

Tilsigsstyrt minstevannføring

Rapport nr. 2 - 2006

Tilsigsstyrt minstevannføring

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Finn R. Gravem, Jan-Petter Magnell og Kjetil Sandsbråten, SWECO Grøner AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Steinsholmen, Suldalslågen april 2002. Foto: Finn Gravem.

ISSN: 1502-234X

ISBN: 82-410-0577-6

Sammendrag: Tilsigsstyrt minstevannføring er en form for miljøbasert vannføring. De naturlige vannføringsvariasjonene ivaretas, men i en nedskalert form, med eller uten øvre eller nedre beskrankninger.

Et alternativ med tilsigsstyrt minstevannføring ble vurdert i forbindelse med Statkrafts søknad om varig manøvreringsreglement i Suldalslågen i 2004. Alternativet ble ikke anbefalt av hensyn til begroing, bunndyr og fisk.

Så langt vi har kunnet bringe på det rene, er det ikke gjennomført praktiske forsøk, verken i Norge eller i utlandet, for å avdekke effekter av manøvreringer av denne typen. Internasjonalt er det bare i Australia det er funnet at en har implementert tilsigsstyrt minstevannføring, kalt "translucent dams".

Emneord: Minstevannføring, nedskalert naturlig vannføring, TMVF, regulerte vassdrag, manøvreringsreglement.

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

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

Februar 2006

Innhold

Forord	7
Sammendrag	9
1 Innledning.....	11
2 Tilsigsavhengig minstevannføring i Norge i dag	14
2.1 Minstevannføringsbestemmelser i vassdrag der reguleringen ikke medfører fraføring av vann	14
2.2 Minstevannføringsbestemmelser på elvestrekninger med redusert vannføring.....	14
2.3 Annen bruk av tilsigsavhengighet.....	15
2.4 Fleksibel manøvrering.....	15
3 TMVF nasjonalt og internasjonalt	16
4 Antatte virkninger av TMVF.....	18
4.1 Generelle biologiske forhold	18
4.2 Fisk	18
4.3 Utøvelsen av fiske	21
4.4 Invertebrater	22
4.5 Begroing.....	23
4.6 Generelle hydrofysiske forhold	25
4.6.1 Flom	25
4.6.2 Erosjon / sedimenttransport.....	26
4.6.3 Vanntemperatur / isforhold.....	27
4.7 Fritidsbruk og næringsvirksomhet.....	29
4.8 Allmennhetens kontrollbehov	29
4.9 Myndighetenes kontrollbehov	30
4.10 Konflikter med andre restriksjoner	30
4.11 Konsekvenser for regulanten	30
4.12 Privatrettslige forhold	31
5 Mer generelt om TMVFs egnethet	32

6 Foreløpige konklusjoner eller anbefalinger	34
7 Forslag til videre oppfølging	35
7.1 Feltforsøk	35
7.2 Bruk av eksisterende kunnskap i allerede regulerte vassdrag	35
7.2.1 Jostedøla som mulig eksempel	36
8 Litteratur	38

Forord

Dagens vassdragsforvaltning må ta hensyn til mange ulike brukerinteresser. FoU-programmet Miljøbasert vannføring har som mål å øke kunnskap om virkninger av sterkt redusert vannføring og samtidig komme frem til nye modeller og metoder som kan ivareta de ulike brukerinteresser i et vassdrag, herunder også selve miljøet. Dynamikk og variasjon i vannføring er sentralt for både vassdragets funksjon og for biologisk mangfold. Ved å relatere minstevannføring til tilsiget vil man kunne oppnå den ønskede variasjon. Prosjektet Tilsigsstyrt minstevannføring har som mål å utrede muligheter, metoder og erfaringer med tilsigsstyrt vannføring, og vurdere egnetheten i forhold til mer tradisjonelle minstevannføringer.

Oslo, februar 2006



Haavard Østhagen
leder styringsgruppe



John Brittain
programleder

Sammendrag

I det siste tiåret har fokuset endret seg fra å finne akseptable nedre grenser for vannføringer som ivaretar økonomisk viktige fiskearter, til en mer helhetlig tenkning der hele økosystemet søkes ivaretatt. Det er også blitt mer vanlig å vurdere de sosiale og økonomiske følgene av å endre et vannføringsregime. På verdensbasis synes det å være en økende bruk av miljøbasert vannføring. Ved anvendelse av miljøbasert vannføring fastsettes størrelsen på vannføringen, ”timing” for å oppnå best effekt, varighet av lav og høy vannføring, variasjoner mellom år og innen år for å ivareta fundamentale funksjoner av alle økosystemets deler.

Tilsigsstyrt minstevannføring er en form for miljøbasert vannføring. De naturlige vannføringsvariasjonene ivaretas, men i en nedskalert form, med eller uten øvre eller nedre beskrankninger. Så langt vi har kunnet bringe på det rene er det ikke gjennomført praktiske forsøk for å avdekke effekter av manøvreringer av denne typen.

I den sterkt regulerte Campaspe River og den mer moderat regulerte Broken River, i Murray-Darling Basin i Australia, har det imidlertid pågått biologiske undersøkelser i mange år i sammenheng med planlagte slipp av vann etter ”translucent dam” prinsippet. Riktignok har disse planlagte slippene av vann hatt beskrankninger på vannføringen, men på grunn av tørke i forsøksperioden, som har strukket seg over flere år, har det så langt ikke vært mulig å gjennomføre studiene som planlagt.

I den regulerte elva Suldalslågen er det behov for store flommer for å fjerne sedimenter og for at flommer kommer til rett tid. En tilsigsstyrt minstevannføring på 23 % av det naturlige i denne elva ble ikke anbefalt av forskerne med hensyn på begroing, bunndyr og fisk. En av hovedårsakene til dette var at de forventede flommene ikke vil bli store nok til å fjerne uønskede sedimenter og begroing og derfor føre til dårligere habitat for bunndyr og fisk.

Vestlandselver er kjent for raske og hyppige vannføringsendringer. Et tilsigsstyrt reglement vil kunne ivareta denne dynamikken, noe som kan være positivt for oppvandring av voksen fisk og derved for fisket i slike elver. En litteraturstudie knyttet til vannføringsbehov og invertebrater i australske vassdrag konkluderte med at det ikke forelå tilstrekkelig med informasjon til å designe miljøbaserte vannføringer for invertebrater. Muddersnegl (*Potamopyrgus antipodarum*) spiller en viktig funksjon i mange elveøkosystemer i New Zealand. I Australia og Nord-Amerika er den blitt en eksotisk pest og det er gjort mye for å kontrollere utbredelsen. En studie vier at fjerning og begrenning av flommer sannsynliggjør økte muligheter for at muddersneglen skal kolonisere og kanskje dominere bunndyrsamfunnet. I Suldalslågen økte bunndyrtettheten med ca. 600 % etter to år med lav vårvannføring og ”spyleflommer” om høsten i forhold til de foregående årene med høy vårvannføring, men uten spyleflom.

Mengden av vannvegetasjon i elver er avhengig av flommer og størrelsen på disse.

I Suldalslågen har dekningsgraden av moser og karplanter ligget på ca. 80 % i reguleringsperioden 1988 – 2003.

Spyleflommer på ca. 200 m³/s synes imidlertid å kunne redusere dekningsgraden av begroing. I en studie av 15 lavlandselver i South Island, New Zealand, ble det funnet at prosentvis dekningsgrad av vegetasjonsdekket og antall arter avtok med økende antall flommer i elvene. I tillegg ble det funnet at antall plantearter økte med økende strømhastighet opp til 0,4 m/s, men avtok ved høyere midlere strømhastighet. Ved midlere strømhastigheter over 0,8 m/s ble det antatt at det ikke ville være planter tilbake. I hvilken grad tilsigsstyrt minstevannføring vil påvirke begroingsgraden i norske vassdrag er ukjent. TMVF gjenspeiler den naturlige hydrologiske variabiliteten i samspill med restfeltene. Vassdraget oppleves som mer naturlig når flommer kommer når det regner og det er lav vannføring i tørre perioder. Hyppige endringer i vannføring kan ha positive effekter for å forhindre konsolidering av materiale på elvebunnen og sammenfallende flomtopper med restfeltet øker vassdragets transportkapasitet for materiale. Naturlig lav vintervannføring kan i kalde perioder øke frekvensen av islegging og kombinert med senere isganger øke motvirke uønsket stabilitet i deksjiktet og begroing.

TMVF vil gi mindre stabilitet i vannføringen og gir annen elvenær aktivitet mindre forutsigbarhet. Almennhetens kontrollmulighet reduseres og myndighetenes kontroll vil forvanskes.

Utøvelse av av TMVF vil kunne komme i konflikt med andre myndighetspålagte restriksjoner og kan også medføre uønskede praktiske eller økonomiske følger for regulanten.

Som en foreløpig konklusjon, før en eventuelt får prøvd ut TMVF i et norsk vassdrag, kan det virke som regulerte vassdrag med svært små minstevannføringsvolum i prosent av naturlige årsvolum eger seg dårlig for TMVF.

TMVF vil antakelig kunne egne seg bedre i vassdrag med en relativt større minstevannføring sammenlignet med naturlig vannføring. Det vil også kunne være interessant om TMVF kan anvendes i regulerte vassdrag der intet vann føres ut av vassdraget, eller om den endrete årsfordelingen av vannføringen som ligger i reguleringsens natur og hensikt gjør det vanskelig å oppfylle krav om TMVF.

1 Innledning

I de siste årene har det blitt mer og mer fokus på å ivareta helheten i elveøkosystemet ved fastsettelse av minstevannføringer i forbindelse med reguleringer. Internasjonalt har denne tilnærmingen vært omtalt som miljøbasert vannføring, eller *Environmental Flows* (Poff *et al.* 1997; Stewardson & Gippel 2003; Tharme 2003; Moore 2004). Dette konseptet oppsto i USA på 1940-tallet da en ble klar over at mangel på vannføring medførte redusert antall av sportsfisk som laks (King *et al.* 1999; Arthington *et al.* 2004). Konseptet med miljøbasert vannføring med fokus på økonomisk viktige fiskearter ble videreutviklet i USA på en usystematisk måte fram til 1970-tallet. På denne tiden begynte det å dukke opp dokumenterte metoder, samtidig som USA fikk en ny lov om miljø og ferskvann og det skjedde kraftig økning i bygging av dammer (Postel & Richter 2003; Tharme 2003). En av de viktigste metodene, Tennant metoden, samt andre metoder tok sikte på å finne akseptable minimumsvannføringer som ivaretok viktige fiskearter. Metoden var enkel og fikk stor utbredelse. En viktig antagelse var at dersom en ivaretok viktige fiskepopulasjoner og deres habitat så ville en også ivareta hele økosystemet (Arthington *et al.* 2004). En annen antagelse var at alt vann som var over en viss minstevannføring definert ut fra viktige fiskearters behov, kunne benyttes til andre formål (King *et al.* 1999). Disse tilnærmingene førte til en rekke metoder som fortsatt er under utvikling (Arthington *et al.* 2004).

En økende grad av fleksibilitet ønskes i reglementene, samtidig som det er mer fokus på vassdragenes behov enn på regulantenes behov (L'Abée-Lund & Brittain 2002). I den sammenheng ble FoU-programmet Miljøbasert vannføring satt i gang i 2001, for å øke vår kunnskap om virkninger av sterkt reduserte vannføringer i vassdrag og bedre forvaltningens faglige grunnlag for å fastsette minstevannføringer ved inngrep. EUs vanddirektiv, med stort fokus på naturlige forhold i vassdragene, er også med og aktualiserer en slik satsing på økt kunnskap om alternative minstevannføringsregimer og virkningene av disse.

En tilnærming for å fastsette vannføringer nedstrøms reguleringsinngrep har vært å konsentrere seg om en best mulig bevaring av den hydrologiske variabiliteten, eller de naturlige variasjonene i vannføringsforholdene. Ulike metoder for fastsettelse av vannføringer er diskutert i litteraturen (se for eksempel Richter *et al.* 1996; 1997; Tharme 2003). Tilsvarende metode kan også brukes til å fastsette graden av hydrologisk påvirkning eller endring i et regulert vassdrag (Black *et al.* 2000). Forståelsen av at flommer er kritisk for å opprettholde biodiversiteten og sikre økosystemets integritet har ført til et nytt paradigme med hensyn på vannressursforvaltning basert på miljøbasert vannføring (Postel & Richter 2003; Poff *et al.* 1997). Det siste tiåret har vi derfor sett en dreining i vannressursforvaltning fra å etablere minimumsvannføringer som er akseptable for økonomisk viktige fiskearter til mer helhetlig tenkning som ivaretar hele økosystemet (King *et al.* 1999; Brown & King 2003).

