



# Tilsigsstyrt minstevassføring - ein pilotstudie

*Knut Alfredsen, NTNU  
Tommi Linnansaari, SINTEF  
Atle Harby, SINTEF  
Ola Ugedal, NINA*

2  
2009



RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING

# **Tilsigsstyrt minstevassføring**

## **- ein pilotstudie**

Norges vassdrags- og energidirektorat  
2009



## Rapport nr. 2 - 2009

### Tilsigsstyrt minstevassføring - ein pilotstudie

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Forfattere:** Knut Alfredsen, NTNU  
Tommi Linnansaari, SINTEF  
Atle Harby, SINTEF  
Ola Ugedal, NINA

**Forsidefoto:** Knut Alfredsen

**ISSN:** 1502-234x

**ISBN:** 978-82-410-0688-3

**Samandrag:** Rapporten skildrar ei metode for å finne komponentar i eit tilsigsstyrt vassføringsregime basert på ei tilpassing av "Building Block"-metodikken. Metodikken er brukt i to prøhevassdrag; Kjelåi og Daleelva. Eit tilsigsstyrt regime er foreslått for Daleelva, medan vi i Kjelåi ikkje finn at dette kan gjennomførast. Rapporten inneholder g forslag til korleis eit tilsigsstyrt regime kan implementerast i praksis, og eit forslag til oppfølging av regimet for å finne ut om det fungerer.

**Emneord:** Miljøbasert vassføring, tilsigsstyrt vassføring, Building Block.

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95

Telefaks: 22 95 90 00

Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

juni 2009



# Innhold

<b>Forord .....</b>	<b>7</b>
<b>Samandrag .....</b>	<b>9</b>
<b>Samandrag .....</b>	<b>9</b>
<b>Tilsigsstyrt minstevassføring .....</b>	<b>10</b>
<b>Bakgrunn og målsetting .....</b>	<b>10</b>
<b>Framgangsmåte.....</b>	<b>11</b>
<b>Utvikling av vassføringsregime .....</b>	<b>11</b>
<b>Styring basert på tilsig .....</b>	<b>12</b>
<b>Etterkontroll .....</b>	<b>14</b>
<b>Val av og nøkkeldata om prøhevassdrag.....</b>	<b>15</b>
<b>Grunnlagsdata Kjelåi.....</b>	<b>15</b>
<b>Grunnlagsdata Daleelva .....</b>	<b>17</b>
<b>Miljøbasert vassføringsregime i prøhevassdrag .....</b>	<b>19</b>
<b>Kjelåi .....</b>	<b>19</b>
<b>Byggesteinlar i det miljøbaserte vassføringsregimet .....</b>	<b>19</b>
<b>Konklusjon Kjela.....</b>	<b>21</b>
<b>Daleelva .....</b>	<b>21</b>
<b>Byggesteinlar i det miljøbaserte vassføringsregimet .....</b>	<b>21</b>
<b>Miljøbasert vassføringsregime for Daleelva ved lågt, normalt og høgt tilsig .....</b>	<b>28</b>
<b>Modellar for tilsigsstyring .....</b>	<b>29</b>
<b>Generelt .....</b>	<b>29</b>
<b>Daleelva .....</b>	<b>33</b>
<b>Etterkontroll av miljømål .....</b>	<b>34</b>
<b>Konklusjon .....</b>	<b>36</b>
<b>Prøhevassdrag .....</b>	<b>36</b>
<b>Generelle synspunkt .....</b>	<b>37</b>
<b>Takk .....</b>	<b>38</b>
<b>Litteratur .....</b>	<b>39</b>



# Forord

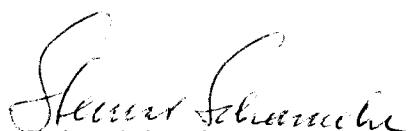
Tilsigsstyrt minstevassføring har lenge blitt omtala som lovande miljøtiltak i regulerte vassdrag. I omgrepet ”tilsigsstyrt” ligg fleksibilitet i vassføringa, til forskjell frå statiske minstevassføringar som er like år etter år. Variasjon i vassføringa er generelt sett på som positivt for miljøet i vassdraga.

Tilsigsstyrt minstevassføring er i dette prosjektet definert som vassføring som er basert på naturleg avrenning og samtidig tilpassa omsyn til miljø, brukarinteresser og mulighet for miljøtilsyn, i tillegg til tekniske og økonomiske omsyn. Dette betyr at periodar med høg og låg vassføring bestemmas ut frå det naturlege tilsiget, ikkje at minstevassføringa til einkvar tid skal vere ein prosentdel av den naturlege vassføringa.

Mogelege fordelar og ulemper med tilsigsstyrt minstevassføring har tidligare vore vurdert og rapportert, men forvaltninga har mangla konkrete studie av korleis tiltaket kan gjennomførast i praksis. Prosjektet går ut på å studere dette i to pilotvassdrag. I prosjektet inngår og vurderingar av tekniske løysingar, juridiske muligheter og korleis ein kan føre tilsyn med vassføringa. Prosjektet vart starta opp i 2007 med NTNU som oppdragstakar og Knut Alfredsen som prosjektleiar. Det vart etablert ei prosjektgruppe med representantar frå NVE, DN og Statkraft. Kjelaå i Telemark og Dalelva i Høyanger vart valt ut som pilotvassdrag.

Vi håper desse konkrete pilotstudia kan bidra til eit betre grunnlag for å vurdere tilsigsstyrt minstevassføring som eit praktis og relevant miljøtiltak ved vassdragsreguleringar.

Oslo, juni 2009



Steinar Schanche  
leiari styringsgruppe



Anja Skiple Ibrekk  
Anja Skiple Ibrekk  
programleiar



# Samandrag

Det er ein aukande trend i internasjonal forsking mot ein meir heilskapleg vurdering av minstevassføringsregimet i regulerte elver. Tradisjonelle statiske minstevassføringsregime blir vurdert bytta mot fleksible løysingar der målet er å møte krav frå fleire ulike interessentar i vassdraget. Dette prosjektet har hatt som mål å skissere eit slikt regime for to pilotvassdrag. Hovudoppgåvene i prosjektet har vore å finne ei metode for å definere eit variabelt miljøbasert vassføringsregime, utvikle eit slikt regime for pilotvassdraga, kople regima til ein modell for tilsigsstyring og til slutt foreslå eit system for etterkontroll av det regimet som er foreslått. Vi har brukt ein modifisert versjon av den sør-afrikanske "Building Block Methodology" (BBM) for å definere vassføringsblokker for artar og andre interessegrupper i prøhevassdraget.

Pilotvassdraga som vart valgt ut er Kjelåi i Vinje kommune i Telemark og Daleelva i Høyanger. Ein føresetnad er at det ikkje skal skje ny datainnsamling som ein del av prosjektet, så alt arbeid er basert på tidlegare arbeid i vassdraga og litteraturdata. Eit unntak er hydrologien, der vi har gjort simuleringar av tilsig for å ha noko å bygge på. Etter å ha vurdert tilgjengelege data for dei to vassdraga konkluderte vi med at det ikkje er praktisk mogleg å gjennomføre eit tilsigsstyrte miljøvassføringsregime for Kjelåi, medan vi har utvikla eit forslag til vassføringsregime for Daleelva. Vi har basert tilsigsstyringa på tre nivå: tørr, middels og våt sesong. I Kjelåi er der ikkje automatisk styring av tapping, noko som måtte etablerast før tilsigsstyring kan gjennomførast i praksis. Vi ser det òg som økonomisk svært vanskeleg å tappe ei vassføring som har innverknad på tilhøva på den øvre strekninga av elva ned til Løyningsvatn, som er den som er mest påverka av reguleringa.

Det er sidan diskutert ulike løysingar for å kople dette regimet til naturleg tilsig, og vi endar opp med eit forslag om å styre tappinga som ein funksjon av verdiar frå ein målestasjon i eit uregulert delfelt. Det er så utvikla eit system for etterkontroll av det miljøbaserte regimet som er foreslått, noko som både vil fungere som ei metode for å kontrollere verknadene av regimet og for å modifisere vassføringsblokkene etter kvart som meir data vert tilgjengeleg.

# Tilsigsstyrt minstevassføring

**Nyare forsking viser at eit miljøbasert vassføringsregime bør inkludere ein variasjon som så langt som mogleg etterliknar det naturlege regimet. Eit system for å beskrive eit fleksibelt minstevassføringsregime basert på "Building Block Methodology" er introdusert i dette kapittelet, og metodar for å styre minstevassføringa som ein funksjon av naturleg tilsig er diskutert.**

## Bakgrunn og målsetting

Ei aukande interesse for å definere minstevassføringsregime som i større grad er tilpassa krav innanfor dei ulike målgruppene, har ført til omfattande forsking på metodikkar for å finne vassføring, sjå t.d. Halleraker og Harby (2006). Felles for mange av dei metodane og løysingane som er utvikla, er at ein ser eit behov for å lage eit vassføringsregime som i større grad følgjer dei naturlege variasjonane i tilsiget, og som dermed er meir samkøyrd med dei fysiske prosessane som økosystemet i vassdraget har tilpassa seg gjennom tida. Spesielt ser ein behov for å oppretthalde dei høge vassføringane som gir eit bidrag til å vedlikehalde morfologien i vassdraget, men ein ser også at det kan vere viktig å halde på låge vassføringar i delar av sesongen (Richter, 1996). Dette i kontrast til mange av dei minstevassføringsregima som er vanlege i Norge, der ein i dag brukar lange periodar med konstant vassføring.

Sjølv om det finst mykje både norsk og internasjonal litteratur rundt utforminga av eit miljøbasert minstevassføringsregime, så er det langt mindre skildringar av korleis ein utformar styringa av minstevassføringa utifrå naturleg tilsig. I eit litteraturstudium om tilsigsstyrt vassføring viser Gravem mfl. (2006) til Alta, Nore og Suldalslågen (prøvereglement) som eksempel på vassdrag med minstevassføring styrt av naturleg tilsig. Internasjonalt finst det få andre eksempel på slike vassføringsregime i litteraturen, noko som og Gravem mfl. (2006) viser til i sitt litteraturstudium.

Prosjektet har tre hovudmålsettingar:

1. Å utvikle eit årleg miljøbasert vassføringsregime som varierer med det naturlege tilsiget slik at ein til ein viss grad kan oppretthalde ein naturleg hydrologisk variasjon. Vassføringsregimet vil bli utvikla ved hjelp av ein modifisert "building block"-metode, der kvar blokk definerer vassføringskrav til ein art (i ulike stadium), artsgruppe, prosess eller brukargruppe i vassdraget. Det er difor utvikla ulike vassføringsregimer basert på storleiken på det lokale tilsiget. Vi har sett på metodar for å skifte mellom desse utifrå måling eller prognosering av naturleg tilsig.
2. Det tilsigsstyerte vassføringsregimet er blitt evaluert med tanke på tilpassing til styresmaktene sine krav til tilsyn og kontroll. Det er vurdert om den tappinga vi har skissert kan implementerast i kraftselskapet sine rutiner. Det kan både vere

praktiske og tekniske avgrensingar som gjer at det kan vere ei utfordring å gjennomføre tapping av tilsigsstyrt vassføring.

3. Det vert skissert eit opplegg for å kontrollere verknaden av det tilsigsstyrt regimet etter at det er sett i drift.

Arbeidet er gjort i to prøhevassdrag definert av oppdragsgjevar. Utgangspunktet var at eit av vassdraga skulle ha ein bestand av anadrom fisk og det andre skulle vere eit vassdrag utan anadrom fisk.

