

Fiske-trapper i Glomma og Søndre Rena mellom Bingsfoss og Storsjøen

Funksjonalitet, problemsøk og tiltak

Morten Kraabøl
Jon Museth



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Norsk institutt for naturforskning

Fisketrapper i Glomma og Søndre Rena mellom Bingsfoss og Storsjøen

Funksjonalitet, problemsøk og tiltak

Morten Kraabøl
Jon Museth

Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Fisketrapper i Glomma og Søndre Rena mellom Bingsfoss og Storsjøen. Funksjonalitet, problemsøk og tiltak - NINA Rapport 306, 32 s + vedlegg.

Lillehammer, desember 2007

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-1870-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Jon Museth

KVALITETSSIKRET AV

Børre K. Dervo

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Børre K. Dervo (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Glommaprosjektet

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Tore Qvenild (FM i Hedmark) og Trond Taugbøl (GLB)

FORSIDEBILDE

Øverst t.v: Løpsjødemningen; øverst t.h. fisketrappmunning ved Løpsjødemningen; nederst t.v: fisketrapp ved Braskreidfoss; nederst t.h. overløp ved Strandfossen (foto: Jon Museth).

NØKKEWORD

Glomma, Søndre Rena, Hedmark fylke, fisketrapper, oppvandring, nedvandring, toveisfunksjon, ørret, harr

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Fisketrapper i Glomma og Søndre Rena mellom Bingsfoss og Storsjøen. Funksjonalitet, problemsøk og tiltak - NINA Rapport 306, 32 s + vedlegg.

Denne rapporten oppsummerer resultatet av en befaring av fisketrappene i Glomma mellom Bingsfoss og Strandfossen, ved Løpet og Storsjødammen i Søndre Rena og ved Valmen i Søre Osa. I tillegg er det gjort en oppsummering av generell kunnskap om effektene av fragmentering av vassdrag og om fisketrappers funksjonalitet.

Vassdragsreguleringene i Glomma og Rena har i varierende grad fragmentert leveområdene til ørret, harr og sannsynligvis andre arter. Årsakene til fragmenteringen ligger i de reduserte mulighetene for opp- og nedvandring av fisk gjennom fisketrappene og flomlukene ved dammene. Harr er trolig mer sårbar for fragmentering sammenlignet med ørret fordi perioden hvor vandring pågår er vesentlig kortere og atferdsfleksibiliteten lavere.

Fisketrappene er konstruert med varierende grad av avvik fra optimal plassering av fiskeinngangen. Alternative fiskeinnganger i enkelte fisketrapper kompensere til en viss grad for ugunstig plassering. Det er utført enkelte forsøk med å manøvrere flomvann inntil trappenes fiskeinngang. Disse har hatt god effekt på oppvandringen. Det bør utarbeides retningslinjer som tar hensyn til lukevalg og tidsmessig synkroni mellom lukeåpning og fiskevandring.

De fleste fisketrappene åpnes etter kulminasjon av vårflommen hvert år og varierer i tid som følge av ulikt forløp i avsmeltingen mellom år. Dette vil i enkelte år være inntil seks uker for sent i forhold til harrens gytevandring som starter ved isløsning i siste halvdel av april / begynnelsen av mai. Det antas at dette har hatt negativ innvirkning på harrens vandringsuksess, og fisketrappene bør derfor åpnes tidligere.

I flere av trappene er det observert fisk i kulpene ved avstengning i slutten av oktober. Dette kan indikere at vandringer fortsatt pågår. Det anbefales derfor at trappene holdes åpne til midten av november hvert år.

Nedstrøms vandringer forbi kraftverkene og dammene er særdeles viktig for å ivareta hensynet til flergangsgytende fiskepopulasjoner. Dette inkluderer både ungfisk på næringsvandring, voksen fisk på vei til gyteområder og returvandring av utgytt fisk. Dette momentet er ikke tilstrekkelig ivaretatt i vassdraget. Tapping av overflatevann i tidssynkroni med eventuell opphopning av vandringsvillig fisk ovenfor dammene er sentralt for å minimere forsinkelser og dødelighet gjennom ugunstige vannveier som turbiner og segmentluker. Ved noen av kraftverkene vil dette innebære behov for fysiske tiltak på dammene og utvidete pålegg om slipp av vannføring til miljøtiltak.

En vurdering av den skisserte planen om naturlig fiskerenne forbi Løpet kraftverk avdekte noen uheldige forhold. Det vurderes som negativt at fiskeinngangen nødvendigvis må ligge langt nedenfor demningen og området hvor vandrende fisk naturlig vil samle seg. For å kompensere for denne uheldige plasseringen er det helt sentralt at vannføringen gjennom fiskerenna blir i størrelsesorden $5-8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, i alle fall i perioder man antar at vandringsintensiteten er størst. Ut i fra gjeldende regler om minstevannføring og den beskjedne og tidsbegrensede vannmengden som slippes gjennom flomlukene synes det åpenbart at vesentlige justeringer av reglementet for slipp av vannføring til miljøtiltak er nødvendig. En fiskerenne med vannføring på 250 l s^{-1} anses som utilstrekkelig.

- Morten Kraabøl (morten.kraabol@nina.no), NTNU, Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, c/o NINA, Fakkeltårnet, 2626 Lillehammer
- Jon Museth (jon.museth@nina.no), Norsk institutt for naturforskning (NINA), Fakkeltårnet, 2626 Lillehammer

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Bakgrunn	6
1.1 Vannkraftreguleringer og fragmentering av habitater	6
1.2 Artsspesifikk sårbarhet for fragmentering	8
1.3 Fisketrapper og komplekse fiskevandring i Glomma og Søndre Rena	8
1.4 Generelt om fisketrappers funksjonalitet	9
1.4.1 Grunnleggende problemstillinger:.....	10
2 Befaring av de enkelte trappene	12
2.1 Deltakere og gjennomføring	12
2.2 Innsamling av nøkkelopplysninger	12
3 Resultater fra befaringen av de enkelte trappene	13
3.1 Bingsfoss (Glomma).....	13
3.1.1 Fisketrapp ved dammen	13
3.1.2 Fisketrapp ved kraftverket	13
3.2 Rånåsfoss (Glomma)	13
3.3 Funnefoss (Glomma)	14
3.3.1 Østre løp.....	14
3.3.2 Funnefoss 2.....	14
3.4 Kongsvinger kraftverk (Glomma).....	15
3.5 Braskreidfoss (Glomma)	15
3.6 Skjefstadfossen (Glomma).....	16
3.7 Strandfossen (Glomma)	16
3.8 Løpet (Søndre Rena)	17
3.9 Storsjødammen (Søndre Rena)	18
3.10 Valmen (Søre Osa)	19
3.11 Samtale med fiskere/brukere	19
4 Diskusjon	22
4.1 Optimalisering av forholdene for oppvandring.....	22
4.2 Optimalisering av forholdene for nedvandring.....	23
4.3 Fiskerenne forbi Løpet	23
4.4 Generelle kommentarer	24
5 Konklusjon	25
6 Forslag til tiltak	26
7 Referanser	27

Forord

Som en følge av vasskraftutbygging og etablering av dammer finnes det i dag en rekke fisketrapper i Glommavassdraget. Forhold omkring fisketrappenes funksjonalitet er og har vært et mye diskutert tema i vassdraget opp gjennom årene. Våren 2007 tok fiskeforvalteren i Hedmark og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) gjennom Glommaprosjektet initiativ til en befarings av fisketrappene fra Bingsfoss til Strandfossen i Glomma, ved Løpet og Storsjødammen i Søndre Rena og ved Valmen i Søre Osa. Befaringen ble gjennomført den 5. og 6. juni 2007. Undertegnede fikk i oppdrag å utarbeide et notat fra befaringsen. Dette notatet ble mer omfattende enn først tenkt, og gis derfor ut som en NINA Rapport. Uttalelser i rapporten står for forfatterens regning og gjenspeiler nødvendigvis ikke befaringsgruppas konklusjoner og meninger.

Vi takker deltagerne på befaringsen: Torbjørn Østdahl og Trond Taugbøl (Glommens og Laagens Brukseierforening, GLB), Tore Hamre (Eidsiva Vannkraft AS), Olav Berge (Evenstad Settefiskanlegg), Tore Qvenild (Fylkesmannen i Hedmark), Ole Nashoug (eget firma) og Odd J. Olberg (Eidsiva) for informasjonen om de enkelte trappene, demningene og kraftverkene. I tillegg takkes Ole Kristian Korsmo (Akershus Energiverk) som deltok på befaringsen av Bingsfoss, Rånåsfoss og Funnefoss og Hans Eriksen (Kongsvinger kraftverk) som deltok på befaringsen av Kongsvinger Kraftverk.

En spesiell takk rettes til Olav Berge, Tore Qvenild og Trond Taugbøl for kommentarer og innspill til tidligere utkast av rapporten.

Rapporten er utarbeidet med tilskudd fra Glommaprosjektet og egeninnsats fra Norsk institutt for naturforskning og forfatterne.

Lillehammer, desember 2007

Morten Kraabøl
Stipendiat

Jon Museth
Prosjektansvarlig

1 Bakgrunn

Naturlige fosser og stryk mellom Bingsfoss og Strandfossen var sannsynligvis ikke vandringshindre for verken ørret eller harr før de ble regulert. I forbindelse med vassdragsreguleringene i Glommavassdraget har forholdene omkring fiskens vandringer vært et mye diskutert tema. Det er særlig harr og ørret som har vært kjent for å foreta til dels lange vandringer i vassdraget (oppsummert av: Svarte 1983). Før reguleringene med bygging av dammer var det mulig for vandrende fiskearter å ta seg fram i hele hovedvassdraget. Dammen ved Skjefstadfossen sør for Elverum ble bygd i årene 1908-1910 og var i lang tid den eneste i Glomma nord for samløpet med Vorma. Det ble raskt reist krav om bygging av fisketrapp ved Skjefstadfossen for å opprettholde fiskevandringene. Trappa stod imidlertid ikke ferdig før i 1951, og det betyr at Skjefstadfossen var en fullstendig barriere for vandrende fisk i mer enn 40 år. Det er senere bygd fisketrapper i forbindelse med alle dammene og kraftverkene i vassdraget. Det har imidlertid vist seg at reguleringsdammer ofte representerer et betydelig vandringshinder for fisken selv om det bygges fisketrapper (Fisketrapputvalget 1989). Fisketrappene har da også vært et mye diskutert forhold i forbindelse med reguleringene av Glommavassdraget, mens problemstillinger knyttet til nedvandrende ungfisk og gytefisk har fått mindre oppmerksomhet. Dette er imidlertid også svært viktig i systemer med flergangsgytere slik som i Glommavassdraget. Sikring av funksjonelle vandringsveier for fisk på opp- og nedstrøms vandringer bør være en prioritert oppgave i Glommavassdraget. Betingelsene for fiskevandring har imidlertid også trolig endret seg betydelig som følge av reguleringene og inngrepene i vassdraget. Endret vannføring, økt dødelighet på vandrende fisk ved passering av turbiner og elvemagasin med kunstig høg tetthet av predatorfisk (f.eks. gjedde) er faktorer som nok har påvirket forholdet mellom stasjonær og vandrende fisk i (Museth 2006, Museth m.fl. 2007).

I 1984-85 ble det etablert fiskefeller i mange av fisketrappene i Glommavassdraget (Qvenild & Linløkken 1989). Dette har gitt verdifulle og unike opplysninger om omfanget av harrens og ørretens vandringer i dette systemet, og ikke minst utviklingen over tid (Linløkken 1989, 1993, Qvenild 2001, Museth & Qvenild 2003 a,b,c). Direktoratet for Naturforvaltning (DN) har pålagt vassdragsregulanter å bygge fisketrapper ved samtlige kraftverk og dammer i Glomma gjennom Hedmark. Fra 2006 ble myndigheten til å pålegge undersøkelser og tiltak delegert til Fylkesmannen. I mange av fisketrappene i Glommavassdraget har man god kunnskap om utviklingen i oppgangen over tid (Qvenild 2007), mens kunnskapen om andre trapper er mer begrenset. Fylkesmannen i Hedmark har derfor tatt initiativ til en gjennomgang av status for de aktuelle fisketrappene i Glommavassdraget.

Denne rapporten oppsummerer opplysningene og observasjonene som ble gjort under befaringen i juni 2007. Hensikten med rapporten er å gi en første fiskefaglig vurdering av forhold som omfatter trappenes funksjonalitet, definere relevante problemstillinger ved de enkelte trappene og foreslå tiltak for å bevare de sårbare restbestandene av ørret, harr og andre arter på den berørte strekningen. I tillegg gis en utredning basert på internasjonal faglitteratur omkring vassdragsreguleringer som årsak til habitatfragmentering, samt grunnleggende biologiske og funksjonelle aspekter ved fisketrapper.