Det spesielle med norske regulerte vassdrag, sammenlignet med mange vassdrag internasjonalt, er at den naturlige årsfordelingen i vannføring og årsfordelingen i kraftproduksjon normalt passer dårlig overens. Det betyr at selv i vassdrag der intet vann føres ut av vassdraget vil en vanskelig kunne gjenskape en naturlig årsfordeling nedstrøms reguleringer og kraftverk. I tillegg har en i Norge for en stor del sterkt reduserte vannføringer på regulerte elvestrekninger, noe som også til dels passer dårlig med internasjonale metoder for å bevare den hydrologiske variabiliteten (jf. for eksempel Richter *et al.* 1996).

I Suldalslågen i Rogaland har Statkraft regulert Suldalsvatn siden 1980. Det har vært tre ulike prøvereglementsperioder for minstevannføringslipp til Suldalslågen siden 1990, som resulterte i en søknad om varig manøvreringsreglement i 2004 (Statkraft 2004). Under arbeidet med søknaden lanserte Statkraft en idé om et dynamisk minstevannføringsalternativ. Dette skulle være et slipp av en andel av den beregnede naturlige vannføringen ut av Suldalsvatn til enhver tid. Statkraft orienterte bl.a. NVE og Direktoratet for naturforvaltning (DN) om tanken om et dynamisk alternativ, og dette ble meget godt mottatt i begge direktoratene. NVE påla senere Statkraft å utrede et manøvreringsalternativ med dynamiske slipp i forbindelse med søknaden. Da Statkraft søkte i 2004, valgte de å søke om et mer tradisjonelt manøvreringsreglement som førstealternativ, men inkluderte også et dynamisk alternativ i søknaden (Statkraft 2004).

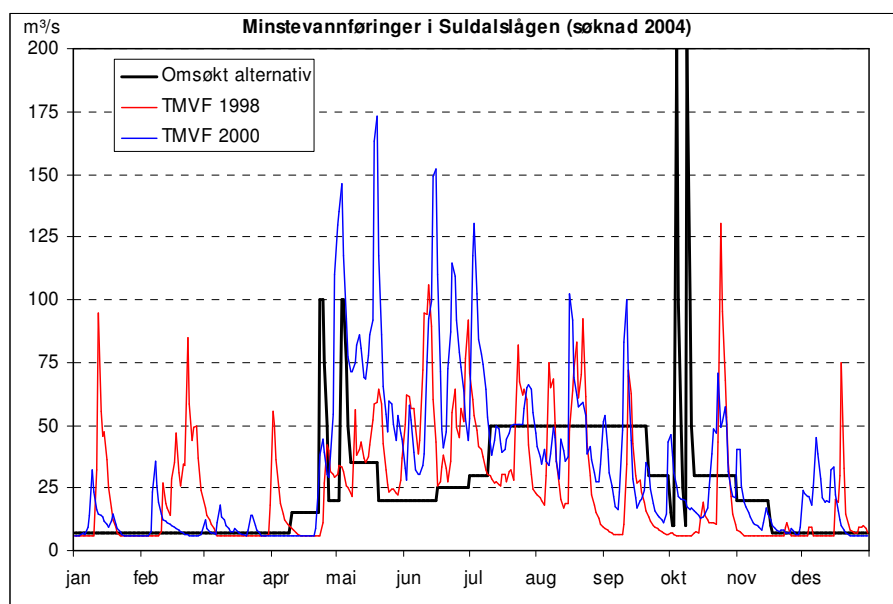
Som en oppfølging av arbeidet som ble gjort i forbindelse med Statkrafts søknad, ønsket SWECO Grøner å gjennomføre en grundigere gjennomgang av det dynamiske slippalternativet. Det resulterte i midler fra FoU-programmet Miljøbasert vannføring. I stedet for å kalle metoden for slipp av minstevannføringer for dynamisk, har vi valgt betegnelsen Tilsigstyrt minstevannføring, kalt TMVF i det følgende.

I denne studien har vi definert TMVF på følgende måte:

TMVF vil si at det til en hver tid slippes en angitt prosentandel av den vannføringen som ville ha rent naturlig i vassdraget ved slippstedet eller ved målepunktet for minstevannføringen, dersom dette avviker fra slippstedet.

TMVF gir altså en nedskalert vannføring i størrelse og forløp i forhold til uregulerte forhold, eventuelt begrenset av en nedre og øvre beskrankning. I Suldalslågen ble det satt en absolutt nedre beskrankning omtrent lik naturlig alminnelig lavvannføring og en øvre beskrankning som var begrunnet dels i fare for skadeflom og dels i rent tekniske begrensninger på dammen og lukene. Som en illustrasjon på hvordan minstevannføringslipp kan bli med TMVF, er det i diagrammet under vist beregnede slipp til Suldalslågen i to konkrete år (Figur 1). Slippet utgjør ca. 26 % av beregnet naturlig vannføring ut av Suldalsvatn i de to årene. Kurvene illustrerer både de store variasjonene i vannføring gjennom året, samt forskjellene mellom de to årene avhengig av de beregnede naturlige tilsigene de to årene. I tillegg er det i diagrammet vist Statkrafts omsøkte minstevannføringslipp (Statkraft 2004) med varierende verdier gjennom året, men uten noen variasjon fra år til år. Uten å gå inn på noen vurdering av de ulike reglementsalternativene, viser eksemplet i diagrammet hvordan

TMVF vil gi langt større variasjoner innenfor det enkelte år og mellom år enn et mer tradisjonelt minstevannføringsregime. I tillegg viser kurvene for TMVF at vannslippene kan bli lave på ettersommeren og høsten.



Figur 1. Vannføringskurver for beregnede slipp til Suldalslågen i to konkrete år.

TMVF vil, i likhet med andre fleksible minstevannføringsregimer, sikre en variabilitet som motvirker ”flate” vannføringer som ofte har vært oppfattet som uheldige. TMVF vil også sikre en speiling av naturlige vannføringsvariasjoner, riktignok nedskalert, som i likhet med andre metoder søker å bevare den naturlige variabiliteten mest mulig. I tillegg vil TMVF, til forskjell fra de fleste andre hydrologiske metoder for miljøbasert vannføring, sikre at vannføringsvariasjoner vil opptre på riktig tidspunkt i forhold til hvordan det ville vært uten regulering i vassdraget. Dette siste ble for eksempel påpekt som meget viktig av laksefiskere i Altaelva i forbindelse med vurderinger av manøvreringsreglementet på 90-tallet, der fiskere reagerte negativt på selv små vannføringsendringer som synes å være i strid med værforholdene (for eksempel en nedgang i vannføring og vannstand i elva mens regnet strømmer ned).

I den foreliggende skrivebordsstudien, har vi forsøkt å finne land og vassdrag der TMVF har vært eller er i bruk i styringen av minstevannføringer. Spesielt viktig har det vært å finne erfaringer med slike vannføringsslipp, som igjen kan være med og bygge opp kunnskapen som regulerter, forskere og forvaltningen trenger om TMVF skal kunne implementeres i Norge.

2 Tilsigsavhengig minstevannføring i Norge i dag

Det finnes noen manøvreringsreglement i Norge i dag som har elementer av tilsigsavhengighet inkludert, som påvirker vannføringen. Som oftest skjer dette bare i en del av året. Dette gjelder både for elvestrekninger med redusert vannføring grunnet fraføringer ut av vassdraget, for elvestrekninger nedstrøms kraftverk og magasiner der årsmiddelvannføringen er bevart, men gitt en annen årsfordeling, samt for fyllingsforhold i magasiner. I disse reglementene er bestemmelsene på ulike måter knyttet opp mot tilsigsforhold i det enkelte år. Det er nedenfor tatt med enkelte eksempler på tilsigsavhengighet i noen reglementer.

2.1 Minstevannføringsbestemmelser i vassdrag der reguleringen ikke medfører fraføring av vann

Altautbyggingen (Savtso kraftverk)

I det opprinnelige manøvreringsreglementet fra 1979 var den ordinære bestemmelsen at i perioden fra magasinet var fylt og fram til 1. september skulle vannføringen i Altaelva nedstrøms kraftstasjonen ikke avvike mer enn 10 prosent fra uregulert vannføring. Da var det beregnet naturlig vannføring i hvert enkelt år det var snakk om.

Norereguleringene (ny konsesjon fra 2001)

Reglementet har minstevannføringsbestemmelser i Numedalslågen ved Skollenborg. I sommerperioden fra 25. mai til 15. august skal det naturlige tilsiget til Skollenborg slippes, dersom dette ligger mellom en øvre og en nedre beskrankning. Bestemmelsen sikrer en variabilitet i situasjoner der det naturlige tilsiget ligger innenfor et visst variasjonsområde.

2.2 Minstevannføringsbestemmelser på elvestrekninger med redusert vannføring

På elvestrekninger, nedstrøms magasiner eller inntak, blir det som oftest fastsatt konstante slipp av minstevannføring, eventuelt varierende fra periode til periode gjennom året. For slipp fra bekkeinntak uten noe magasin, eller fra dammer med svært begrenset magasinivolum, vil ofte reglementet ha med en formulering som sier at dersom tilsiget er mindre enn den fastsatte minstevannføringen, slippes hele tilsiget.

Suldalslågen (fra prøvereglementet gitt i 1990)

I månedene mai til juli skulle det slippes en minstevannføring fra Suldalsvatn som besto av en fast vannmengde tillagt tilløpet fra det lokale uregulerte restfeltet til Suldalsvatn midlet over de 5 foregående døgnene. Dette siste skulle sikre at alt

uregulert tilløp til Suldalsvatn i disse månedene ble sluppet videre til Suldalslågen, og samtidig sikret det en variabilitet i vannføringsslippet.

2.3 Annen bruk av tilsigsavhengighet

I flere reglementer er det knyttet bestemmelser til vårflommens kulminasjon, eller fyllingstidspunkt, eller vårflommens begynnelse. Dette er knyttet både til magasinrestriksjoner og til minstevannføringslipp. Disse bestemmelsene kan avstedkomme fortolkningsdiskusjoner, fordi de ofte ikke er knyttet opp mot faste datoer eller andre udiskutable verdier på for eksempel vannføring eller vannstand.

Suldalslågen (fra prøvereglementet for perioden 1998-2000)

I reglementet ble det fastsatt at vannslippingen skulle være styrt av vårflommens forløp. Starten på vårflommen, eller lavvannsperiodens slutt, var bestemt ut fra observerte vannføringer i referansefeltet Stordalsvatn i Etnevassdraget. Lavvannsperioden ble regnet som avsluttet når tilsiget til referansepunktet hadde holdt seg minst lik midlere tilsig for april i gjeldende normalperiode i fem sammenhengende døgn.

2.4 Fleksibel manøvrering

I Norge blir ofte uttrykket fleksibel manøvrering eller fleksibel minstevannføring brukt for å beskrive et minstevannføringsregime der det tillates en viss variabilitet innen oppgitte grenser. Dette kan være slipp som er styrt av tilsigsforholdene, men som oftest sikrer fleksibiliteten en viss grad av variasjon i vannføringsslippet uten at denne er knyttet opp mot naturlige tilsigssvingninger.

I Suldalslågen har det i prøvereglementene siden 1990 vært åpnet for en slik fleksibilitet om sommeren, enten bestemt av et driftsutvalg eller etter avtale med en representant for de fiskeberettigede. Adgangen til slik fleksibel manøvrering vil vanligvis være knyttet til bestemte forhold, som for eksempel hensynet til lakseoppgangen, eller mer generelt til situasjonstilpassede manøvreringer, som tilfellet var for driftsutvalget i Suldal.

I Orkla søker en gjennom samtaler mellom regulanten, Fylkesmannen og fiskeinteressene å oppnå en fleksibilitet i vannføringene om sommeren, i en periode som ellers lett ville hatt veldig "flat" vannføring.

3 TMVF nasjonalt og internasjonalt

Under arbeidet med å utrede et alternativ med dynamiske minstevannføringslipp (tilsvarer TMVF) over hele året i Suldalslågen, ble det klart at noe tilsvarende ikke var kjent fra Norge eller våre nordiske naboland.

