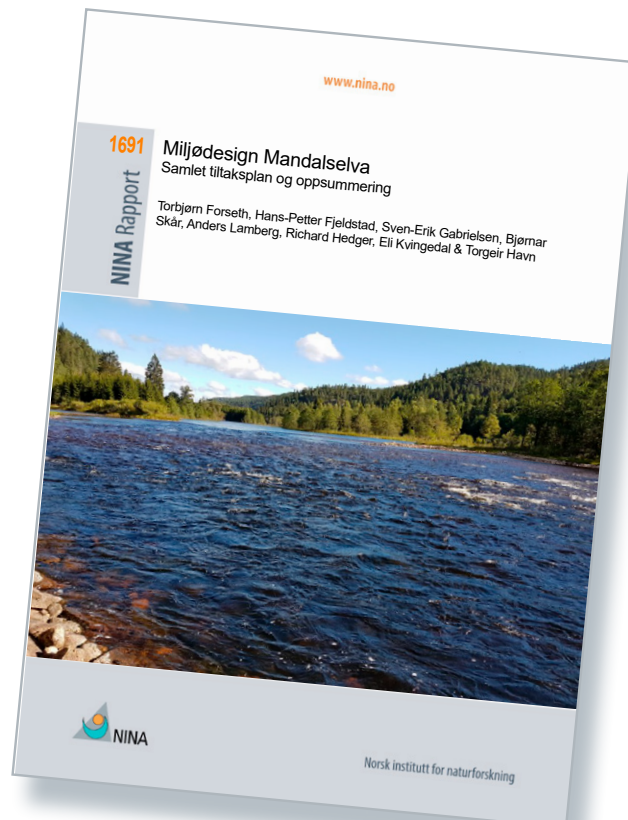


Mandalselva

— fra forsuring og
vannkraftregulering til
kalking, reetablering
og miljødesign

Her kommer litt av historien til laksen i Mandalselva, bakgrunn for miljødesignprosjektet og de viktigste resultatene og anbefalingene fra prosjektet i en litt mer lettleselig form enn i selve rapporten. De som er interessert i en oversikt over hva prosjektet omhandler og hva vi har oppnådd kan finne mye her, mens detaljene og det faglige grunnlaget finnes i hovedrapporten.



Forsuring og vannkraftregulering

Mandalselva var blant landets store lakseelver på slutten av 1800-tallet med gjennomsnittlig rapporterte fangster av laks og sjørørret på over 18 tonn og en topp på nesten 35 tonn i 1884. I tillegg ble laks fra Mandalselva beskattet i et omfattende sjølaksefiske langs kysten av Sørlandet og gjennomsnittsfangstene av Mandalslaks kan ha vært så høy som 40 tonn. Fangstene sank markant i starten av 1900-tallet og rundt 1970 ble laksebestanden vurdert som tapt på grunn av forsuring. I de neste nesten 30 åra var Mandalselva ei «død» elv, uten fiskere og særlig aktivitet langs elva. I denne perioden ble det bygd to kraftverk som berørte den opprinnelige lakseførende strekningen – Bjelland kraftverk i øvre deler i 1975 og Laudal kraftverk midt på strekningen i 1981. Fordi det ikke var laks og knapt sjørørret i vassdraget ble utbyggingene gjort uten særlig hensyn til fisk og fiske. Den øverste strekningen fikk sterkt redusert vannføring etter bygging av Bjelland kraftverk og det ble bygd to betongterskler for å opprettholde vannspeil. Byggingen av Laudal kraftverk ga en strekning på 5 km nesten uten vann (250 liter ble sluppet forbi) og det ble bygd en rekke terskler. Elva ble på den måten delt i to, i praksis nesten uten oppvandringsmuligheter for fisk.

Kalking og reetablering

I 1985 ble Audna som det første laksevassdraget i Norge kalket, og viste at det var mulig å fullkalke et laksevassdrag og reetablere laks. Flere vassdrag fulgte og dette økte interessen for tiltak i de mange forsurrede vassdragene i Sør-Norge. I 1991 ble Flerbruksplan Mandalsvassdraget etablert, et samarbeid mellom alle kommunene langs vassdraget, Agder Energi, NVE, Fylkesmannen, Fylkeskommunen, elveeierlag og næringsorganisasjoner. Hovedmålet med arbeidet var at vassdraget skal være et viktig bidrag til miljø og næringsutvikling. Diskusjonene i flerbruksplanen fulgt av et dristig vedtak i Direktoratet for naturforvaltning (DN, nå Miljødirektoratet) medførte at fullkalking av Mandalselva ble startet i 1997 (det var allerede noe kalking i sidevassdrag og innsjøer). Målet var å skape vannkjemiske forhold slik at laksen kunne reetableres, og for å nå dette målet ble det bygd tre kalkdoseringsanlegg (Smeland, Håverstad og Bjelland). Kalking i et så stort vassdrag hadde aldri blitt gjort før. Allerede året etter ble det funnet laksyngel på flere stasjoner og fangstene av laks økte. Så tidlig som i 2000 ble det rapportert en fangst på nesten 5 tonn laks og året etter over 12 tonn.

Samtidig som at kalkingen startet etablerte DN (nå Miljødirektoratet) «Reetableringsprosjektet» for laks på Sørlandet, med fokus på Mandalselva og Tovdalselva (fullkalket fra 1996). I tillegg til en betydelig forskningsinnsats ble det etablert en kultiveringsplan der laks fra Bjerkreimsbestanden skulle brukes for å styre reetableringen i Mandalselva genetisk. Både NINAs forskningsstasjon på Ims og det lokale Finså klekkeri ble brukt i kultiveringen, og det ble satt ut store mengder befruktet rogn, ensomrig settefisk og smolt fra 1997 til 2013. Noe av utsettingsmaterialet kom fra stamfisk fanget i vassdraget. Det ble relativt fort reetablert en levedyktig laksebestand og fra 2005 har gytebestandsmålet (antall kilo hunner som trengs for utnytte elvas produksjonskapasitet) blitt nådd de fleste år. Genetiske analyser viste at man ikke lyktes med å styre reetableringen, og at dagen bestand stammer fra en kombinasjon av utsettingene og naturlig innvandret fremmed fisk. I tråd med nasjonale føringer som tilsier at fiskeutsettinger så langt som mulig skal erstattes av fysiske tiltak som bedrer de naturlige produksjonsforholdene, og fordi den naturlige rekrutteringen var blitt stor nok, ble kultiveringen avsluttet i 2013 og Finså klekkeri ble senere lagt ned.