1.1 Vannkraftreguleringer og fragmentering av habitater

Vannkraftutbygginger med tilhørende inngrep medfører ofte alvorlige og langsiktige økologiske konsekvenser på vannøkosystemer, både på lokal og regional skala. Et av de største miljøproblemene er fragmentering av ulike habitater som følge av redusert vannføring og omlagte vannveier. Det er i første rekke vandrende fiskearter som er skadelidende etter slike inngrep, hvor vandringsmuligheten mellom livsviktige habitater reduseres. Betydningen av fragmentering kan illustreres ved utviklingen av fiskefaunaen i flere av de store europeiske vassdragene. Bestandene har ikke respondert som forventet etter betydelige forbedringer av

vannkvaliteten. Aarts m. fl. (2004) påpeker at forringelse av habitater og redusert hydrologisk forbindelse mellom dem har vært den direkte årsaken til den manglende positive utviklingen i mange vassdrag etter at vannkvaliteten ble tilfredsstillende. Denne erkjennelsen har stimulert politikere, forskere og planleggere til å fokusere på økologisk integritet med utgangspunkt i de kraftig regulerte vassdragene (for eksempel Ward & Tockner 2001, Ward m. fl. 2002, Wolters m. fl. 2001, Tharme 2003, Bratrich m. fl. 2004, Geilen m. fl. 2004, Biggs m. fl. 2005). Slike tverrfaglige studier hadde sin spede start i 1960-årene (Baxter 1961, 1962, Stewart 1969). Disse studiene adresserer i særlig grad etablering av miljøvennlige vannføringsregimer som har til hensikt å sikre den opprinnelige livshistorien til vandrende arter. Det bevaringsbiologiske aspektet ved fragmentering av habitater i forbindelse med vassdragsreguleringer er i første rekke knyttet til ivaretagelsen av de opprinnelige livshistoriestrategiene fra det uregulerte vassdraget. Nyere forskning har indikert at den genetiske diversiteten hos harr og ørret i regulerte vassdrag øker som følge av fragmentering av habitater (Meldgaard m. fl. 2003, Heggnes & Røed 2006). Fragmentering av habitater og oppstyking av populasjoner i forbindelse med vassdragsreguleringer kan derfor ikke uten videre rettferdiggjøre generelle argumenter som tap av biodiversitet og genetisk mangfold som følge av fragmentering. Det er de opprinnelige livshistoriene til berørte fiskearter som ofte går tapt, og disse kan erstattes av et større mangfold av andre livshistorier som er tilpasset nye miljøforhold etter reguleringsinngrepene. Dette betinger imidlertid at det er mulig for fiskeartene å fullføre livssyklusen innen isolerte og fragmenterte vassdragsavsnitt.

Økologisk fragmentering som følge av kraftverksinngrep er godt dokumentert (Petts 1984, Ligon m. fl. 1995, Ward & Stanford 1995, Poff m. fl. 1997, Bednarek 2001, Gosset m. fl. 2006) og mange diadrome og potamodrome fiskebestander har blitt forringet eller utryddet som følge av etablering av fysiske hindringer i vassdragene (Dynesius & Nilsson 1994, Aarestrup & Jepsen 1998, Gerlier & Roch 1998, Jungwirth 1998, Northcote 1998, Rustadbakken m. fl. 2004). Det er helt avgjørende at detaljert kunnskap om de enkelte vassdrag og vandringshindringer utredes og utbedres i restaureringssammenheng (Ovidio & Philipart 2002, Souchon & Trocherie 1990, Ovidio m. fl. 2007). Det er en stadig økende global fokusering på konflikten mellom samfunnets krav til utnyttning og kontroll over elver, samtidig som det vokser frem en bred anerkjennelse av behovet for å styrke multisektoriell forvaltning av de komplekse økosystemene som kjennetegner de enkelte vassdragene (Hendry m. fl. 2003, Tharme 2003, Geilen m. fl. 2004, Hohensinner m. fl. 2004). I prosessen med å gjenopprette økologisk kontinuitet i sentrale vassdrag har myndighetene i USA og enkelte europeiske land valgt å fjerne kraftverk, demninger og terskler (Iversen m. fl. 1993, Arnould 1997, Bednarek 2001).

Mekanismene bak habitatfragmenteringen ligger i fiskeartenes reduserte muligheter for både opp- og nedvandring gjennom fisketrappene. Fisketrapper kan virke som flaskehals eller hindringer for oppvandrende fisk av flere årsaker. Hydrauliske forhold rundt trappas fiskeinngang, og i de ulike seksjoner opp til vanninntaket, kan være ugunstige eller overstige terskelverdier for vandringsvillige fiskearter. Dette gjelder særlig forhold som artens kapasitet til å hoppe, samt maksimal svømmehastighet (Stuart 1962, Larinier, 2001, Ovidio & Philipart 2002, Holthe m. fl. 2005). Disse egenskapene avhenger videre av individstørrelse, fysiologisk tilstand og diverse vannkvalitetsfaktorer (Wardle 1975, Beamish 1978, Blake 1983, Beach 1984). Individenes og miljøets skiftninger gjennom året og andre påvirkninger medfører at flaskehalseffektene i fisketrappene over tid er variable. Dette kan indusere seleksjonsmekanismer på for eksempel art, fiskestørrelse, kjønn og mellom tidlige og sent oppvandrende fisk. Varierende andel av populasjonene kan også bli forsinket eller forhindret i å fullføre gyte- eller næringsvandringen og ufrivillig benytte sub-optimale områder med påfølgende negative effekter på rekruttering og bestandsstørrelse (Shikhshabekov 1971, de Gaudemar & Beall 1998, Kraabøl & Arnekleiv 2000).

1.2 Artsspesifikk sårbarhet for fragmentering

Ørret og harr bør betraktes noe ulikt med hensyn til sårbarhet for fysiske hindringer innenfor vandringsområdet. Til tross for den markerte tilbakegangen i harrbestander i Vest-Europa samt dens attraktivitet som sportsfisk foreligger det relativt lite kunnskap om dens evne til å forsere vandringshindringer (Philippart & Vranken 1983, Persat 1996). Telemetristudier har vist at harren har en evne til å forsere mer enn 6 m lange stryk med 12 % helning, samt en evne til å hoppe over 66 cm høye vertikale fossefall. Ørret har noe bedre evne til å forsere tilsvarende hindringer (Ovidio m. fl. 2007). Harrens plastisitet i forhold til forsinkelser i gytevandringen er vesentlig lavere sammenlignet med ørret. Gytevandringen foregår innenfor en kortere periode enn ørret, og harr er generelt mindre fleksibel i forhold til forstyrrelser som innvirker på gytevandringen. Dette medfører at vandringshindringer som for ørret er midlertidige flaskehalsen i påvente av endrede miljøforhold (Arnekleiv m. fl. 2007) kan virke som en permanent hindring for harr som følge av lav plastisitet (Ovidio 1999, Parkinson m. fl. 1999, Ovidio m. fl. 2004). Vanntemperaturen er en gjennomgripende miljøfaktor for fiskens muskulære ytteevne (Wootton 1990) og dermed også fiskens evne til å forsere fysisk krevende hindringer (Wardle 1975, Evans & Johnstone 1980, Beach 1984). I tillegg er vanntemperaturen styrende for igangsettingen av for eksempel gytevandring (Kristiansen & Døving 1996, Ovidio m. fl. 1998). Ovidio m. fl. (2007) viste at harr og ørret også hadde ulike optimale temperaturintervaller for vellykket forsering av vandringshindringer. Harrens intervall var innenfor 6-10°C mens ørret var innenfor 10-14°C. Dette indikerer at forsinkelse i gytevandringen kan medføre for høye vanntemperaturer for harr om våren og forsommeren mens ørret kan bli begrenset av for lave vanntemperaturer utover høsten. Endringer i elvens temperaturregime som følge av vassdragsreguleringer og overføringer av vann kan gi betydelige konsekvenser for begge artenes evne til å fullføre sine vandringscykluser.

1.3 Fisketrapper og komplekse fiskevandring i Glomma og Søndre Rena

Sikring av nedstrøms vandring av fisk i regulerte vassdrag er et forsømt tema i norsk fiskeforvaltning. Til dels er det fokusert en del på smoltutvandring hos anadrome fiskearter (f. eks. Hembre m. fl. 2001, Hvidsten & Johnsen 1997), men i langt mindre grad nedvandring av voksne og flergangsgytende fiskearter som ørret og harr. Disse artene gyter gjerne flere ganger i løpet av livet og må derfor gjentatte ganger passere kraftverksinstallasjoner begge veier. Nedstrøms passering av fisketrapper, flomluker eller turbiner skjer gjerne under andre tider på året hvor miljøparametere som vanntemperatur og vannføring er svært forskjellig fra oppvandringen. I tillegg er de største vannveiene kunstige (ofte neddykket) og vannføringen ofte uten synkroni (konstant overflatetapping gjennom is- og braskeluker eller fastlagt minstevannføring) med de naturlige miljøskiftningene. Videre er fiskenes fysiologiske tilstand svært forskjellig fra oppvandringsperioden (Berg m. fl. 1998, Jonsson m. fl. 1991a). Disse faktorene tilsier at mekanismene som stimulerer nedvandring av utgytt fisk varierer innenfor en annerledes skala enn oppvandringen. Samtidig omfatter nedvandring også potensielt dødelige vandringsruiter (Wertheimer & Evans 2005, Arnekleiv m. fl. 2007). Ivaretagelse av flergangsgytende individer er sentralt for å sikre en optimal gytebestand, og opprettholdelsen av et attraktivt sportsfiske etter storvokst fisk. Noen generelle aspekter rundt nedvandring av fisk forbi kraftverksinstallasjoner er omtalt i Larinier & Travade (2002), samt Calles & Greenberg (2005).

Disse utviklingstrekkene har åpenbare paralleller til Glommavassdraget. I perioden 1971-1984 ble det bygget en rekke kraftverk i Glomma og Rena mellom Kongsvinger og Høyegga. For å ivareta fiskevandring på de berørte strekningene ble det også bygget fisketrapp(er) ved hvert enkelt kraftverk. Linløkken (1993) analyserte virkningsgraden til disse fisketrappene og konkluderte med at den var lav. Det ble videre antydnet at ørret og harr i større grad ble stasjonære og fullførte sine livssykluser mellom kraftverkene. Økt andel stasjonær fisk som

følge av reguleringene er påpekt i flere undersøkelser (Qvenild & Linløkken 1989, Berge & Sagelv 1994, Museth & Qvenild 2003a, b, c, Museth m. fl. 2006, 2007). Linløkken (1993) antydte også at dette i stor grad skyldtes at vannføringen i de enkelte trappene var meget lav sammenlignet med i hovedelva.

Kompleksiteten i denne problematikken er stor og omfatter flere tverrfaglige tema som for eksempel vandringsbiologi hos de enkelte artene, tekniske forhold ved fisketrappene, manøvrering av overskuddsvann og pålagt minstevannføring, samt generelle avveininger mellom miljøhensyn, energibehov og politikk.

1.4 Generelt om fisketrappers funksjonalitet

Funksjonaliteten til fisketrapper avhenger i første rekke av at fiskeinngangen er vel plassert i forhold til fiskens naturlige eller stimulerte vandringsrute i elva. Sterk turbulens ved trappeinngangen eller vannslipp langt unna inngangen regnes normalt som hindrende eller forsinkende forhold som reduserer trappas effektivitet (Bunt m. fl. 1999, Bunt 2001). Videre må fiskeartene kunne forsere den motgående strømmen uten utmattende energiforbruk. Forskning på fisketrappers effektivitet har fokusert på hydrauliske forhold som for eksempel maksimal svømmehastighet hos de aktuelle fiskeartene sett i forhold til vannhastighet i trappene (Beach 1984, Larinier & Travade 2002). Forholdet mellom maksimal svømmehastighet og strømhastighet i fisketrappa er særdeles viktig for fiskearter som ikke hopper under vandring. Dette gjelder særlig abbor og karpfisk, som i følge Beach (1984) må svømme minst 30 % raskere enn motstrømmen for å bli stimulert til videre oppvandring.

Vanligvis varierer vannføringen i norske fisketrapper mellom 0.2 og 2 m³s⁻¹ (Fisketrapputvalget 1989). I større vassdrag, som Glomma og Rena, utgjør dette som oftest under én prosent av den totale vannføringen. Fisketrapper blir derfor naturlig nok betydelige flaskehals for vandrende fiskebestander som er tilpasset normale vannføringer i elva. Særlig utslagsgivende kan flaskehalseffekten bli for storvokst fisk fordi det gjerne er en sammenheng mellom kroppsstørrelse og gyteelvas vannføring (Jonsson m. fl. 1991b). Det er derfor naturlig å anta at fisketrapper med relativt lav vannføring, og som er lokalisert i store elver, representerer flaskehals spesielt for storvokste individer. Oppvandrende gytefisk blir tiltrukket av strømmene fra hovedvannføringen. I mange tilfeller ligger ikke disse strømmene i nærheten av fisketrappa. I tillegg er denne flom- eller minstevannføringen varierende både med hensyn til vannmengde og hvor vannet slippes. Det er behov for tilpasning mellom lukemanøvrering og naturlig søkeatferd hos oppvandrende fisk. Avstand mellom hovedvannløpet og fisketrappa, samt svært store vannføringsforskjeller mellom disse vannveiene, antas å være en viktig forklaring på at funksjonaliteten til mange fisketrapper ikke er tilfredsstillende.