For å forsøke å finne ut om TMVF blir eller har blitt benyttet som slippregime noe sted i verden, ble en rekke forskere og forskningsmiljøer i Europa, Amerika og Asia, senere også Australia, New Zealand og Sør-Afrika, kontaktet pr. e-post. I tillegg til å kontakte en del personer som var kjent fra tidligere samarbeid eller fra artikler de hadde skrevet, tok vi utgangspunkt i kontaktpersoner i Europa fra arbeidet med vanddirektivet og sterkt modifiserte vannforekomster (Heavily Modified Water Bodies) samt personer som hadde deltatt på en konferanse innen integrert vannressursforvaltning som ble arrangert i USA for noen år siden. Disse forespørslene resulterte i ett mulig treff, i det vi ble tipset om at det skulle finnes et slikt slippregime i Australia, samt muligens også i Sør-Afrika. For øvrig var det ingen som kunne vise til at TMVF ble benyttet i prosjekter eller vassdrag de hadde kjennskap til.

I Australia skulle det finnes en metode for slipp av miljøbasert minstevannføring som ble kalt *Transparent* eller *Translucent Dams*. Etter søk på internett på disse stikkordene, fant vi at spesielt i vassdrag i New South Wales blir TMVF benyttet i deler av året (se for eksempel DLWC 2001; Gippel 2003). Ved spesielt lave tilsig blir hele tilsiget sluppet forbi (*Transparent*) mens ved noe høyere tilsig blir en prosentandel av tilsiget sluppet forbi (*Translucent*). Det er generelt en øvre grense for hvor høye tilsig som det vil bli sluppet en prosentandel av, det er sterk konkurranse om vannet mellom ulike brukere og det er intet ønske om å "sløse" med vannet.

Vi har ikke kunnet bringe på det rene noen erfaringer med eller beskrivelser av TMVF benyttet i Sør-Afrika.

At TMVF ikke er en metode som er mye benyttet, bekreftes av den gjennomgangen Tharme (2003) gjorde av 207 ulike metodikker for slipp av miljøbasert vannføring i 44 land. Hun fant at et slippregime med nedskalering av det aktuelle tilsiget, som vi har kalt TMVF, kun ble benyttet nettopp i Australia.

Paul Humphries, som har jobbet med *Transparent* og *Translucent Dams* i Australia i flere år (se for eksempel Humphries *et al.* 2004), kjenner heller ikke til bruk av TMVF andre steder enn i Australia (pers. medd. P. Humphries 2005).

I et litteratursøk ved biblioteket på Universitetet i Oslo ble det heller ingen treff på kodeordene:

Flow translucency, Translucency approach, Translucent dam rules, Scaling down natural flows og *Release of a percentage of natural flows*

Det ble søkt i følgende databaser som dekker akvatisk, biologisk, geologisk og geofysisk litteratur:

Aquatic Sciences and Fisheries Abstract (ASFA), Biological Abstracts, Zoological Records og GeoRef

I tillegg ble det også søkt i BIBSYS-databasen, som inneholder bøker og andre publikasjoner ved universitetsbibliotekene i Norge, Nasjonalbiblioteket, bibliotek ved norske høyskoler samt flere andre forskningsinstitusjoner.

4 Antatte virkninger av TMVF

4.1 Generelle biologiske forhold

Et nøkkelspørsmål knyttet til reguleringer av vassdrag er hvor mye vann som kan fjernes uten at det oppstår uakseptable endringer av elveøkosystemet (King *et al.* 1999). Det kan også reises spørsmål om fjerning av vann i enkelte deler av året er mer kritisk enn i andre. I et elveøkosystem inngår alle komponentene av landskapet som er direkte knyttet til elva og alle systemets livsformer. Dette inkluderer vassdragets kildeområder, selve vannstrengen fra kildeområdet og ned til utløpet i sjøen, kantvegetasjonen knyttet til vassdraget, vannet i vassdraget og dets fysiske og kjemiske egenskaper, tilhørende grunnvann og våtmarker, elvesletter, estuarieområdet og nærområdet til utløpet i sjøen i den grad dette er avhengig av ferskvannstilførsel.

I det siste tiåret har fokuset endret seg fra å finne akseptable nedre grenser for vannføringer som ivaretar økonomisk viktige fiskearter, til en mer helhetlig tenkning der hele økosystemet søkes ivarettatt. Dette gjelder blant annet i Syd Afrika og Australia (King *et al.* 1999; Brown & King 2003). Det er også blitt mer vanlig å vurdere de sosiale og økonomiske følgene av å endre et vannføringsregime. På verdensbasis synes det å være en økende bruk av miljøbasert vannføring (Tharme 2003). Ved anvendelse av miljøbasert vannføring fastsettes størrelsen på vannføringen, ”timing” for å oppnå best effekt, varighet av lav og høy vannføring, variasjoner mellom år og innen år for å ivareta fundamentale funksjoner av alle økosystemets deler (King *et al.* 1999).

Tilsiogsstyrt minstevannføring er en form for miljøbasert vannføring. De naturlige vannføringsvariasjonene ivaretas, men i en nedskalert form, med eller uten øvre eller nedre beskrankninger. Så langt vi har kunnet bringe på det rene er det ikke gjennomført praktiske forsøk for å avdekke effekter av manøvreringer av denne typen. Det nærmeste vi har funnet er en studie i den sterkt regulerte Campaspe River, og den mer moderat regulerte Broken River, Murray-Darling Basin, i Australia. Undersøkelsene som forgikk i perioden 1995 – 2004 hadde til hensikt å gjennomføre et ”før / etter” eksperiment med miljøbasert vannføring. Den miljøbaserte vannføringen skulle slippes etter prinsippet om ”translucent dam” og utgjøre 25 % av den naturlige vannføringen utenom vanningssesongen (Humphries *et al.* 2004). Studien vil bli omtalt mer inngående under de ulike fagtemaene.

4.2 Fisk

Det finnes ingen studier som fullt ut følger definisjonen av TMVF gjennom hele året. De få studiene som finnes er gjerne gjort i utlandet som for eksempel Australia, der de hydrologiske og økologiske forholdene avviker sterkt fra de vi finner i den nordlige boreale sone. Store deler av Australia er sterkt påvirket av tørke over lange perioder. Ofte er det også sterk konkurranse om vannet til andre formål som for eksempel vanning. I slike tilfeller kan naturlige flaskehalsar knyttet til lave

vannføringer få alvorlige konsekvenser for livet i vassdragene.

I en studie i den sterkt regulerte Campaspe River, og den mer moderat regulerte Broken River, Murray-Darling Basin, Australia ble det bare funnet larver av tre av de antatt åtte fiskeartene som lever i Campaspe River i dag. Opprinnelig fantes det tolv fiskearter i denne elva. De åtte artene som lever der i dag finnes i lite antall (Humphries & Lake 2000). I den mer moderat regulerte Broken River ble det funnet larver av ni fiskearter av de ti som antas å leve der i dag, av de opprinnelige femten artene. I Murraysystemet benyttes ca. 80 % av årlig tilsig til vanningsformål, noe som medfører tilsvarende redusert vannvolum, reduserte årlige variasjoner og tidsmessig forskyving av flommer. Det blir ofte en forsterkning av flommer som normalt ville være lave på sommeren og en reduksjon av normalt store vinterflommer (Close 1990). I tillegg tas det ofte hensyn til at en ønsker å redusere suksessen til utsatte arter som ørret. Et tiltak er å holde vannføringen lav i den varme tiden av året (Gippel 2001).

Dokumentasjonen inngår som en del av en forstudie der hensikten har vært å prøve ut et slipp av vann som innebærer 25 % av den naturlige vannføringen. Fordi konkurransen om vann er stor tillates kun slipp av vann

- 1) når reservoaret har en fyllingsgrad på minst 64 %.
- 2) i perioden mai til oktober, det vil si utenom vanningssesongen.

Forsøket med slipp av vann skulle starte i 1998 og vare til 2001, men på grunn av sterk tørke ble prosjektet forlenget til 2004 (Humphries *et al.* 2004). Selv med denne forlengelsen ble det ikke sluppet noen miljøbasert vannføring. Isteden ble det gjort en sammenligning av faunaen i øvre del av elva (vesentlig økt vannføring i perioden fra sen vår til tidlig høst i forbindelse med vanning), i midtre del av elva (vesentlig økning i vannføringen tidlig på høsten) og i nedre del av Campaspe River (lav vannføring det meste av året). Det ble også gjort en sammenligning mellom Campaspe River som en helhet og Broken River.

Det ble konkludert med at høye vannføringer som ble sluppet om sommeren til vanningsformål, samt tap av høy vinter- og vårvannføringer ikke hadde forhindret fisken i å gyte. Imidlertid er det sannsynlig at de endrede hydrologiske forholdene som følge av reguleringen har ført til tap av elvebukter med lav strømhastighet, som er viktige oppvekstområder for ungfisk og rekeyngel. Tap av slike habitater sammen med vandringshindre og at det nå sjelden forekommer store vår- og vinterflommer har sannsynligvis ført til tap av mange arter og forhindret rekolonisering av tapte områder. Mangelen på store vår- og vinterflommer som følge av reguleringen, og en forsterking av tørkeperioden, i nedre del av Campaspe River har ført til en degradering av makroinvertebratsamfunnet. Dette henger sammen med at oversvømte trær og lignende blir dekket av sedimenter når flommene uteblir. Overflaten av disse trærne er dekket av en rik biofilm som er viktig for visse grupper av makro-invertebrater og i neste omgang for fisk (Humphries *et al.* 2004).

Fordi det miljøbaserte vannføringsregimet ikke ble gjennomført ønsket man å teste effekten på fisk og reker av vanningsflommer om våren i Broken River. Dette ble gjort ved å øke vannhastigheten i stilleflytende elvebukter, og skape stille områder der det til vanlig var høyere strømhastighet. Denne manipuleringen viste klart at økt vannhastighet i eksisterende stille områder førte til tap av fiskelarver, og resulterte i redusert mengde av de fleste fiskeartene og noen rekearter, sammenlignet med kontrollområdene. Tilsvarende ble det funnet økt mengde fisk og reker når det ble skapt stille områder, i forhold til kontrollhabitatene med høyere strømhastighet. Det ble ikke funnet reduksjon i den totale tetthet og artsrikdom for makroinvertebratene og zooplanton. Det var imidlertid stor forskjell i makroinvertebrat- og mikrobentisk samfunn i de naturlige og de skapte stille og raskflytende områdene.

For å bedre forholdene ble det blant annet anbefalt å sørge for lave vannføringer mellom november og april i øvre del av Campaspe River. Dette krever at vannet tilføres brukerne på annen måte enn å slippe det i elva. For å favorisere lokale fiskearter ble det videre anbefalt en periode med lav vannføring om sommeren for å øke vanntemperaturen. I tillegg ble det anbefalt å slippe spyleflommer gjennom hele elvesystemet nedenfor dammen vår og vinter, for å bedre vandringsmulighetene for fisk og reker og fjerne uønskede sedimenter. For å oppnå disse effektene anbefales det at vannslippingen skjer etter ”translucent dam” prinsippet når fyllingsgraden i dammen har nådd et visst nivå. Dersom ikke dette kan oppnås foreslås styrt vannføring (Humphries *et al.* 2004).

Som det framgår av undersøkelsene i Campaspe og Broken River er det uaktuelt å gjennomføre tilsigsstyrt minstevannføring for den delen av året der fyllingsgraden i dammen ikke er oppfylt. Studien viser også at noen av problemstillingene er de samme som for eksempel i Suldalslågen der denne vannslippingsmetoden har vært vurdert.

I Suldalslågen er det gjort en vurdering av dynamisk slipp som tilsvarer 23 % i middel av den naturlige vannføringen med en øvre og nedre begrensning på henholdsvis 250 og 6 m³/s (Statkraft 2004). Hensikten var å få en mer naturlig variasjon i vannføringene gjennom året. Blant annet har det vært et ønske om store flommer for å fjerne uønsket begroing og sedimenter for derved å bedre habitatforholdene for fisk. Denne måten å slippe vann på ble imidlertid ikke anbefalt fordi en antok at flommene ikke ville få en tilstrekkelig størrelse for skape de ønskede habitatforbedringene (Bogen *et al.* 2004). Det var også et ønske om stor vannføring under smoltens utvandringsperiode i april/mai. Det ble konkludert med at tilsigsstyrt flom om våren kunne føre til at flommene ikke ble av ønsket størrelse (Bogen *et al.* 2004), og kunne komme til feil tid (Statkraft 2004). Det er imidlertid funnet små forskjeller i gjennomsnittsdatoen for når 25, 50 og 75 % av laksesmolten vandret ut av Suldalslågen i perioden 1996 – 2000 sammenlignet med perioden 2001- 2005. I første periode ble det sluppet en vårflopp opp mot 150 m³/s, mens det i siste periode ble sluppet vårflopp på 40 og 70 m³/s (Gravem 2005).