## Framgangsmåte

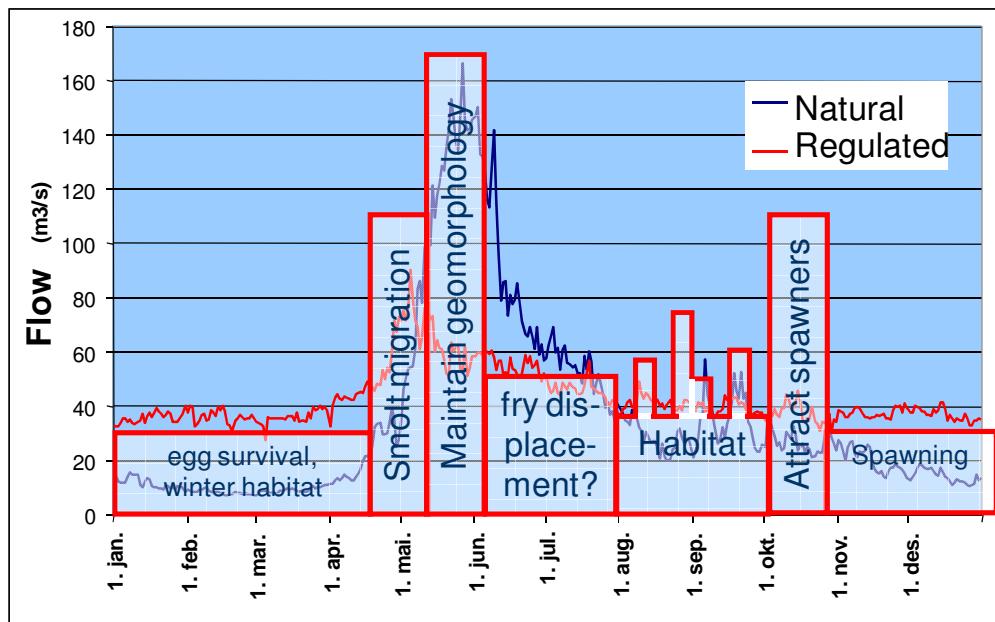
### Utvikling av vassføringsregime

For å definere det miljøbaserte vassføringsregimet har vi tatt utgangspunkt i ”Building Block Method” (BBM), som originalt vart utvikla for å fastsette miljø-basert vassføring i Sør-Afrika, der metoden er anvendt i ei rekke vassdrag (King, 2000). Dette er ein såkalla holistisk metode som har som målsetting å sjå heilskapen i vassføringsregimet for å imøtekome alle interesser knytt til vassdraget. Grunnlaget i metoden er å finne vassføringskrav for ulike interessegrupper i vassdraget, og så sette dette saman til eit fullstendig vassføringsregime, derav namnet som viser til at kvar interessegruppe og vassføring utgjer ein ”blokk” i det totale regimet (Figur 1). Den fullstendige BBM-metoden inneber at vi skal definere alle sentrale interessegrupper, gjennomføre eit arbeidsmøte der ekspertar vurderer ulike behov og krav og til slutt implementerer vassføringsregimet i vassdraget. Ei fullstendig gjennomføring av BBM for begge studievassdraga er ein omfattande og ressurskrevjande prosess som det ikkje er rom for å prøve ut i dette prosjektet. Prinsippet om byggesteinar ”building blocks” er brukt som grunnlag for dei vassføringsregima som vi utviklar i prosjektet, men vi utelet bruk av workshop i frå prosessen. Det betyr at kvar interessegruppe som vi identifiserer (t.d. laks-eggutvikling, laks-swimup, laks-ungfisk, voksenfisk-oppvandring, fiske) vil få definert vassføringskrav. I fleire tilfelle er det naudsynt å sette både eit minimumskrav og eit maksimumskrav slik at byggesteinen får form av eit vassføringsvindauge som må oppfyllast i løpet av den perioden det gjeld. Når alle grupper har fått vassføringsblokker, så vert alle byggsteinane kombinert til eit fullstendig vassføringsregime.

Alle vurderingar i dei ulike prøhevassdraga er gjort med utgangspunkt i eksisterande data for vassdraget. Det er ikkje gjort nye undersøkingar eller vurderingar utover desse i regi av prosjektet. Eit unntak er eit kort feltarbeid gjort i Kjela, som samla inn informasjon om geometri og habitat på mesoskala i den øvre delen av vassdraget (Aarbakk, 2008). Sidan det ikkje fanst noko data i det heile for denne strekninga, var dette til stor hjelp i den vurderinga som er gjort.

Det er valgt å lage eit tredelt regime basert på høgt, normalt og lågt uregulert tilsig. Dette er ein avveging mellom det å få ei glidande overgang i eit kontinuerleg regime, og det å lage noko som vert enkelt å implementere og kontrollere under bruk. Skiftet

mellan desse vil avhenge av nivået på lokaltilsiget, og i eksempla i prøvevassdraga har vi sett grenseverdiane slik at uregulert tilsig over 75% persentilen (Q75) gir høg miljøbasert vassføring, tilsig under 25% persentilen (Q25) gir låg miljøbasert vassføring og mellom desse ytterpunktene får vi miljøbasert vassføring etter normalregimet. Grensene for høgt, lågt og normalt tilsig må vurderast i kvart enkelt tilfelle, t.d. kunne ein vurdere Q10 (10 persentil), Median og Q90 (90 persentil) dersom vi ønsker å ha mindre skifte mellom regima samstundes som vi har eigne regime for spesielt høgt og lågt naturleg tilsig.



**Figur 1** Prinsippet for Building Block Method – figuren viser fleire blokker (etter Harby, 2007).

### Styring basert på tilsig

Gravem mfl. (2006) skisserer nokre eksemplar på korleis naturleg tilsig er brukt ved tapping av minstevassføring. I Altaelva på strekninga nedstraums kraftstasjonen er det sett eit vassføringsregime som seier at frå tidspunktet frå fullt magasin til første september så skal ikkje vassføringa avvike med meir enn 10 prosent frå uregulert tilstand. For Nore-reguleringa er regelen at naturleg tilsig frå Skollenborg skal sleppast til Numedalslågen dersom dette ligg imellom ein øvre og nedre skranke. Gravem mfl. (2006) viser òg til prøvereglementet for Suldalslågen som spesifiserer at i perioda mai – juli skal det sleppast ei fast vassmengde pluss eit tillegg som er gitt som naturleg tilsig til Suldalsvatn midla over dei siste 5 døgna. I prøvereglementet for Suldalslågen finst det òg reguleringar som knyt start av slepping av vatn til start på vårfloem målt i eit referansefelt i eit nabovassdrag. Internasjonalt er det nærmaste ein kjem metoden, ein metode med ”transparent dams”, som er utvikla i Australia (Gippel, 2001). Jacobson og Galat (2008) skildrar eit vassføringsregime for Lower Missouri som har nokre likskapar med det vi presenterer i denne rapporten, men totalt sett så har dei større fokus på historiske data i planlegginga av tappinga. Eit tilsvarende arbeid som vi har gjort i dette prosjektet er og underveis i Storbritannia.

Ein versjon av BBM er brukt til å definere vassføringa over året, men korleis dette skal koplast mot naturleg tilsig er enno ikkje definert (Acreman, 2007).

I mange diskusjonar rundt tilsigsstyrte vassføringsregime er vassføringa gitt som ein prosentdel av naturleg vassføring, altså ei rein nedskalering av denne. Nedskalering er ikkje brukt i utviklinga av dette prosjektet, i og med at dette ikkje nødvendigvis vil møte dei krava til vatn som vi identifiserer i vassdraget. Den metoden som er brukt i dette prosjektet motsvarer då den metodikken som er valt for ei tilsvarende utvikling av vassføringsregime i Storbritannia (Acreman, 2007; Acreman, pers. med.).

### **Alternativer for tilsigsstyrt miljøvassføring**

Ein viktig del av implementeringa av eit tilsigsstyrt vassføringsregime er å finne ein metode for å estimere kva som ville vere naturleg tilsig til vassdraget på eit tidspunkt, og så sleppe vatn basert på denne naturlege verdien. Det finst mange ulike framgangsmåtar som ein kan tenkje seg å bruke for å gjere dette, frå metodar som brukar berre observasjonsdata til metodar som òg tar omsyn til prognosar for tilsig for dei komande dagane. Desse vert kort diskutert her, og så vil vi kome tilbake til val av metode og diskusjonar rundt tilsyn og tekniske problemstillingar sidan. Målet med denne metoden er at når det er høgt uregulert tilsig i feltet så skal vi utnytte dette til å tilgodesjå prosessar eller interessegrupper i vassdraget som tener på å ha mykje vatn. Vanlege eksempel på dette er t.d. høg vassføring for å vedlikehalde elveløpet eller oppvandringsvassføring for fisk. I periodar med lite naturleg tilsig vil vassføringa i elva bli tilsvarende låg, og vi vil med denne type vassføringsregime få større variasjon enn eit tilsvarende ”flatt” minstevassføringsregime. Dette betyr at ein vil både kunne få meir miljøvassføring i nokre periodar, men òg at vassføringa i periodar vil kunne bli mindre enn den tradisjonelle minstevassføringa. Nokre ulike løysingar for å definere korleis ein kan tappe kan vere:

1. Tapping basert på prognosert tilsig til vassdraget.
2. Tapping basert på ein kombinasjon av prognosar/observasjonar.
3. Tapping basert på observasjonar i utsleppspunktet i ein periode tilbake i tid.
4. Etablering av målestasjon i den uregulerte delen av feltet og bruk av denne til å sette miljøbasert vassføring.
5. Tapping basert på måling i eit representativt uregulert felt i regionen.
6. Tapping basert på observasjonar og trendar på stigande/minkande elv.
7. Eit system der ein måler tilsig i sleppunktet og lar delar eller alt av dette passere.

Uansett om ein vel å køyre etter ein prosentdel av normalt tilsig eller ved spesifiserte tapperegimer som er ein funksjon av naturleg tilsig, så må ein ha ein slik metode for å avgjere korleis ein skal tappe og korleis denne tappinga skal dokumenterast med

tanke på tilsyn og kontroll av miljøvassføringsregimet. Vi har vurdert fleire av desse løysingane for prosjektet, og dette vil bli diskutert sidan.

Plassering av målepunktet i høve til miljøvassføringa er også viktig når ein jobbar med tilsigsstyrt vassføring. Med målepunktet nær utsleppspunktet for vatnet vil tappinga frå kraftverket måtte dekke alt vatnet i det miljøbaserte regimet, medan dersom ein flyttar målepunktet nedover i vassdraget så kan ein ta inn ein større og større del av eventuelt uregulert resttilsig som ein del av den miljøbaserte vassføringa. Plassering av målepunkt langt frå sleppstaden krev betre kontroll med uregulert tilsig og gjer sjansen for avvik frå det pålagde regimet større. Det er ikkje mogleg å lage generelle retningslinjer for dette sidan det vil avhenge av storleik på restfelt, avrenninga frå restfeltet og utforminga av vassføringsregimet. Det avheng også av kvar vi er i vassdraget, om vi er nedstraums utløpet av kraftverket, på strekningar som er forbittappa eller i øvre delar av vassdraget med små vassmengder fråført elva.

Eit miljøvassføringsregime skal kunne kontrollerast både av styresmaktene (NVE sitt miljøtilsyn) og allmenta (gjennom ulike interessegrupper). Det er difor viktig at miljøvassføringsregimet er grundig dokumentert og at det kan etterprøvast. Som diskutert tidlegare vil eit fleksibelt regime ha fleire fridomsgrader og dermed krevje eit større omfang av dokumentasjon. Dette gjeld spesielt dersom vi siktar mot eit system som bygger på prognosar av tilsig. Det kan vere naudsynt med meir informasjon rundt eit tilsigsstyrt vassføringsregime, og nokre alternative strategiar kan vere:

- Etablering av infotavler, som viser dei sentrale miljøparametrane som miljøvassføringa skal følgje, og gir publikum sjansen til å kontrollere at tappinga er rett på dette tidspunktet.
- Lage informasjonsmateriell som gir ei grunnleggjande oversikt over prinsippa bak det miljøbaserte vassføringsregimet og korleis det vert avgjort kva tappinga skal vere til ei kvar tid. For elver der ein tidlegare har hatt minstevassføring kan ein også måtte dokumentere kvifor det nye regimet avvik frå det gamle.