For flergangsgytende fiskepopulasjoner som harr og ørret i Glommavassdraget er det viktig at det er nedvandringmuligheter forbi kunstige dammer, enten gjennom fisketrapper og/eller luker i damanleggene. Dette gjelder for både ungfisk/smolt og utgytt fisk. Felles for både opp- og nedvandring av fisk i ulike livsfaser er at det må være god synkroni mellom gunstig vann- og lukemanøvrering og vandringsvillig fisk ved de aktuelle lokalitetene (Arnekleiv m. fl. 2007). Dersom vandringshindre etableres vil trolig det genetiske grunnlaget for fiskevandring reduseres eller falle bort i løpet av få generasjoner på grunn av endret seleksjon og/eller genetisk drift forårsaket av redusert effektiv populasjonsstørrelse (Heggenes & Røed 2006). På sikt vil dette føre til at stasjonære fiskepopulasjoner blir dominerende på hver side av kraftverkene. I faglitteraturen om fisketrapper er særlig nedvandring av voksen utgytt fisk et forsømt tema. Det foreligger imidlertid omfattende faglitteratur omkring nedvandring av smolt gjennom ulike vannveier i kraftverk.

1.4.1 Grunnleggende problemstillinger:

Funksjonaliteten til fisketrapper forbindes ofte med mengden av fisk som vandrer gjennom trappa hvert år. Videre er funksjonaliteten direkte knyttet opp til den fraksjonen av de vandringsvillige fiskene som i løpet av vandringsperioden passerer fisketrappa. Forenklet kan funksjonaliteten (F) uttrykkes som forholdet mellom den totale populasjonen (P) av vandringsvillig fisk som søker opp mot trappas fiskeinngang nedenfor vandringshinderet (=PNV) og den fraksjonen av den samme populasjonen som passerer trappas vanninntak og fortsetter vandringen oppover vassdraget (PPO).

$$F = PPO / PNV ,$$

der F varierer mellom 0 i fisketrapper som ikke fungerer og opp til 1 i trapper hvor all vandringsvillig fisk kan passere.

Det faktiske antall individer som passerer en fisketrapp gjennom en årrekke gir derfor kun informasjon i trendene og ikke nødvendigvis funksjonaliteten. Imidlertid er det ytterst vanskelig å avgjøre om de registrerte fiskene i fisketrappa utgjør hele eller en fraksjon av den vandringsvillige del av fiskepopulasjonen(e) nedenfor trappa. Mangelfull metodikk samt fåtallige forsøk på å undersøke eventuelle ansamlinger av fisk nedenfor trappene gjør det nærmest umulig å fastslå trappenes funksjonalitet ved å legge antall vandrende fisk gjennom trappa til grunn for vurderingene. Merke-gjenfangststudier vil kunne gi standardisert og veiledende informasjon om fisketrappenes funksjonalitet i forhold til populasjonsstrukturen.

Grunnleggende problemstillinger for å oppnå en funksjonell fisketrapp som en vandringsvei for vandringsvillige fiskearter kan videre deles inn i flere forhold;

- 1) Vandrende fisk bør på naturlig eller stimulert måte samle seg så nært fisketrappas fiskeinngang som mulig. Dette øker frekvensen av fisk som oppdager fisketrappa som en vandringsvei (Larinier m. fl. 2002).
- 2) Fisketrappas fiskeinngang bør plasseres så nært inntil turbinutslag eller flomløp som mulig fordi disse hydrauliske forhold virker sterkt tiltrekkende på mange fiskearter på vandring (Baras m. fl. 1984, Bunt 2001, Gowans m. fl. 1999, Schwalme m. fl. 1985). Fossende strømninger og sterk turbulens ved fiskeinngangen er imidlertid faktorer som kan redusere mulighetene for fisken å finne inngangen (Barry & Kynard 1986), men se også Winstone m. fl. (1985) og Beach (1984) som presiserer at slike forhold kan virke initierende på oppstrøms vandring hos laksefisk.
- 3) Tiltak for å samlokalisere flomvannslipp inntil fisketrappa bør synkroniseres med de naturlige vandringsperiodene for de enkelte artene (Laine m. fl. 2002). Dette gjelder fortrinnsvis årstidsmessig, men kan også omfatte døgnmessige variasjoner i vandringsmotivasjon.
- 4) Hydrauliske forhold i selve fisketrappa i forhold til målartenes fysiologiske preferanser og kapasitet.
- 5) Toveis funksjonalitet er grunnleggende viktig for fisketrapper som skal betjene flergangsgytende fiskebestander (Kraabøl m. fl. 2007). Som regel er fisketrappa den eneste veien oppstrøms kraftverket mens flere vandringsveier (luker og turbiner) er mer eller mindre tilgjengelige under returvandring av voksen fisk og smolt/ungfisk (Wertheimer & Evans 2001). Miljømessige og fysiologiske forhold er svært forskjellige under periodene hvor disse motsatte vandringene foregår.

Dersom etablering av en kraftverksdam forhindrer utveksling av vandrende fisk mellom elveavsnitt vil andelen vandringsvillige fisk meget raskt avta i populasjonene fordi vandringsstrategien ikke lenger medfører vellykket reproduksjon.

Selektiv funksjonalitet i fisketrapper er i liten grad undersøkt i Norge. Det er flere årsaker til at skjeve utvalg av den vandringsvillige fiskepopulasjonen kan passere fisketrapper. Lav vannføring kan for eksempel virke selekterende på fiskestørrelse og kjønn. Dersom fisk

generelt bruker lang tid på å finne fisketrappas åpning kan dette medføre at sent ankomne gytefisk ikke rekker å finne trappas inngang før gytetiden. Det er også mulig at selektivitet kan forekomme blant fisk med ulik motivasjon for vandring. Fisk på gytevandring kan tenkes å være sterkere motivert for å forsere flaskehalsen sammenlignet med fisk på næringsvandring.

2 Befaring av de enkelte trappene

2.1 Deltakere og gjennomføring

Befaringen av fisketrappene ble gjennomført den 5. og 6. juni 2007 med deltakere fra Glommens og Laagens Brukseierforening (Torbjørn Østdahl og Trond Taugbøl), Evenstad Settefiskanlegg (Olav Berge), Fylkesmannen i Hedmark (Tore Qvenild), Norsk institutt for naturforskning (Jon Museth og Morten Kraabøl), Fiskekonsulent Ole Nashoug og Eidsiva Vannkraft (Tore Hamre & Odd Johan Olberg). I tillegg bidro Ole Kristian Korsmo fra Eidsiva Vannkraft på befaringen ved Bingsfoss, Rånåsfoss og Funnefoss. Hans Eriksen (Kongsvinger kraftverk) deltok på befaringen ved Kongsvinger kraftverk.

Befaringen startet nederst ved Bingsfoss og ble avsluttet ved Storsjødammen i Søndre Rena. Ved hver fisketrapp ble det foretatt besiktigelse av anlegget og korte intervjuer av deltakere med lokal kjennskap til fisketrappene. Opplysningene som ble gitt var muntlige og naturlig nok ikke utfyllende. I rapporten er det opplysningene fra befaringen som er lagt til grunn for vurderingene, og det poengteres at det ikke er gjort omfattende undersøkelser og analyser av de enkelte trappene.

2.2 Innsamling av nøkkelopplysninger

Under befaringen av trappene ble det lagt vekt på innsamling av opplysninger vedrørende fisketrappas målarter, vannføringsbestemmelser, vanninntak, fangstfelleregistreringer og fysisk og hydraulisk beskrivelse av utløpet samt øvrige nedstrøms vandringsveier for fisk utenom fisketrappene. Ved alle lokalitetene var fisketrappene den eneste mulighet for oppstrøms vandring. Videre ble det innhentet historiske opplysninger om fiskevandring/fiskerier i de regulerte fossene/strykene. Til slutt ble det oppsummert hvilke tiltak som tidligere har blitt utført for å bedre oppvandringen av fisk. Ved alle fisketrappene ble utvalgte fysiske strukturer fotografert av Jon Museth. Disse bildene ble benyttet i denne rapporten. Vassdraget hadde høy vannføring under befaringen og dette gir en viss ensidighet både i bildematerialet og beskrivelse av de enkelte lokalitetene. Imidlertid er høy vannføring en stimulerende faktor for fiskevandring, og den observerte situasjonen vurderes derfor som svært relevant i forhold til befaringens målsetning.

3 Resultater fra befaringen av de enkelte trappene

3.1 Bingsfoss (Glomma)

Ved Bingsfoss ved er det to fisketrapp, både ved dam og kraftverk:

3.1.1 Fisketrapp ved dammen

Bingsfoss ligger i Sørums kommun i Akershus og eies av Glomma Kraftproduksjon AS. Fisketrappa ble bygd i 1976 og består av 9 kulper med spranghøyde 50 cm (Vedlegg 1). Vannføringen gjennom trappa er om lag 250 l/sek. Den tekniske tilstanden pr. 1989 ble betegnet som god, mens virkningsgraden var mindre enn ønskelig (Fisketrapputvalget 1989). Trappas fiskeinngang ligger i flomløp og er lokalisert i en meget rolig og avsnørt del av elveleiet med langsgående betongvegg mellom flomløp og fiskeinngangen. Denne lokaliseringen av fiskeinngangen vurderes som uheldig fordi flomvann kun periodevis bidrar til å trekke fisken mot inngangen til trappa. Det har aldri blitt observert fisk i fisketrappa.

Fisketrappas vanninntak er neddykket og tjener derfor sannsynligvis ikke som nedvandingsrute for fisk. Det er imidlertid flomluker ved siden av trappa og langs dammen forøvrig som slipper overflatevann når vannføringen overstiger turbinenes slukeevne.

3.1.2 Fisketrapp ved kraftverket

Fisketrappas vannføring er rundt 250 l/sek. De to fiskeinngangene munner ut mellom flomløp og turbinutslag i dypt (10-11 m) og noe turbulent vann hvor vannstrømninger periodevis gikk inn i den ene fiskeinngangen (Vedlegg 2). Den ene inngangen vender ut mot turbinutslagene og den andre inn mot vesentlig roligere vann. Fiskeinngangens plassering vurderes som meget god for ørret og til dels harr, men mindre god for mindre strømsterke arter. Dette er imidlertid i stor grad vannføringsavhengig. Videre er det meget fordelaktig at fiskeinngangen i trappa er lokalisert svært nært opptil dammen i et område hvor oppvandrende fisk (fortrinnsvis ørret og harr) blir forhindret videre oppgang. De turbulente vannstrømmene fra turbinutslaget like utenfor fiskeinngangen kan imidlertid virke noe begrensende på fiskenes evne til å finne den eksakte inngangen, men alternativ inngang i nærheten kan kompensere for dette. Fiskefelle er oppheist i talje inne i demningen og kan enkelt settes i funksjon. Det observeres fisk i trappa like etter avstengning om høsten.

Fisketrappas vanninntak er neddykket ca 2 m under overflaten og ligger i umiddelbar nærhet av de tre turbininntakene (hhv. 270-270-310 m³s⁻¹). Den største turbinen er lokalisert nærmest vanninntaket til trappa og vurderes som uheldig. Overflatetapping skjer også gjennom gammel tømmerluke like inntil trappas vanninntak. Forbitapping skjer når totalvannføringen i elven overstiger 850 m³s⁻¹.

3.2 Rånåsfoss (Glomma)

Rånåsfoss ligger i Sørums kommun i Akershus og eies av Glomma Kraftproduksjon AS. Fisketrappa ble bygd i 1981 og består av 36 kulper med spranghøyde mellom kulpene på 40 cm (Vedlegg 3). Vannføringen gjennom trappa er om lag 250 l/sek. Den tekniske tilstanden pr. 1989 ble betegnet som god, mens virkningsgraden var mindre enn ønskelig (Fisketrapputvalget 1989). Det slippes om lag 250 l/sek i trappa i perioden 1. juni til 1. november.

Trappas eneste fiskeinngang ligger mellom elvebredden og et smalt flomløp. I tillegg kommer turbinutslaget fra den ene av de totalt syv turbinene ut ved fiskeinngangen. Denne turbinen har

en slukeevne på inntil $360 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ mens den øvrige turbinkapasiteten er fordelt på seks eldre turbiner med samlet kapasitet på $540 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, tilsvarende en total slukeevne på ca $900 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Flomløpet gjør det mulig å slippe attraksjonsvann umiddelbart inntil fiskeinngangen. Trappas fiskeinngang vurderes derfor som relativt gunstig plassert dersom flomvann slippes i nærheten av trappa.

Det observeres småvokst ørret og harr ved avstengning av trappas vannføring om høsten. Det er ikke tidligere gjennomført tiltak for å bedre fiskeoppgangen. Tore Qvenild bemerket at trappa er lokalisert på den kaldeste siden av elven, og at dette kan ha betydning for trappas funksjonalitet.

Nedvandring av fisk forbi Rånåsfoss er først og fremst gjennom flomlukene som kan slippe overflatevann. En smal flomluke er lokalisert inntil vanninntaket. Turbininntak er lokalisert inntil fisketrappas vanninntak.