4.3 Utøvelsen av fiske

En tilsigstyrt minstevannføring vil i størst grad påvirke vannføring og vann-temperatur, men også vannkjemi og sedimentasjonsforhold kan bli endret, mens dynamikken i vannføringen blir uendret. Det er gjort relativt få vitenskapelige undersøkelser på hvordan ulike miljøfaktorer påvirker fangbarheten av fisk generelt og laks spesielt, som er den arten som representerer størst økonomisk verdi i norske regulerte elver. De vitenskapelige undersøkelsene som er publisert om laks har i hovedsak undersøkt vannføringens betydning for fangst (Millicamp & Lambert 1966; Jones 1968; Alabaster 1970; Jensen 1979; Gee 1980; Clarke et al. 1991; Potts & Malloch 1991; Saksgård et al. 1992). Vanntemperaturens betydning er det arbeidet mindre med (Gee 1980; Saksgård et al. 1992; L' Abée-Lund & Aspås 1999). I likhet med flere andre undersøkelser som har vurdert vannføringens betydning, fant Alabaster (Alabaster 1970) at antall fangede laks økte med vannføring og antall laks i River Coquet i England. Fangsteffektiviteten sank imidlertid med økende vannføring. Dårlige fiskeforhold og lavere antall sportsfiskere ved høye vannføringer kan være en forklaring på nedgangen i fangsteffektivitet. I Gaula var fangstene over en femårs periode påvirket av både vannføring og temperatur (L' Abée-Lund & Aspås 1999). De høyeste fangstene ble gjort ved vannføringer mellom 50 og 150 m³/s og ved vann-temperaturer mellom 13 og 16°C. Fangstene var dårlige når vannføringen oversteg 250 m³/s, men gode fangster ble registrert ved fallende vannføringer. Laks ble fanget ved temperaturer mellom 4 og 21°C, men det var en terskelverdi rundt 8°C. Den lave fangsten av laks under denne temperaturen kan skyldes adferdsendring hos laksen når temperaturen synker under 8 °C (L' Abée-Lund & Aspås 1999). I Altaelva ga en økning i vanntemperaturen en økning i fangst per time fisket i seks av ti undersøkte år (Saksgård et al. 1992). En økning i vannføring ga økt fangst i kun tre av de ti årene.

Vestlandselver er kjent for raske og hyppige vannføringsendringer. Et tilsigstyrt reglement vil kunne ivareta denne dynamikken, noe som kan være positivt for oppvandring av voksen fisk og derved for fisket i slike elver. Graden av suksess vil imidlertid være avhengig av prosentandelen av vann og eventuelle kritiske vandringshindre og således forskjellig fra vassdrag til vassdrag. I tørre år kan slike vassdrag være vanskelig å vandre opp i for voksen fisk. I vassdrag med styrt vannføring er det en større mulighet å sikre en viss dynamikk i oppvandringsperioden slik som det praktiseres i Suldalslågen (Kaasa *et al.* 1998, Saltveit 2000). I fiskeperioden har vannføringen der pendlet mellom 55 og 72 m³/s med sykluser på mellom 7 og 12 dager for å skape varierte fiskeforhold langs elva. Denne variasjonen i vannføring synes imidlertid ikke å påvirke laksens vandring forbi Sandsfossen, nederst i vassdraget, der det meste av den oppvandrende laksen blir registrert i en laksetrapp og i en automatisk teller (Bergan *et al.* 2003, Lura 2004). I Orkla er det også praktisert variabel vannføring i fiskesesongen for å bedre fisket. Etter nærmere avtale med en oppsynsmann oppnevnt av Miljøverndepartementet kan det slippes vann slik at en får en hensiktsmessig variasjon i vannføringen i tiden etter flomvassføringen (Manøvreringsreglement pkt. 2).

4.4 Invertebrater

I den omtalte studien i den sterkt regulerte Campaspe River, og den mer moderat regulerte Broken River, Murray-Darling Basin, Australia ble det i alt funnet 247 taxa fra 75 familier av invertebrater. Det ble imidlertid ikke funnet signifikante forskjeller i tetthet av invertebrater i de to elvene, mens artssammensetningen i de to elvene og i tre seksjoner av Campaspe River var signifikant forskjellig. Årsaken til forskjellene tilskrives klare hydrologiske forskjeller mellom de ulike lokalitetene (Growth *et al.* in press).

Growth (1998) fant i en litteraturstudie knyttet til vannføringsbehov og invertebrater at det ikke forelå tilstrekkelig med informasjon til å designe miljøbaserte vannføringer for invertebrater basert på australske undersøkelser. Growth (1998) peker på at mens det kan være lett å definere vannføringsbehovet for enkelte arter, kan det være vanskelig å definere for andre arter og enda mer komplekst for hele bunndyr-samfunnet.

I en studie utført av Holomuzsi & Biggs (1999) benyttes data fra 48 elver i New Zealand for å studere hvordan tettheten av muddersnegl (*Potamopyrgus antipodarum*) påvirkes av frekvensen av flommer, og hvordan sneglene utnytter ulike sedimenter for å gjemme seg under store flommer. Studien viste at populasjonstettheten var negativt korrelert med frekvensen av flommer og antyder at en elvs flomregime avgjør hvor mange snegler som kan forventes å bli funnet i en region. Det ble også funnet at sneglene forflyttet seg fra finere til grovere substrat, hvor det var flere skjulområder, som en respons på økende vannføring og økende strømhastighet.

Muddersnegl spiller en viktig funksjon i mange elveøkosystemer i New Zealand. Hvor viktig sneglen er som næring for fisk er imidlertid uklart. Siden sneglen har blitt en eksotisk pest i Australia og Nord-Amerika er det gjort mye for å kontrollere utbredelsen. Studien vier at fjerning og begrenning av flommer sannsynliggjør økte muligheter for at muddersneglen skal kolonisere og kanskje dominere bunndyr-samfunnet (Holomuzki & Biggs 1999).

I Suldalslågen økte bunndyrtettheten med ca. 600 % etter to år med lav vårvannføring og ”spyleflommer” om høsten i forhold til de foregående årene med høy vårvannføring, men uten spyleflom (Saltveit & Bremnes 2004). Økningen gjaldt praktisk talt alle taxa. Årsaken til økningen i bunndyrproduksjonen antas å skyldes høyere temperatur og lavere vannføring om våren og derved mindre utspyling av bunndyr sammenlignet med de foregående årene (Saltveit og Bremnes 2004).

En tilsigsstyrt minstevannføring vil gi mindre flommer i forhold til naturlig avrenning og derved mindre utspyling av bunndyr, samtidig som det produktive arealet vil bli mindre. Det er uvisst om hvordan dette totalt påvirker bunndyrproduksjonen. Den kraftige produksjonsøkningen av bunndyr i Suldalslågen kan tyde på at fravær av store flommer om våren kan øke mengden bunndyr, mens store flommer om høsten ikke synes å være bestandsregulerende på samme måte. Tilsigsstyrt minstevannføring anbefales ikke av Bogen *et al.* (2004) i Suldalslågen med hensyn på bunndyr særlig

fordi dette vil gi lavere flomtopper. Lavere flomtopper vil føre til betydelig reduksjon av mulighetene til erosjon og utspyling av materiale. Begroing, gjenfylling og konsolidering av materiale vil forsterkes og dette vil føre til at oppvekstarealene både for bunndyr og fisk blir sterk redusert.

4.5 Begroing

Det finnes begrenset tilgjengelig informasjon om forholdet mellom vannføring og begroing i elver. Eventuell positiv effekt av miljøbasert vannføring (environmental flow) på vannplanter er således i hovedsak ukjent (Gippel 2001). I følge Arthington *et al.* (1998) finnes det ikke hevdvunne metoder for å fastsette vannføringer i forhold til vannplanter. Imidlertid har dette temaet til en viss grad blitt behandlet av Roberts *et al.* (2000) som gir retningslinjer for hvor mye vann planter trenger som vokser på elvesletter i våtmarksområder. Denne veilederen påpeker likevel at de fleste studier av vegetasjon knyttet til miljøbasert vannføring i hovedsak har vært knyttet til selve elveløpet og kantvegetasjonen, men lite har vært gjort på vegetasjonen knyttet til elvesletter og våtmarksområder. I Norge er det imidlertid gjort en studie av fosserøykvegetasjon for å vurdere miljøeffekten av små kraftverk (L'Abée-Lund *et al.* 2005). Generelt viser det seg at denne type vegetasjon er avhengig av konstant høy luftfuktighet og dermed tilførsel av sprut fra en større foss gjennom hele året.

Mengden av vannvegetasjon i elver er avhengig av flommer, og i en studie av 15 lavlandselver i South Island, New Zealand ble det funnet at prosentvis dekningsgrad av vegetasjonsdekket og antall arter avtok med økende antall flommer i elvene (Riis & Biggs 2003). Modellen som ble utviklet tilsa at i elver med mer enn 13 flommer pr. år vil det ikke være vannplanter til stede. Flommer ble her definert som en hendelse der dagsgjennomsnittet for vannføringen var minst 7 ganger høyere enn middelvannføringen basert på data fra de 5 siste årene forut. I tillegg ble det funnet at antall plantearter økte med økende strømhastighet opp til 0,4 m/s, men avtok ved høyere midlere strømhastighet. Ved midlere strømhastigheter over 0,8 m/s ble det antatt at det ikke ville være planter tilbake (Riis & Biggs 2003). Med vannplanter menes her sannsynligvis karplanter, og det er usikkert om samme effekt vil oppstå der vannmoser dominerer begroingen.

I norske vassdrag varierer normalt vannføringen mye gjennom året (Otnes & Ræstad 1978). Flomepisoder skaper erosjon og ustabile vekstforhold for vannplanter. Vassdragsreguleringer som utjevner og stabiliserer vannføringen kan derved bidra til gunstigere vekstforhold for vannplantene. Rørslett (1989) har for eksempel vist at økt vintervannføring i kombinasjon med utjevnet eller redusert sommervannføring fører til økt forekomst av undervannsvegetasjon. En av årsakene til økt vannvegetasjon er at økt vintervannføring ofte fører til redusert eller manglende isdekke, som igjen gir gunstigere lysforhold og mindre erosjon på planter og sediment. Redusert isdekke og gunstigere lysforhold antas å være årsaken til økt algevekst i Sautso øverst i Altaelva på grunn av forhøyet vintertemperatur i forhold til uregulert tilstand (Ugedal *et al.* 2002).

Lenger nede i vassdraget, der isforholdene var uendret i forhold til før reguleringen, ble det imidlertid ikke funnet slike effekter.

Redusert sommervannføring eller flommer generelt fører til mindre stress og slitasje på plantene (Rørslett 1989). Av samme årsaker har kantvegetasjonen og krattskog langs regulerte vassdrag en tendens til å øke etter en regulering der vannføringen blir redusert (Nilsson 1979; 1984; Andersen & Fremstad 1986). Opprettholdelsen av naturlige flommer gjennom TMVF vil kunne bidra til å holde kantvegetasjonen i sjakk, men sannsynligvis på et nivå som står i forhold til prosentandelen av TMVF. En ytterligere reduserende effekt på kant- og vannvegetasjon kan en sannsynligvis oppnå ved å opprettholde enkelte forholdsvis større flommer, men dette må undersøkes nærmere. Foruten økt kantvegetasjon er det registrert økt tilgroing av elvesnelle (*Equisetum fluviatile*), flaskestarr (*Carex rostrata*), flotgras (*Sparganium angustifolium*), krypsiv (*Juncus supinus*), andre langskuddsplanter som *Ranunculus*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Callitriche* og *Elodea*, vannmoser særlig elvemose (*Fontinalis*) og teppedannende moser og trådformede alger som grønnalgen *Microspora* i regulerte elver. Spesielt har krypsiv blitt et problem i en rekke regulerte vassdrag, særlig på Sør- og Vestlandet (Johansen *et al.* 2000).



Figur 2. Begroing i Suldalslågen.

Foto Finn R. Gravem

Høyt CO₂-innhold i vannet og gunstige hydrologiske forhold er de to viktigste forutsetningene for problemvekt av krypsiv (Johansen *et al.* 2000). Særlig gunstig for krypsiv synes terskelbassenger i elver med redusert og utjevnet vannføring, og i elver nedstrøms utslipp fra kraftverk med utjevnet vannføring. I 14 av i alt 17 lokaliteter med problemfylte krypsivbestander var forholdene som beskrevet over (Johansen *et al.* 2000). Faktorer som virker positivt på krypsivets vekst er manglende isdekke, gunstigere lysforhold, redusert erosjon, men også gunstigere klima synes å være viktig. Eksempelvis synes det å ha skjedd en gradvis økning i dekningsgraden av krypsiv, på en ca. 7 km lang regulert delstrekning av Otra ca. 35 km oppstrøms

Byglandsfjord. Strekingen har hatt en stabil mistevannføring på 1 – 3 m³/s om vinteren, 3 – 5 m³/s om sommeren og inneholder en rekke terskelbasseng. I tillegg har høvelig vannkvalitet og liten grad av isdekke bidratt til økt begroing i perioden 1999 – 2003 (Gravem 2004).