## **Etterkontroll**

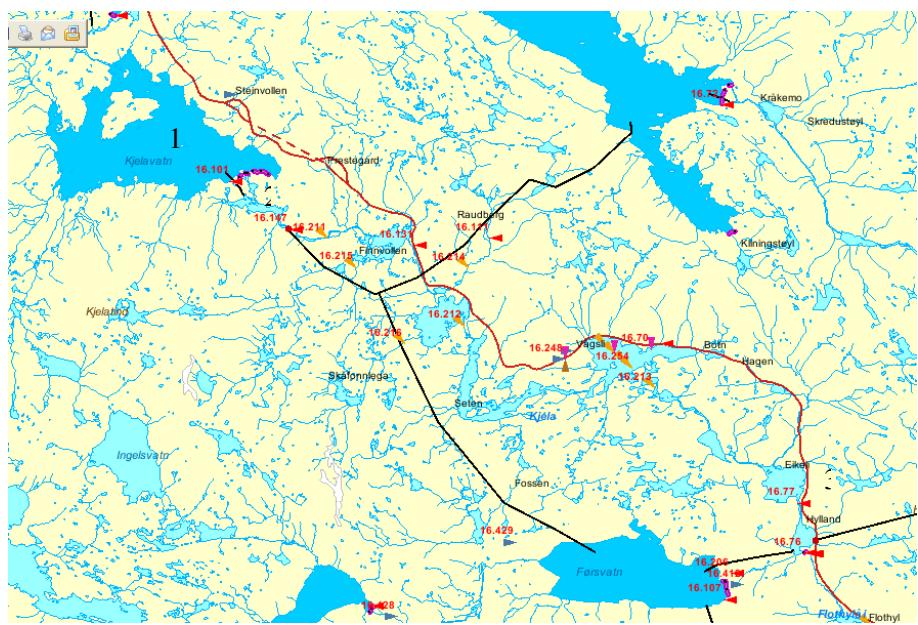
For å verifisere effektane av det tilsigsstyrt vassføringsregimet legg vi opp til eit opplegg for kontroll av responsen til dei ulike målgruppene i ei periode etter at vassføringsregimet er sett i drift. Det kontrollopplegget vil vere nært knytt til dei ulike blokkene slik at fleire av dei vil få eit tilpassa opplegg for å vurdere korleis responsen er over tid. I dei vassdraga der det allereie finst noko data er det naturleg å følgje opp desse vidare sidan det vil gi oss eit betre bilet av utviklinga. Ein annan viktig ting med kontollopplegget er at vi kan få verifisert nokon av dei grunnleggande føresetnadene som vi har lagt til grunn for utviklinga av vassføringsregimet i utgangspunktet.

## **Val av og nøkkeldata om prøhevassdrag**

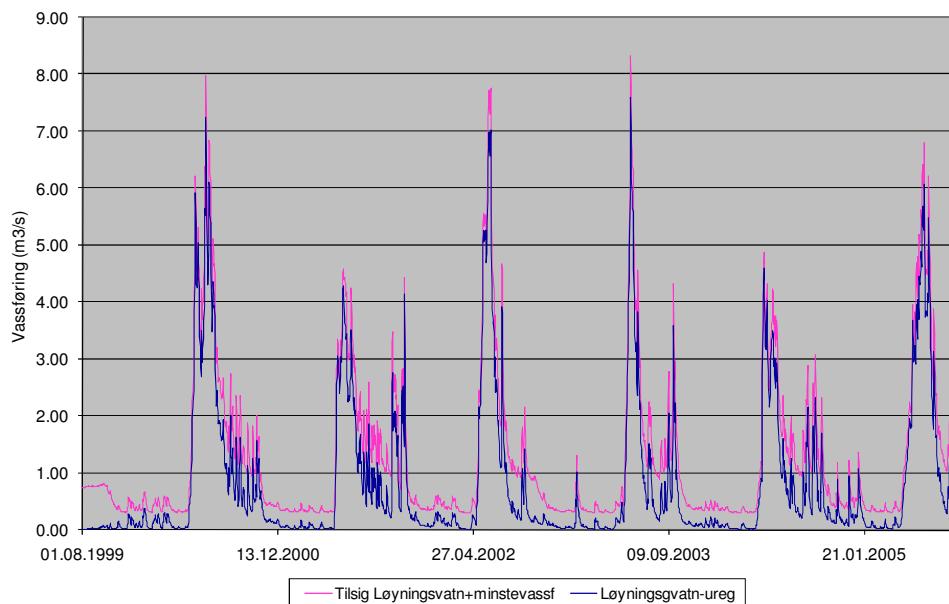
I følgje utlysinga til prosjektet skulle to prøhevassdrag verte plukka ut av regulantar som samarbeider med prosjektet. Dei to prøhevassdraga skulle dekke både eit vassdrag med ein anadrom fiskebestand og eit innlandsvassdrag. På eit møte i NVE i juni 2007 vart Jostedøla og Kjela (Kjelåi) plukka ut som prøhevassdrag, men Jostedøla vart sidan bytta ut med Daleelva i Høyanger. Strekninga i Kjela går frå Kjelavatn til Hyljelihyl, ei strekning der vatn er forbitappa, men som har tilsig frå eit stort uregulert felt. Strekninga i Daleelva er frå utløp kraftverk K2 til sjøen. I prosjektet er strekninga i Daleelva òg vurdert med tanke på det nye Eriksdal kraftverk. I og med at denne strekninga er nedstraums kraftverksutløpet vil det regelmessig vere meir vatn i elva enn minimumsverdiane som er sett i minstevassføringsregimet pga. produksjon. Dette betyr òg at nesten all tapping kan skje gjennom kraftverket, og at dette difor ikkje medfører ”tap” av vatn med tanke på produksjonen. Det regimet som er foreslått, vil hovudsakleg innverke på produksjonen i dei tilfella der dette spesifiserer ein maksimumsverdi som ikkje må overskridast i ei periode.

### **Grunnlagsdata Kjelåi**

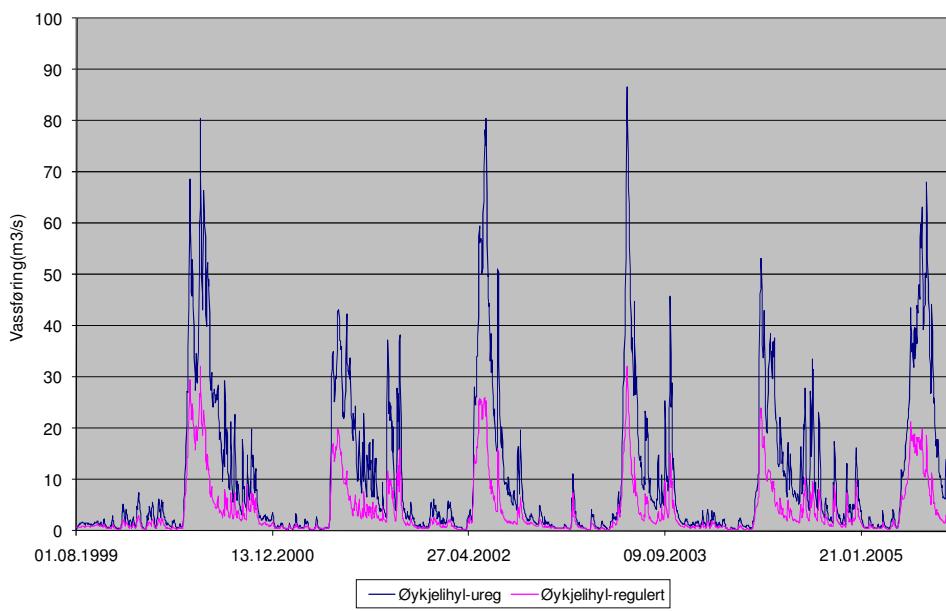
Kjelåi ligg i Vinje kommune i Telemark og i prosjektet har vi vurdert strekninga frå Vesle Kjelavatn til Hyljelihyl (Figur 2). På denne strekninga renn elva gjennom fleire innsjøar og den har eit stort uregulert restfelt. I den siste konsesjonen for Kjelåi er fleire planlagte bekkeinntak fjerna med tanke på at det uregulerte feltet skal gi eit større bidrag til vassføringa på strekninga påverka av reguleringa (Anonym, 2005). I følgje konsesjonen skal det då sleppast  $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$  frå Vesle Kjelavatn 01.06 til 01.09 og  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$  resten av året. For å vurdere vassføringssituasjonen i vassdraget er det køyrt hydrologiske simuleringar i DEMLab ved SINTEF Energiforskning for å finne vassføring før reguleringa (simulering av heile feltet til Hyljelihyl) og for å finne vassføringa etter regulering (simulering av lokalfelt Vesle Kjelavatn – Hyljelihyl med tillegg av minstevassføring). Vassføringa er tatt ut på ulike punkt i vassdraget, som vist på figur 3 og figur 4, og det er òg vurdert ulike hydrologiske indeksar for vassføringa som vist eksempel på i figur 5.



**Figur 2 Kjelåi (data frå NVE Atlas) (1-Kjelavatn, 2-Løyningsvatn, 3-Øykjelihyl).**



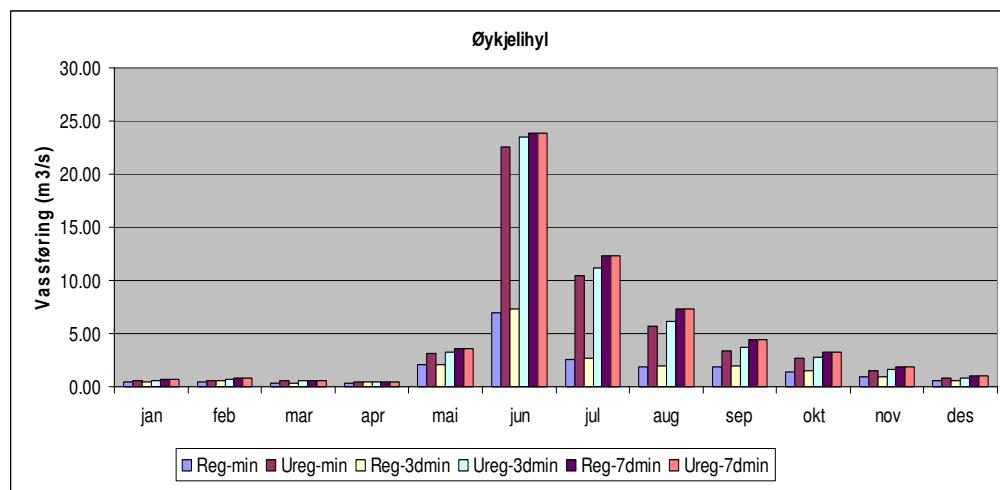
**Figur 3 Uregulert og regulert tilsig til Løyningsvatn.**



**Figur 4 Uregulert og regulert tilsig til Øykjelihyl.**

Temperaturdata er målt i Eivindbuvatn, og dette datasettet er brukt i evalueringa av heile strekninga med enkelte tillempingar for den øvre delen av vassdraget.

Vurderinga av miljøeffekta og kva byggesteinar vi eventuelt skal bruke i BBM-metoden er i stor grad basert på Næsje og Garnås (1987), Anonym (1988) og Anonym (2005). Dei analysane som bygger på målingar og habitatkartlegging, baserer seg òg på data frå Aarbakk (2008).