3.3 Funnefoss (Glomma)

3.3.1 Østre løp

Funnefoss kraftverk ligger i Nes kommune og eies av Akershus Energiverk. Kraftverket ligger om lag 5 km ovenfor samløpet mellom Glomma og Vorma. Kraftverket ble oppført i perioden 1973-1974 og satt i drift i 1975. Dammen inneholder to inntaksluker, en segmentluke på 20×5 m som tapper bunnvann, fire klappeluker på $20 \times 2,2$ m og en tømmerluke på 8×3 m. I tillegg er det et fast overløp med lengde på 95 m. Det er bygd to fisketrapper ved kraftverket (østre og vestre side) (Vedlegg 4).

Trappas fiskeinngang er lokalisert inntil utløpet av et smalt flomløp i et dypt parti av elven og er tilpasset varierende vannstand ved at det er flere innganger for fisk i de tre nederste kulpene. Fiskeinngangen er lokalisert et godt stykke nedenfor dammen og turbinutslagene ($2 \times 200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$), og vurderes som noe uheldig fordi vandrende fisk sannsynligvis vil søke forbi trappeinngangen og opp mot dammen. Det ble registrert et høyt fall mellom to kulper. Denne spranghøyden bidrar sannsynligvis til at det kun er ørret og harr som klarer å forsere trappa. Tore Qvenild antydte at den normale vannføringen i fisketrappa var noe lav.

Fisketrappa fungerer imidlertid relativt godt og fører storvokst ørret mellom 0,5 og 2 kg og harr regelmessig. Det ble bemerket at fisketrappene nedenfor Funnefoss antakeligvis ikke har reell verdi for ørret og harr, men at trappene fra Funnefoss og oppover i Glomma og Rena har vesentlig høyere verdi. Det understrekes at dette ikke er grundig undersøkt. Det er også fanget Carlinmerket Mjøsørret i denne trappa (O. Nashoug, pers. med.). Den økende forekomsten av Mjøsørret i Vorma (O. Nashoug, pers. med.) gir grunnlag for å igangsette overvåkning av oppgangen gjennom fisketrappa. Det har vært gjentatte problemer med innbrudd i fiskefella gjennom årene. Det observeres også en del ørret i størrelsen 25-30 cm etter avstengning om høsten.

Trappas vanninntak er neddykket og gir ikke gode nedvandringmuligheter for fisk. Før 1990 tok trappa inn overflatevann men dette ble endret som følge av store problemer med brask og tilstopping av vanninntaket. Flomløpet ved siden av trappa er normalt ikke i bruk.

3.3.2 Funnefoss 2

Det er etablert til sammen tre fisketrapper for å gi oppvandringmuligheter for fisk ved denne lokaliteten. Fisketrappas fiskeinngang er lokalisert i et rolig parti av elven med definert vannstrøm ut fra trappa (Vedlegg 5). Flomluker ved siden av fisketrappa gir gode muligheter for å lede attraksjonsvann mot den øverste fisketrappa. Turbininntakene er fordelaktig lokalisert et godt stykke unna vanninntaket. Ved avstengning av vannføringen i trappa om

høsten er det gjerne mye fisk i trappa og i dammen ovenfor terskelen. Disse håves og bæres manuelt over dammen.

Nedvandring av fisk gjennom fisketrappa er mulig fordi vanninntaket er lokalisert i overflaten av vannspeilet på oversiden av demningen. Flomlukene ved siden av vanninntaket har ikke mulighet for tapping av overflatevann.

3.4 Kongsvinger kraftverk (Glomma)

Kongsvinger kraftverk ligger i Kongsvinger kommune i Hedmark og eies av Eidsiva Vannkraft (tidligere HEAS). Fisketrappa ble bygd i 1975 og består av 33 kulper med spranghøyde mellom kulpene på 30 cm. Vannføringen i trappa er om lag 200-300 l/sek. Den tekniske tilstanden ble betegnet som god i 1989, mens virkningsgraden var mindre enn ønskelig (Fisketrapputvalget 1989).

Trappas flere fiskeinnganger er lokalisert på to nivåer i enden av en betongkonstruksjon flere titalls meter nedenfor demningen (Vedlegg 6). Dette medfører at trappa fungerer under ulike vannstander nedenfor demningen. Det er gode muligheter for slipp av flomvann på begge sider av fiskeinngangen og derfor egnede forhold for å optimalisere forholdene for fiskeoppgang. Det er planlagt installasjon av nytt aggregat som skal etableres med turbinutslag ved siden av fisketrappa. I dag er det rørturbiner i kraftverket.

Det registreres noen titalls ørret mellom 0,5 og 3 kg hvert år, hvorav de fleste passerer i løpet av sommeren og høsten. Harren kommer i store stimer ("flak" om våren og forsommeren), men antall passerende harr telles ikke. I tillegg er det jevnlig registrert oppvandring av mort og laue i trappa. Fiskefella er ikke i drift av sikkerhetsmessige årsaker.

Nedvandring av fisk gjennom trappa er vanskelig fordi vanninntaket er plassert 1 m under vannspeilet. Flomlukene er kun konstruert for tapping av bunnvann. Den tidligere tømmerluka ble fjernet i 1991. Ettersom hele elvens vannføring til enhver tid tappes i form av neddykkede inntak er det generelt vanskelig for nedstrøms vandrende fiskearter å passere Kongsvinger kraftverk.

3.5 Braskreidfoss (Glomma)

Braskreidfoss ligger i Elverum kommune i Hedmark og eies av Eidsiva Vannkraft (tidligere HEAS). Fisketrappa ble bygd i 1978 og består av 24 kulper med 40 cm spranghøyde. Vannføringen i trappa er om lag 500 l/sek. Den tekniske tilstanden i 1989 ble betegnet som god, mens virkningsgraden var mindre enn ønskelig (Fisketrapputvalget 1989). Eierne pliktes å avgi nødvendig lokkevann i tillegg til vannføringen i trappa etter nærmere bestemmelser gitt av DN (Kgl. Res. 29.10.1976). Minstevannføringen nedenfor dammen skal være $65 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ eller tilsvarende tilløpsvannføringen dersom denne er lavere.

Trappas flere fiskeinnganger er lokalisert i et relativt komplisert system som har til hensikt å gi oppvandringsmuligheter ved ulike vannstander nedenfor demningen (Vedlegg 7). Fisk som skal gå inn i trappa må passere turbulensen som skapes av turbinutslaget. En vannføring på opptil $270 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ fra rørturbinen slippes vertikalt opp og skaper voldsom turbulens både foran trappas hovedinngang og tvers over elveavsnittet til betongmuren. Ved full last i denne turbinen har fisken meget store vanskeligheter med å holde posisjonen foran trappeinngangene. Dette antas å være til hinder for alle fiskearter, inkludert ørret og harr, selv om turbinutslaget utvilsomt bidrar til å lokke vandrende fisk mot trappeinngangene.

De siste årene har kun 1-3 store ørreter passert trappa årlig. I tillegg passerer en del harr, samt noe mort og gjedde.

Nedvandring av fisk gjennom fisketrappa er vanskelig som følge av det neddykkede vanninntaket. Det er imidlertid mulig å slippe overflatevann gjennom en sektorluke som åpnes under flomperioder. Denne luka er lokalisert nært inntil trappas vanninntak. For øvrig slippes flomvann fra magasinet bunn gjennom tre sektorluker.

3.6 Skjefstadfossen (Glomma)

Skjefstadfossen kraftverk 1 og 2 ligger i Elverum kommune og eies av ØKAS (tidligere Elverum Elektrisitetsverk). Dammen inneholder to inntaksluker på 8,15 x 8,6 m, en omløpsluke på 5 x 4 m, seks klappeluker på 26 x 2,55 m og et 100 m langt overløp. Skjefstadfoss 1 ble satt i drift i 1909 med utvidelser i 1914, 1918 og 1934. Det er totalt fem turbiner/aggregater ved dette kraftverket (fire Francis-turbiner og en Kaplan turbin).

Skjefstadfoss 2 ble satt i drift i 1972 og bygd i tilknytning til den tidligere etablerte dammen. Kraftstasjonen har en Kaplan turbin.

Det foreligger interessante historiske opplysninger i forbindelse med etableringen av dette kraftverket. Fisket i Rena ble vesentlig dårligere etter at Skjefstadfossen kraftverk ble etablert i 1916 (Svarte 1983). Selv om dette ikke er dokumentert gjennom undersøkelser, synes det å være sannsynlig ettersom det ikke var vandringsveier forbi kraftverket i 56 år i perioden 1916-1972. I forbindelse med registreringene i fisketrappene er det kjent at enkelte fisk som passerer Skjefstadfossen blir gjenfanget i Strandfossen (Tore Qvenild, pers. med.)

Trappa har flere fiskeinnganger i de nederste kulpene og gir oppvandringsmuligheter ved ulike vannstander nedenfor dammen (Vedlegg 8). Trappa munner ut nært inntil demningen og ligger helt inntil flomluker som gir gode muligheter slipp av attraksjonsvann. Tidligere forsøk med å slippe overskuddsvann inntil fisketrappa har gitt økt oppgang av fisk i trappa.

Det ble oppgitt en årlig oppgang mellom 15 og 40 ørret samt noe harr. Ingen andre fiskearter er observert i trappa.

Nedvandring av fisk gjennom fisketrappa er sannsynligvis begrenset fordi vanninntaket ligger om lag 1 m under vannspeilet på oversiden av demningen. Alle flomlukene har muligheter for slipp av overflatevann og kan derfor gi meget gode forhold for nedvandrende fisk i perioder med totalvannføring som overskrider kraftverkets slukeevne.

3.7 Strandfossen (Glomma)

Strandfossen eies av Eidsiva Vannkraft og ligger i Elverum kommune. En 1600 m lang innløpskanal på vestsiden av Glomma leder vannet forbi tilsvarende elvestrekning med 13,5 m fall. Kraftverket ble satt i drift i 1979 og har en Kaplan turbin med kapasitet inntil $235 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Ved kanalens innløp er det en betongdam med to klappeluker på 23,5 x 4 m og en 330 m overløpeterskel med i alt 54 hydrauliske klapper for heving av vannstanden inntil 75 cm i deler av året. En miniturbin på 140 kW utnytter den pålagte minstevannføringen.

Denne fisketrappa er en etterligning av en naturlig bekk som overveiende består av steiner og noe betong i øvre del (Vedlegg 9). Trappas fiskeinngang er lokalisert inntil elvebredden i det østre løpet av Glomma og har en svakt definert utløpsstrøm. I perioden 1. mai til 31. august skal det slippes $30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ over terskelen som går på tvers av hele elva. I september og oktober skal det slippes henholdsvis 10 og $5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ over terskelen. Vanlig praksis er at det slippes en lik mengde vann over hele terskelen. Slike forhold gir ingen styring av fisk mot trappas fiskeinngang. Det er imidlertid muligheter for å øke vannføringen på østsiden ved å senke

terskelen på østsiden inntil fisketrappa. I tillegg kan det være fordelaktig å øke vannføringen i fisketrappa slik at attraksjonseffekten øker ytterligere.

Fisketrappa ble oppgitt å fungere rimelig bra med hensyn til fiskeoppgang. Merkeforsøk i trappa har følgende eksempler på gjenfangster oppover i vassdraget; ørret og harr i Atna, ørret og harr i Høyegga og abbor i Rena. For ørret er trenden negativ mens oppgangen av harr er stabil (Museth & Qvenild 2003c).

Nedvandring av fisk er mulig som følge av overflatetapping over terskelen. Det er imidlertid ønskelig at overflatevannføringen blir vesentlig mer konsentrert mot østsiden for å sikre tilstrekkelig vannsøyle over kanten for nedvandring av stor ørret. Nedvandring av fisk er mulig som følge av overflatetapping over terskelen. Det er imidlertid ønskelig at overflatevannføringen blir vesentlig mer konsentrert mot østsiden for å sikre tilstrekkelig vannsøyle over kanten for nedvandring av stor ørret.

3.8 Løpet (Søndre Rena)

Løpet kraftverk eies av Eidsiva Vannkraft og ligger i Åmot kommune. Anleggsarbeidet pågikk i perioden 1969-1971. Dammen har to segmentluker på 12 x 6,5 m som taper bunnvann.

Fisketrappa i Løpet ble ferdigstilt den 5. mai 1972. I perioden mellom anleggsarbeidet startet i 1969 og etablering av fisketrapp gikk det to år hvor ørret og harr var forhindret i å passere Løpet. Trappa består av 48 kulper med spranghøyde 40 cm og fungerer best ved en vannføring på om lag 250-260 l/sek. Det er mulig å slippe høyere vannføring i trappa men dette gir oppvandringsproblemer for ørret og harr (O.Nashoug, pers. med.).