Vannstrålen som holder liv i elva – fra Håverstad kalkdoseringsanlegg. Foto: Torbjørn Forseth



Veien mot et miljødesignprosjekt

I konsesjonen for Laudal kraftverk var det lagt inn en bestemmelse som tilsa at reglementet kunne tas opp til revurdering dersom laksen kom tilbake. Denne bestemmelsen, reetableringsprosjektet og flerbruksplanarbeidet dannet grunnlag for at det ble startet flere forskningsprosjekter for å belyse situasjonen for laks i Mandalselva. Oppvandring av laks forbi Laudal kraftverk var allerede før fullkalkingen startet et dokumentert hovedproblem og kraftverkseieren Agder Energi økte i 1996 minstevannføringen fra 250 liter/s til 3 m³/s om sommeren og 1,5 m³/s om vinteren. Året etter innførte regulanten frivillig en bestemmelse som sikret at vannføringen ikke skulle komme under 2 m³/s om sommeren og 1 m³/s om vinteren på den øverste strekningen forbi Bjelland kraftverk. Tapet i lakseproduksjon etter kraftutbyggingen i vassdraget ble i en utredning anslått til mellom 20 og 40 %, tilsvarende mellom 23 000 og 71 500 smolt. Tapet skyldes i hovedsak redusert vannføring og ugunstige habitatforhold på strekningene forbi de to kraftverkene og at laksesmolt vandrer inn i turbinene i Laudal kraftverk, der mye av smolten er forventet å dø. Det ble gjennomført flere utredning- og forskningsprosjekter for å finne måter å unngå at smolten vander inn i kraftverket og undersøkelsene viste at smoltens vandringvei (inn i kraftverket eller gjennom luker i dammen) var sterkt påvirket av hvor mye vann som ble sluppet forbi. Fra 2004 til 2013 ble det frivillig sluppet mye mer vann forbi kraftverket i vårperioden når smolten vandrer ut.

Etter en lang prosess fikk Agder Energi i 2013 et nytt manøvreringsreglement for Laudal kraftverk som medførte betydelig større vannslipp og krafttap enn både det opprinnelige reglementet og de frivillige slippene. Vannslippene skulle sikre at mye av smolten unngikk turbinene og raskere oppvandringen av gytefisk, samt at økt sommer- og vintervannføring skulle gi tilnærmet normal smoltproduksjon på strekningen. Det ble åpnet for at reglementet kan endres etter fem år. I tillegg startet vannforskriftsarbeidet i vassdraget og i 2017 ble strekningen fra Kavfossen til Monan (forbi Bjelland kraftverk) satt opp som prioritert for andre typer tiltak (som ikke innebærer krafttap) som kan pålegges vannkraftsektoren i den vedtatte forvaltningsplan for vannregion Agder for perioden 2016 til 2021.

Situasjonen høsten 2013 kan derfor beskrives slik:

- Agder Energi hadde fått et nytt reglement som medførte redusert kraftproduksjon i Laudal kraftverk, som ikke nødvendigvis var optimalt for fisken og med åpning for endring etter fem år. Eventuelle endringer må være faglig begrunnet.
- Fiskeutsettingene var avsluttet og burde i tråd med nasjonale retningslinjer erstattes av tiltak som bedrer den naturlige fiskeproduksjonen.
- Selv om det nye reglementet bedret forholdene for fisk på minstevannstrekningen forbi Laudal kraftverk og reduserte tapet av smolt i kraftverket, bidrar vannkraftreguleringen fortsatt til redusert produksjonskapasitet for laks i Mandalselva.
- Den vedtatte vannforvaltningsplanen prioriterte strekningen Kavfossen til Monan for fysiske tiltak for å nå vedtatte miljømål.
- Begge de to minstevannstrekningene var preget av terskelbassenger som generell kunnskap tilsier ikke er godt egnet for lakseproduksjon.

Som svar på denne situasjonen utviklet forskere fra Norsk institutt for naturforskning i samarbeid med Agder Energi Vannkraft prosjektet Miljødesign Mandalselva med oppstart i 2014.

Hva er miljødesign for laks?

Miljødesign for laks ble utviklet gjennom forskningsprosjektet EnviDORR og forskningssenteret CEDREN. Arbeidet startet i 2007 og høsten 2013 ble "Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag" publisert. Håndboka beskriver hvordan man kan utrede, utvikle og gjennomføre tiltak som bedrer forholdene for laks i regulerte vassdrag samtidig som man tar hensyn til kraftproduksjon. Miljødesign for laks er et konsept hvor man i regulerte vassdrag spesialtilpasser miljøforholdene etter laksens krav. Metoden bygger på at kartlegging av fysiske og vannføringsmessige forhold gir grunnlag for en diagnose som beskriver de viktigste flaskehalsene for lakseproduksjon og deretter utvikler tiltak som reduserer effekten av disse flaskehalsene. Tiltakene kan være fysiske tiltak i elvebunnen og/eller smartere vannbruk.



Miljødesign Mandalselva – visjon, mål og organisering

Idéen bak prosjektet var å definere dristige mål både for lakseproduksjon og kraftproduksjon i Mandalselva og utrede hvordan målene kan nås gjennom en helhetlig miljødesign. Prosjektets visjon har vært «Mer laks og mer kraft i Mandalselva» og det ble definert følgende mål:

«Det årlige tapet i lakseproduksjon etter vannkraftreguleringen i Mandalselva skal reduseres til et minimum, samtidig som kraftproduksjon på lakseførende strekning opprettholdes eller økes»

Prosjektet definerte følgende arbeidsoppgaver:

- Utvikle en helhetlig plan for gjennomføring av fysiske tiltak som øker lakseproduksjonen på dagens lakseførende strekning.
- Utrede mulighetene for å øke lakseproduksjonen gjennom å ta i bruk nye elvestrekninger, og beskrive hvordan dette kan gjennomføres.
- Konkludere i forhold til tiltak for nedvandring forbi Laudal.
- Utvikle et faglig begrunnet forslag til miljødesignet minstevannføring forbi Laudal kraftstasjon, og eventuelt Bjelland kraftstasjon, som tar hensyn til både lakseproduksjon, fiskevandring og kraftproduksjon.

I tillegg skulle datainnsamlingen være grunnlag for å vurdere effekten av det nye manøvreringsreglementet for Laudal kraftverk. Underveis i prosjektet ble det etter innspill fra rådgivingsgruppa (se under) bestemt å også utrede forslag for miljøtilpasset drift av Bjelland og Laudal kraftverk for å hindre stranding av ungfisk under normale driftsoperasjoner.