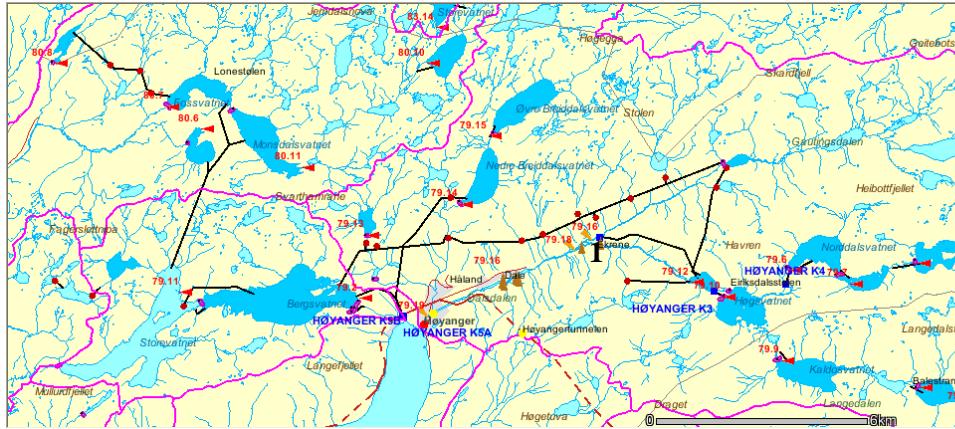


**Figur 5 Eksempel på hydrologisk indeks-analyse av lågvassføring Kjelaåi.**

## Grunnlagsdata Daleelva

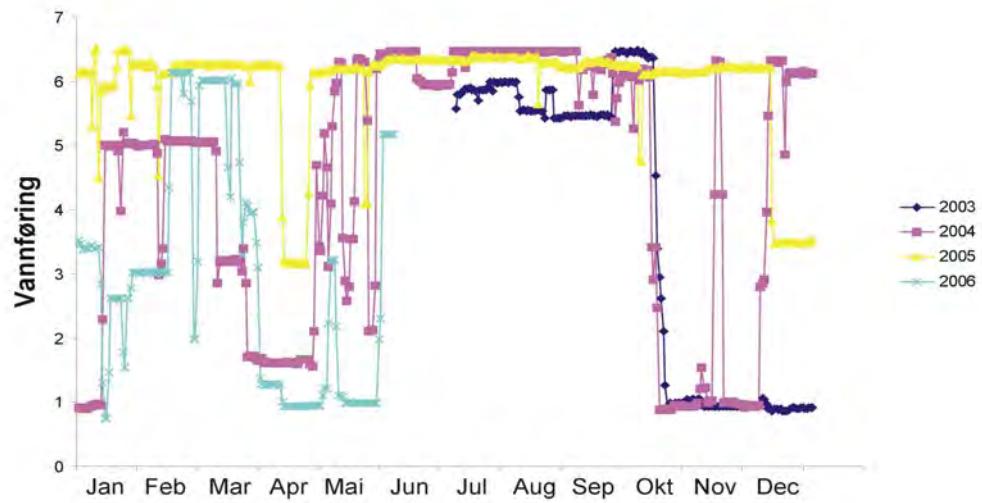
Daleelva renn ut i Sognefjorden ved Høyanger. Feltet er på 172 km<sup>2</sup> (079.Z, NVE-Atlas) og er sterkt påverka av regulering. Kraftverka som i hovudsak er viktige for dette prosjektet, er K2 med utløp i Daleelva og K5 med utløp i Høyangerfjorden vest for utløpet til Daleelva. K2 har i dag minstevassføringskrav på 0,7 m<sup>3</sup>/s mellom

16. september og 31. mars og 5 m<sup>3</sup>/s mellom 1. juni og 15. september. Statkraft har søkt om utbygging av Eriksdal kraftverk som vil erstatte K2, og dette vil etter søknaden medføre ei auke i minstevassføringa på vinteren til 1,5 m<sup>3</sup>/s og på sommaren til 6 m<sup>3</sup>/s. Søknaden er handsama av NVE, som har innstilt til nye konsesjonsvilkår for heile reguleringa. Saka ligg til endeleg godkjenning i OED pr. november 2008. Elva er utsett for flom, og det er fleire eksempel på skadeflommar i Høyanger-området, og det er gjort ulike flomsikringstiltak langs elva. Det er også utarbeidd flomsonekart for Høyanger (Traae mfl., 2001).

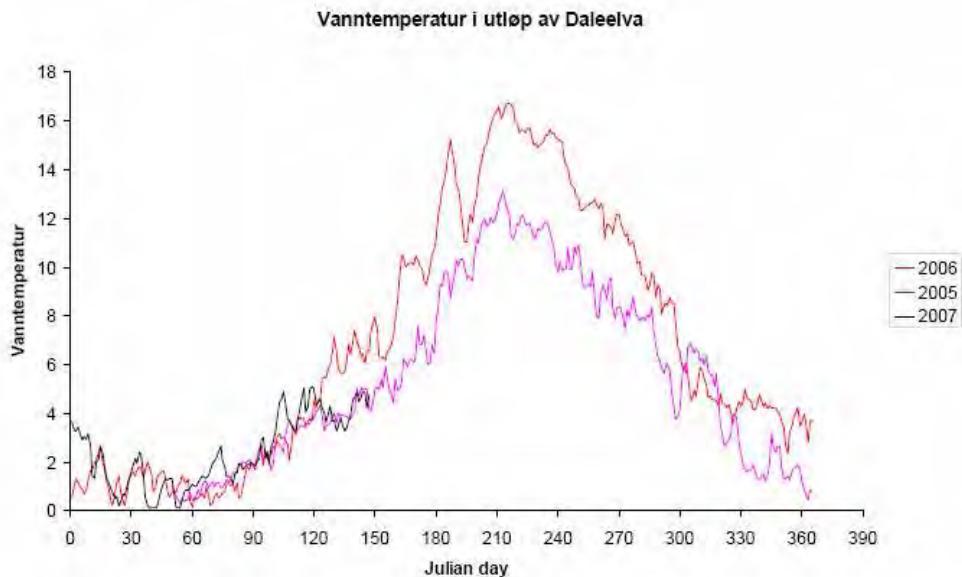


**Figur 6 Daleelva i Høyanger (NVE-Atlas). 1- utløp kraftverk.**

Datagrunnlaget for analyser i Daleelva er produksjonsdata fra kraftverka K2 (Figur 7) og K5 og ei planlagt framtidig maksimal tapping fra det nye Eriksdal kraftverk mellom 12 og 16 m<sup>3</sup>/s. Vi har også brukt temperaturdata registrert i elva i sesongane 2005-06 og 2006-07, så for temperaturseriane er datagrunnlaget spinkelt (Figur 8). Det er heller ikke målestasjonar for vassføring i elva, så i tillegg til tilgjengelege produksjonsdata har vi skalert ein vassføringsserie til den uregulerte nedre delen av vassdraget for å kunne vurdere uregulert tilsig. Det er skalert frå vassmerket Sogndalsvatn ved hjelp av areal og spesifikk avrenning (Figur 9).



**Figur 7 Produksjon i K2.**



**Figur 8** Vasstemperatur ved utløpet av Daleelva.

Som utgangspunkt for vurdering av miljømessige problemstillingar og ulike interessegrupper i vassdraget har vi bruk tidlegare undersøkingar i vassdraget (bl.a. Lund mfl. 2006; Skurdal mfl. 2001). Med utgangspunkt i dette har vi i prosjektet identifisert miljø- og bruksmessige element som kvar er representert med ein byggestein i dei endelege vassføringsregima. Arbeidet i Daleelva er i all hovudsak fokusert mot laks og aure som er dei artane som er identifisert som viktige i tidlegare arbeid i vassdraget.

## Miljøbasert vassføringsregime i prøhevassdrag

*Prøhevassdraga er vurderte for eit tilsigsstyrt vassføringsregime. For Kjela er det konkludert med at slik situasjonen er i dag, er det ikkje rekningsvarande å utvikle eit tilsigsstyrt regime. For Daleelva er det laga eit forslag med eit miljøbasert vassføringsregime som varierer med høgt, normalt og lågt tilsig.*

### Kjelåi

#### Byggesteinar i det miljøbaserte vassføringsregimet

##### Vasskvalitet og temperatur

Reguleringa har senka temperaturen spesielt i øvre delen av vassdraget, men nedover i vassdraget regulerer vatna i vassdraget temperaturen mot normal verdi. Det finst

ikkje temperaturdata frå før reguleringa som kan brukast for å få full oversikt over denne effekten. Islegginga skjer litt tidlegare i dag enn før, og vi har stabile istilhøve gjennom vinteren. For å motverke senking i temperatur så er det temperatur på det tappa vatnet som er viktig, og dette kan ikkje justerast gjennom auka vassføring i elva. Det er dessutan svært lite data tilgjengeleg for å vurdere temperaturtilhøva ytterlegare, og vi ser ikkje at blokker for temperatur kan leggast inn i minstevassføringsregimet.

Vasskvaliteten har vore eit spørsmål i samband med auka hyttebygging i området. Undersøkingar (Aarbakk, 2008) viser at minstevassføring på 0,1/0,5 utan bekkeinntak ga akseptable tilhøve med tanke på utslepp og forureining i vassdraget, så dagens tapping vil gi enno betre tilhøve. Det er difor ikkje naudsynt å definere vassføring utover dagens minstevassføring for vasskvalitet.

### *Fiskeribiologi*

Fiskeribiologiske undersøkingar i elva viser låg tettleik av eldre aure i elvene – noko som tyder på at elva er brukt som gyte- og oppvekstområde. På strekninga Vesle Kjelavatn til Løyningsvatn er det òg lite ungfish på strekninga, noko som og peikar mot låg gyting. I oppsummeringa (Anonym, 1988) er det foreslått ei minstevassføring frå Kjelavatn på 2 m<sup>3</sup>/s året rundt for å stette fiskeribiologiske krav. Den simulerte vassføringa viser at for Øykjelihyl oppnår ein denne vassføringa i sommarhalvåret, for Løyningsvatn berre i korte periodar om sommaren. Dette kan motverkast ved å sleppe vatt frå Vesle Kjelavatn (noko som var tilfelle før siste konsesjonsendring), og dette vil vere ei blokk i vassføringsregimet for Kjelåi.

Etter temperaturserien skjer gytinga i oktober. Vi kan gå utifrå at det er tilgang til alle gyteområde med unntak av strekninga oppstraums Løyningsvatn.

### *Bruk av vassdraget/rekreasjon*

I følgje anonym (1988) så er det foreslått ei 3 m<sup>3</sup>/s vassføring i elva for å gjere det mogleg å drive fiske i vassdraget. I nedstraums område har ein denne vassføringa i lange periodar på sommaren med det regimet vi har i dag, medan eit oppstraums Løyningsvatn vil måtte tappe frå magasinet for å oppnå dette. Det er òg spesifisert (anonym, 1988) at 1,0/2,0 m<sup>3</sup>/s er ei tilfredsstillande vassføring for annan rekreasjonsaktivitet. Igjen er det først og fremst strekninga oppstraums Løyningsvatn der dette ikkje er oppnådd. Det vil difor vere aktuelt å legge inn dette som ei blokk, og denne blokka vil i storleik og tid samsvare med blokka for fisk.

### *Ornitologi/Botanikk*

Det finst ikkje spesifikke data som gjer det mogleg å vurdere desse tema. Det er skissert ei positiv effekt av auka sommarvassføring, men vi har ikkje data for å vurdere dette vidare. Det er difor ingen blokker som er tenkt laga for dette temaet.

### *Landskap*

For landskapsmessige tilhøve viser oppsummeringsrapporten (Anonym, 1988) at ei vassføring på 0,5 m<sup>3</sup>/s bare fungerer nedstraums Løyningsvatn. For strekninga

oppstraums viser tidligare ekspertvurdering at  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  synes å vere passande. Dette vil vere dekt av blokka for fiske i viktige delar av sesongen.