Trappas fiskeinngang er lokalisert like nedenfor demningen i elvens naturlige løp (Vedlegg 10). Turbulensen fra turbinutslagene er synlig både foran trappas fiskeinngang og på tvers av elveleiet til betongmur mellom flomlukene. Dette strømningsmønsteret er av diffus karakter og leder i liten grad fisken mot fiskeinngangen. Derimot er det fordelaktig at turbinutslagene ligger inntil demningen hvor trappa er plassert. Det er derfor sannsynlig at vandrende fisk søker opp til dette turbulente området. Turbulensens gir et variert strømbilde, men likevel vurderes det som godt egnet for fisk til å lokalisere fiskeinngangen. Ved tidspunktet for befaringen var ikke turbulensen av en slik karakter at dette ble vurdert å være et problem for fisken, men det er påpekt av flere at turbulensen ved trappeinngangen tidvis kan føre til at fisken har store problemer med å lokalisere trappeinngangen (Olav Berge pers. med.). Flomlukenes plassering på motsatt side av elven i forhold til trappeinngangen er meget uheldig fordi vannslipp i stor grad kunne lokke fisken dit. Attraksjonseffekten av vannslipp gjennom lukene er større enn turbinutslagene som følge av klart definert strømrøtning ledsaget av fossebrus.

Det er utført forsøk med strømsetting av området ved fiskeinngangen, dykkestudier og ekkoloddforsøk i samme område (Berg & Berg 1992). Ved å sette i drift en vannpumpe med kapasitet på $6 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$ ble strømmen ut fra fiskeinngangen firedoblet inntil 15 meter nedover i elveleiet. Til sammen seks dykk (25. mai 1990, 6. august 1990, 5. oktober 1990, 12. juni 1991, 13. juni 1991, og 26. juni 1991) over fire timer ga kun 6 observasjoner av fisk (vesentlig harr) i umiddelbar nærhet av fiskeinngangen. Ingen fisk ble observert utenom dette området ved dykking. Ekkoloddregistreringene nedenfor fiskeinngangen ga heller ingen resultater gjennom natten fra 4.-5. oktober 1990 og 13.-14. juni 1991 (Berg & Berg 1992). Dette studiet kaster lys over helt sentrale problemstillinger ved funksjonaliteten til fisketrappa. Hovedkonklusjonen i rapporten er at det åpenbart manglet vandringsvillig fisk nedenfor trappa og at det derfor ikke kan forventes en stor fiskeoppgang. Samtidig er det viktig å påpeke at Løphølen historisk sett har vært en meget attraktiv fiskeplass, med tidvis svært gode fangster av storvokst fisk. Om dette er fisk på vandring oppover i vassdraget kan selvsagt diskuteres.

I 1991 ble anslagsvis 80% av fiskeoppgangen forhindret som følge av revisjonsarbeider på turbinene og at vannføringen ble sluppet gjennom flomluke 1 og 2 på vestsiden av elven. (Berg & Berg 1992). Dette illustrerer viktigheten av at overskuddsvann slippes i flomløp inntil fisketrappa fordi fisken søker dit hvor elvens vannføring er lokalisert. Tilsvarende attraksjonseffekt ligger i utslipp av turbinvann.

Den utsprengte fjellveggen inntil fisketrappa er en markant ledelinje ved fiskeinngangen. Linløkken (1989) antydte at fiskens muligheter for å finne inngangen kunne økes ved å fjerne den nederste kummen som er vinklet utover i elveleiet. Under dykking i slutten av mai 1990 ble det observert 5 harr i sonen mellom nedre trappevegg og bergveggen. Forslaget om å fjerne den nederste kulpen kan derfor være velbegrunnet selv om det synes lite sannsynlig at fisk som har kommet så nært inntil fiskeinngangen ikke er i stand til å søke rundt trappa under relativt rolige strømforhold. Berg & Berg (1992) støttet også dette tiltaket og poengterte at det ikke burde gå et vannløp mellom trappa og bergveggen. I tillegg foreslo de at trappas utløpsstrøm burde ligge inntil bergveggen i noe neddykket posisjon.

Det ble ikke gjennomført registreringer av fisk i trappa før 1985. Historikken fra de 15 første årene ville kunne gitt meget verdifull kunnskap om trenden i fiskeoppvandringen like etter utbyggingen. Med nåværende kunnskap er det vanskelig å anslå i hvilken grad vandrende bestander har endret seg etter utbyggingen. En gjennomgang av historiske kilder fra Løpet tyder imidlertid på at det foregikk betydelige vandringer forbi disse strykene (Svarte 1983).

Nedvandring av fisk gjennom fisketrappa er vanskelig gjort ved at vanninntaket er neddykket. Plassering av enveis fiskefelle i den øverste kulpen umuliggjør i dag eventuell nedvandring, men siden vanninntaket er neddykket vil trolig omfanget av nedvandring gjennom fisketrappa uansett ha vært svært begrenset. De to flomlukene kan ikke åpnes slik at de gir tapping av overflatevann. Mulighetene for nedvandring er derfor begrenset og vurderes som utilstrekkelige for å opprettholde et vandringsmønster forbi Løpet kraftverk.

3.9 Storsjødammen (Søndre Rena)

Storsjødammen eies av Glommens og Laagens Brukseierforening og ble bygd i perioden 1967-1969.

Fisketrappa ved Storsjødammen ble bygd i 1968 og har god virkningsgrad i følge Fisketrapputvalget (1989). Det er registrert ørret, harr, sik og røye i fisketrappa. De nedre delene er av typen kulpetrapp med spranghøyde 70 cm. Øvre del av trappa er en motstrømstrapp av typen Denil. I Kgl. Res. av 06.02.48 heter det "... utover sommeren og høsten tappes minst $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ". Dette slippes som minstevannføring ut fra Storsjøen. Normalt går det sjelden mindre enn $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ gjennom lukene om sommeren.

Trappas fiskeinngang er neddykket og gir ingen klart definert utstrøm. Flomløp inntil trappa gir meget gode muligheter for slipp av attraksjonsvann inntil trappa (Vedlegg 11). Erfaringer med vannslipp i denne flomluka har medført økt antall fisk i trappa.

Før reguleringen var det svært mye fisk i denne fossen. Statistikken for ørret viser at oppgangen av ørret er god og trenden svakt økende. Det går imidlertid svært få harr i trappa (Museth og Qvenild 2003a). Merket sik fra denne trappa er gjenfanget i Åkrestrømmen. Tore Qvenild mente at mulighetene for å etablere en naturlig fiskepassasje forbi dammen er ønskelig og bør utredes. Det ble imidlertid bemerket at grunnforholdene på stedet var dårlig egnet av sikkerhetsmessige årsaker.

Nedvandring av fisk i trappa er vanskelig fordi vanninntaket er neddykket. Flomluka som ligger nærmest trappa tapper overflatevann og gir meget gode forhold for nedvandring av fisk dersom den åpnes i perioder hvor nedstrøms vandrende fisk samles på oversiden av demningen.

3.10 Valmen (Søre Osa)

Dammen eies av Glommens og Laagens Brukseierforening og Eidsiva Vannkraft. Anlegget ble bygd i perioden 1982-1984. Fisketrappa ved Valmen i Søre Osa ble etablert i 1983 og er en kulpetrapp i betong. Trappa var avstengt ved befaringen den 6. juni 2007, men har normalt en vannføring på 300 l/sek når den periodevis er i drift. Det er kun registrert ørret i trappa til tross for at Osensjøen ikke er karakterisert som et godt ørretvann.

Trappas fiskeinngang er lokalisert i et kanalisert elveleie flere titalls meter nedenfor demningen og ligger derfor nedenfor området hvor vandrende fisk sannsynligvis vil samle seg (Vedlegg 12). Flomlukene er svært sjelden i drift og spesifikk lukemanøvrering for å lokke fisk mot fiskeinngangen er derfor uaktuelt. Om sommeren og vinteren slippes en minstevannføring på henholdsvis $6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ og $2,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ gjennom bunnluker. En større del av minstevannføringen om sommeren burde slippes i trappa eller ledes mot fiskeinngangen for å øke mengden stimuli mot vandrende ørret. I perioden 1930-1983 var det ingen fisketrapp ved demningen og ingen muligheter for fisk å passere demningen. Til tross for dette har det gått mye ørret gjennom trappa de senere årene. Oppgangen er karakterisert ved at store flak med småvokst ørret ankommer trappa samtidig. Fiskefella er vanskelig å røkte men det er muligheter for igangsetting av oppgangskontroll ved felle i trappa. Forsøk med Floymerking av oppvandrende ørret ga meget få gjenfangster og ble derfor avsluttet.

Nedvandring av ørret gjennom trappa er delvis mulig fordi trappas vanninntak er fordelt på tre ulike åpninger som er tilpasset Osensjøens reguleringsamplitude på 6,3 m. Flomlukene tapper bunnvann og bidrar derfor trolig ikke nevneverdig til nedvandring av ørret fra Osensjøen.

3.11 Samtale med fiskere/brukere

I forbindelse med befaringen hadde Tore Qvenild invitert en gruppe erfarne og engasjerte Renafiskere til samtaler om fisketrappa ved Løpet. Gruppas talsmann var Tore Hauge og de øvrige medlemmene var Ragnar Thingstad, Helge Næss, Knut Lundberg, Arne Sveen og Trygve Halvorsen. Disse samtalerne var særdeles nyttige fordi sentrale opplysninger om fisk, fiske og vandringer fremkom. Det var i første rekke forslaget om etablering av naturlig fiskebekk forbi Løpet som var diskusjonstema.

Fiskerne ga opplysninger om fisk og fiske nedenfor Løpet som var meget relevante i forhold til fisketrappas funksjon. I mai og utover mot St. Hans-tider ble det gjentatte ganger observert store stimer med harr på elvestrekningen like nedenfor Løpet, samt noen tilsvarende observasjoner få kilometer nedstrøms. Fiskerne mente at dette var oppvandrende harr som kunne tenkes å ville passere fisketrappa i Løpet. De så ingen annen forklaring på at slike mengder av harr skulle samle seg nedenfor Løpet. Senere utover sommeren vandrer det i følge fiskerne også betydelige mengder ørret opp mot Løpet. I de to første årene etter utbyggingen i 1969 ble det observert store mengder av fisk umiddelbart nedenfor demningen. Fisket etter harr ovenfor Løpet har blitt stadig dårligere de siste tiårene, og fiskerne betegnet elvestrekningen mellom Løpet og Storsjøen som en "blindtarm" i elven. Hver vår er det i følge fiskerne et usedvanlig rikt fiske etter storørret nedenfor Løpet. Som et eksempel trakk de frem våren 2004 hvor det ble fanget til sammen 7 store ørreter mellom 2 og 4,4 kg i løpet av åpningsnatten. Ørretene som fanges om våren er av god kvalitet og fremstår ikke som typiske vinterstøinger. Det ble også bemerket at andelen gytemoden fisk som går opp i fisketrappa er lav.

Tabell 1. Vannføring, registrerte fiskearter og virkningsgrad for de enkelte trappene

Lokalitet	Periode med vann	Vannføring (m ³ s ⁻¹)	Fiskefelle	Arter observert	Statistikk oppgang	Virkningsgrad (Fisketrapputvalget 1989)
Bingsfoss v/dam		0,25		Ørret+harr+gullbust+stam	Ingen	Mindre enn ønskelig
Bingsfoss v/kraftverk	01.06.-01.11	0,25	Ja	Ørret+harr+gullbust+stam obs. ved stengning		Mindre enn ønskelig
Rånåsfoss	01.06.-01.11	0,25	Nei	Små ørret+harr obs. ved stengning. Stam+gullbust		Mindre enn ønskelig
Funnefoss, østre løp	01.05.-15.10	< 0,5 (skjønn)	Nei	Storørret+harr+gullbust+stam+vederbuk	Rel. mye	God
Funnefoss, 2	01.05.-15.10	0,25	Nei	Ørret+harr	Mye (bæres over dam)	God
Kongsvinger kraftverk	01.05.-01.11	0,2-0,3	Ja	Ørret+harr+mort+laue	20-40 storørret/år. Stimer med harr om våren	Mindre enn ønskelig
Braskreidfoss	01.05.-01.11	0,25	Ja	Ørret+harr+mort+gjedde	1-3 storørret/år	Mindre enn ønskelig
Skjefstadfossen		0,25	Ja	Ørret+harr	15-40 ørret/år. Noe harr	Mindre enn ønskelig
Strandfossen	01.05.-01.11	0,25	Ja	Ørret+harr+abbor+mort+sik+gjedde	Mye fisk	Mindre enn ønskelig
Løpet		0,26	Ja	Ørret+harr	10 ørret/år 50 harr/år	Mindre enn ønskelig
Storsjødammen		0,1-1	Ja	Ørret+harr+sik+røye	Mye fisk (få harr)	God
Valmen (Søre Osa)		0,3	Nei	Ørret	Periodevis mye ørret	Ikke oppgitt

Tabell 2. Fysiske forhold relevante for oppvandring av fisk

Lokalitet	Antall innganger for fisk	Beliggenhet i forhold til hovedløp	Definert utstrøm fra trapp	Hydrauliske forhold ved utløpet	Mulighet for lokkevann
Bingsfoss v/dam	En	Munner ut i flomløp	Ja	Godt egnet	Flomvann inntil trappeutløp
Bingsfoss v/kraftverk	To	Munner ut i turbinturbulens	Kun innerste fiskeinngang	Uegnet pga turbinutløp?	Nei
Rånåsfoss	En	Munner ut ved et turbinutløp og flomløp	Ja	Godt egnet (lav temp?)	Flomvann inntil trappemunning
Funnefoss, østre løp	En	Munner ut i flomløp	Ja	Godt egnet	Flomvann inntil trappemunning
Funnefoss 2	Tre trapper i system	Munner ut i flomløp og hovedløp	Ja	Godt egnet	Flomluker inntil trappemunning
Kongsvinger Kraftverk	Mange (i fht vannstand)	Munner ut i flomløp	Ja	Godt egnet	
Braskreidfoss	Mange (i fht vannstand)		Nei	Komplisert pga turbulent turbinutløp som fisk må gjennom	Flomluker inntil trappemunning
Skjefstadfossen	En	Munner ut i flomløp	Ja	Godt egnet	Flomluker inntil trappemunning
Strandfossen	En	Munner ut i flomløp/minstevannstrekning	Ja	Godt egnet	Flom- og minstevann bør slippes ut ved trappemunningen
Løpet	En	Munner ut i hovedløp	Ja	Turbinutløp ved åpningen	Nei
Storsjødammen	En	Munner ut i flomløp	Nei	Komplisert	Flomluker inntil trappemunning
Valmen		Munner ut i hovedløp langt nedenfor demning	Ja	Godt egnet	Begrenset pga lang avstand til flomluker. Minstevannf. burde slippes i trappa

4 Diskusjon

4.1 Optimalisering av forholdene for oppvandring

Andelen av vandringsvillig fisk har helt klart avtatt som følge av vassdragsreguleringene i Glommavassdraget. Fragmenteringen av habitater i Glommavassdraget som tidligere var forbundet med hverandre i form av fiskevandring har medført en varierende grad av isolerte bestander av ørret, harr og andre arter. I hvilken grad de tre hovedtypene av habitater til oppvekst, gyting og overvintring er til stede i de enkelte elvestrekningene mellom dammene er ikke nærmere vurdert i denne sammenheng, men det er helt sentralt for utviklingen av bærekraftige stasjonære bestander at alle de nevnte habitatene både finnes i tilstrekkelig omfang og er tilgjengelige for fisk.