Agder Energi Vannkraft har vært prosjekteier, mens Norsk institutt for naturforskning har hatt prosjektledelsen. NORCE LFI, SINTEF Energi AS og Skandinavisk Naturovervåkning har vært underleverandør til NINA.

Det ble opprettet en rådgivingsgruppe bestående av representanter fra Miljødirektoratet og NVE, Fylkesmannen i Agder, Marnardal kommune, en grunneierrepresentant og fire representanter fra Mandalselva elveeierlag. Gruppa har hatt årlige møter med rapportering av faglig progresjon og diskusjon av videre planer, samt ekstra møter i avslutningsfasen av prosjektet. Gruppa kalles inn og ledes av Agder Energi.

Habitatflaskehalser og habitattiltak

Den lakseførende delen av Mandalselva kan fra toppen og ned deles inn i fem delstrekninger ut fra vannføringsforhold:

- Den uregulerte Kosåna med utløp i Mandalselva rett nedstrøms Kavfossen,
- strekningen Kavfossen-Monan med redusert vannføring etter bygging av Bjelland kraftverk,
- strekningen Monan-Manflåvann fra utløpet av Bjelland kraftverk til Manflåvann,
- strekningen fra Dam Manflå til Laudal med redusert vannføring etter bygging av Laudal kraftverk, og til slutt
- strekningen fra Laudal til brakkvannssonen.

Med unntak av i Kosåna har vi kartlagt elveklasser (kulp, stryk, glattstrømmer osv.), gyteplasser (arealet av områdene med egnet gytegrus), avstandene mellom gyteplasser og skjulmengder (hulrom mellom steinene) i alle strekningene. Det er denne kartlegging som danner grunnlag for diagnosen og deretter eventuelle tiltak for de ulike strekningene.

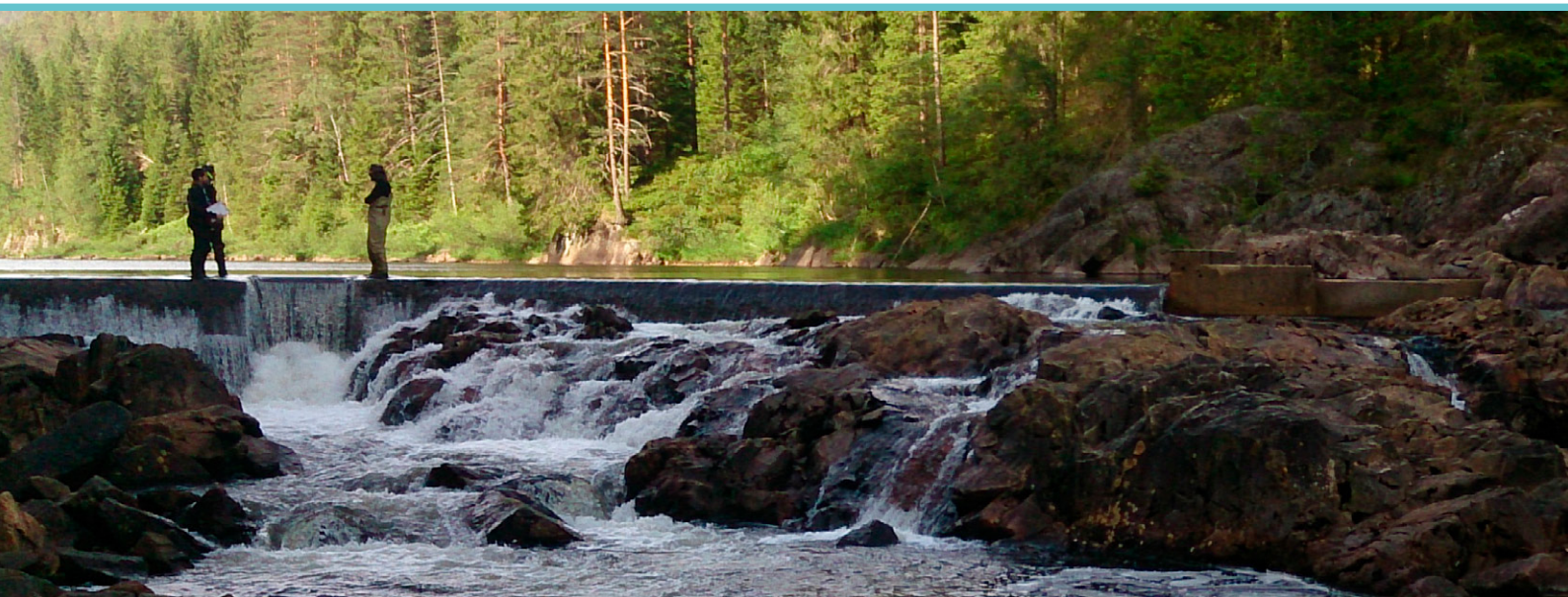
Kavfossen-Monan

Dette er en 3,8 km lang minste vannstrekning med to betongterskler med tilhørende store terskelbasseng. Bare den øverste delen var høyproduktivt, elvestrekningene mellom og nedstrøms terskelen på Sundet var moderat produktive (med gyteareal som viktigste flaskehals), mens de to terskelbassengene ble vurdert som svært lavproduktive (med både gyteareal og skjul som flaskehals). Miljødesignprosjektet har anbefalt at begge tersklene fjernes, og vi har beregnet og vist hvordan elvestrekningen mest sannsynlig vil bli etter at tersklene er fjernet. Begge bassengene vil fortsatt ha områder med dypt og stilleflytende vann, men det vil også bli områder som er mer hurtigflytende. Viktige gyteområder vil komme i bruk og skjultilgangen vil bedres. Gevinsten i form av økt smoltproduksjon vil være avhengig av vannføringen og varierer mellom 35 og 60 %. Miljødesignprosjektet har startet en prosess med lokale interessenter med mål om å få gjennomført terskelfjerning og noen andre mindre tiltak.

Monan til Manflåvann

Dette er en ca. 8 km lang elvestrekning som veksler mellom stryk og glattstrømmer avbrutt av større kulper og stilleflytende områder. På strekningen er det også relativt mye krypsiv, som med dagens forekomst er positivt for skjultilgangen. Strekningen framstår samlet som moderat lavproduktiv og det er lite gytehabitat i noen delstrekninger og lite skjul i flere delstrekninger. Bunnforholdene framstår som naturlig gitt elvas fall og ikke preget av gjenauring på grunn av reduserte flommer. Det ble ikke funnet områder

Fra befaring på strekningen Kavfossen-Monan – nedre terskel ved Sundet. Foto: Svein Haugland



godt egnet for utlegging av gytegrus der gyteareal samtidig var viktig flaskehals. Ut over eventuelle framtidige tiltak for å hindre skadelig oppvekst av krypsiv, særlig ved Monan, er det ikke foreslått habitattiltak på denne strekningen.