## Konklusjon Kjela

Med utgangspunkt i det som er funne for Kjela, ser vi ikkje å anbefale at det bør leggast opp til eit tilsigsstyrt vassføringsregime på strekninga. Dette fordi:

- 1) Strekninga nedstraums Løyningsvatn oppnår stort sett dei vassføringskrava som er spesifisert i dei biologiske rapportane .
- 2) Det vil krevje ei omfattande auke i tapping frå Vesle Kjelavatn for å ytterlegare å auke dette. I og med at bekkeinntak er tatt ut av reguleringsplanen, har vi òg ein tilsigsavhengig vassføring på strekninga nedstraums Løyningsvatn.
- 3) For strekninga mellom Vesle Kjelavatn og Løyningsvatn er det eit potensiale for utbetringar, men dette vil på grunn av bratt elv kunne krevje ei vassføringsauke som ikkje er realistisk med tanke på kostnadane for regulanten. Ein annan ting er at det er eit potensielt naturleg vandringshinder eit stykke oppstraums Løyningsvatn, og fiskeregistreringar oppstraums dette viser svært låg eller ingen tettleik av fisk.
- 4) Eit anna aspekt her er at det ikkje er mogleg med fjernkontrollert tapping frå Vesle Kjelavatn, noko som ytterlegare forvanskar implementering av eit tilsigsstyrt regime. Å basere tilsigsstyring på manuell justering av tappeanordningane vil vere svært vanskeleg i praksis. Eit slikt krav ville føresette at ein bygger om anlegget ved Vesle Kjelavatn for å kunne styre det frå driftssentralen.

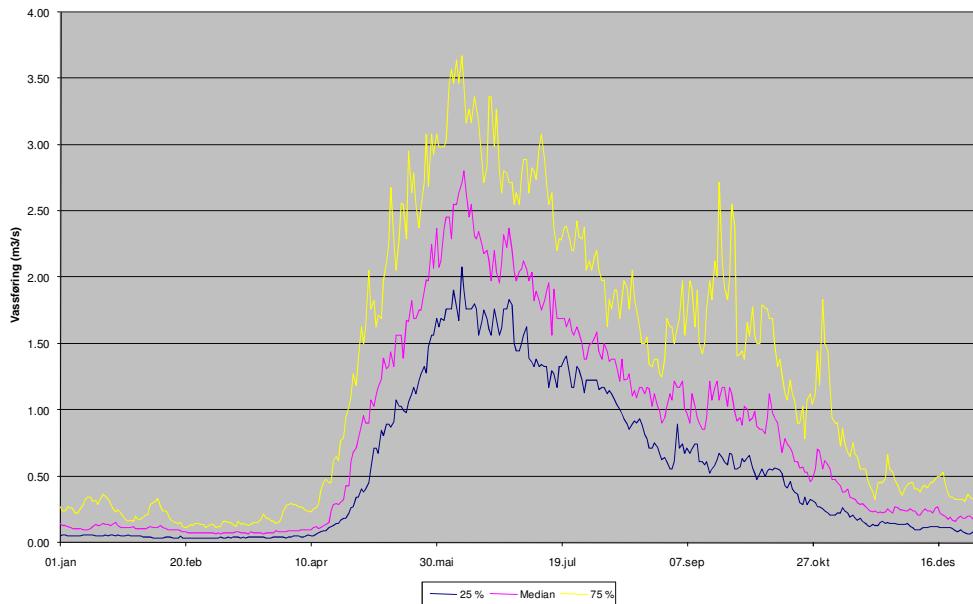
## Daleelva

### Byggestinar i det miljøbaserte vassføringsregimet

#### Gyteperiode – mengde vatn

Gyting hjå laks er hovudsakleg styrt av temperatur, medan vassføringa ikkje ser ut til å ha ei direkte innverknad verken på tidspunktet eller på oppstarten av gytinga (Heggberget, 1988). Det er likevel slik at desto meir vatn det er i elva på gytetidspunktet, desto større areal vil vere vassdekt og dermed òg tilgjengeleg for fisken som skal gyte. Halleraker mfl. (in prep.) har kopla fysiske data til observasjonar av gyting i Surna over fleire år og påvist klare samanhengar mellom gytedjup og vassføring under gyting. Dei har konkludert at gytetilpassa vassføring vil vere eit kostnads-effektivt miljøtiltak som langt på veg kan brukast til å unngå stranding av gytegropar i Surna. Med tanke på at det er svært sannsynleg at vi vil få periodar med lågt vatn i løpet av den tida rogna ligg i grusen, så er det gunstig at vassføringa på gyte-tidspunktet ikkje er noko særlig høgare enn det vi kan forvente i periodane med låg vassføring på vinteren. Ved å gjennomføre dette sikrar vi at gyting ikkje skjer i

område som seinare på vinteren vert tørrlagde over lengre periodar, gitt at ikkje naturlege flaumar overskyggar den planlagde gyte tilpassa vassføringa. Morfologien til Daleelva er slik at eit relativt stort areal vert vassdekt allereie ved ei vassføring på rundt  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , men mangelen på data om gyteplassar gjer at vi må bruke dette forsiktig.



**Figur 9 Utrekna uregulert tilsig til Daleelva.**

Dersom det er teknisk vanskeleg å operere kraftverket ned mot vinterminimum i gyte-tida, har vi spesifisert eit tak for vassføringa. Grunnen til dette er som tidlegare nemnt at ei auke for eksempel frå 1 til  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  ikkje gir veldig stor auke i vassdekt areal (ca. 9%, H.-P. Fjeldstad, upubl. data). Vi har difor gått utifrå at sjølv med  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  i gyte-tida, vil vi ikkje oppleve ei stor grad av tørrlegging av gyteområde på vinteren når elva går med minimumsvassføring. Vi ser i dag at kraftverket i lange periodar på vinteren ligg over dette taket og med det nye Eriksdal kraftverk er det spesifisert vintervassføringar som er enno høgare. Vassføringstaket vil vere avhengig av minimumsvassføring på vinteren, og for overlevinga av rogn er det ikkje gjennomsnittleg vintervassføring som er viktig, men tidspunkt og lengde på periodar der elva går med minste vassføring om vinteren. Det er igjen viktig å understreke at så lenge vi ikkje har informasjon om kvar gytingar skjer og kor store areal som vert brukt så er desse verdiane usikre. Med informasjon om gytedjup og nærmere lokalisering av gropene kunne ein ha funne risikoen for tørrlegging som ein funksjon av vassføringa, og dermed fått langt betre grunnlag for å sette vassføring på gyte tidspunktet og eit tak for denne vassføringa. Dei verdiane som er sett for gyte-tida verkar òg rimeleg med tanke på den observerte vassføringa frå K2 i 2003 og 2004, då kraftverket vart køyrt på  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  i den perioda då ein reknar med at fisken gyt.

#### Gyteperiode – tidspunkt

Tidspunktet for gyting er estimert utifrå to år med målte temperaturdata (Figur 8). I det regimet som vi foreslår får vi då gyting i perioden mellom veke 43 og 47 når vi

ser på både laks og ørret. Dette er basert på lite data, og observasjon av gyting vil òg her kunne forbetre dette estimatet.

Sidan vasstemperaturen varierer mellom åra foreslår vi at framfor å fiksere vassføringstaket for gyting på bestemte veker, så bør denne restriksjonen først tre i kraft når vasstemperaturen går under 5 grader. Denne temperaturgrensa er foreslått utifrå data frå Heggberget (1988), som viser at hovudtyngda av gytinga først skjer når temperaturen er lågare enn 5 grader. I Surna meiner ein at gytetidspunkt er knytt til daglengde (Halleraker, pers. med.), og vi ser at gytetidspunktet i Surna stemmer nokolunde overeins med eit temperaturstyrt tidspunkt i Daleelva frå tilgjengelege data.

Utsetjing av egg frå det lokale klekkeriet må synkroniserast med gytinga slik at dette skjer når vassføringa ligg innanfor dei avgrensingane som er diskutert ovanfor for å unngå tørrlegging.

#### *Miljøtilpassa vassføring på vinteren*

Auka minstevassføring om vinteren aukar det vassdekte arealet og dermed sjansane for fisken til å finne brukande skjul på dagtid. Auka vintervassføring har vist seg å auke smoltproduksjonen (Hvidsten, 1993; Gibson og Myers 1988), sjølv om veldig høge vassføringar som gir strie elvestrekningar lett kan føre til at vasshastighet kan bli utanfor preferansane for ung laksefisk i ei stri elv som Daleelva.

Når vasstemperaturen om hausten går under 8 grader (Rimmer mfl. 1985) på veg mot vinterminimum, bør ein unngå hurtige endringar i vannstand. Periodar med hurtig avtakande temperatur om hausten er rekna som ein periode der sannsynet for at fisken flyttar på seg er stor på grunn av vanskar med energetisk tilpassing. Stabile vassføringstilhøve er difor viktig her. Dersom hurtige endringar i vassføring skjer på vinteren, bør auka i vassføring gå føre seg i dagslys når fisken er i skjul og har mindre sjanse for å flytte på seg, medan senkinga bør skje i mørket når fisken er aktiv og enklare kan flytte seg (Saltveit mfl. 2001; Halleraker mfl. 2003)

#### *Klekking av rogn*

Tidspunktet for klekking av rogn vart rekna ut i frå ulike gytetidspunkt (sjå tabell 1). Høg vassføring i den perioden der yngelen er i grusen kan auke mortaliteten, og difor er det ein motsetnad mellom det å halde låg vassføring i perioden der yngelen er i grusen og det å køyre høg vassføring i den perioden der smolten går ut av elva (sjå under). Sidan desse hendingane òg skjer i naturen, så verkar det fornuftig å prioritere smolten her. Det er difor ikkje sett nokon avgrensing på vassføring for å ta omsyn til yngelen når den lever i grusen.

**Tabell 1 Tidspunkt for klekking og swim-up som funksjon av gytetidspunkt.**

Gyting		20. okt.	30. okt.	05. nov.	10. nov.	20. nov.
Klekking	2005-06	28. mars	14. apr.	24. apr.	2. mai	10. mai
Klekking	2006-07	20. feb.	22. mars	02. apr.	11. apr.	22. apr.
Swim-up	2005-06	07. juni	13. juni	16. juni	19. juni	24. juni
Swim-up	2006-07	29. mai	10. juni	14. juni	18. juni	23. juni

### *Smoltutvandring*

Temperatur og vassføring spelar begge ei rolle når det gjeld å starte smoltutvandringa om våren. Når smoltifiseringa er ferdig og fisken er fysiologisk klar for utvandring, kan auka vassføring vere det som gir signalet til at utvandringa startar opp. I Daleelva er det viktig å få til vassføringshendingar om våren slik at vi får ei synkron utvandring av fisken. Ei synkron utvandring kan auke overlevinga ved at predasjon vert redusert (Finstad og Jonsson 2001), og ei høg vassføring under utvandring vil òg kunne auke overlevinga (Hvidsten og Johnsen 1993; Hvidsten og Hansen 1988).

Ei auke i vassføring har vist god respons på auka utvandring i Stjørdalselva (Arnekleiv mfl. 2000). Denne vassføringsauka bør skje når ein stor del av fisken er smoltifisert og klar for utvandring, noko som vil føre til at så mange fiskar som mogleg vandrar ut til same tid. Hovudtyngda av utvandringa skjer mellom 5 og 9 grader, sjølv om vandringa kan starte ved lågare temperatur (Hvidsten mfl. 1995; Hvidsten mfl. 1998; Saltveit 1998; Jonsson og Ruud-Hansen 1985; Arnekleiv mfl. 2007). Sidan det er lite temperaturdata tilgjengeleg i Daleelva, og det dermed er umogleg å handtere variasjonen i data, så går vi ut i frå at midten av mai er det beste tidspunktet for å sleppe vatn for å få i gang smoltutvandringa. Vi må òg sorgje for at dette ikkje skjer samstundes som fisken kjem opp av grusen (sjå under). Ein annan viktig faktor er sjøtemperaturen under smoltutvandringa (Hvidsten mfl. 1998), men slike data er ikkje tilgjengeleg for Høyangerfjorden.

Vassmengda er sett slik at den skil seg nok frå vintervassføringa til å kunne sette i gang smoltutvandringa. Auka vassføring kan òg gi auka turbiditet i vatnet, som kan vere med på å minke predasjon, men om dette er tilfelle i Daleleva er usikkert. I normalt og vått år er det foreslått at nedtappinga etter smoltvassføring følgjer eit naturleg resesjonsmønster, medan ein i det tørre året vil ha ei hurtigare nedtapping. Det er òg tatt omsyn til at naturleg tilsig er størst mot slutten av mai, slik at dette òg gir eit ytterlegare bidrag til vassføringa for smoltutvandring.