Restbestander som fortsatt vandrer regelmessig gjennom en eller flere fisketrapper er viktig å bevare. Manglende registrering i de nederste trappene i Glomma gjør det vanskelig å vurdere hvorvidt det foregår noen vandring gjennom disse trappene. Fra Funnefoss og oppover foreligger det opplysninger som tilsier at det foregår bevaringsverdige fiskevandring i ulik grad. Det foreslås derfor at det iverksettes tiltak for å optimalisere utvalgte fisketrapper slik at opprinnelige vandringsmønstre bevares.

Plasseringene av fisketrappene i forhold til de enkelte dammene er svært ulik og har derfor trolig store avvik fra optimal funksjonalitet. Et gjennomgående trekk i den internasjonale litteraturen tilsier av vandrende laksefisk og andre arter i meget stor grad tiltrekkes direkte av vannstrømmen og oppholder seg i nærheten av denne i den tiden vandringslysten er til stede. Noe forenklet kan det generaliseres til at oppvandrende fisk fordeler seg proporsjonalt med vannføringens fordeling mellom ulike luker og turbinutslag på tvers av elveleiet. Fiskens posisjon nedenfor demningen kan derfor meget enkelt reguleres ved å endre manøvreringen av flomluker. En viktig forbedring i forholdet mellom fiskens posisjon og trappas plassering kan derfor oppnås ved fordelaktig og styrende manøvrering av overskuddsvann gjennom flomluker nært inntil fisketrappene. Likeledes bør turbiner som ligger på samme side som trappas fiskeinngang prioriteres i perioder med totalvannføring lavere en maksimal slukeevne. Slike utbedringer foreslås gitt som spesifikke instruksjoner ved de enkelte kraftverkene.

Videre bør denne manøvreringen gjøres til tider hvor det foregår oppvandring av fisk mot dammen. Disse viktige periodene kan til dels avdekkes ved å gjennomgå resultatene fra tidligere oppgang i trappene samt telemetriundersøkelser i vassdraget. Dynamikken i vandringsmønsteret i Glomma og Søndre Rena har en vesentlig høyere kompleksitet sammenlignet med vassdrag med anadrome fiskearter fordi vandringene omfatter flere arter på nærings- og gytevandring. I tillegg foregår nærings- og gytevandring både opp- og nedstrøms i vassdraget til svært ulike tider på året. Dette kompliserte vandringsmønsteret omfatter overlappende tidsperioder for nærings- og gytevandring for samme art og mellom flere arter. Det kan derfor være fordelaktig om manøvreringen av flomluker og til dels turbinvalg til enhver tid fra tidlig vår til sen høst optimaliseres etter nærmere angitte retningslinjer i forhold til fiskevandring.

Det ble registrert at de fleste fisketrappene åpnes 1. juni. Dette er inntil seks uker for sent i forhold til harrens gytevandring som gjerne starter i slutten av april og begynnelsen av mai. Det praktiske problemet med brask som vårfloppen medfører i mai synes å være den direkte årsaken til at fisketrappene ikke igangsettes i denne viktige perioden for harr. Dette har trolig vært negativt i forhold til omfanget av harrvandring i vassdraget. Det bør ideelt sett slippes vann gjennom fisketrappene fra 15. april hvert år. Fiskefellene kan være særdeles vanskelige å ha i drift under vårfloppen og bør i så fall fjernes fra trappa under slike perioder.

4.2 Optimalisering av forholdene for nedvandring

Nedstrøms vandring hos fisk i Glomma og Søndre Rena omfatter både vandring til og fra gyte-, nærings- og overvintringslokaliteter hos ørret, harr og andre arter. Et fellestrekk for alle trappevandrende arter i Glomma og Søndre Rena er at de gyter gjerne flere ganger i løpet av livet. Dette innebærer at de har behov for å passere demningene både opp- og nedstrøms flere ganger, både som ung og gytemoden fisk. Dette faktum er i stor grad neglisjert i både norsk og europeisk fiskeforvaltning til tross for den åpenbare flaskehalsen som dette representerer for flegangsgytende arter. Særlig viktig er dette i forhold til at fisken skal kunne vokse seg stor og attraktiv for sportsfiskere. Gode nedvandringmuligheter for fisk ved kraftverkene i Glomma og Rena er derfor ytterst viktig for å ivareta vassdragets attraktivitet blant sportsfiskere.

Nedstrøms vandrende fisk kan enten frivillig eller ufrivillig passere kraftverket gjennom ulike vannveier. Turbinene representerer som oftest den største vannveien til enhver tid. Deretter kommer høyst varierende vannføring i flomlukene og til sist den konstant beskjedne vannføringen som slippe gjennom fisketrappa. Under naturlig forhold slipper fisken seg utfor fosser og stryk uten problemer. Det oppstår imidlertid et betydelig problem ved regulerte vannveier fordi de som oftest er neddykket. Flere studier av nedvandrende fisk har vist at neddykkede vanninntak kan representere et vandringshinder for ungfisk over 20 cm og tilnærmet all voksen fisk. Fisk som likevel passerer turbiner av Kaplan-typen vil påføres en betydelig dødelighet både som følge av mekaniske skader av propellene, trykkforskjeller og sterke motgående strømninger inne i turbinene. I tillegg kan de utsettes for predasjon hvis de har mindre skader eller redusert bevissthet etter passering. Dødeligheten som følge av mekaniske påvirkninger i Kaplanturbiner øker proporsjonalt med fiskens lengde.

De få studier som er utført på nedvandring av voksen fisk har demonstrert at tapping av overflatevann i den tiden hvor det er vandringsvillig fisk inntil demningen er avgjørende for en vellykket passasje av demninger. Telemetristudier ved Hunderfossen i Gudbrandsdalslågen viste at slipp av bunnvann på over $800 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ($500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ gjennom bunnluker pluss $310 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ gjennom to Kaplanturbiner) ikke ga nedvandringmulighet for vinterstøinger av ørret (kroppslengde 60-91 cm). Imidlertid ga slipp av $4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (tilsvarende 36 cm vanddybde over lukekanten) som overflatevann gjennom en isluke tilfredsstillende nedvandringmuligheter for stor Mjøsørret (Arnekleiv m. fl. 2007). Etersom dette er et lite påaktet tema er det rimelig å anta at kraftverkens manøvrering av vann gjennom lukene ikke tar hensyn til dette. I mange tilfeller dreneres overskytende vannføring gjennom segmentluker med vanninntak flere meter under vannspeilet. I tillegg er de fleste vanninntakene til fisketrappene neddykket og lite attraktive for nedvandrende fisk. En viss fraksjon av fisken vandrer nok likevel ned fisketrappene, men kan sperres av fiskefeller som ikke har toveis fangstinnretninger dersom de står i fangstposisjon. Det bør derfor etableres retningslinjer som stimulerer regulantene å slippe alt overskytende vann gjennom lukene som overflatevann. Der hvor dette ikke er mulig bør det etableres en enkel fiskerenne forbi demningen. Alternativt kan fisketrappenes vanninntak justeres slik at det er overflatevann som renner inn i trappa. Ved ombygging av fiskefellene til toveis funksjonalitet blir det da mulig å overvåke omfanget av nedvandring av fisk gjennom trappene.

4.3 Fiskerenne forbi Løpet

Det synes vanskelig å forstå at fisketrappa ved Løpet kraftverk fungerer dårlig som følge av plassering av inngangen for fisk. Den beskjedne oppgangen av ørret og harr synes heller å være forårsaket av reduserte bestander av vandringsvillig fisk, jfr. observasjonene til Berg & Berg (1992). Fisketrappas nedre deler er til dels fordelaktig plassert i elvens hovedløp nært inntil dammen hvor fisken forhindres videre gang. I tillegg slippes turbinvann ut rett i forkant av fiskeinngangen og jevnt fordelt over hele elveleiet. Turbulensen var under befaringen ikke så stor at den påvirket fiskens posisjonering på en ufordelaktig måte, men dette er påpekt å være tilfelle i andre periode (Olav Berge pers. med.). Alle disse forholdene skulle i følge

faglitteraturen være avgjørende for fiskens mulighet til å finne inngangen på fisketrappa. I tillegg har det blitt gjennomført forsøk med pumping av vann foran munningen, dykkstudier (Berg & Berg 1992), etablert ekstra fiskeinngang og relevante telemetristudier av 12 ørreter (Berge 2003) hvor bare et fåtall viste retningsbestemt oppgang. Samlet sett indikerer disse observasjonene at det i liten grad skjer en opphopning av vandringsvillig fisk nedenfor fisketrappa.

Dersom disse forhold sammenlignes med den skisserte naturlige fiskerenna forbi Løpet er det flere forhold som vanskeliggjør vurderingen av eventuelle effekter. I negativ retning bemerkes at fiskeinngangen til den naturlige fiskerenna er foreslått et par hundre meter nedenfor dammen. Dette tilsier at det vil bli en vesentlig større avstand mellom fiskeinngangen og det området hvor fisken i følge generell litteratur og praktiske erfaringer har tendens til å samle seg når videre oppvandring hindres eller forsinkes, jfr. Hunderfossen i Gudbrandsdalslågen (Kraabøl & Arnekleiv 1992, 1996) og Moavika i Gausa (Kraabøl & Arnekleiv 1993). Videre er det registrert at oppvandrende ørret ved Hunderfossen begynner å søke nedstrøms i elva flere uker etter at den har oppholdt seg helt inntil kraftverksdammen (Kraabøl, M. unpubl. data). Hvis fisken skal oppdage fiskeinngangen i den naturlige fiskerenna er det derfor sannsynlig at den må søke ned igjen til dette området etter et lengre opphold inntil dammen. Det synes usannsynlig at harr og ørret ved Løpet stanser oppvandringen langt nedenfor dammen og ikke søker opp til demningen så lenge turbinutslaget antas å virke sterkt tiltrekkende både i form av strømmingene og det faktum at det er her elvevannet kommer. I følge sportsfiskerne observeres det tidvis puljer av fortrinnsvis harr og til dels ørret som vandrer opp til kraftverket (harr observeres fra mai til om lag St. Hans-tider mens ørreten noe senere på sommeren) som også observeres i elveavsnittet ved den skisserte fiskeinngangen til fiskerenna. De fremhever også det relativt gode fisket nedenfor Løpet kraftverk. Slike observasjoner er vanskelige å vurdere i denne sammenheng fordi det kan både være vandringsvillig fisk på søken etter videre oppvandringmuligheter eller stasjonær fisk på næringssøk. Det sentrale spørsmålet er hvorvidt den observerte fisken er vandringsvillig eller stasjonær. Ut ifra generelle betraktninger om de meget beskjedne fiskemengdene som har passert Løpet siden registreringene startet virker det usannsynlig at dette gir grunnlag for store ansamlinger av vandringsvillig fisk. Videre vil ikke fiskeinngangen til en naturlig fiskerenna kunne indikeres/forsterkes ved hjelp av lokkevann tilsvarende turbinutslaget ved nåværende fisketrapp. I sum vil disse forholdene kunne medføre en dårligere funksjonalitet i fiskerenna. På den annen side kan fiskerenna dimensjoneres for periodevis høyere vannføring enn nåværende fisketrapp. På denne måten kunne tiltrekningen av fisk mot inngangen forsterkes noe i perioder hvor det er kjent at fisken vandrer. Larinier (2002) omtaler en tilnærmet identisk prinsippskisse med en naturlig fiskerenna med fiskeinngang langt nedenfor dammen og fremhever sterkt behovet for stor vannføring gjennom fiskerenna for å gi tilstrekkelig attraksjonseffekt. Den generelle konklusjonen på denne løsningen er imidlertid at den er langt fra optimal i forhold til flere fiskearters atferd inntil kraftverksdammer. Det anbefales derfor at fiskeinngangen til fiskerenna plasseres så nært inntil demningen som mulig.