I Suldalslågen var det en stabilt høy dekningsgrad på rundt 80 % av teppedannende moser og elvemoser i perioden 1988 – 2003 (Johansen & Lindstrøm 2004) (figur 2). I Suldalslågen har 25-50 % av naturlig vannføring vært sluppet (årsmiddel), noe som regnes for å være en svært høy prosentandel i et regulert vassdrag i Norge. I 2001 og 2002 ble det sluppet en kortvarig spyleflom på 200 m³/s. Dette ga sammen med tilskuddet fra restfeltet en kortvarig vannføring på henholdsvis 300 og 225 m³/s nederst i Suldalslågen de to årene. Spyleflommene førte til en reduksjon av mosenes dekningsgrad og en bevegelse i bunnsubstratet, men begroingen økte igjen i 2003 da det ikke ble sluppet tilsvarende flom (Johansen & Lindstrøm 2004). Forsøket med spyleflom viste at store og raske flommer kunne skape en forandring i et stabilt vegetasjonsdekke som hadde vært stabilt over lang tid med utjevnet vannføring.

Johansen & Lindstrøm (2004) har gjort en vurdering av virkningen av et dynamisk reglement (TMVF) i Suldalslågen, med 23 % av naturlig vannføring og øvre og nedre beskrankning på henholdsvis 250 og 6 m³/s. Vurderingen ble gjort ut fra et ønske om å redusere begroingen i elva, som i dag har en dekningsgrad på rundt 80 %. Johansen & Lindstrøm (2004) mener at det dynamiske reglementet vil gi størst variasjon i vannføringen og derfor er mest naturlig å bygge på. Forventet variasjon i vannføringen over 6 m³/s vil være større enn dagens situasjon med en minstevannføring på 12 m³/s. På sikt vil dette føre til noe mindre begroing på periodisk tørrlagt areal i elvas øvre deler.

Til tross for en større variasjon i vannføringen ut av Suldalsvatn, virker det som om flommer av dagens spyleflom-størrelse på 200 m³/s kan bli sjeldne. Johansen & Lindstrøm (2004) ønsker derfor en kombinasjon av styrt og dynamisk vannføring. Vinterperioden bør ha et dynamisk reglement, helst uten nedre beskrankninger på 6 m³/s. Vår / forsommer bør starte med spyleflom for å renske opp. Deretter bør vannføringen tilpasses til slik en ønsker breddene skal se ut med tanke på kantvegetasjonen. Sommerperioden er den viktigste vekstperioden og det vil gro godt på alt vanddekket areal. En spyleflom om høsten anses som helt nødvendig for oppnå ønsket om å redusere dagens dekningsgrad av begroing.

4.6 Generelle hydrofysiske forhold

4.6.1 Flom

Bruk av TMVF vil som tidligere nevnt og vist i Figur 1, føre til et mer dynamisk regime også når det gjelder flomhendelser. I forhold til mer rigid fastsatte manøvreringsreglementer vil flomhendelser med en slik manøvrering inntreffe på riktig tid og i riktig skala sett utifra nivået på den resterende vannføringen, og ikke som fastsatte hendelser ved på forhånd gitte tidspunkt. I tillegg vil normalt

strekninger nedstrøms reguleringsinngrepet samtidig også bidra med større mengder vann og forsterke hendelsen. Flom som hydrologisk element vil derfor i stor grad gavnnes av et regime som TMVF. De naturlige variabilitetene i vannføringen vil ivaretas i alle henseender med unntak av størrelse og volum.



Figur 3. Flomvannføring.

Foto: Kjetil Sandsbråten

4.6.2 Erosjon / sedimenttransport

Vannføringsstabiliserende eller vannføringsreducerende tiltak i vassdrag, som reguleringer og fraføringer, anses generelt ikke å ha noen positiv effekt på et vassdrags naturlige erosive eller transportkapasitetsmessige særtrekk. Reduksjon i vannføringens variabilitet og størrelse knyttes oftest opp mot reduksjon i den erosive evnen grunnet lavere vannhastighet og redusert skjærspenning mot bunnen. Dette kan føre til økt sedimentasjon, konsolidering og stabilitet i materiale på elvebunnen og langs elvebreddene. Redusert størrelse og volum på de gjenværende flomhendelsene fører i tillegg til redusert kapasitet til å transportere bort eller omfordele materiale.

Det finnes også tilfeller der reguleringsinnretninger fanger opp og forhindrer videre transport av materiale nedover vassdraget. Dette er materiale som i naturlig tilstand kan være en nødvendighet for biologiske prosesser nedstrøms reguleringen.

TMVF, med dens hyppigere vannføringsendringer, kan tenkes å redusere den stabiliserende virkningen jevn, lav vannføring har på konsolidering av materiale i elvebunnen og også gi økt transport av materiale i perioder hvor det naturlig skulle fraktes og omfordeles i vassdraget.

Ekstra lave vannføringer i tørre perioder hvor det med et standard minstevannføringsregime ellers ville ha gått mer vann, kan imidlertid forsterke en allerede uheldig tilstand i vassdraget.

I tilknytning til Statkrafts søknad om nytt manøvreringsreglement i Suldalslågen ble det foretatt en vurdering av virkningene av et dynamisk reglement på erosjon og sedimenttransport. Et slikt reglement ble frarådet nettopp på grunn av lavere maksimumsvannføringer enn i de andre manøvreringsreglementforslagene samt en mulig økt konsoliderende effekt i tørre år (Bogen & Bønsnes, 2004; Bogen *et al.*, 2004).

Det bør her tilføyes at Suldalslågen har en høy minstevannføring i forhold til andre regulerte vassdrag, samt har en foreslått spyleflom i de andre manøvreringsreglementforslagene. Vurderingen ville nok muligens være annerledes i et vassdrag med en generelt lavere minstevannføring og uten jevnlike spyleflommer.

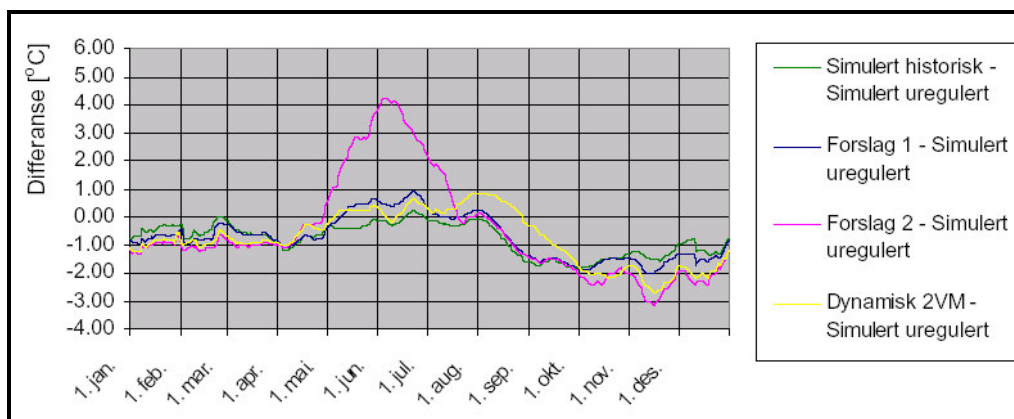
4.6.3 Vanntemperatur / isforhold

Vanntemperaturen påvirkes også av endringer i vannføringer. Effekten av ekstern påvirkning som solinnstråling, effekt av lufttemperatur etc. er blant annet avhengig av vannvolum, vannoverflatens størrelse, vanndybde og farge. I tillegg er vassdragets utgangstemperatur avhengig av dets kilde eller generering. Regulerte vassdrag kan ha både høyere og lavere temperatur enn naturlig avhengig av sammenhengen mellom disse faktorer.

Ofte kan man også ha forskyvninger i årsfordelingen grunnet reguleringer, spesielt gjelder dette hvor vann mellomlagres i større magasiner. Rene elvekraftverk vil ha mindre påvirkningskraft på vannets temperatur, annet enn mindre temperaturøkning grunnet friksjon i løpet av vannets vei gjennom turbinen.

I Norge, hvor produksjon av kraft generelt er i motfase med magasinerings, dvs. at vi produserer mest kraft mens nedbørmengde og type skulle tilsi lav vannføring, gir dette ofte utslag som økt vintertemperatur i de regulerte vassdragene. Når det gjelder sommertemperaturen kan tapping av kaldt magasin vann føre til redusert temperatur i vassdraget, spesielt på forsommeren. Avledes vannet nedenfor reguleringen, gir ofte sommer og høst høyere temperaturer, grunnet større energiutveksling med atmosfæren på den reduserte, gjenværende vannføring i elveleiet. Manøvrering av typen TMVF gjenspeiler noe av den naturlige hydrologiske variabiliteten og bør av den grunn gi temperatursvingninger som mer ligner naturlige forhold.

Effekten av et dynamisk reglement av typen TMVF kontra andre ulike tappestrategier og også uregulert tilstand ble simulert i forbindelse med søknadsprosessen i Suldalslågen (Kvambekk, 2004, Magnell *et al*, 2004). De største forskjellene ble funnet når vannføringen ble holdt vesentlig lavere enn i dag. Man fikk da kaldere vann om vinteren og varmere vann om sensommeren, spesielt i tørre år. Virkningen var størst nederst i vassdraget som vist i Figur 4.



Figur 4. Temperaturdifferansen ved Tjelmane mellom beregnet vanntemperatur ved angitte kjørestrategier (historisk, Forslag 1, Forslag 2 og Dynamisk 2VM) og vanntemperaturen dersom vassdraget var uregulert. Differansene er midlet over årene 1996, 1998-99 og 2001-02, og glattet over 11 døgn. (Fig. 6.9 i Kvambekk, 2004)

Redusert vanntemperatur vinterstid knyttet til lavere vannføring ville også føre til økt islegging i forhold til dagens tilstand (Kvambekk, 2004).

Redusert islegging vinterstid, grunnet regulering og tapping av varmere magasin vann, er øverst i Altaelva knyttet til uheldige biologiske konsekvenser bl.a. med økt begroing og bør søkes unngått.



Figur 5. Isgang.

Foto: Kjetil Sandsbråten

Økt mulighet for islegging er i Suldalslågen sett på som positivt og ønskelig (Bogen et al., 2004). I forhold til sedimentasjon og tilgroing er det ansett ønskelig med et regime som i perioder med kaldt vær fører til islegging og som også har vekslinger i vannføringen slik at isen brytes opp. Tilfrysingen setter opp krefter som kan skape bevegelse i dekk sjiktet av steinfraksjoner slik at det oppstår mekaniske skader på vegetasjonen og forflytninger av materiale.

Når vannføringen stiger på en islagt elv vil det kunne skapes ytterligere skader på dekk sjiktet og vegetasjonen. Steiner som er frosset fast i isen vil kunne løftes opp når vannføringen stiger, og føres nedstrøms.

4.7 Fritidsbruk og næringsvirksomhet

Langs allerede regulerte vassdrag, der en har et ordinært minstevannføringsspålegg i dag, eller ingen minstevannføringer i det hele tatt, vil innføring av TMVF medføre situasjoner med større vannføringer i enkelte situasjoner. Dette kan medføre skader på dyrket mark, og muligens på annen arealutnyttelse ned mot elvebredden, grunnet en tilvenning over tid til regulerte vannføringsforhold.

Av annen næringsvirksomhet knyttet til vassdraget er tømmerfløting, som tidligere var en svært viktig virksomhet som krevde tilstrekkelig vann i fløtningstiden, nå på det nærmeste falt bort. Bruk av elva for transport krever enkelte steder tilstrekkelig vann for rutegående trafikk, spesielt sommerstid, mens utnyttelsen av elveleiene som transportveier i dag oftere har betydning for vintertransport på isen. TMVF kan muligens komme i konflikt med behovet for nok vann for båttrafikk. Om TMVF vil kunne gi forverrede isforhold vinterstid er nokså uvisst, og uansett vanskelig å si noe om generelt.

For utnyttelse av elva i turismesammenheng eller til fritidssysler, som padling, bading, fiske, eller mer spesielle aktiviteter som juvvandring og laksesafari, der en driver nedover elva og observerer laks, vil TMVF kunne medføre nye utfordringer. Høye vannføringer, og kanskje særlig raske vannføringsøkninger, kan vanskeliggjøre eller i enkelte tilfeller umuliggjøre slike aktiviteter. Med TMVF mister en forutsigbarhet mht. når vannføringsøkninger kan komme og det generelle nivået på vannføringer en kan forvente i ulike perioder av året.