### *"Swim-up"*

Vassføringa i periodar der yngelen kjem opp av grusen bør holdast så stabil som mogleg sidan høg vassføring på denne tida kan føre til auka mortalitet hjå yngelen (Jensen og Johnsen, 1999). Raske senkingar av vassføring vil være særstakt uheldig ift. stranding av årsyngel i dette tidsvindaugen (Halleraker et al 2003). I Daleelva er det

mest sannsynleg at dette skjer i juni (Tabell 1), men mangelen på temperaturdata og mangel på fiskedata gjer estimatet usikkert. Sidan fangst av voksen laks er låg i juni, så vil det vere liten interessekonflikt med sportsfiske etter laks ved å definere ei maksimalvassføring.

### *Miljøvassføring om sommaren*

Auka vassføring om sommaren vil føre til auka produksjonsareal og vil difor gagne fiskepopulasjonen, men trengs og avpassas ift. vanntemperaturen. Auka produksjonsareal vil òg kunne medføre auka produksjon av botndyr i elva, noko som òg er viktig for fisken i den viktigaste vekstperioden, særleg på tidlegsommaren. Høg vassføring er og rekna som gunstig for dei som utøver fiske i vassdraget og for andre former for bruk av elva til rekreasjonsføremål. Det er òg ein fordel med større sommarvassføring enn vintervassføring ved utsetting av fisk med tanke på etablering av territoria og reduksjon i konkurranse. Ein optimalisering mellom vassdekke og vanntemperatur for å utnytte relativt høg vasstemperatur frå restfeltet kan òg vere eit miljøtiltak som vil kunne ha mykje å seie for lakseproduksjonen.

### *Vassføring for å få vandring*

Vi foreslår å gjennomføre nokre ”lokkeflommar”<sup>1</sup> i løpet av sommaren for å freiste og trekke fisk opp i vassdraget og for å motverke dragninga av fisk mot utløpet av kraftwerk K5. Laksefangsten dei seinare åra er brukt for å tidfeste oppgangen av laks over dei seinaste åra (Lund mfl. 2006), og tidspunktet for lokkeflom er sett utifrå dette. Ein lokkeflom skal brukast når fisken er motivert til å vandre opp i vassdraget, dvs. i hovudperioden for oppvandring (Økland mfl. 2001), og dei har vist seg å ha mindre verknad seinare på sesongen (Thorstad og Heggberget 1998). Som tilfellet var for gyting så skal heller ikkje lokkeflommar ha faste tidspunkt, men ein bør prøve å kople desse tappingane mot periodar der ein ser potensiale for å kople dei mot høgt naturleg tilsig. Det skulle ikkje vere naudsyst å sjå på temperaturen i vatnet i Daleelva, sidan denne uansett ligg over kjende grenser for oppvandring, og sidan vi ikkje har spesielle vandringshinder på den aktuelle strekninga. Som tidlegare diskutert så bør ikkje den første toppen kome for tidleg med tanke på å verne om fisken som kjem opp av grusen. Kunnskapen om dette er liten i Daleelva, og føre/var-prinsippet er brukt i plasseringa av tidspunkt for slepp av vatn for oppvandring. Om gytetidspunkt er kjent, vil det vere aktuelt å legge til ein ekstra oppvandingstopp tidleg i juli i vått og normalt år for å betre oppvandringa.

Data frå elva tyder på at vassføringa bør ligge over vinterminimum i september og tidleg oktober sidan auren i vassdraget kan vandre seint (Lund mfl. 2005), og høgare vassføring vil kunne gi betre fordeling av stamfisk i elva.

---

<sup>1</sup> Hydrologisk sett er ikkje lokkeflom noko godt omgrep sidan dei i dei aller fleste tilfelle ikkje kjem i nærleiken av ein flom i storleik. Meininga er vassføringspulsar som overskrid den normale vassføringa for perioden. Sidan ordet er innarbeidd i denne samanhengen vel vi likevel å bruke det.

Mengda med vatn som vert sleppt i Daleelva, må vere nok til at det er ein sjanse til å trekke fisken vekk i frå utløpet til kraftverk K5. Det kan difor vere eit forslag at ein på det tidspunktet ein køyrer lokkeflom, reduserer produksjonen i K5 kombinert med køyring i Daleelva. Det er i dette tilfelle viktig at reduksjon av vassføring i K5 skjer før vi aukar vassføringa i elva. Vi har spesifisert ei tapping som gir rask stigning, men freistar å halde ein naturleg form på resesjonen sidan det er data som tyder på at mest fisk går når toppen er nådd og vassføringa går tilbake (Hendry mfl. 2003). I ein våt eller normal sommarsesong bør ein ha fleire slike episoder for å dekke variasjonen i vandring inn i fjorden. Dei periodane der ein har høg vassføring for oppvandring, vil òg kunne gagne dei som fiskar etter laks i elva. Dette både ved at det kan få ekstra laks til å vandre opp i vassdraget, og ved at tilhøva for å utøve fiske vert betre.

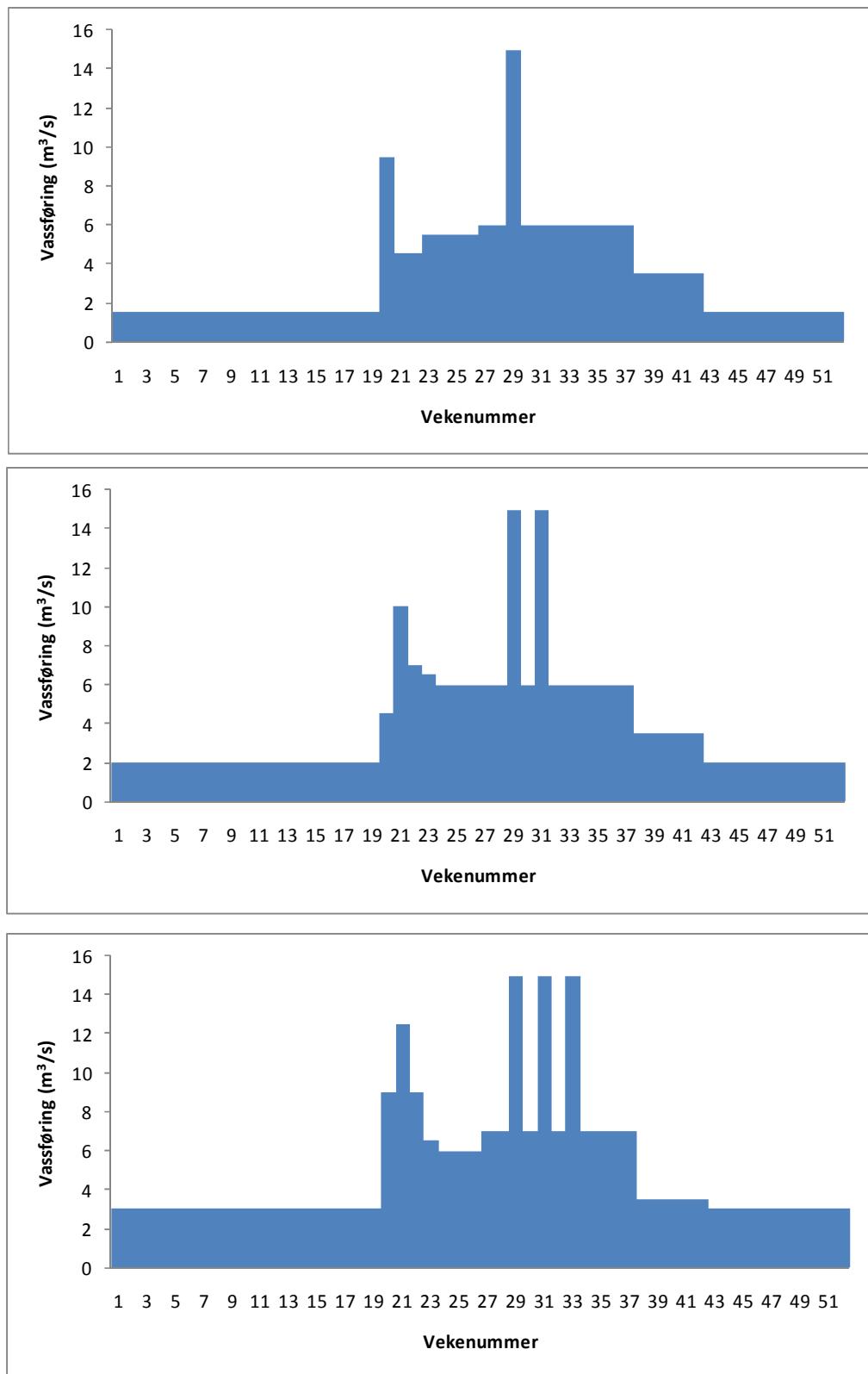
Det finst ikkje mykje data som viser god effekt av lokkeflommar, og spesielt i større vassdrag er det stilt spørsmål ved bruken av dette som eit tiltak (Thorstad mfl. 2003; Thorstad mfl. 2005). Ein kan vel kanskje tru at effekten av ei auke i vassføring vil vere betre i eit lite vassdrag med mindre demping sidan ”flomeffekten” vil ha større rekke-vidde der. Dette er uansett eit tema som kanskje burde vore undersøkt meir nøyne i Daleelva. Som nemnt tidlegare må dette sjåast i samanheng med reduksjon av produksjon i K5. Det burde òg vore vurdert korleis desse vassføringstoppane påverkar utsetting av laks.

### *Utsetting av fisk*

Utsetting av ungfish fra klekkeri er gjort mellom juni til august dei seinare åra. Det finst ikkje data som gir oss nokon indikasjonar på korleis vassføringa påverkar oppførsel og flytting av den utsette fisken. For å sikre seg at ein ikkje får ein uheldig effekt av lokkeflommar under utsetting av fisk, tilrår vi at utsettinga skjer på normal vassføring om sommaren og ikkje samstundes som ein tappar vatn for å få til oppvandring. Samstundes bør ikkje vassføringa være så låg at utsett fisk er for utsett for predasjon før den har tilpassa seg eit liv i elva.

### *Kanalvedlikehald*

Daleelva har og etter reguleringa ei historie med fleire store flommar. Masse-forflytninga er stor i Daleelva, og substratkartlegging gjort av SINTEF viser dominans av mykje grovt substrat og lite finstoff, samt låg nedsilting i større parti av elva. Vi finn det difor ikkje naudsynt å spesifisere episodar med høg vassføring for kanalvedlikehald, sidan desse etter vårt syn vil kome naturleg i vassdraget.



**Figur 10** Vassføring for Daleelva, lågt tilsig øvst, median tilsig i midten og høgt tilsig nedst.  
Tidspunkt for "lokkeflommar" er fleksibel og ikke nødvendigvis knyttet til vekenummera på figuren.  
Vi ser elles blokk for smoltuvandring i veke 19-22, vassføringstak ved swim-up i veke 25-26,  
sommarblokk i veke 27-37 og tak ved gyting i veke 37-39.

## **Miljøbasert vassføringsregime for Daleelva ved lågt, normalt og høgt tilsig**

Miljøbasert vassføringsregime ved lågt, middels og høgt uregulert tilsig slik det er definert for Daleelva, er vist i figur 10.

Merk: Tak for vassføring ved swim-up og gyting, blokker for oppvandring på sommaren er fleksible med tanke på tidspunkt – prøv å treffe høgt lokaltilsig for maks effekt. Det same gjeld for smoltutvandring. Dei spesifiserte vassføringsregima varierer med sesongen i høve til dei blokkene som er spesifiserte utifrå. I utgangspunktet er dei tenkt slik at endringar følgjer direkte av endringar i lokaltilsiget, men det går an å tenke seg at ein må ha hatt ein periode (t.d. 3 dagar) med eit av nivåa før ein endrar regime å styre etter for å dempe brå variasjonar. Dette vil bli diskutert nærmare i neste kapittel.