4.4 Generelle kommentarer

De observerte fiskevandringene gjennom trappene i Glomma og Rena representerer helt klart beskjedne restbestander som kan karakteriseres som sårbare. Alle faktorer i forbindelse med fellefangst som innvirker på overlevelsen hos de vandrende fiskene i trappene bør derfor analyseres for å redusere dødelighet. Nymerket og bedøvet fisk som slippes direkte ut ovenfor demningene løper større risiko for å bli trukket inn i turbininntak eller lukeåpninger. For stor fisk medfører dette betydelig dødelighet i turbinene, mens fisk som overlever vil måtte forsere fisketrappen igjen. Likeledes vil det sannsynligvis være en økt predasjonsrisiko en viss tid etter bedøvelse. Etersom alle disse faremomentene er lokalisert nært opptil bedøvelse og merking både i tid og rom bør det etableres fasiliteter og rutiner som i stor grad eliminerer disse risikofaktorene.

5 Konklusjon

1. Vassdragsreguleringene i Glomma og Rena har fragmentert leveområdene til ørret, harr og sannsynligvis andre arter. Årsakene til fragmenteringen ligger i de reduserte mulighetene for opp- og nedvandring av fisk gjennom fisketrappene og flomlukene ved dammene.
2. Harr er mer sårbar for fragmentering sammenlignet med ørret fordi vandringsperioden er vesentlig kortere og atferdsfleksibiliteten lavere.
3. Fisketrappene er konstruert med varierende grad av avvik fra optimal plassering av fiskeinngangen. Alternative fiskeinnganger kompenserer til en viss grad for ugunstig plassering.
4. Det er gjennomført enkelte forsøk med å manøvrere flomvann inntil trappenes fiskeinngang. Disse har hatt god effekt på oppvandringen. Retningslinjer som tar hensyn til lukevalg og tidsmessig synkroni mellom lukeåpning og fiskevandring bør iverksettes.
5. De fleste fisketrappene åpnes etter vårflommens kulminasjon. Dette kan være inntil seks uker for sent i forhold til harrens gytevandring som starter ved isløsning i siste halvdel av april. Det anbefales derfor at trappene åpnes så tidlig som den 15. april hvert år.
6. I flere av trappene er det observert fisk i kulpene ved avstengning i slutten av oktober. Dette kan indikere at vandringer fortsatt pågår. Det anbefales derfor at trappene holdes åpne til midten av november hvert år.
7. Nedstrøms vandringer forbi kraftverkene er viktig for ivaretagelse av flergangsgytende fiskepopulasjoner og inkluderer både ungfisk på næringsvandring, voksen fisk på vei til gyteområder og returvandring av utgytt fisk. Tapping av overflatevann i tidssynkroni med eventuell opphopning av vandringsvillig fisk ovenfor dammene er helt sentralt for å minimalisere forsinkelser og dødelighet gjennom ugunstige vannveier som turbiner og segmentluker. Ved noen av kraftverkene vil dette innebære behov for fysiske tiltak på dammene og utvidete pålegg om slipp av vannføring til miljøtiltak.
8. En vurdering av den skisserte planen om naturlig fiskerenne forbi Løpet kraftverk avdekte noen uheldige forhold. Det vurderes som negativt at fiskeinngangen nødvendigvis må ligge langt nedenfor demningen og området hvor vandrende fisk naturlig vil samle seg. For å kompensere for denne uheldige plasseringen er det helt sentralt at vannføringen gjennom fiskerenna blir i størrelsesorden $5-8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Ut i fra gjeldende regler om minstevannføring og den beskjedne og tidsbegrensede vannmengden som slippes gjennom flomlukene synes det åpenbart at vesentlige justeringer av reglementet for slipp av vannføring til miljøtiltak er nødvendig. En fiskerenne med vannføring på 250 l s^{-1} anses som utilstrekkelig.

6 Forslag til tiltak

1. Oppsummere vandringsundersøkelsene i Glomma og Rena med målsetning å definere tidsperioder hvor mållartene er vandringsvillige.
2. Kartlegge mulighetene for optimalisering av opp- og nedvandring ved hvert enkelt kraftverk. Dette gjøres ved en ny og detaljert befaring i samarbeid med eiere og fiskesakkyndige slik at reelt gjennomførbare forbedringstiltak med sannsynlig positiv effekt på fiskevandring blir skissert (synkroni mellom åpning av trappene og fiskevandring, manøvrering av flomluker i forhold til trappas plassering og eventuelle fysiske tiltak i trappene).
3. Nytt optimalt reguleringsregime for opp- og nedvandring forsøkes i 5-10 år med felleregistreringer eller fotoceller. Resultatene evalueres årlig med vekt på sammenligning fra tidligere erfaringer i de enkelte trappene.
4. Utvidelse av tidligere gjennomførte merkeforsøk for å kvantifisere funksjonalitet i utvalgte fisketrapper med betydelig oppgang av ørret og harr. Fisk merkes i trappa og gjenutsettes nedenfor trappa etter nærmere angitt opplegg. Flere slike merkeforsøk i fisketrapper vil kunne gi veiledende informasjon omkring fisketrappenes funksjonalitet og eventuell selektivitet på størrelse og kjønn.
5. På generelt grunnlag anbefales det at fangst- og merkeprosedyrene i fiskefellene i Glomma og Rena bør evalueres og eventuelt raffineres med tanke på å redusere dødelighet som følge av håndteringen. Forhold som vanninntak (luker og turbiner) og stor predasjonsrisiko hos nymerket og bedøvet fisk kan medføre økt dødelighet. Fisk som vandrer gjennom trappene er sårbare og til dels truede restbestander og må behandles varsomt.
6. En naturlig fiskerenne forbi Løpet kraftverk bør utredes videre med vekt på alternative løsninger til plassering av fiskeinngang.

7 Referanser

- Aarestrup, K. & Jepsen, N. 1998. Spawning migration of sea trout (*Salmo trutta* L.) in a Danish river. *Hydrobiologia* 372; 275-281.
- Aarts, B.G.W., Van Den Brink, F.W.B. & Niehaus, P.H. 2003. Habitat loss as the main cause of slow recovery of fish faunas of regulated large rivers in Europe: the transversal floodplain gradient. *River Research & Applications* 20; 3-23.
- Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 1996. Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout *Salmo trutta* L. in relation to water flow in a regulated Norwegian river. *Regulated Rivers: Research & Management* 12; 39-49.
- Arnekleiv, J.V., Kraabøl, M. & Museth, J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582; 5-15.
- Arnould, M. 1997. Loire dams to be dismantled for salmon. *World River Review* 12; 10.
- Baras, E., Lampert, H. & Philippart, J. 1994. A comprehensive assessment of the failure of *Barbus barbus* spawning migrations through a fish pass in the canalized River Meuse (Belgium). *Aquatic Living Resources* 7; 181-189.
- Barry, T. & Kynard, B. 1986. Attraction of adult American shad to fish lifts at Holyoke Dam, Connecticut River. *North American Journal of Fisheries Management* 6; 233-241.
- Baxter, G. 1961. River utilization and the preservation of migratory fish life. The North of Scotland Hydro-Electric Board. Paper no. 6471, pp. 225-244.
- Baxter 1962. Preservation of fish life, amenities and facilities for recreation. Proceedings from "Concervation of water recources in the United Kingdom". Institution of Civil Engineers. ISBN/DSC: DSC Stock no. WQ3-1511, s 59-65.
- Beach, M.A. 1984. Fish pass design. Fisheries Research Technical Report No. 78, Lowestoft, England: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 46 s.
- Beamish, F.W.H. 1978, Swimming capacity. I: W.S. Hoar & D.J. Randall (red.). *Fish Physiology*, vol. VII: Locomotion. New York, London: Academic Press, s. 101-189.
- Bednarek, A.T. 2001. Undamming rivers: a review of the ecological impact of dam removal. *Environmental Management* 27; 803-814.
- Berg, O.K., Thronæs, E. & Bremset, G. 1998. Energetics and survival of virgin and repeat spawning brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55; 47-53.
- Berg, O.K. & Berg, M. 1992. Forsøk for bedre oppgangen i fisketrappa ved Løpet Kraftstasjon, Rena. Universitetet i Trondheim, Vitenskapsmuseet. Notat fra zoologisk avdeling 1992-2, 34 s.
- Berge, O. & Sagelv, K. 1994. Auren i Glomma og Søndre Rena. Et telemetristudium av vandringer og gyteområder. Upublisert prosjektoppgave ved Høgskolen i Hedmark, Avd. for skog og utmarksfag, Evenstad.
- Biggs, B.J.F., Nikora, V.I. & Snelder, T.H. 2005. Linking scales of flow variability to lotic ecosystem structure and function. *River Research & Applications* 21; 283-298.

Blake, R.W. 1983. Fish locomotion. Cambridge; Cambridge University Press, 208 s.

Bratich, C., Truffer, B., Jorde, K., Markard, J., Meier, A., Schneider, M. & Wehrli, B. 2004. Green hydropower: a new assessment procedure for river management. *River Research & Applications* 20; 865-882.

Bunt, C.M. 1999. Fishways for warmwater species: utilization patterns, attraction efficiency, passage efficiency and relative physical output. PhD-thesis, University of Waterloo, Waterloo Ontario, 163 s.

Bunt, C.M. 2001. Fishway entrance modifications enhance fish attraction. *Fisheries Management and Ecology* 8; 95-105.

Calles, E.O. & Greenberg, L.A. 2005. Evaluation of nature-like fishways for re-establishing connectivity in fragmented salmonid populations in the river Emån. *River Research & Applications* 21; 951-960.

Dynesius, M. & Nilsson, C. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 266; 753-762.

Evans, W.A. & Johnston, F.B. 1980. Fish migration and fish passage: a practical guide to solving fish passage problems. USDA Forest Service, Region 5; 43.

Fisketrapputvalget 1989. Fisketrapper; funksjoner og virkemåte. Innstilling fra fisketrapputvalget. Direktoratet for Naturforvaltning og Vassdragsregulantenenes Forening. Rapport, 76 sider + vedlegg.

Geilen, N. Jochems, H. Krebs, L., Muller, S., Pedroli, B., Van Der Sluis, T., Van Looy, K. & Van Rooy, S. 2004. Integration of ecological aspects in flood protection strategies: defining an ecological minimum. *River Research & Applications* 20; 269-283.

Gerlier, M. & Roche, P. 1998. A radio telemetry study of the migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta* L.) in the upper Rhine. *Hydrobiologia* 372; 283-293.

Gosset, C., Rives, J. Labonne, J. 2006. Effect of habitat fragmentation on spawning migration of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Ecology of Freshwater Fish* 15; 247-254.

Gowans, A.R.D., Armstrong, J.D. & Priede, I.G. 1999. Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology* 54; 713-726.

Heggenes, J. & Røed, K.H. 2006. Do dams increase genetic diversity in brown trout (*Salmo trutta*)? Microgeographic differentiation in a fragmented river. *Ecology of Freshwater Fish* 15; 366-375.

Hembre, B. & Arnekleiv, J.V. & L'Abée-Lund, J. H. 2001. Effect of water discharge and temperature on the seaward migration of anadromous brown trout, *Salmo trutta*, smolts. *Ecology of Freshwater Fish* 10; 61-64.

Hendry, K, Cragg-Hine, D., O'Grady, M., Sambrook, H. & Stephen, A. 2003. Management of habitat for rehabilitation and enhancement of salmonid stocks. *Fisheries Research* 62; 171-192.

Hohensinner, S., Habersack, H., Jungwirth, M. & Zauner, G. 2003. Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes

following human modifications: the Danube River (1812-1991). *River Research & Applications* 20; 25-41.

Holthe, E., Lund, E., Finstad, B., Thorstad, E.B. & McKinley, R.S. 2005. A fish selective obstacle to prevent dispersion of an unwanted fish species based on leaping capabilities. *Fisheries Management and Ecology* 12; 143-147.

Iversen, T.M., Kronvang, B., Madsen, B.L., Markmann, P. & Nielsen, M.B. 1993. Reestablishment of Danish streams: restoration and maintenance measures. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 3; 73-92.

Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1991a. Energetic cost of spawning in male and female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Biology* 39; 1-6.

Jonsson, N., Hansen, L.P. & Jonsson, B. 1991b. Variation in age, size and repeat spawning of adult Atlantic salmon in relation to river discharge. *Journal of Animal Ecology* 60; 937-947.

Jungwirth, M. 1998. River continuum and fish migration – Going beyond the longitudinal river corridor in understanding ecological integrity. I: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (red.). *Fish Migration and Fish Bypasses*. Oxford: Blackwell Science, s. 127-145.