Dam Manflå til Laudal kraftverk

Fram til vinteren/våren 2016 var det i alt 12 terskler på denne 5 km lange strekningen. Det relativt flate partiet ned til Kleveland bru (ca. 4 km) deles naturlig av terskler i åtte delstrekninger. Hele strekningen hadde lite gyteareal, bare de to øvre delstrekningene hadde moderate skjulmengder, og resten hadde lave skjulmengder. Det var mye bra bunnssubstrat i terskelbassengene, men dette var delvis gjenarett av finmateriale og vannhastighetene begrenset trolig fiskens bruk. Det ble funnet et stort (nesten 900 m²) og flere mindre områder med gytegrus, men på grunn av oppdemming fra tersklene lå disse for dypt og hadde for stilleflytende vann til at gytelaks ville bruke de. Med unntak av den øverste delstrekningen, der det var bra med skjul, ble hele strekningen klassifisert som lavproduktiv. Beregninger ble gjennomført for å vise hvordan elvestrekningen ville bli dersom tersklene ble fjernet. Selv om fjerning ville innebære noe tørrlagt areal, ville nye gyteområder som kommer i bruk og økt mengde skjul bidra til at fiskeproduksjonen kunne økes betydelig. Det ble gjennomført en prosess med lokale interessenter og det ble høsten 2016 enighet om å fjerne nesten alle tersklene. Tidlig i 2016 ble tersklene fjernet og nesten alt materiale fra tersklene ble lagt tilbake i elveleiet. De største steinene ble lagt ut som skjul til voksenfisk og til styring av vannet (for å gjenskape elvas opprinnelige svinger), mens de mellomstore ble brukt til å danne steinrygger med mye skjul for ungfisk. Det ble lagt ut noe gytegrus øverst på strekningen. I deler av de opprinnelige terskelbassengene ble bunnen rippet (steinene løftes med en gravemaskinpigg slik at finmateriale forsvinner) og det ble mer skjul. Dette tiltaket er det største habitattiltaket noen sinne gjennomført i ei lakseelv i Norge.

Før terskelfjerningen ble gjennomført ble det anslått at tiltakene kunne nesten doble smoltproduksjonen på strekningen. I årene 2016 til 2018 ble det gjort nye skjulmålinger, kartlegging av gytegroper og yngeltellinger ved elektrisk fiske. Resultatene så langt er svært positive og tyder på at effekten av tiltakene i form av økt gyting og økt smoltproduksjonen blir minst like stor som vi antok.

I forbindelse med en storflom i vassdraget i oktober 2017 ble det gjort betydelige skader på den nederste terskelen rett oppstrøms utløpet av Laudal kraftverk og elva undergravde riksveien. Agder Energi, vegmyndigheter og lokale interessenter starter en prosess for om mulig å fjerne også denne terskelen, i stedet for å gjenoppbygge. Med innspill fra miljødesignprosjektet ble det utarbeidet en plan for hvordan dette best kunne gjøres, og i mars-april 2018 ble terskelen fjernet og elveløpet ombygd. Det er sannsynlig at dette tiltaket både øker smoltproduksjon i området og gjør det lettere for voksenfisk å vandre forbi.

Før og etter fjerning av to av tersklene. Flyfoto på vintervannføring (6 m³/s). Foto: Tor Kviljo



Laudal til brakkvannssonen

Strekningen ned til brakkvannssonen ved Møll bru er nesten 20 km lang og har det største elvearealet av de fire elvestrekningene i Mandalselva. Strekingen veksler mellom stryk, glattstrømmer og kulper, og har en markant brattere og smalere stryk- og fossestrekning i nedre halvdel. Samlet gyteareal utgjør ca. 3,1 % av elvearealet, noe som er moderat mye, og mer enn i strekingen Monan til Manflåvann. Det var derfor bare noen delstrekinger der gyteareal var viktigste flaskehals, noen delstrekinger der både gyteareal og skjul var begrensende for produksjonen, mens skjul var viktigste flaskehals i over 14 av de 20 kilometerne, og spesielt i de nedre delene. Strekingen er samlet sett lav til moderat produktiv, med skjul som viktigste begrensende faktor. Det er dominans av småstein og til dels fin grus som gjør at det er lite skjul, og det er bare i brattere stryk-strekinger med større stein og berg at det blir bra med skjul. Disse forholdene er trolig naturlig, selv om tømmerfløting og minering kan ha bidratt negativt. For å øke skjul-tilgangen må det derfor tilføres større stein og blokker. Fordi elvearealet er på ca. 1,6 millioner m², må tiltak som utlegging av stein i rygger ute i elva eller langs breddene være omfattende dersom de skal ha særlig effekt. Vi foreslår derfor ikke noen konkrete habitattiltak på denne strekingen, men det kan vurderes å gjennomføre noen mindre prøvetiltak i noen delstrekinger.

Materialet fra tersklene ble brukt for å skape bedre forhold for fisk. Foto: Tor Kviljo



Fiskevandring og tiltak

I miljødesignprosjektet og tidligere prosjekter har både oppvandring av gytefisk og nedvandring av smolt og vinterstøinger blitt studert.

Oppvandring av gytefisk

De første radiomerkeforsøkene i Mandalselva på midten av 90-tallet viste at oppvandringen forbi utløpet av Laudal kraftverk og gjennom minstevannstrekningen opp til Manflåvann var svært problematisk. Økte minstevannføringer fra 1996, forsøk med lokkeflommer og fysiske tiltak bedret situasjonen en god del, men fortsatt var opphoping av fisk ved kraftversutløpet og sen oppvandring gjennom minstevannstrekningen med de mange tersklene en utfordring. De første forsøkene kan ha vært påvirket av at det tidlig i reetableringen var lite fisk som var klekket oppstrøms utløpet og at fisken derfor hadde lavere motivasjon for å vandre forbi. Utover på 2000-tallet ble det gjennomført ulike forsøk hvor videokamera ble brukt til å vurdere effekten av tiltak. Forsøkene viste at det vandret mer fisk når det ble sluppet ekstra vann, at forholdet mellom vannføringen ut av kraftverket og fra elva var viktig for om fisk gikk inn i strekningen og at motivert fisk vandret relativt raskt gjennom. Videoovervåking av oppvandring i Dam Manflå viste økt oppvandring fram mot slutten av 2000-tallet da antall oppvandrende laks stabiliserte seg på rundt 1000 laks. Fra 2011 har videoovervåkingen dekket hele oppvandringssesongen.