Alle vassføringsregima er basert på måling ved utsleppspunktet. Det uregulerte tilsiget kjem dermed i tillegg til den spesifiserte tappinga. Vi har ikkje lagt inn spyle-/vedlikehaldsflom i vassføringsregimet. Erfaringane frå Daleelva viser at sjølv med den omfattande reguleringa som er i vassdraget, så har ein regelmessig store flommar som vil sørge for kanalvedlikehald.

Volum for dei ulike regima er vist i tabell 2. Merk at for dei tilsigsstyrte regima så vil naturleg tilsig til målepunktet i periodar kunne erstatte tapping gjennom kraftverket, sjølv om vi for dei floempisodane som er definert føreset at tapping kjem på toppen av naturleg tilsig for å få maksimal effekt. Alle verdiar i millionar m<sup>3</sup>.

**Tabell 2 Volum av minstevassføringar og tilsig til kraftverka.**

Lågt tilsig	Middels tilsig	Høgt tilsig	Dagens Veke 19-40: 6 m <sup>3</sup> /s Resten: 1,5 m <sup>3</sup> /s	Tilsig K2	Tilsig Eriksdal
107	124	157	107	222	233

# Modellar for tilsigsstyring

*Det finst ulike strategiar for korleis ein kan knytte tapping av eit miljøbasert vassføringsregime mot uregulert tilsig. Desse spenner frå sanntidskontroll basert på prognosar til kopling mot observasjonsdata frå perioden rett før tappinga skal skje. Basert på ei vurdering av driftsmessige og tilsynsmessige omsyn, er det konkludert med at eit slikt system bør knytast mot observasjonsdata.*

## Generelt

Det finst ulike måtar å tenke seg tapping av eit tilsigsstyrt vassføringsregime på, t.d. som ein fast prosentdel av naturleg tilsig til ein kvar tid eller som skifte mellom faste tapperegime der ein vel regime etter naturleg tilsig. Uansett vil desse metodane ha dei same problemstillingane når det kjem til offentleg tilsyn, om dei er enkelt praktisk gjennomførbare, og om dei er enkle for interessegrupper å følgje opp. I prosjektet har vi sett føre oss eit vassføringsregime for prøvevassdraga der ein har tre nivå med miljøvassføring:

- **Høgt:** minstevassføring når naturleg tilsig er høgt i perioden, t.d. når det overskrid 75 % percentilen.
- **Normalt:** naturleg tilsig er i området mellom 25 % og 75 % percentilen for perioden.
- **Lågt:** naturleg tilsig er mindre enn 25 % percentilen for perioden.

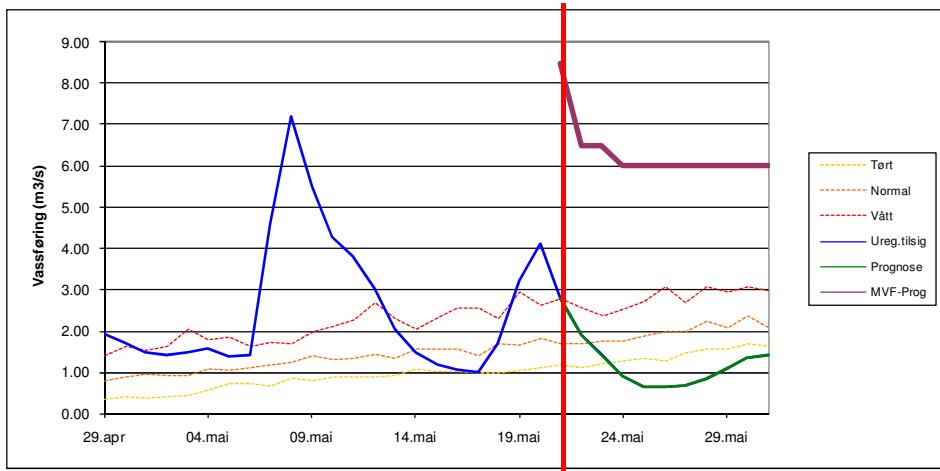
Det tilsigsstyrte regimet vil i langt større grad variere over tid enn kva som er tilfelle med dei aller fleste minstevassføringsregima i dag. Vassføringsregimet vil innehalde ei minimumsvassføring ein ikkje skal gå under ved nokon omstende, maksimumsvassføringar som vi ikkje skal gå over under noko omstende og imellom desse nivåa kan vassføringa variere med variasjon i lokaltilsiget. Figur 10 viser vassføringsregimet som er foreslått for Daleelva for høgt, normalt og lågt naturleg tilsig.

Det kan diskuterast kva percentilnivå ein skal bruke som grenseverdiar for dei ulike nivåa, men dette påverkar ikkje problemstillingane rundt praktisk implementering av det tilsigsstyrte minstevassføringsregimet. Det sentrale punktet ved praktisk bruk av det tilsigsstyrte minstevassføringsregimet er koplinga mellom den minstevassføringa ein pålegg regulanten å tappe, og det som ville vere naturleg tilsig i vassdraget. Det finst lite erfaringsdata eller forslag til korleis dette kan løysast i litteraturen, og den løysinga som vert valt vil påverke korleis vi kan utføre og kontrollere tappinga av minstevassføring. Vi ser for oss tre alternative løysingar:

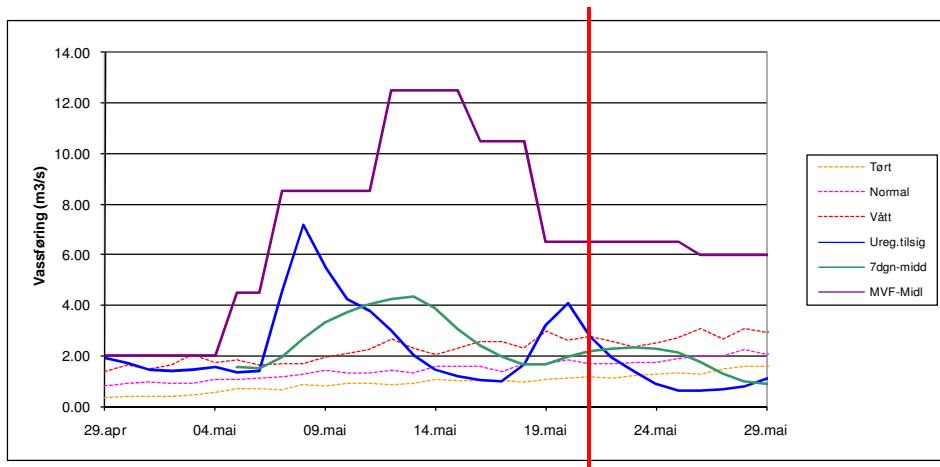
1. Tappinga vert knytt til kraftverket sine tilsigsprognosar for området, dvs. at tapping av minstevassføring vert sett utifrå korleis prognosen (for t.d.

komande veke) hamnar i høve til grenseverdiane for dei ulike tapperegima. Denne løysinga har fleire moglege ulemper. Minstevassføringsregimet vil vere variabelt og lite forutsigbart, det vil krevje omfattande dokumentasjon av prognosert og observert tilsig i samband med miljøtilsyn og det kan vere eit problem å handtere det faktum at prognoser er usikre. Dette er vist i figur 11.

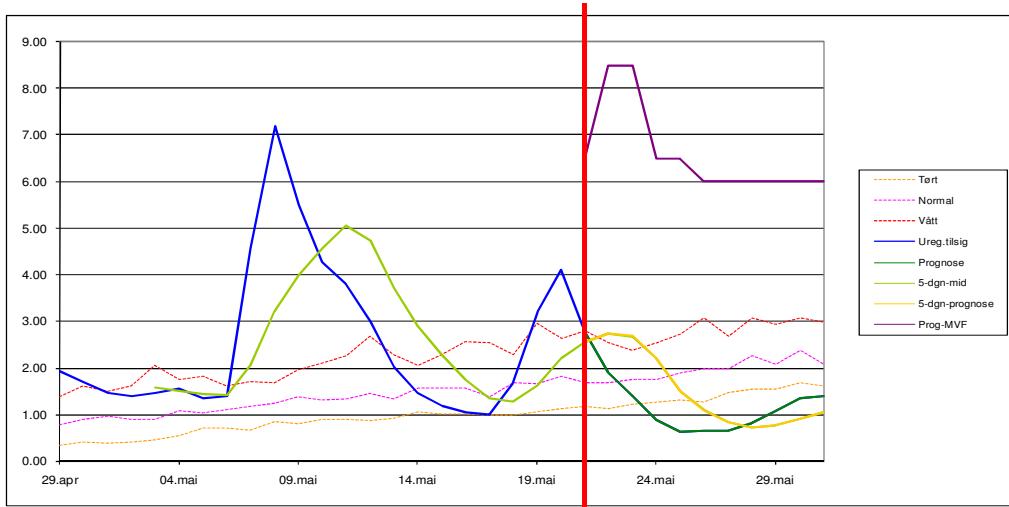
2. Tappinga vert definert med bakgrunn i ei periode med observert vassføring i målepunktet. Dette vil eliminere den usikkerheita vi har i prognosene, det vil gjere det enklare å dokumentere kva minstevassføring som er tappa i samband med tilsyn og det vil vere enklare å dokumentere tappinga for interessegrupper. Ulempa er at vi her vil få tappinga av minstevassføringa forskoven i tid i høve til det naturlege tilsiget, og at vi misser sjansen til å kombinere høg tapping av minstevassføring med høgt uregulert lokaltilsig ved tapping av flommar for t.d. kanalvedlikehald og oppvandring og utvanding av fisk. Dette er vist i figur 12.
3. Tappinga vert definert som ein kombinasjon av prognosar av tilsig og observert tilsig i ein periode før prognosetidspunktet. Denne løysinga vil vere meir forutsigbar enn den første, samt at den til ein større grad sørger for at tapping og uregulert tilsig treffer i større grad enn den andre løysinga. Dette er vist i figur 13.
4. Tappinga vert knytt til ein målestasjon i ein uregulert del av feltet (eit alternativ kan vere eit representativt nabofelt). Med bakgrunn i statistikk rundt høg, låg eller median vassføring i denne stasjonen set vi tapping av minstevassføring. Det er g mogleg å bruke gjennomsnitt av dei siste dagane eller trendar i vassføringa som utgangspunkt i staden for momentanverdien. Hydrogrammet vil bli omtrent det same som er vist i figur 12.



**Figur 11 Tapping basert på prognosereddning.**



**Figur 12 Tapping basert på 7 døgn glidande middel. Prinsippet for uregulert felt vert det same.**



**Figur 13 Tapping basert på kombinasjon av prognose og historiske data.**

Merk at alle data som er brukt i eksempla ikkje er henta frå Daleelva, men berre meint som eit eksempel på dei ulike løysingane.

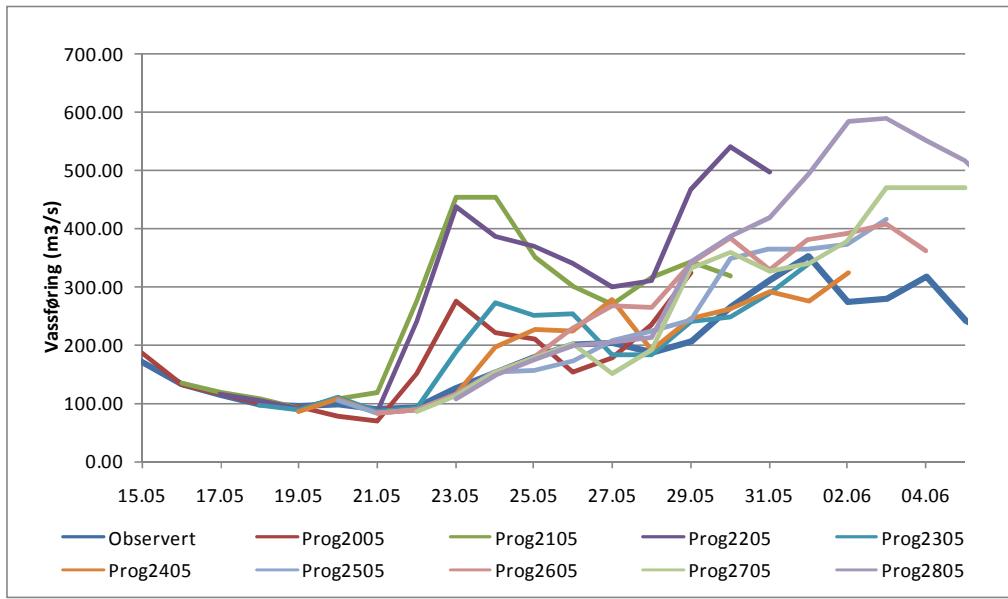
Av dei tre moglege løysingane vil alternativ 2 eller 4 vere det som det verkar å vere enklast å implementere og å følgje opp, sidan alle val som vert tatt vil vere basert på observerte data, og av desse er alternativ 4 det som verkar å gi det beste resultatet.

