulated West Norwegian River. Regulated Rivers: Research and Management 10: 137-145.

Harby, A. & Arnekleiv, J.V. 1994. Biotope improvement analysis in the river Dalåa with the River System Simulator. Proceedings of the 1st International Symposium on Habitat Hydraulics, The Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway: 513-535.

Haugum, A. 1998. Fou-programmet "Etterundersøkelser". Sluttrapport. NVE Rapport nr. 24: 1-62.

Heggberget, T.G. 1982. Om laks og ørret i Skjoma etter regulering og terskelbygging. Informasjon fra Terskelprosjektet nr. 19: 1-70.

Heggberget, T.G. 1991. Utviklingen av bestanden av ungfisk i Skjoma etter regulering og terskelbygging. I Kroken, A. & Faugli, P.E. 1991 (red.). Etterundersøkelser i Skjoma. NVE Publikasjon nr. 14: 67-77.

Heggenes, J. 1988a. Effect of Experimentally Incresed Intraspecific Competition on Sedentary Adult Brown Trout (*Salmo trutta*) Movement and Stream Habitat Chioce. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 1163-1172.

Heggenes, J. 1996. Habitat selection by Brown trout (*Salmo trutta*) and young Atlantic Salmon (*S. salar*) in streams: Static and dynamic hydraulic modelling. Regulated Rivers: Research & Management. 12: 155–169.

Heggenes, J. & Saltveit, S. J. 1990. Seasonal and spatial microhabitat selection and segregation in young Atlantic salmon, Salmo salar L., and brown trout, *Salmo trutta* L., in a Norwegian river. J. Fish Biol. 36: 707–720.

Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1992. River bed construction: impact and habitat restoration for juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. Aquaculture and Fisheries Management 23: 489-498.

Hvidsten, N.A. & Johnsen, N.A. 1990. Virkninger på ungfisk ved biotopjusterende tiltak i Søya, Surnadal kommune. NINA Oppdragsmelding 041: 1-20.

Jonsson, N. & Jonsson, B. 1997. Effekter av strømhastighet og steinstørrelse i bunnsubstratet på fordelingen av øretunger i Gråelva, Nord-Trøndelag. NINA Oppdragsmelding 473: 1-13.

Karlsen, L. R. 1988. Næringsopptak hos ørret (Salmo trutta L.) i relasjon til næringstilbudet i den regulerte Eksingedalselva. - Informasjon nr. 30 fra Terskelprosjektet, NVE-Vassdragsdirektoratet: 1-51.

Kirkhorn, T., Gabrielsen, S-E. og Barlaup, B. 2005. Habitatprosjektet i Modalen – bruk av datamodeller for å optimalisere fiskeproduksjonen ved terskelbygging i regulerte vassdrag. BKK Rådgivning, Dokument-ID: 10218776: 1-46 + vedlegg.

Koksvik, J.I. 2004. Ørekyta har etablert seg i Nidelva. TOFA Årbok 2003/2004: 40-41.

Kroken, A. & Faugli, P.E. 1991. Etterundersøkelser i Skjoma. NVE Publikasjon nr. 14: 1-133.

L'Abée-Lund, J.H. & Heggberget, T.G. 1995. Density of juveile brown trout and Atlantic salmon in natural and man-made riverine habitats. Ecology of Freshwater Fish 4: 138-140.

Langeland, A. 1981 a.Prøvefiske i terskelbassenger i Nea i 1979 og 1980. Intern rapport, Terskelprosjektet. 1-20.
Langeland, A. 1981 b. Vurdering av konsekvenser for fiske og fiskebestand ved planlagt bygging av Nedre Nea kraftverk. LFI-rapport nr. 48: 1-19.
Langeland, A. & Haukebø, T. 1979. Ørret, lake og bunndyr i Nea før bygging av terskler. – Terskelprosjektet Informasjon nr. 9: 1-44.
Linnansaari, T., Stickler, M., Alfredsen, A., Arnekleiv, J.V., Cunjak, R., Fjeldstad, H.P., Halleraker, J. & Harby, A. 2005. Small-scale movements and beahviour by juvenile Atlantic salmon in relation to ice conditions in small rivers in Canada and Norway. Proceedings, 13th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers, Hanover, Germany, September 15-16, 2005.
Mellquist, P. 1985. Liv i regulerte elver. Terskelprosjektet. NVE. Kraft og miljø nr. 10: 1-120.
Mäki-Petäys, A., Muotka, T., Huusko, A., Tikkanen, P. & Kreivi, P. 1997. Seasonal changes in habitat use and preference by juvenile brown trout, *Salmo trutta*, in a northern boreal river. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 520–530.
Raddum, G. G. & Fjellheim, A. 1994. Biotopjusterende tiltak i Teigdalselva. - Lab. for Ferskvannsøkologi og Innlandsfiske, Bergen, Notat nr. 1/94.
Rincón, P. A. & Lóbob-Cerviá. 1983. Microhabitat Use by Stream-Resident Brown Trout: Bioenergetic Consequences. Trans. Am. Fish. Soc. 122: 575-587.
Rustadbakken, A., L'Abée-Lund, J.H., Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 2004. Reproductive migration of brown trout in a small Norwegian river stidied by telemetry. Journal of Fish Biology 64: 2-15.
Sæterbø, E., Syvertsen, L. & Tesaker, E. (red.) 1998. Vassdragshåndboka: håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø. Haugen Bok, Volda, 409 s.
Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 1997. Oppvandring hos radiomerket laks og sjøørret i Mandalsvassdraget i forhold til minstevannføring, terskler og kalking. NINA Oppdragsmelding 470: 1-41.
Øiangen, R. 2004. Rekolonisering av akvatiske insekter etter en forstyrrelse på to lokaliteter i Stjørdalsvassdraget – et felteksperiment. Cand.scient oppgave i ferskvannsøkologi. NTNU, Institutt for biologi 2004: 1-57.