Med det nye reglementet fra 2013 økte vannføringen på strekningen Dam Manflå til Laudal betydelig og kraftverket ble stanset hver fredag om sommeren for å lokke opp fisk. For å se nærmere på oppvandringen med de nye forholdene ble det i 2014 og 2015 gjennomført nye forsøk med radiomerking av oppvandrende laks. Det var vanskelig å fange laks til merking og det ble merket relativt få fisk, men sett sammen med videoovervåkingen kunne vi konkludere som følger:

- Haugefossen langt nede i vassdraget kan forsinke oppvandringen på tidligsommeren men selv om laksen i hovedsak passerer fossen når vannføringen er under ca. 50 m³/s, kan noe fisk også gå på betydelig høyere vannføringer. Haugefossen påvirker derfor oppvandringen videre oppover.
- Utløpet av Laudal kraftverk er ikke lengre vesentlig forsinkende for oppvandringen og fisk hjemhørende oppstrøms utløpet kan passere utløpet på relativt lave vannføringer og når mye av vannet går gjennom kraftverket. Stansen i kraftverket på fredagene ser ikke ut til å ha noen effekt.
- Det var bare betongterskelen ved Kleveland bru som i noen grad forsinket oppvandringen til Manflåvann og denne og de andre tersklene ble fjernet i 2015 og 2016. Oppvandringen over Dam Manflå har vært svært jevn sammenlignet med andre vassdrag, og det vandrer fisk nesten hver dag gjennom oppvandringssesongen. Bare flomperioder ser ut til å forsinke oppvandringen.
- Det var få merkede fisk som vandret helt opp i vassdraget, men de få som passerte antyder ikke at utløpet av Bjelland kraftverk er et problem for videre vandring. Det er mulig at de to tersklene på minstevannstrekning fra Moan og opp kan forsinke vandringen.

Vi konkluderer at med dagens vannføringsforhold er ikke kraftverkene lengre noe hinder for oppvandring av laks i vassdraget.

Nedvandring av smolt

Når laksungene har levd to til fire år i elva er de klare til å vandre ned elva og ut i sjøen og havet. De kalles da smolt. Smolt som vandrer inn i Laudal kraftverk har vært en viktig problemstilling siden laksen kom tilbake til Mandalselva. Varegrinda foran inntaket har så store åpninger at smolten kan passere og de to turbinene i kraftverket er av en størrelse og type som er vist å gi stor dødelighet i andre kraftverk. For å løse dette problemet har det vært gjort undersøkelser for å finne ut når smolten kommer til inntaket slik at vi vet når tiltak må iverksettes, og flere forsøk for å finne ut hvordan man kan få smolten til å velge å gå forbi inntaket og ned elva.

Ved Hesså, på strekningen mellom Monan og Manflåvann, har det siden 2004 blitt driftet et smoltthjul som fanger smolt på vandring ned elva og mot havet. Vi har fra 2011 også observasjoner av smolt i video i luka i Dam Manflå. Basert på 15 år med smoltfangst ved Hesså har vi utviklet ulike modeller som forutsier når smoltutvandringen startet og hvor lenge den varer. Den beste modellen bruker summen av lufttemperaturer fra den meteorologiske stasjonen på Kjevik Flystasjon på senvinteren til å forutsi når utvandringen starter. Lufttemperatur kan brukes til å si noe om vi får en tidlig eller sen vår, og tidlig vår gir tidligere utvandring enn sen vår. Når våren og smoltutvandringen starter tidlig blir utvandringen typisk langvarig, mens en sen vår gir en mer kortvarig og intens utvandring. Fra merkestudier (se nedenfor) vet vi hvor lang tid smolten bruker på å svømme fra Hesså, ned elva og gjennom Manflåvann – og derfor når tiltak må iverksettes ved kraftverksinntaket.

Fem forsøk med merking og peiling av smoltens vandring fra Hesså til kraftverksinntaket og forbi har vist oss at uten noen tiltak så vandrer det meste av smolten inn i kraftverket. Forsøk med slipp av mer vann forbi har vist at smoltens valg av vandringsvei kan påvirkes – jo mer vann som slippes forbi jo mer smolt vandrer forbi. Det ble også vist at blinkende strobelys ved inntaket skremte vekk noe av smolten om natta. Vi har utviklet en modell som forutsier hvor mye smolt som går forbi ved ulike vannføringer og fordelingen av vannet mellom kraftverket og gjennom dammen. Fra 2005 har Agder Energi frivillig sluppet ekstra vann under smoltutvandringen i henhold til slike modeller, og fra 2014 har det nye reglementet pålagt slipp av omtrent halvparten av vannet forbi kraftverket i 14 dager om våren. Disse tiltakene har gjort at mye mer av smolten unngår turbinene, og under dagens reglement har vi beregnet at omtrent 64 % av smolten vandrer rett vei. I miljødesignprosjektet har vi forslått tiltak for å bedre dette ytterligere (se nedenfor).

Fysisk oppmåling på en av betongtersklene i strekningen Kavfossen-Monan. Foto: Yvonne Ødegård



Nedvandring av vinterstøinger

Etter at laksen har gytt om høsten dør noen mens andre overlever og kan vandre tilbake til sjøen. I noen elver vandrer mange samme høst, men i mange elver overvintrer den utgytte laksen og vandrer ut om våren. De kalles da vinterstøinger og utvandring om våren ser ut til å dominere i øvre del av Mandalselva. Fisk som overlever utvandringen og sjøoppholdet kan komme til bake og gyte på nytt. Disse kalles flergangsgytere, og kan være spesielt stor fisk som både er attraktive for fiskere og viktige for bestanden når overlevelsen fram til første gyting er lav. Selv om det er få av vinterstøingene som overlever sjøoppholdet og får gytt på nytt, er det viktig å ta vare på disse fiskene.

Det har ikke blitt gjennomført noen merkestudier av vinterstøinger i Mandalselva, men utvandringen har vært registret i video i Dam Manflå siden 2011. Varegrinda foran inntaket til Laudal kraftverk har en lysåpning på 8 cm og mange av vinterstøingene (de som er mindre enn ca. 80 cm) kan derfor komme seg gjennom grinda. På grunn av at de er så store vil trolig alle dø i turbinene. Det har lokalt vært observert død og kappet vinterstøing ved utløpet av Laudal kraftverk.