Kristiansen & Døving 1996. The migration of spawning stocks of grayling *Thymallus thymallus* in Lake Mjøsa, Norway. *Environmental Biology of Fishes* 47; 43-50.

Kraabøl, M. & Arnekleiv, J.V. 1993. Telemetriundersøkelser over Gausaørretens vandringer i Lågen og Gausa. Status for prosjektarbeidet 1992. NTNU Vitenskapsmuseet. Zoologisk notat 1993-5, 24 s.

Kraabøl, M., Arnekleiv, J.V. & Museth, J. 2007. Temporal segregation in downstream migrating brown trout (*Salmo trutta*) kelt and smolt populations in a regulated river. Submitted paper presented at the 7th Fish Telemetry conference, Silkeborg, Danmark.

Laine, A., Jokivirta, T. & Katopodis, C. 2002. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea trout, *Salmo trutta* L., passage in a regulated northern river – fishway efficiency, fish entrance and environmental factors. *Fisheries Management and Ecology* 9; 65-77.

Larinier, M. 2001. Environmental issues, dams and fish migrations. I: G. Marmulla (red.). *Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution*. Roma: FAO Fisheries Technical Paper No. 419, s. 45-90.

Larinier, M. & Travade, F. 2002. Downstream migration: problems and facilities I: *Bulletin Francais de la Peche et de la Protection des Milieux Aquatiques* No. 364 Suppl. 2002-1; 181-205. ISSN 0767-2861

Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J.P. 2002. Fishways: biological basis, design and monitoring. *Bulletin Francais de la Peche et de la Protection des Milieux Aquatiques* No. 364 Suppl. 2002-1; ISSN 0767-2861, 208 s.

Ligon, F.D., Dietrich, W.E. & Trush, W.J. 1995. Downstream ecological effects of dams. *Bioscience* 45; 1-19.

Linløkken, A. 1989. Fisketrapper og fiskevandring i Glomma i Hedmark. Glommaprosjektet, fagrapport nr. 7, 49 s.

Linløkken, A. 1993. Efficiency of fishways and impact of dams on the migration of grayling and brown trout in the Glomma river system, South-eastern Norway. *Regulated Rivers; Research & Management* 8; 145-153.

Meldgaard, T., Nielsen, E.E. & Loeschke, V. 2003. Fragmentation by weirs in a riverine system: A study of genetic variation in time and space among populations of European grayling (*Thymallus thymallus*) in a Danish river system. *Conservation Genetics* 4; 735-747.

Museth, J. & Qvenild, T. 2003a. Merkingforsøk i fisketrappa ved Storsjødammen i Renavassdraget i perioden 1985-2000. Høgskolen i Hedmark. Rapport nr. 11, 53 s.

Museth, J. & Qvenild, T. 2003b. Merkingforsøk i fisketrappa ved Løpet i Renavassdraget i perioden 1985–2000. Høgskolen i Hedmark. Rapport nr. 12. 54 s.

Museth, J. & Qvenild, T. 2003c. Merkingforsøk i fisketrappa ved Strandfossen i Glomma i perioden 1984–2002. Høgskolen i Hedmark. Rapport nr. 13. 52 s

Museth, J., Sandlund, O.T., Brandrud, T.E., Kjellberg, G., Løvik, J.E., Reitan, O., Taugbøl, T. & Aanes, K.J. 2006. Elvemagasinet Løpsjøen i Søndre Rena. Undersøkelser av vegetasjon, dyreplankton, bunndyr, fisk og fugl 35 år etter etablering - NINA Rapport 168. 54 s.

Museth, J., Sandlund, O.T., Brandrud, T.E. m. fl. 2006. Effekter av reguleringsdammer i store elver. I: Sandlund, O.T., Hovik, S., Selvik, J. R., Øygarden, L. & Jonsson, B. 2006 (red.) 2006. Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag. – NINA Temahefte 35: 34-46.

Northcote, T.G. 1998. Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. I: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (red.): *Fish migration and Fish Bypasses*. Oxford: Blackwell Science, s 3-18.

Ovidio, M. Baras, E., Goffaux, D. Birtles, C. & Philippart, J.C. 1998. Environmental unpredictability rules the autumn migrations of trout (*Salmo trutta*) in the Belgian Ardennes. *Hydrobiologia* 371/372; 262-273.

Ovidio, M., Parkinson, D., Sonny, D & Philippart, J.C. 2004. Spawning movements of European grayling *Thymallus thymallus* (L.) in the Aisne (Belgium). *Folia Zoologica* 53; 87-98.

Ovidio, M. & Philippart, J.C. 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish. Synthesis of a 5-year telemetry study in the River Meuse Basin. *Hydrobiologia* 483; 55-69.

Ovidio, M., Capre, H. & Philippart, J.-C. 2007. Field protocol for assessing small obstacles to migration of brown trout *Salmo trutta*, and European grayling *Thymallus thymallus*: a contribution to the management of free movement in rivers. *Fisheries Management and Ecology* 14; 41-50.

Parkinson, D, Philippart, J.C. & Baras, E. 1999. A preliminary investigation of spawning migrations of grayling in a small stream as determined by radio-tracking. *Journal of Fish Biology* 55; 172-182.

Persat, H. 1996. Threatened populations and conservation of the European grayling *Thymallus thymallus* (L., 1758). I: A. Kirchhofer & D. Hefti (red.). *Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe*. Basel, Switzerland: Verlag s. 233-247.

Petts, G.E. 1984. *Impounded rivers: perspectives for ecological management*. John Wiley & Sons. Chichester, England, 322 s.

Philippart, J.-C. & Vranken, M. 1983. *Atlas des Poissons de Wallonie, distribution, écologie, éthologie, pêche, conservation*. Cahiers d'Éthologie Appliquée 3, 395 s.

Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richer, B.D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C. 1997. The natural flow regime. *Bioscience* 47; 769-784.

Qvenild, T. 2001. Merkingforsøk i fisketrappa i Høyegga i Glommavassdraget 1985 – 2000. Glommaprosjektet. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 7/2001, 25 s.

Qvenild, T. 2007. Glommaprosjektet – årsmelding 2006. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen. Rapport nr. 1/2007.

Qvenild, T. & Linløkken, A. 1989. Glomma – fisk og reguleringer. Sluttrapport fra Glommaprosjektet. Fylkesmannen i Hedmark, Rapport 62 s.

Rustadbakken, A., L'Abée-Lund, J.-H., Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 2004. Reproductive migration of brown trout in a small Norwegian river studied by telemetry. *Journal of Fish Biology* 64; 2-15.

Schwalme, K., Mackay, W.C. & Lindner, D. 1985. Suitability of vertical slot and Denil fishways for passing north-temperate, nonsalmonid fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42; 427-431.

Shikhshabekov, M.M. 1971. Resorption of the gonads in some semi-diadromous fishes of the Arakum Lakes (Dagestan USSR) as a result of regulation of discharge. *Journal of Ichthyology* 11; 427-431.

Stewart, T.A. 1962. The leaping behaviour of salmon and trout at falls and obstructions. *Freshwater and Salmon Fisheries Research* 28; 1-46.

Stewart, L. 1969. Criteria for safeguarding fisheries, fish migration and angling in rivers. Paper presented at "The Symposium on River-flow Measurement" organized by the institution of Water Engineers, Loughborough University of Technology, 10.-11. September 1969, s. 134-149.

Suochon, Y. & Trocherie, F. 1990. Technical aspects of French legislation dealing with freshwater fisheries (June 1984): 'Fisheries orientation schemes' and 'fishery resources management plans'. I W.L.T. Van Densen, B.Steinmetz & R.H. Huges (red.): *Management of Freshwater Fisheries*. Wageningen: Pudoc, s. 190-241.

Svarte, Y. 1983. Oversikt over ferskvannsbiologiske undersøkelser i Glommavassdraget ovenfor Øyeren fram til 1983. Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk, fiskekontoret. Rapport nr. 2, 89 s.

Tharme, R.E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research & Applications* 19; 397-441.

Ward, J.V. & Stanford, J.A. 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers; Research & Management* 11; 105-119.

Ward, J.V. & Tockner, K. 2001. Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology* 46; 807-819.

Ward, J.V., Tockner, K., Arscott, D.B. & Claret, C. 2002. Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology* 47; 517-539.

Wardle, C.S. 1975. Limit of fish swimming speed. *Nature* 255; 725-727.

Wertheimer, R.H. & Evans, A.F. 2005. Downstream passage of steelhead kelts through hydroelectric dams on the Lower Snake and Colombia Rivers. *Trans. Am. Fish. Soc.* 134; 853-865.

Winstone, A.J., Gee, A.S. & Varallo, P.V. 1985. The assessment of flow characteristics at certain weirs in relation to the upstream movement of migratory salmonids. *Journal of Fish Biology* 27 (Suppl. A); 75-83.

Wolters, H.A., Platteeuw, M. & Schoor, M.M. 2001 (red.). Guidelines for rehabilitation and management of floodplains. Ecology and safety combined. NCR-publication 09-2001, 184 s.

Wootton, R.J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, London, 404 s.

VEDLEGG 1. Bingsfoss, fisketrapp ved dam på øy. Øverste bilde viser langsgående betongvegg som skiller flomløpet fra fisketrappa. Nederste bilde viser kulpetrappa.



VEDLEGG 2. Bingsfoss, fisketrapp ved kraftverket. Øverste bilde viser fiskeinngangen i trapp som er lokalisert mellom turbinutslagene og flomløp. Nederste bilde viser fiskefella inne i demningen.



VEDLEGG 3. Rånåsfoss, fisketrapp ved flomløp. Øverste bilde viser fiskeinngangens plassering inntil flomløp. Nederste bilde viser potensiell nedvandringsrute i flomløp.



VEDLEGG 4. Funnefoss, fisketrapp ved østre løp. Øverste bilde viser fiskeinngangen som er tilpasset varierende vannstand. Nederste bilde viser flomløpet ved siden av trappa. Dette er en mulig nedvandingsvei, men det slippes sjelden vann her.



VEDLEGG 5. Funnefoss 2. Bildet viser veldefinert vannstrøm ut fra trappas fiskeinngang i et rolig parti av elva.



VEDLEGG 6. Fisketrapp ved Kongsvinger kraftverk. Bildet viser lokaliseringen av fiskeinnganger og flomløp.



VEDLEGG 7. Fisketrapp ved Braskreidfoss. Øverste bilde viser nedre del av den kompliserte fisketrappa med flere fiskeinnganger. Nederste bilde viser ugunstig turbinutslag med turbulens foran fiskeinngangene.



VEDLEGG 8. Fisketrappa ved Skjefstadfossen. Øverste bilde viser fisketrappa med fiskeinnganger tilpasset varierende vannføringer. Nederste bilde viser slipp av overflatevann gjennom flomluker.



VEDLEGG 9. Fisketrappa ved Strandfossen. Øverste bildet viser fiskeinngangen til den naturlige fiskerenna med svakt definert utløpsstrøm. Nederste bilde viser overløpsterskel.



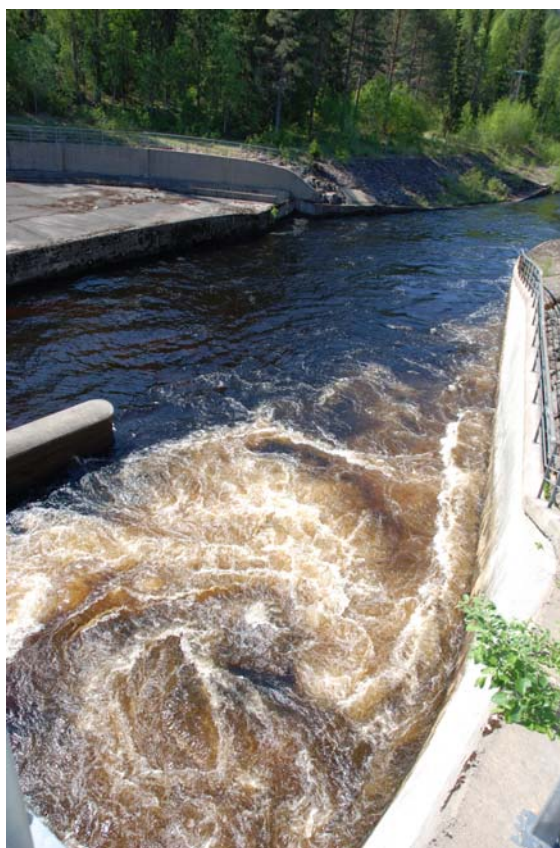
VEDLEGG 10. Fisketrappa ved Løpet. Øverste bilde viser fiskeinngangens lokalisering i turbulensen fra turbinutslagene. Nederste bilde viser demningen med to flomluker på motsatt side av fisketrappa.



VEDLEGG 11. Fisketrapp ved Storsjødammen. Øverste bilde viser tapping av flomvann i flomløp på motsatt side av fisketrappa. Nederste bilde viser tapping av vann gjennom bunnluker.



VEDLEGG 12. Fisketrapp ved Valmen, Søre Osa. Øverste bilde fisketrapp og lokalisering av fiskeinngang i kanalisert elveleie nedenfor demningen. Nederste bilde viser avstand mellom trappas fiskeinngang og hovedstrøm i elva.



NINA Rapport 306

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-1870-2



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no