I høringsuttalelser til Statkrafts søknad om nytt manøvreringsreglement i Suldalslågen har flere høringsparter nettopp pekt på viktigheten av størst mulig grad av forutsigbarhet i reglementets krav til minstevannføringer.

4.8 Allmennhetens kontrollmulighet

TMVF vil i praksis gjøre det umulig for allmennheten å følge med på om minstevannføringslipp gjøres i henhold til reglementet. TMVF innebærer at det "til enhver tid av året", avhengig av værforholdene i nedbørfeltet, kan forekomme svært varierende minstevannføringslipp.

4.9 Myndighetenes kontrollmulighet

Myndighetene, og da spesielt NVE, har et ansvar for å følge opp at en regulant følger manøvreringsreglementet. Med TMVF vil en slik oppfølging vanskeliggjøres sammenlignet med et ordinært minstevannføringspålegg, siden en er nødt til å sjekke beregninger av naturlig, uregulert vannføring før en kan kontrollere om slippet har vært riktig.

4.10 Konflikter med andre restriksjoner

Mange manøvreringsreglement inneholder fyllingskrav i magasiner utover høyeste og laveste regulerte vannstand. Det kan være maksimums eller minimums vannstander i visse perioder av året, eller krav til rask oppfylling om våren. TMVF kan komme i konflikt med reglementsbestemmelser der hensyn til magasinene har spesiell prioritet. For eksempel vil TMVF om våren kunne komme i konflikt med et reglements krav om at alt tilløp skal gå til oppfylling inntil en viss vannstand er nådd. TMVF gjennom hele året vil gi generell prioritet til vannføringsforhold foran fyllingsforhold i magasiner.

4.11 Konsekvenser for regulanten

For en regulant vil TMVF kunne føre til noen konsekvenser, som kan være både positive og negative sammenlignet med mer vanlige minstevannføringsbestemmelser:

- TMVF kan medføre forskyvning av tapping av magasiner fra vinter til sommer, som både kan ha økonomisk betydning for regulanten og som kan føre til redusert vinterproduksjon som kan ha betydning for kraftforsyningen generelt.
- TMVF vil medføre større slipp i perioder med mye regn og mindre slipp i tørre perioder, noe som kan være økonomisk gunstig hvis kraftprisene er høyere i en tørr periode enn i en våt.
- Negativt om endring av eksisterende minstevannføringsbestemmelser til TMVF medfører økt slippvolum i sum over året.
- For nærmest til enhver tid å være forberedt på å måtte slippe minstevannføringer av ulike størrelser, og spesielt kunne klare en rask økning i slippet, vil trolig friheten til å utnytte magasinene det slippes fra bli mer begrenset enn den er i dag. Regulanten må sannsynligvis ligge med forholdsvis høy vannstand i store deler av året, for til enhver tid å kunne oppfylle kravene til de minstevannføringslipp som kan komme i nærmeste framtid.
- TMVF vil mange steder føre til behov for ombygging av tappeanordninger for minstevannføring, for å kunne møte kravene til stadige justeringer i slippmengden. Videre vil TMVF introdusere et mer omfattende styrings-system for å oppfylle kravet, med bl.a. løpende beregning av naturlig tilsig ved slippunktet.

- TMVF vil trolig føre til flere henvendelser fra allmennheten, rettighetshavere og myndigheter med spørsmål om et konkret vannføringsslipp er korrekt.

4.12 Privatrettslige forhold

Forholdet til skjønn og erstatninger etter vannkraftutbygging er ikke uten videre helt enkelt om en innfører TMVF. Manøvreringsreglementet er normalt del av skjønnsforutsetningene, som en basis for vurdering av framtidige skader og ulemper og eventuelle erstatninger for disse. Erfaring fra Suldalslågen med fleksibelt prøve-reglement og driftsutvalg på begynnelsen av 90-tallet tilsier at når forutsigbarheten avtar øker lett kravene til erstatninger. Lovverket slik det er i dag fanger vel ikke opp at tiltak som er ment som generelt positive for en regulert elvestrekning, som for eksempel fleksibel manøvrering, enkelt kan overføres til å gjelde hver enkelt rettighetshavers elvestrekning og vurderinger av skader og ulemper på denne.

5 Mer generelt om TMVFs egnethet

Det hersker to hypoteser vedrørende tilsigsstyrt minstevannføring. Den ene er at kun et naturlig vannføringsregime vil opprettholde et naturlig nivå av økologisk integritet, muligens målt ut fra biologisk diversitet og mengde. Den andre hypotesen er at det er visse trekk ved det naturlige vannføringsregimet som er viktigere enn andre og hvis disse blir opprettholdt vil dette sikre systemets integritet (Gippel 2001).

Kritikken mot ensidig å nedskalere et naturlig vannføringsregime går bl.a. på at en da vil overse særlig viktige forhold som er avgjørende for å opprettholde normale økologiske og geomorfologiske funksjoner i et vassdrag. Dette henger sammen med at mange geomorfologiske og økologiske prosesser ikke er lineære responser på økende vannføring. Innlysende nok vil ikke halvparten av en toppflom fjerne halvparten av sedimentene, mens halvparten av en flom som motiverer vandring hos fisk ikke nødvendigvis vil motivere halvparten av fisken til å vandre (Poff *et al.* 1997). En annen innvending er at dersom en kun nedskalerer den naturlige vannføringen så er ikke denne vannføringen nødvendigvis tilpasset det gamle elveleiet. Effekten ved visse nedskaleringer kan derved føre til et forholdsvis stort tap av habitat som er avhengig av passende hydrauliske forhold. Ukritisk bruk av nedskalerte vannføringer kan også føre til at det slippes mer vann enn nødvendig i perioder der det ikke er nødvendig med så mye vann (Grippel 2001).

Poff *et al.* (1997) argumenterer derfor med det kan oppnås flere økologiske fordeler ved å kapitalisere vannet. På den måten kan det slippes forholdsvis mye vann enkelte år som er nødvendig for å sette i gang kritiske geomorfologiske og økologiske prosesser.

Vannføringen i norske vassdrag varierer naturlig mye over året, og fra år til år. Selv om for eksempel EUs vanddirektiv framholder naturtilstanden som den ideelle, er det mange eksempler på at naturen kan være brutal enkelte år mot enkeltarter i vassdraget. I spesielt kalde vintre, eller i særlig tørre sommerperioder, kan vannføringene bli så lave at en får en flaskehals i livssyklusen til enkelte arter. Dette har en flere steder forsøkt å rette opp i forbindelse med fastsettelse av minstevannføringer. Eksempler på dette er reglementene i Numedalslågen (Nore-reguleringene) og for Beiarn kraftverk, begge steder skal reglementet sikre vannføringer som i perioder er høyere enn naturen ville gitt. En bruker magasinene aktivt til å bedre en vanskelig naturlig situasjon. Dette er noe en vanskelig vil kunne få til med TMVF.

Ofte knyttes den alminnelige lavvannføringen, som er en årsverdi på en lav vannføring, til størrelsen på den minstevannføringen en minst bør bli pålagt å slippe. Det er i den sammenheng viktig både å være klar over at de absolutt laveste vannføringene i et vassdrag er lavere enn den alminnelige lavvannføringen, samtidig som den alminnelige lavvannføringsverdien sier lite om et vassdrags behov for vann til ulike tider av året. Det arbeides med utvikling av metoder for estimering av

representative lavvannføringer i felt uten målinger, som i tillegg kan gi ulike verdier for ulike sesonger av året (se for eksempel Væringstad *et al.* 2004). TMVF vil i prinsippet kunne gi slipp av vannføringer som er langt lavere enn alminnelig lavvannføring, om en da ikke fastsetter en nedre begrensning som ikke kan underskrides.

I Norge er en rekke regulerte elvestrekninger karakterisert ved at mesteparten av vannføringen er fraført gjennom reguleringsinngrepet. Alt vann som må slippes som minstevannføring kan ses på som tap for regulanten, og spesielt i forbindelse med vannkraftutbygging vil både prosjektets økonomi og størrelsen på produksjonstapet telle ved fastsettelse av et avbøtende tiltak som minstevannføring. Ofte har minstevannføringsslippet, i de elvene der det er noe pålegg om å slippe vann, vært satt til en forholdsvis lav vannføringsverdi. Det er ikke uvanlig med slipp på i størrelsesorden 5 % av naturlig middelvannføring. Dette er minstevannføringsverdier som i størrelse også sammenfaller omtrentlig med alminnelig lavvannføring. Det vil følgelig være snakk om ganske små prosentverdier som eventuelt skal benyttes ved omlegging til TMVF, noe som igjen vil kunne gi svært lave vannføringslipp til ulike tider av året. I tillegg vil en kanskje også se det som en unødvendig ”sløsing” med vann når TMVF vil gi et relativt sett stort vannslipp i en våt situasjon, der restfeltet nedstrøms slippstedet også vil bidra med mye vann til den regulerte elvestrekningen.

Suldalslågen, der tanken om TMVF ble lansert, er en av få regulerte elvestrekninger der kravet til minstevannføringer er relativt sett høyt sammenlignet med naturlige vannføringsforhold. I Suldal har det vært sluppet i størrelsesorden 30-40 % av uregulert årsmiddelvannføring. Suldalslågen er derfor ingen typisk representant for norske regulerte vassdrag.

6 Foreløpige konklusjoner eller anbefalinger

TMVF vil gi en vannføring som er en nedskalering av den beregnede naturlige vannføringen en ville hatt i uregulert tilstand. Noen vesentlige spørsmål må vurderes før TMVF innføres i norske vassdrag:

- Vil TMVF gi naturlige forhold for noe annet enn vannføringsvariasjonsmønsteret? Hvordan vil vanntemperatur, vannkvalitet (resipientkapasitet, forsuring og sedimentforhold) og det rent landskapsmessige inntrykket bli med en nedskalert vannføring som varierer i takt med naturlige variasjoner?
- Hvilke økologiske virkninger vil en nedskalert vannføring medføre? Vil dette sikre mer naturlige økologiske forhold enn mer tradisjonelle minstevannføringer?
- Vil virkningene av TMVF eventuelt kunne forbedres gjennom landskapsmessige tiltak i elveleiet, og ville dette i så fall være akseptabelt?
- Er det akseptabelt at enkelte brukerinteresser eller arter anses som mer høyverdige enn andre, og dermed kan brukes som indikatorer ved vurdering av minstevannføringer?

Som en foreløpig konklusjon, før en eventuelt får prøvd ut TMVF i et norsk vassdrag (jf. kapittel 5), kan det virke som regulerte vassdrag med svært små minstevannføringsvolum i prosent av naturlige årsvolum egner seg dårlig for TMVF.

Nødvendige beskrankninger for å sikre at vannslippene ikke blir for lave vil trolig ”spise opp” det aller meste av de tilgjengelige vannmengdene. I tillegg vil det kunne virke råflott å slippe de største vannføringene i våte perioder. TMVF vil antakelig kunne egne seg bedre i vassdrag med en relativt større minstevannføring sammenlignet med naturlig vannføring, som tilfellet er i Suldalslågen. Det vil også kunne være interessant om TMVF kan anvendes i regulerte vassdrag der intet vann føres ut av vassdraget, eller om den endrete årsfordelingen av vannføringen som ligger i reguleringens natur og hensikt gjør det vanskelig å oppfylle krav om TMVF.

7 Forslag til videre oppfølging

Med bakgrunn i det faktum at det finnes lite relevant erfaring og kunnskap fra norske og utenlandske vassdrag med slipp av TMVF, har vi nedenfor skissert to mulige oppfølgingsprosjekter som bør kunne gi oss en bedre kunnskap om effektene med TMVF i Norge.

7.1 Feltforsøk

Med utgangspunkt i et norsk regulert vassdrag med minstevannføringspålegg, og reguleringsmuligheter på slippstedet for hyppige endringer i størrelsen på minstevannføringsslippet, kan det tenkes forsøk med slipp av enten TMVF eller fleksible minstevannføringer omtrent lik TMVF. Dette vil fordre en medvirkning og aksept fra regulanten, idet det trolig vil knytte seg noen kostnader til å innføre et slikt alternativt prøvereglement for en periode, selv om det totale slippvolumet over året ikke økes.

Forsøket ville kreve tillatelse til å endre et gjeldende minstevannføringspålegg for en gitt periode. Dette måtte det antakeligvis søkes om på vanlig måte, slik at rettighets-havere, myndigheter og andre interessenter fikk anledning til å komme med sine synspunkter gjennom en høringsrunde.