Det har om våren blitt observert mange vinterstøinger i videoopptakene i Dam Manflå, og så mange sammenlignet med hvor mange gytefisk som vandret opp året før at det er usannsynlig at mange vinterstøinger vandrer gjennom varegrinda og inn i kraftverket. Det kan virke som om vinterstøinger, i motsetning til smolt, kvier seg for å dykke ned, passere varegrinda og vandre inn i kraftverksinntaket, og at vannslippene som gjennomføres for å få smolt forbi også virker for vinterstøingene. I andre prosjekt i andre vassdrag har vi sett en lignende atferd, der vinterstøinger velger å ikke gå gjennom varegrinder de fysisk kan passere. Det er etter vår vurdering ikke nødvendig med egne tiltak for å sikre nedvandring av vinterstøinger forbi Laudal kraftverk.

Inntak til Laudal kraftverk (til venstre) med alternativ nedvandringsvei i bakkant. Foto: Torbjørn Forseth



Miljødesignet vannføring

Smartere bruk av vann er sentralt i miljødesignkonseptet. Smartere bruk innebærer å tilpasse vannføringen til laksens krav gjennom året og livet. I Mandalselva er det to strekninger med kraftig redusert vannføring etter regulering og hvor det slippes vann for å sikre fiskebestandene. Samtidig gir slippene krafttap og i miljødesignprosjektet har vi lett etter de beste løsningene for både laks og kraftproduksjon. For den nedre minste-vannstrekningen, mellom Manflåvann og Laudal og forbi Laudal kraftverk, er det både en klar motivasjon og formelt grunnlag for å se nærmere på vannføringsforholdene. For den øvre strekningen, fra Kavfossen til Monan og forbi Bjelland kraftverk, er det formelle grunnlaget for endringer mer uklart og strekningen ble ikke prioritert for økte vannslipp i vannforvaltningsplanen. I miljødesignprosjektet har vi imidlertid sett de to kraftverkene i sammenheng, med et mål om å opprettholde eller øke kraftproduksjonen på lakseførende strekning. Vi har derfor foreslått nye vannslipp på begge strekningene. Etter initiativ fra rådgivingsgruppa har vi også foreslått miljøtilpasset drift av begge kraftverkene som skal sikre at fiskeunger ikke strander og dør når kraftverkene reduserer driften og vannføringen faller.

Vannslipp på strekningen Kavfossen til Monan

Vannføringen på denne strekningen er kraftig redusert og er i dag i hovedsak bestemt av vannføring i Kosåna, som ikke er regulert. Vannslipp fra Tungesjømagasinet (inntaket til Bjelland kraftverk) sikrer imidlertid at vannføringen ikke kommer under $1 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren og $2 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren.

Både målsettingen i prosjektet og kraftverkets status når det gjelder miljøkrav tilsier at det ikke er aktuelt å foreslå store vannslipp. På grunn av det mye større fallet gir også hver kubikkmeter vann en mye større kraftproduksjon i Bjelland enn i Laudal kraftverk. Det er derfor de foreslåtte habitatiltakene som primært brukes for å øke fiskeproduksjonen på strekningen. Ved å se på de faktiske vannføringene på strekningen fant vi imidlertid at det er relativt kortvarige lavvannsepisoder som kan være viktige flaskehalsar for fiskeproduksjon på strekningen og at vi med relativt små slipp kan bedre situasjonen. Under forutsetning om at tersklene fjernes foreslår vi å øke slippene slik at det sikres en minste vannføring på $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren og $3 \text{ m}^3/\text{s}$ om sommeren. Effekten av å øke minstevannføringene er små om tersklene ikke fjernes og habitatiltakene ikke gjennomføres. De foreslåtte slippene vil i gjennomsnitt gi et krafttap på 1 GWh.

Miljødesignet vannføring på strekningen Manflåvann til Laudal

Målene for strekningen er å få effektiv oppvandring av gytefisk, at 90 % av smolten og vinterstøinger skal passere kraftverksinntaket og at fiskeproduksjonen på strekningen skal bli så god at den bidrar til å redusere tapet etter regulering. Mye av tapet i lakseproduksjon i Mandalselva skyldes redusert produksjon på denne strekningen. Målene nås ved kombinasjoner av vannslipp og fysiske tiltak. I tillegg tok vi etter innspill fra rådgivingsgruppa også hensyn til fiskeforholdene på minstevannstrekningen, men dette hensynet var lavere prioritert. Vi tok utgangspunkt i gjeldene reglement (fra 2013), lagde en sammenheng mellom vannføring og vanndekt areal og brukte kartleggingen av gyteområder og skjulmengder i strekningen. Forslaget til miljødesignet vannføring på strekningen innebærer et slipp om vinteren på $5 \text{ m}^3/\text{s}$, en sommervannføring på $12 \text{ m}^3/\text{s}$ i fiskesesongen og $10 \text{ m}^3/\text{s}$ i slutten av oppvandringsperioden og en vannføring under gytetida på $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (se figur). Under smoltutvandringen vil slippene variere med vannføringen inn til kraftverket.

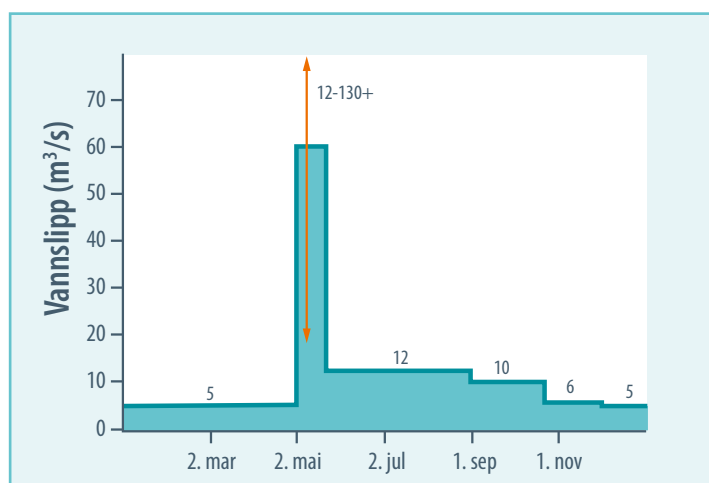
Sammenlignet med dagens reglement har vi redusert vannslippene om vinteren fra 6 til 5 m³/s. Forskjellen i vanndekt areal på 6 og 5 m³/s er minimale, det blir fortsatt godt med dypere overvintringsområder på strekningen og kartlegging av vanddyp på gyteområder og gytegroper tilsier ikke at tørrlegging av gytegroper vil bli noe problem. Våre resultater og vurderinger tilsier at en vintervannføring på 5 m³/s vil sikre både god vinteroverlevelse for lakseunger og være høy nok til å sikre rognoverlevelse.