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

Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring:

Nr. 1-02 Thomas Skaugen, Marit Astrup, Zelalem Mengistu, Bjarne Krokli: Lavvannføring - estimering og konsesjonsgrunnlag (28 s.)

Nr. 1-03 Eva B. Thorstad, Finn Økland, Nils Arne Hvidsten, Peder Fiske, Kim Aarestrup: Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag (51 s.)

Nr. 2-03 Per Ivar Bergan, Carsten S. Jensen, Finn R. Gravem, Jan Henning L'Abée-Lund, Anders Lamberg, Peder Fiske: Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjøørret (63 s.)

Nr. 1-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z) Rapport 1. Formål og metoder (67 s.)

Nr. 2-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis, Bjørn Frengstad: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 2. Materiale og feltmålinger (113 s.)

Nr. 3-04 Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong, Panagiotis Dimakis: Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 3. Grunnvannsmodellering (114 s.)

Nr. 4-04 Bjørn Ove Johnsen og Nils Arne Hvidsten: Krav til vannføring i sterkt regulerte smålaksvassdrag (68 s.)

Nr. 5-04 Torulv Tjomsland: Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor (25 s.)

Nr. 6-04 Svein Jakob Saltveit, Peder Fiske, Åge Brabrand, Harald Sægrov, Ola Ugedal: Bruk av fangststatistikk for å belyse effekt av endret vannføring på fisk (46 s.)

Nr. 7-04 Peder Fiske, Arne Johan Jensen: Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon. Fase 1 - Evaluering av presmoltsammenhenger (30 s.)

Nr. 1-05 Hans-Petter Fjeldstad, Tharan Fergus, Nils Reidar Bøe Olsen: Habitatforbedrende tiltak - geomorfologiske prosesser, sedimenttransport, erosjon og simulering av optimale forhold for fisk (34 s.)

Nr. 2-05 Åge Brabrand, Trond Bremnes, Svein Jakob Saltveit, Andreas G. Koestler, Jim Bogen: Økologisk betydning av grunnvann for bunndyr og fisk (64 s.)

Nr. 3-05 Gunnar G. Raddum, Arne Fjellheim, Gaute Velle: Populasjonsstrukturen hos bunndyr i Aurlandselva i relasjon til endringer i vannføring og temperatur (48 s.)

Nr. 4-05 Arve Misund, Hervé Colleuille, Oddmund Soldal: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom grunnvann og elvevann i et typisk vestlandsdalføre: Osa, Hordaland (84 s.)

Nr. 5-05 Wai Kwok Wong, Hervé Colleuille: Elv og grunnvann. Estimering av grunnvannsbidrag til det totale avløpet ved hydrogramseparering (62 s.)

Nr. 6-05 Thomas Væringstad, Hege Hisdal: Estimering av alminnelig lavvannføring i umålte felt (40 s.)

Nr. 7-05 Hege Hisdal: Regional metodikk for estimering av lavvannskarakteristika (53 s.)

Nr. 8-05 Hervé Colleuille, Panagiotis Dimakis, Wai Kwok Wong: Elv og grunnvann. Sluttrapport - Oppsummering og anbefalinger (41 s.)

Nr. 1-06 Knut Alfredsen, Morten Stickler, Tommi Linnansaari: Verknader av is på habitat for fisk i elver med habitattiltak og minstevassføring (43 s.)

Nr. 2-06 Finn R. Gravem, Jan-Petter Magnell, Kjetil Sandsbråten: Tilsigsstyrt minstevannføring (42 s.)

Nr. 3-06 Jo Vegar Arnekleiv, Gunnar G. Raddum, Tore Olav Sandnæs, Arne Fjellheim, Tharan Fergus: Evaluering av terskler som avbøtende tiltak i et utvalg vassdrag i Midt- og Vest-Norge (79 s.)