I forbindelse med dette måtte det settes i gang ulike feltundersøkelser av biologiske og fysiske forhold. Planer for dette vil avhenge noe av hvilket vassdrag som velges. Det vil være naturlig at undersøkelsesprogrammer blir satt opp i nært samarbeid med forvaltningen.

7.2 Bruk av eksisterende kunnskap i allerede regulerte vassdrag

I et regulert vassdrag vil det uregulerte restfeltet nedstrøms reguleringspunktet bidra med til stadig økende restfeltvannføring jo lenger ned i vassdraget en kommer. På den regulerte strekningen vil derfor vannføringen, som det uregulerte restfeltet er kilden til, ha en naturlig variasjon. Om en velger ut et eller flere regulerte vassdrag med omhu, vil en kunne studere forholdene nedover på den regulerte strekningen med en stadig økende restfeltvannføring i prosent av den opprinnelige naturlige vannføringen. Dette siste er interessant, fordi om en kun gjør forsøk med konkrete slipp av TMVF, vil disse som oftest ikke være på mer enn maksimalt 10 % av naturlige vannføringer. Med denne tilnærmingen vil en i teorien kunne studere effekter på ulike strekninger nedover i et vassdrag med økende restfeltvannføringer i prosent av naturlige vannføringer.

Visse kriterier vil i større og mindre grad være avgjørende ved valg av forskningsvassdrag:

1. Det bør eksistere gode data fra før-situasjonen, og gjerne også fra etter-situasjonen

2. Det bør helst ikke slippes noen minstevannføring fra fraføringspunktet, da slike vil kunne gjøre vannføringsvariasjonene nedstrøms mindre naturlige
3. Restfeltet etter fraføring bør være så sammenlignbart som mulig med det opprinnelige naturlige nedbørfeltet (høydefordeling, sjøprosent, breprosent mv.)
4. Det bør helst være like arter på hele den undersøkte strekningen

Studien vil teoretisk kunne bygges på resultater fra allerede utførte undersøkelser, men mest realistisk er det nok med en kombinasjon av eksisterende undersøkelser og nye undersøkelser på utvalgte lokaliteter. Imidlertid skal ikke studien kreve noen endringer i eksisterende manøvreringsreglementer, og dermed ikke forårsake direkte kostnader for regulanten knyttet til søknad om og gjennomføring av endringer i manøvreringen.

Denne tanken er så vidt luftet med Statkraft Energi. De fant den interessant, og kom opp med et foreløpig forslag til følgende mulige forsøksvassdrag: Jostedøla, Beiarn, Namsen, Eio, Eira, Uta og Åbjøra. For å vurdere denne muligheten har vi sett litt nærmere på Jostedøla, men ellers har det ikke vært gjort noen nærmere vurderinger av de øvrige vassdragene, eller andre vassdrag, med henblikk på om de egner seg for en studie som skissert over.

En slik tilnærming vil også ha direkte relevans til karakterisering av elvestrekninger eller vannforekomster som sterkt modifiserte i forbindelse med EUs vanddirektiv. I dag heter det i utkast til veileder at den sterkt modifiserte vannforekomsten skal strekke seg fra et bekkeinntak eller en dam og ned til punktet der arealet nedstrøms fraføringspunktet har steget til ca. 75 % av hele det naturlige feltarealet (SMVF veileder 2004).

7.2.1 Jostedøla som mulig eksempel

Jostedøla ligger øst for Jostedalsbreen i Sogn og Fjordane. Elva er sterkt brepåvirket langs hele vassdraget. Medianvannføringen før samløp med sideelva Leirdøla varierer mellom ca. 2 m³/s om vinteren og ca. 180 m³/s en periode i juni, men vår og sommervannføringene varierer mye fra år til år. Mer enn 80 % av totalavløpet avgis i løpet av juni – september (Statkraft 1980). På grunn av brepåvirkningen overstiger vanntemperaturen sjelden 10 °C på sommeren. I 1978 ble Tunsbergdalsvatnet demmet opp og ledet ned til Leirdøla kraftverk. Leirdøla, som er en sideelv til Jostedøla, ble tørrlagt og avløpet fra kraftverket ble sluppet ut i Jostedøla ca. 5 km nedenfor det naturlige samløpet. Kjøring av kraftverket om høsten og vinteren var svært ujevn, med 20 – 25 m³/s om dagen og stopp om natten. Dette førte til store vannføringsvariasjoner nedstrøms kraftverket og i 1989 ble vannet ført i tunnel direkte ut i fjorden. Denne fraføringen utgjør 24 % av middelvannføringen i Jostedøla på 60 m³/s. I 1990 var utbygging av Jostedal kraftverk ferdig og ytterligere 17 % av midlere vannføring ble fraført slik at restvannføringen ved utløp i fjorden nå er ca. 59 % av den opprinnelige. Reduksjonen i vannføring på grunn av utbyggingen er jevn

gjennom året (Jensen *et al.* 1992). De hydrologiske forholdene i Jostedøla tilsier at forutsetning 2 og 3 er tilfredstilt for at elva skal kunne fungere som en forsøkslokalitet. Endringen i vanntemperatur etter reguleringen er små og det forventes en svak positiv effekt på fiskens vekst (Jensen *et al.* 1992).

Gode forundersøkelser av biologiske forhold i vassdrag som senere har blitt regulert er som regel mangelvare. I Jostedøla finnes noe data og ungfiskundersøkelser i perioden 1986 – 1992 viste at sjøørret dominerte antallsmessig med 96 % mot laksens 4 %. Laks utgjorde bare 2 % av voksenfiskmaterialet (Jensen *et al.* 1992). Lite laks skyldes sannsynligvis lav vanntemperatur i Jostedøla. For at laksen skal ha gytessuksess må blant annet temperaturen i perioden laksungene kommer opp av grusen være mer enn 8 °C (Refstie 1979), noe som sannsynligvis inntreffer sjelden. Etter siste utbygging og fjerning av utslippet fra Leirdøla kraftverk har fisketettheten økt med 146 % i nedre del av Jostedøla. Endringen tilskrives bedre miljøforhold og at fisken etter reguleringen var samlet på et mindre areal enn før reguleringen (Jensen *et al.* 1992). Ovenfor utløpet av Leirdøla kraftverk økte fisketettheten med ca. 40 %. Det antydes at økningen ovenfor det tidligere kraftutslippet kan være en reell økning, men at det også kan skyldes høyere overlevelse på grunn av mildere vintre og redusert vanddekket areal (Jensen *et al.* 1992). Andelen laks har ikke endret seg etter utbyggingen. Nye undersøkelser i 2000 – 2003 viser at ungfisketettheten nedstrøms den tidligere påvirkningen av Leirdøla kraftverk har holdt seg høy i forhold til perioden med påvirkning fra kraftverket. Tilsvarende har også ungfisketettheten holdt seg høyere etter utbyggingen ovenfor kraftverkutslippet (Barlaup *et al.* 2004). Ovenfor lakseførende strekning har tettheten av stasjonær ørret vært lav både før og etter utbyggingen (Jensen *et al.* 1992, Barlaup *et al.* 2004). Lav vanntemperatur og ugunstige habitatforhold antas å være årsaken til dette (Barlaup *et al.* 2004).

Økningen i fisketetthet etter fjerningen av vann i nedre del av vassdraget er interessant og i tråd med forventningene i presmoltmodellen der produktiviteten pr arealenhet øker med avtagende vannmengde (Sægrov *et al.* 2001).

Ytterligere biologiske undersøkelser synes ikke å være foretatt. I så måte faller Jostedøla inn i det etablerte verdisynet der fisken er den primære organismen som søkes ivarett. Graden av kunnskap om elveøkosystemet før inngrepet er dessuten relativt begrenset, noe som dessverre synes å være normen ved de fleste utbygginger i Norge og verden forøvrig. Et annet spørsmål er at brevassdrag utgjør en forholdsvis liten andel av norske vassdrag og derfor representerer et ytterpunkt med hensyn på miljøforhold i norsk sammenheng. På den annen side ligger de hydrologiske forholdene til rette for at det bør være mulig å se nærmere på slike vassdrag dersom en ønsker å studere effektene av tilsigstyrt minstevannføring.

Et forhold som må tas i betraktning dersom en ønsker å gå videre med Jostedøla som forsøksvassdrag, er betydningen av de fiskeoppgangstiltakene på anadrom strekning som har vært gjennomført i løpet av siste 10-års periode.

8 Litteratur

- Alabaster, J.S. 1970. River flow and upstream movement and catch of migratory salmonids. *Journal of Fish Biology*. 2. 1-13.
- Andersen, K.M. & Fremstad, E. 1986. Vassdragsreguleringer og botanikk. En oversikt over kunnskapsnivået. Økoforsk rapport 1986. (2). 90 s.
- Arthington, A.H., Brizga, S.O. & Kennard, M.J. 1998. Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Best Practice Framework. LWRDC Occasional Paper 25/98, Land and Water Resources RD Corporation, Canberra.
- Arthington, A., Tharme, R., Brizga, S.O., Pusey, B.J. & Kennard, M.J. 2004. Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies. In Welcomme, R. and Petr, T. (eds). *Proceeding of the second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries*. Vol. 1.
- Barlaup, B.T., Gabrielsen, S-E., Gladsø, J.A., Kleiven, E., Skoglund, H., Wiers, T. & Andersen, A.L. 2003. Fiskebiologiske undersøkelser i Jostedal i perioden 2000-2002. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI), Universitetet i Bergen. Rapport nr. 124. 50 s.
- Bergan, P.I., Jensen, C.S., Gravem, F.R., L'Abée-Lund, J.H., Lamberg, A. & Fiske, P. 2003. Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjøørret. Norges vassdrags- og energidirektorat. Rapport nr. 2-2003. Miljøbasert vannføring. 64 s.
- Black, A.R., Bragg, O.M., Duck, R.W., Jones, A.M., Rowan, J.S. & Werrity, A. 2000. Anthropogenic Impacts upon the Hydrology of Rivers and Lochs: Phase I. A user manual introducing the Dundee Hydrological Regime Assessment method. SNIFFER Report No SR (00)01/2F, University of Dundee.
- Bogen, J., Bremnes, T., Bønsnes, T.E., Heggnes, J., Johansen, S.W. & Saltveit, S.J. 2004. Fiskehabitat i Suldalslågen. En studium av sedimentasjonsdynamikk, begroing, habitattilbud og habitatbruk hos fisk. Sluttrapport. Norges vassdrags- og energidirektorat; Universitetet i Oslo, LFI; Norsk institutt for vannforskning. Suldalslågen - Miljørapport nr. 46, s. 1-124.
- Bogen, J. & Bønsnes, T. 2004. Sedimenttransport og substratforhold i Suldalslågen, sluttrapport, 1998 – 2003. Suldalslågen – Miljørapport nr. 39, 76 s.
- Brown, C. & King, J. 2003. Environmental Flows: Concepts and methods. In Davis, R. and Hirji, R. (eds). *Water Resources and Environment Technical Note C.1*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Clarke, D., Purvis, W.K. & Mee, D. 1991. Use of telemetric tracking to examine influences on catch effort indices. A case study of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Tywi, South Wales. I: Catch effort sampling strategies. Their application in freshwater fisheries management. Cowx, I.G. (red.), pp. 33-48. Blackwell Scientific

Publications Ltd.

Close, A. 1990. The impact of man on the natural flow regime. In The Murray, MacKay N, Eastburn D (Eds). Murray-Darling Basin Commission: Canberra; 61-76.

DLWC 2000. Caring for our natural resources, Wetlands, Murrumbidgee Region. Department of Land and Water Conservation, NSW.
(<http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/wetlands/activities/murrumbidgee/>)

Gee, A.S. 1980. Angling success of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the River Wye in relation to effort and river flows. Fisheries Management. **11**, 131-138.

Gravem, F.R. 2004. Kartlegging av krypsiv i Otra mellom Tjurrmo og Hekni kraftverk i 1999, 2001 og 2003. SWECO Grøner rapport N9013G-R02/04. 34 s.

Gravem, F.R. 2005. Smoltutvandring hos laks og aure i Suldalslågen i 2005. SWECO Grøner rapport nr. 138501-1. 26 s.

Gippel, C.J. 2001. Australia's Environmental Flow Initiative: filling some knowledge gaps and exposing others. Water Science and Technology Vol 43 No 9, pp. 73-88.

Gippel, C.J. 2003. Review of Achievements and Outcomes of Environmental Flow Initiatives Undertaken on the extended River Murray System to August 2002. Report by Fluvial Systems Pty Ltd., Stockton, to Murray-Darling Basin Commission.