Dagens reglement tilsier at om lag halvparten av vannet slippes forbi kraftverket i 14 dager om våren og slippet starter etter en markant økning i fangster av smolt i fella i Hesså. Reglementet oppfattes som problematisk driftsmessig for kraftverket, krever at smoltfella driftes hvert år og våre analyser viser at 14 dager med slipp kan være for kort i år med langstrakt smoltutvandring. Vårt forslag er kortfattet som følger:

- Starten av smoltslippene bestemmes av modellen som forutsier utvandningsstart fra summen av lufttemperaturer fra Kjevik Flystasjon fra 1. mars til 15. april.
- Slippene varer 28 dager når utvandringen starter tidlig og er langstrakt, 21 dager ved normal utvandningsstart og varighet og 15 dager når utvandringen starter sent og er intens.
- Slippenes størrelse er avhengig av vannføringen inn til kraftverket og er gitt som maksimal vannføring inn i kraftverket i trappetrinn. Slippene skal sikre at minst 75 % av smolten vandrer forbi kraftverket i hele perioden. For å nå målet om at minst 90 % av smolten skal passere foreslår vi at det arbeides videre med ledegjerder som leder smolten over mot motsatt side der våre studier viser at de lettere finner veien ned mot dammen.

Dette forslaget vurderes av Agder Energi som enklere å bruke, er ikke avhengig av drift av smoltfella ved Hesså og vil gi bedre resultat i form av andelen smolt som vandrer forbi kraftverksinntaket enn med dagens reglement.

I dagens reglement varierer slippene om sommeren i trappetrinn fra 12 til 25 m³/s, avhengig av vannføringen inn til kraftverket. I tillegg stanses kraftverket hver fredag for å bedre innvandringen av laks til trekningen. Vi forslår slipp på 12 m³/s fra smoltperiodens slutt til 31. august, en nedtrapping mot en egen gytevannføring og at fredagsstansen fjernes. Vandringsstudiene viser at utløpet av Laudal kraftverk ikke lenger er et problem for oppvandringen av laks og fredagsstansen er ikke nødvendig. Våre beregninger tilsier at vanndekt areal øker mye med vannføringen opp til ca. 5 m³/s, mens elvesenga er tilnærmet full og øker lite for vannføringer over ca. 10 m³/s. Vårt forslag om faste slipp på 12 m³/s skal sikre gunstig sammensetning av habitattyper (stryk, glattstryk, kulper osv.) på strekningen og gi gode fiskemuligheter. Flomepisoder vil bidra til variasjon i vannføring på strekningen. Etter vår vurdering gir trappetrinnløsningen for vannslipp i dagens reglement ikke noen gevinst for fiskeproduksjonen fordi produksjonen er



Figur som viser vårt forslag til vannslippe gjennom året. Under smoltutvandringen er slippene avhengig av vannføringen og kurven viser bare et typisk slipp. Start og varighet på slippene varierer også.

bestemt av vanddekt areal ved laveste vannføring og fordi korte periodene med høyere vannføringer ikke gir bedre vekst eller overlevelse til laksunger.

Etter at fiskesesongen normalt er over (31. august) og fram til gytetida foreslår vi at vannslippene reduseres til 10 m³/s. Hovedformålet med disse vannslippene er å gi gode oppvandringsforhold for sent ankommende gytefisk, samt at vannføringen blir en nedtrapping til gytevannføringen.

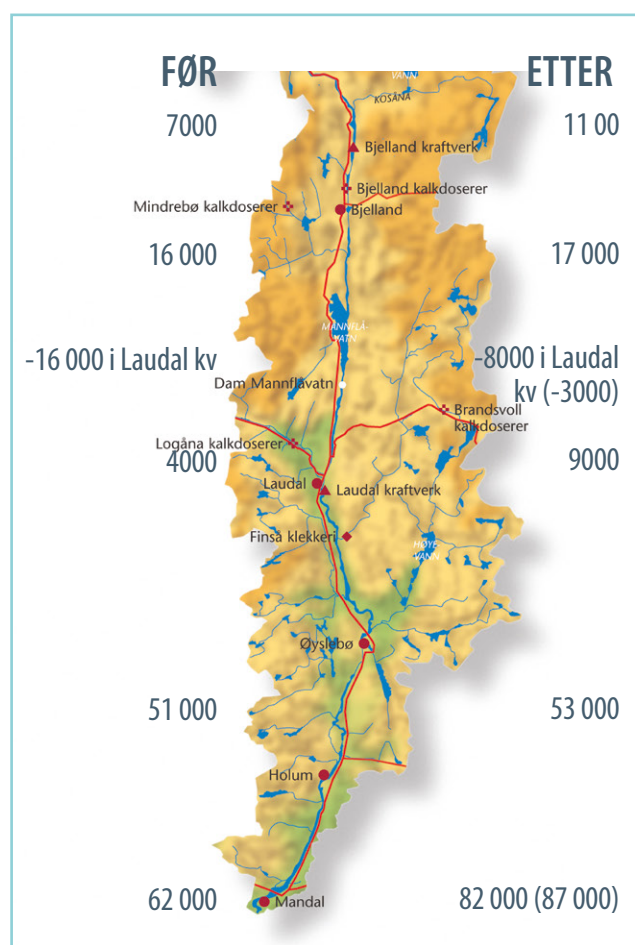
Gytevannføringen er foreslått til 6 m³/s og varer fra 20. oktober og fram til 1. desember, en periode som skal dekke gytetida både for laks og sjøaure. Denne vannføringen er en avveining mellom gytefiskens krav til vannhastigheter og dyp på gyteplassene og at gytegropene ikke skal tørlegges gjennom vinteren.

Vår forslag til vannslipp ved Laudal kraftverk gir en årlig innsparing i kraftproduksjon på i gjennomsnitt 4,7 GWh (0,3-6,7) sammenlignet med dagens manøvreringsreglement. Samtidig gir forslaget etter vår vurdering like gode oppvandringsforhold, gode fiskeforhold, like gode produksjonsforhold for laksesmolt og bedre resultat for smoltutvandring forbi kraftverket. I tillegg har de gjennomførte tiltakene på strekningen gitt en betydelig økning i smoltproduksjonen på strekningen og betydelig bedre fiskemuligheter. I 2017 og 2018 ble det rapportert en fangst på henholdsvis 1093 og 1423 kg laks på denne strekningen, som tidligere var dårlig egnet og stengt for fiske.

Miljøtilpasset kraftverksdrift

Når kraftverk reduserer driften på grunn av etterspørselen og markedet kan vannstanden i elva nedstrøms synke så fort at ungfisk av laks og sjøaure ikke rekker å følge vannet og blir igjen mellom stener, i pytter eller inne i vegetasjon og kan dø. Noen ganger kan det også være utfall av kraftverk (på grunn av f. eks. lynnedslag) som gir slike raske nedtappinger og fiskedød. Det har vært episoder med slik dødelighet både nedstrøms utløpet av Bjelland og Laudal kraftverk. For å redusere dette problemet har vi utarbeidet forslag til begrensninger i hvor fort kraftverkene kan redusere driften når det er fare for at store områder tørlegges, og i 2017 ble forslaget på frivillig basis tatt inn i Bjelland kraftverks driftsinstruks. Lignende begrensninger er forventet innført for Laudal kraftverk. Dette vil redusere negative effekter på fisk under ordinær drift til et minimum.

Smoltgevinst i ulike deler av Mandalselva før og etter at foreslåtte eller gjennomførte tiltak har fått effekt. Tallene ut for hver strekning er antall smolt produsert, minustallene er tapet i Laudal kraftverk og tallene ved munningen (Mandal) er antall smolt ut av elva. Tallene i parentes gjelder dersom ledetiltak bidrar til at over 90 % av smolten passerer forbi inntaket til Laudal kraftverk. Alle tallene er gitt for minimumsproduksjon.



Mer laks og mer kraft – nådde vi prosjektets mål?

Målet med miljødesignprosjektet var søm følger:

«Det årlige tapet i lakseproduksjon etter vannkraftreguleringen i Mandalselva skal reduseres til et minimum, samtidig som kraftproduksjon på lakseførende strekning opprettholdes eller økes».

Vi har i prosjektet beregnet smoltgevinsten ved både de gjennomførte og planlagte tiltakene. Med smoltgevinst mener vi antall nye smolt som blir produsert i tillegg til den smoltproduksjonen som foregikk før noen tiltak var gjennomført, og som derfor bidrar til å redusere tapet etter byggingen av de to kraftverkene på den lakseførende strekningen. I gevinsten inngår i tillegg redusert smolttap i Laudal kraftverk.

Dersom alle de foreslåtte tiltakene i miljødesignprosjektet gjennomføres forventes en total gevinst på mellom 20 000 og 35 000 smolt, tilsvarende en økning i antall smolt ut av vassdraget på ca. 30 %. Fordelingen av gevinst i ulike deler av vassdraget er vist i figuren på side 14 (minimumsgevinst). Tapet etter kraftutbyggingen i vassdraget har tidligere blitt anslått til mellom 20 og 40 %, men tallene er ikke direkte sammenlignbare. Våre vurderinger tilsier imidlertid at målet om å redusere tapet etter reguleringen til et minimum er godt nådd om prosjektets tiltakspakke gjennomføres. Gevinsten blir enda større om ledetiltak ved Laudal kraftverk kan sikre at over 90 % av smolten passerer forbi inntaket. Det arbeides nå med en slik løsning.

Forslaget til vannslipp ved Laudal kraftverk representerer en årlig innsparing i kraftproduksjon på i gjennomsnitt 4,7 GWh (0,3-6,7) sammenlignet med dagens manøvreringsreglement. Frivillige slipp ved Bjelland kraftverk som sikrer en økt minstevannføring om sommeren (fra 2 til 3 m³/s) og vinteren (fra 1 til 1,5 m³/s) på strekningen Kavfossen til Monan innebærer et krafttap på rundt 1 GWh (0,5-2 GWh). Gevinsten ved miljødesignede slipp forbi Laudal kraftverk er altså større enn tapet ved noe større slipp forbi Bjelland kraftverk.

Samlet sett innebærer forslagene til fysiske tiltak, tilpasninger i kraftverksdrift og vannslipp at kraftproduksjonen på lakseførende strekning i gjennomsnitt økes, mens tapet i lakseproduksjon etter kraftreguleringen i Mandalselva blir redusert til et minimum. Målet i miljødesignprosjektet kan derfor bli nådd om anbefalte tiltak gjennomføres.

Les mer:

Forseth, T., Fjeldstad, H.-P., Gabrielsen, S.-E., Skår, B., Lamberg, A., Hedger, R., Kvingedal, E. & Havn, T. 2019. Miljødesign Mandalselva – samlet tiltaksplan og oppsummering. - NINA Rapport 1691. Norsk institutt for naturforskning.

Fjeldstad, H.-P., Zinke, P., Bustos, A. A., Forseth, T., Gabrielsen, S.-E. & Skår, B. 2014. Fjerning av terskler ved Laudal i Mandalselva. Hydrauliske forhold og fysiske tiltak for laks. SINTEF Rapport TR A7450.

Fjeldstad, H.-P., Zinke, P., Bustos, A. A., Forseth, T., Gabrielsen, S.-E. & Skår, B. 2016. Miljødesign Mandalselva – Fysiske biotiltak på strekningen fra Kavfossen til utløpet av Bjelland kraftverk. SINTEF Rapport TR A7600.

Fjeldstad, H.-P., Forseth, T., Gabrielsen, S.-E., Skår, B. & Sauterleute, J. 2017. Miljøtilpasset drift av Bjelland kraftverk. SINTEF Rapport TR A7605.

Gabrielsen, S.E., Skår, B., Haraldstad, T. & Hindar, A. 2017. Kartlegging av utvalgte sjørrretbekker som renner inn i Mandalselva høsten 2016. LFI-Raport 289. Uni Research Miljø.

Gabrielsen, S.E. & Stranzl, S. 2018. Forslag til utforming av terskel Laudal. Uni Research Miljø LFI. Notat januar 2018



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor
Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, NO-7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
E-post: firmapost@nina.no
Organisasjonsnummer 9500 37 687
<http://www.nina.no>

Brosjyren refereres som: Forseth, T. (red). 2020. Mandalselva – fra forsurening og vannkraftregulering til kalking, reetablering og miljødesign.

ISBN: 978-82-426-4560-9

Kontakt: Torbjørn Forseth (torbjorn.forseth@nina.no)

Foto på omslag: Yvonne Ødegård. Grafisk utforming: K. Sivertsen/NINA