Growns, I.O. 1998. Methods addressing the flow requirements of aquatic invertebrates. Chapter 6 in Arthington A.H. & Zalucki, J.M. (eds) Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Methods. LWRRDC Occasional Paper No 27/98, Land and Water Resources R&D Corporation, Canberra, pp. 115-140.

Growns, J.E., Hancock, P.J., Nielsen, D.J. Hawking, J., Conallin, A.J. & Cockayne, B.J. Flow regimes and snag macroinvertebrate communities in two regulated lowland rivers. Regulated Rivers: Research and Management (in press).

Holomuzki, J.R., & Biggs, B.J.F. 1999. Distributional responses to flow disturbance by a stream-dwelling snail. *Oikos* 87: 36-47.

Humphries, P. & Lake, P.S. 2000. Fish larvae and management of regulated rivers. *Regulated Rivers: Research and Management* 16: 421-432 (2000).

Humphries, P., Cook, R. & Lake, S. 2004. National river health program. Draft final report. Campasep flow manipulation project. 2004. 51 s.

Jackie, K., Tharme, R. & Brown, C. 1999. Definition and Implementation of Instream flows. Southern Waters, University of Cape Town, South Africa. Contributing paper to the Commission on Dams. 1-87.

Jensen, K.W. 1979. Lakseundersøkelser i Eira. I: *Vassdragsregulerings biologiske virkninger i magasiner og lakseelver*. Gunnerød, T.B. & Mellquist, P. (red.),s. 165-173. Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Direktoratet for Vilt og Ferskvannsfisk.

- Jensen, A.J., Sivertsen, B., Hogstad, O. & Johnsen, B.O. 1992. Undersøkelser av laks og sjørørret i Jostedøla i forbindelse med Jostedalsutbyggingen 1986-92. NINA oppdragsmelding 165. 32 s.
- Johansen, S.W., Brandrud, T.E. & Mjelde, M. 2000. Konsekvenser av reguleringsinngrep på vannvegetasjon i elver. Tilgroing med krypsiv. Kunnskapsstatus. Norsk institutt for vannforskning. Rapport Lnr. 4321-2000. 67 s.
- Johansen, S.W. & Lindstrøm, E. 2004. Suldalslågen, Begroingsundersøkelser i forbindelse med prøvereglement og kalkingsovervåking i perioden 1998-2003. NIVA. Sluttrapport. Suldalslågen Miljørapport nr. 41. 55 s.
- Jones, A.N. 1968. The relationship of river flow and salmon angling success in the River Towy. South West Wales River Authority Report, pp. 48-49.
- Kaasa, H., Eie, J.A., Erlandsen, A.H., Faugli, P.E., L' Abée-Lund, J.H., Sandøy, S. & Moe, B. 1998. Sluttrapport 1990-1997. Resultater og konklusjoner. Lakseforsterkingsprosjektet i Suldalslågen. Fase II. nr. 49, s. 1-82 + vedlegg.
- King, J., Tharme, R. & Brown, C. 1999. Defenition and Implementation of Instream flows. Thematic Report. World Commission on Dams, s. 1-87. <http://www.dams.org/>
- Kvambekk, Å.S. 2004. Vanntemperaturer i Suldalslågen. Simulering av uregulert tilstand I 1931-2002 og ulike skisseforslag til nytt vannføringsregime. Suldalslågen – Miljørapport nr. 31. 50 s.
- L' Abée-Lund, J.H. & Aspås, H. 1999. Threshold values of river discharge and temperature for anglers' catch of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Fisheries Management and Ecology 6, 323-333.
- L' Abée-Lund, J.H. & Brittain, J.E. 2002. Norsk vassdragsforvaltning ved et veiskille? Vann nr. 4-2002, s. 277-284.
- L' Abée-Lund, J.H. (red.) 2005. Miljøeffekter av små kraftverk. NVE rapport nr. 3 2005. 78 s.
- Lura, H. 2004. Registrering av laks og sjøaure i fisketrappene i Sandsfossen i 2003. Suldalslågen – Miljørapport nr. 32. 21 s.
- Magnell, J-P., Sandsbråten, K. & Kvambekk, Å.S. 2004. Hydrologiske forhold i Suldalsvassdraget. Sluttrapport prøvereglement. Suldalslågen – Miljørapport nr. 38. 109 s.
- Millicamp, R.I. & Lambert, A.O. 1966. On investigations into the relationship between salmon catch and flow in the River Usk during the 1965 season. I: Symposium on river management. Isaac, P.C.G. (red.), s. 199-223. McLaren.
- Moore, M. 2004. Perceptions and interpretations of Environmental Flows and Implications for future water resource management – A Survey Study. Master Thesis. Department of Water and Environmental Studies, Linköping, Sweden. 67 s.

- Nilsson, C. 1979. Vegetasjonsforhållanden i kraftverkselver. Svensk Bot. Tidskr. 73: 257-265.
- Nilsson, C. 1984. Effect of stream regulation on riparian vegetation, 93-106. I: Lillehammer, A. & Saltveit, S.J. Regulated Rivers. Universitetsforlaget, Oslo.
- Otnes, J. & Ræstad, E. 1978. Hydrologi i praksis. 2. utg. Ingeniørforlaget Oslo. 314 s.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, D.B., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C. 1997. The Natural Flow Regime. A paradigm for river conservation and restoration. BioScience Vol. 47. No. 11, 769-784.
- Postel, S. & Richter, B. 2003. Rivers of life: Managing water for people and nature. Warhington: Island Press.
- Potts, W.T. & Malloch, J.C. 1991. River flow, Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) movement and rod catch in the Aberdeenshire Dee. Journal of Fish Biology. **39**, 755-764.
- Refstie, T. 1979. Produksjon av smolt og settefisk. I: Oppdrett av laks og aure. Gjerdrem, T. (red.), s. 96-111. Landbruksforlaget.
- Richter, B.D., Maumgartner, J.V., Powell, J. & Braun, D.P. 1996. A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems. Conservation Biology 10, 1163-1174.
- Richter, B.D., Maumgartner, J.V., Wigington, R. & Braun, D.P. 1997. How much water does a river need? Freshwater Biology vol. 37, 231-249.
- Riis, T & Biggs, B.J.F. 2003. Stream vegetation and flow regimes. NIWA Water & Atmosphere 1, pp. 11-20.
- Roberts, J., Young, B. & Marsten, F. 2000. Estimating the Water Requirements for Plants of Floodplain Wetlands: a Guide. LWRRDC Occasional Paper No 04/00. Land and Water Resources RD Corporation and Environment, Australia, Canberra.
- Rørslett, B. 1989. Forekomst av vegetasjon i regulerte vassdrag. Problemidentifisering og omfang. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport. Lnr. 2210. 41 s.
- Saksgård, L., Heggberget, T.G., Jensen, A.J. & Hvidsten, N.A. 1992. Utbygging av Altaelva - virkninger på laksebestanden. NINA. Forskningsrapport nr. 34, s. 1-98.
- Saltveit, S.J. 2000. Årsrapporter 1999 - biologiske forhold. Suldalslågen – Miljørapport nr. 4, s. 1-48.
- Saltveit, S.J. & Bremnes, T. 2004. Effekter på bunndyr og fisk av ulike vannføringsregimer i Suldalslågen. Sluttrapport. Suldalslågen-Miljørapport 42, 137 s. + vedlegg.
- SMVF Veileder 2004. Veileder for foreløpig identifisering og utpeking av sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF) i Norge. NVK Multiconsult og Rådgivende Biologer. Versjon 31.05.2004.

- Statkraft 1980. Breheimutbyggingen-alt. A,B,C,D. Hydrologi. Regulerings virkning på vannføringsforholdene i Jostedalsvassdraget. – NVE Statskraftverkene, mars 1980. 35 s.
- Statkraft 1987. Jostedalsutbyggingen. Beskrivelse av vassdraget og regulerings virkning på de hydrologiske forholdene. Statkraft. 48 s.
- Statkraft 2004. Nytt manøvreringsreglement for Suldalslågen. Søknadsrapport. Vedlegg til Statkrafts søknad datert juli 2004.
- Stewardson, M.J. & Gippel, J.C. 2003. Incorporation flow variability into environmental flow regimes using the flow event method. *River Res. Applic.* 19: 459-472.
- Sægrov, H., Urdal, K., Hellen, B.A., Kålås, S. & Saltveit, S.J. 2001. Estimating carrying capacity and presmolt production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in West Norwegian rivers. *Nordic Journal of Freshwater Research.* 75, 99-108.
- Tharme, R. 2003. A Global Perspective on Environmental Flow assessment: Emerging Trends in the Development and Application of Environmental Flow methodologies for Rivers. *River. Res. Applic.* 19: 397-441.
- Ugedal, O., Forseth, T., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Næsje, T.F., Reinertsen, H., Saksgård, L. & Thorstad, E.B. 2002. Effekter av kraftutbyggingen på laksebestanden i Altaelva. Undersøkelser i perioden 1981 – 2001. Altaelva-rapport nr. 22, 166 s.
- Væringstad, T., Hisdal, H. & Drageset, T-A. 2004. Estimation of Low Flow Indices at Ungauged Sites, Case Study from Norway. XIII Nordic Hydrological Conference, Tallin. NHP-Report No. 48, 61-70.

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

Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring:

- Nr. 1-02 Thomas Skaugen, Marit Astrup, Zelalem Mengistu, Bjarne Krokli: Lavvannføring - estimering og konsesjonsgrunnlag (28 s.)
- Nr. 1-03 Eva B. Thorstad, Finn Økland, Nils Arne Hvidsten, Peder Fiske, Kim Aarestrup: Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag (51 s.)
- Nr. 2-03 Per Ivar Bergan, Carsten S. Jensen, Finn R. Gravem, Jan Henning L'Abée-Lund, Anders Lamberg, Peder Fiske: Krav til vannføring og temperatur for oppvandring av laks og sjørret (63 s.)
- Nr. 1-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z) Rapport 1. Formål og metoder (67 s.)
- Nr. 2-04 Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Panagiotis Dimakis, Bjørn Frengstad: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 2. Materiale og feltmålinger (113 s.)
- Nr. 3-04 Hervé Colleuille, Wai Kwok Wong, Panagiotis Dimakis: Analyse av interaksjon mellom et grunnvannsmagasin og Glomma på Rena, Hedmark (002.Z). Rapport 3. Grunnvannsmodellering (114 s.)
- Nr. 4-04 Bjørn Ove Johnsen og Nils Arne Hvidsten: Krav til vannføring i sterkt regulerte smålaksvassdrag (68 s.)
- Nr. 5-04 Torulv Tjomsland: Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor (25 s.)
- Nr. 6-04 Svein Jakob Saltveit, Peder Fiske, Åge Brabrand, Harald Sægrov, Ola Ugedal: Bruk av fangst statistikk for å belyse effekt av endret vannføring på fisk (46 s.)
- Nr. 7-04 Peder Fiske, Arne Johan Jensen: Mot en modell for sammenhengen mellom vannføring og fiskeproduksjon. Fase 1 - Evaluering av presmoltsammenhenger (30 s.)
- Nr. 1-05 Hans-Petter Fjeldstad, Tharan Fergus, Nils Reidar Bøe Olsen: Habitatforbedrende tiltak - geomorfologiske prosesser, sedimenttransport, erosjon og simulering av optimale forhold for fisk (34 s.)
- Nr. 2-05 Åge Brabrand, Trond Bremnes, Svein Jakob Saltveit, Andreas G. Koestler, Jim Bogen: Økologisk betydning av grunnvann for bunndyr og fisk (64 s.)
- Nr. 3-05 Gunnar G. Raddum, Arne Fjellheim, Gaute Velle: Populasjonsstrukturen hos bunndyr i Aurlandselva i relasjon til endringer i vannføring og temperatur (48 s.)
- Nr. 4-05 Arve Misund, Hervé Colleuille, Oddmund Soldal: Elv og grunnvann. Analyse av interaksjon mellom grunnvann og elvevann i et typisk vestlandsdalføre: Osa, Hordaland (84 s.)
- Nr. 5-05 Wai Kwok Wong, Hervé Colleuille: Elv og grunnvann. Estimering av grunnvannsbidrag til det totale avløpet ved hydrogramseparering (62 s.)
- Nr. 6-05 Thomas Væringstad, Hege Hisdal: Estimering av alminnelig lavvannføring i umålte felt (40 s.)
- Nr. 7-05 Hege Hisdal: Regional metodikk for estimering av lavvannskaraktistika (53 s.)
- Nr. 8-05 Hervé Colleuille, Panagiotis Dimakis, Wai Kwok Wong: Elv og grunnvann. Sluttrapport - Oppsummering og anbefalinger (41 s.)

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

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