Lengda på den perioden ein brukar for å finne nivå på miljøvassføringa må diskuterast i kvart enkelt tilfelle, men desto lengre periode ein brukar, desto større tidsforseinking får ein på minstevassføringa. Ein viktig ting å vurdere ved planlegging er magasinkapasitet, og korleis dette regimet påverkar korleis ein kan regulere vassdraget.

I kor stor grad uregulert lokaltilsig går inn i minstevassføringa avheng g av kvar ein plasserer målepunktet for minstevassføringa. Dersom dette ligg nær utsleppspunktet for tapping, vil i stor grad lokaltilsiget kome i tillegg til tappinga. Dersom det blir plassert lengre ned i vassdraget vil, lokaltilsiget inngå i det spesifiserte regimet. Dette er spørsmål som må vurderast i kvart enkelt tilfelle.

Eit viktig tema ved definisjon av miljøbasert vassføring er å sørge for at både styremakter og andre interesser kan kontrollere at regulanten følgjer opp vassføringsregimet. Det betyr at dokumentasjon av tapping og kontroll i form av måling må vere på plass. Eit regime som bygger på prognosar vil gjøre dette til ei svært stor utfordring sidan ein må sannsynleggjøre at prognosane ein har brukt er rette. Dersom observert vassføring vert feil i høve til prognosert vassføring, må dette dokumenterast. Prognosane vil variere og det vil vere krevjande å formidle dette på ein god måte, eksempel i figur 14. Ein annan ting som må vurderast er kor vidt det er offentleg tilgang til prognoser og tilstandar i vassdraget dersom prognosebaserte løysingar vert brukt.

Mengda med dokumentasjon vil vere mindre i dei alternativa der ein berre baserer seg på historiske data eller data frå stasjonar i umålte felt, men framleis vil det innebere ein del meir dokumentasjon samanlikna med eit tradisjonelt system med ein målestasjon på minstevassføringsstrekninga. Systemet her vil kople ein målestasjon på minstevassføringsstrekninga, målestasjonen i det uregulerte feltet, statistikken rekna for denne samt dei ulike tapperegima.



**Figur 14** Eksempel på variabilitet i tilsigsprognosar for Gaulfoss simulert med HBV-modellen basert på 10-døgns meteorologiske prognosar. Første prognosedato er 20/5, deretter er modellen oppdatert og nye prognosar køyrt kvar dag fram til 28/5. Spreiinga i prognosane illustrerer utfordringa med å bruke eit prognosebasert system for å sette tilsigsstyrt minstevassføring.

## Daleelva

For det konkrete eksemplet i Daleelva har vi vurdert dei ulike metodane for å sleppe tilsigsstyrt vassføring utifrå kor vidt dette kan kontrollerast av styresmaktene, og kor vidt dette kan gjennomførast sett i frå regulanten si side. Vurderinga av dei strategiane som inneber prognosar viser fleire utfordringar med tanke på etterkontroll (Halmrast pers. med.):

- Korleis skal brot på reglementet kunne dokumenterast i notid? Dette reiser også problemstillinga om korleis ein skal ”melde frå” om gjeldande miljøvassføringsregime til styresmaktene og andre interesserantar.
- Korleis handtere feil i prognosane, t.d. ved at meldt nedbør ikkje kjem og at ein dermed ikkje når det vassføringsnivået som ein har spesifisert som minstevassføring. Dette vil føre til at minstevassføringa endrar seg i løpet av korte tidsrom, noko som gjer det vanskeleg å dokumentere kva som er rett og korleis ein skal forhalde seg til endringar med tanke på å melde regelbrot.
- Korleis handtere usemje mellom styresmakter og konsesjonær om kva som er gjeldande prognose.
- Korleis skal ålmenta og styresmakter enkelt kunne sjekke at konsesjonær overheld pålagd minstevassføring.
- Kraftselskapa ser også problem med å handtere eit regime som vert svært lite forutsigbart (Elgersma pers. med.).

Eit sentralt problem her er korleis ein handterer det faktum at prognosar er usikre og at sjølv korttidsprognosar kan feile og dermed gi andre resultat enn det som først er

planlagt. Dette vil krevje omfattande dokumentasjon, og vi finn ikkje at dette kan gjennomførast i Daleelva.

Dersom det tilsigsstyrte regimet skal gjennomførast i Daleelva, må det baserast på ein målestasjon i uregulert felt med tilhøyrande statistikk som styrer hvilket av dei tre regima som skal brukast. Dette vil krevje mindre dokumentasjon og fjerne dei usikre momenta og potensiale for usemje som ligg i bruk av prognoser. For dette alternativet vil *g* dokumentasjon vere mogleg og relativt lite omfattande og dermed mogleg å kontrollere for styresmaktene. Sidan vi er nedstraums kraftverket vil det kanskje mest sentrale punktet for kontroll bli om kraftverket kan møte kravet om maksimumsvassføring i juli og under gytetida. I periodar der kraftverket kører vil det stort sett overskride dei planlagde vassføringsregima.

Eit regime som skissert over er gjennomførbart med tanke på produksjonsplanlegging og tapping i Daleelva (Elgersma, pers. med.), og det er *g* denne løysinga som er enklast å få tilpassa og som vil gi høgast presisjon på tappinga. Det er *g* gitt eit opplegg om å opprette ein slik stasjon i samband med konsesjonssøknaden om Eriksdal kraftwerk. Tapping i dag vil då vere basert på snittet av gårdsdagen på den uregulerte målestasjonen, altså ei forskyving på ein dag. Ein viktig ting som Statkraft påpeika, er at vi må ha ein strategi for korleis ein tappar minste vassføringa ved utfall av den uregulerte målestasjonen, og at reglementet må ha ein klausul som spesifiserer dette. Eit alternativ kan då vere at ein legg seg på tapping etter hydrogrammet for lågt naturleg tilsig. Ein annan ting som Statkraft tok opp er at målepunktet må plasserast i elva og ikkje knytt til kraftstasjonen/turbinen. Dette gjer det mogleg å utnytte periodar med stort tilsig frå restfeltet til stopp og reparasjonar i kraftstasjonen. Her er prosjektet sitt utgangspunkt at målepunktet er plassert i elva nær utløpet til kraftstasjonen. Frå Statkraft si side er det *g* ønskjeleg at vassføringsregima som er foreslått, skal vere eit utgangspunkt for diskusjon rundt totalt volum av miljøbasert vassføring, og at ein kan diskutere eventuelle endringar når ein får evaluert korleis dette påverkar drifta i detalj.

## Etterkontroll av miljømål

*Med utgangspunkt i vassføringsblokkene som utgjer det miljøbaserte vassføringsregimet, er det laga eit opplegg for å kontrollere at miljøeffektane i regimet vert ivaretatt i høve til definerte miljømål.*

I Daleelva har det vore gjennomført årlege undersøkingar av fiskebestanden frå 2003 (Lund mfl. 2006). Undersøkingane omfattar registreringar av ungfisk med elektrisk fiskeapparat på 12 stasjonar i hovudelva (spreidde utover den anadrome strekninga) og i 6 sidebekkar (Lund mfl. 2006). Desse undersøkingane gir data på alderssamansettning, storleik og tettleik av laks- og aureunger. I tillegg gir resultata informasjon om resultatet av utsetjingar av einsomrig settefisk (som er feittfinneklipt).

Undersøkinga i Daleelva omfattar også analyser av fangsstatistikk, inkludert fangstar i ulike område av vassdraget og til ulike tider av sesongen. Vidare vert det gjort

analysar av skjellprøver for å kartlegge laksens og sjøaurens livshistorie. Skjellprøvene av laks gjev g kunnskap om samansettinga av bestanden med omsyn til opphav (villfisk, kultivert fisk og rømt oppdrettsfisk). Dette er viktig informasjon for å vurdere effektane av endra manøvrering og kultiveringstiltak på laksebestanden. Vidare vert det gjort registreringar av talet på gytefisk og fordelinga av denne i elva om hausten. Desse undersøkingane gjev viktig informasjon om potensiell rekruttering (tettleik av egg) og er naudsynt for å vurdere utviklinga i bestanden av ungfisk over år.

Ei vidareføring av dei fiskeribiologiske undersøkingane i Daleelva etter det same opplegget som vert gjennomført i dag, vil gje eit godt grunnlag for å evaluere effektane av en tilsigsstyrt manøvrering av elva. Dersom det omsøkte Eriksdal kraftverk vert utbygd kan det derimot vere vanskeleg å skilje mellom effektar av denne utbygginga og effektane av ein tilsigsstyrt manøvrering på fiskebestanden. Ei utbygging av Eriksdal kraftverk vil etter søknaden medføre ei auke i minstevassføringa på vinteren til  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  og på sommaren til  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Med reguleringa i dag avgrensar den lave minstevassføringa om vinteren sannsynlegvis fiskeproduksjonen i Daleelva (Lund mfl. 2006).

Det trengs derimot ekstra kunnskap på nokre felt for nøyaktig å kunne tidfeste enkelte av vassføringssleppa som er foreslått.

I forslaget til vassføringsregime er det foreslått å auke vassføringa i samband med laksens smoltutvandring på våren. Betre kunnskap om tidspunkt for smoltutvandring og andre faktorar som styrer denne, ville vere nyttig for å tidfeste det mest gunstige tidspunktet for vassføringsauka og nødvendig storleik på sleppet av vatn. Slik kunnskap kan finnast ved registreringar av utvandringa smolt om våren ved hjelp av smoltfeller, og samtidige målingar av ulike fysiske faktorar som vassføring og vasstemperatur. Dersom ein samlar slike data over nokre år har ein et godt grunnlag for å lage ein ”smoltmodell” som kan føresjå effektane av fysiske faktorar på forløpet av utvandringa. Denne smoltmodellen kan deretter brukast til å ”time” vassførings-sleppa i høve til omgjevnadane i framtida.

Det er g foreslått å halde vassføringa mest mogleg stabil i den perioden yngelen kjem opp av grusen. Det finst gode modellar for å rekne når dette skjer ut frå fiskens gyttetidspunkt og vasstemperatur. Det trengs derimot meir kunnskap om når gytinga til sjøaure og laks skjer i Daleelva. Dette er viktig for at ein skal kunne vere sikrare på dei aktuelle tidspunkta og korleis desse varierer mellom år som følgje av variasjonar i vertilhøve. Det er mogleg at kunnskap om fiskens gyttetidspunkt finst lokalt, men det har vore utanfor rama av dette prosjektet å skaffe slik informasjon. Dersom ikkje kunnskap finst, bør det lagast eit opplegg for å registrere gyteaktivitet gjennom sesongen i nokre år. Data frå desse registreringane bør kombinerast med data for omgjevnadane (som vassføring og temperatur) for å finne ut om gytinga varierer med desse faktorane. I tillegg må ein få på plass regulære temperaturmålingar i vassdraget.

Det er g foreslått slepp av ”lokkeflommar” i løpet av sommaren for å lette fiskevandringa opp i vassdraget. Det finst detaljerte data på når og kvar fangstane av fisk

skjer i Daleelva. Effekt av lokkeflommar kan kanskje vurderast ut frå om dei fører til auka fangst oppover i vassdraget i dagane etter sleppet, og om tidspunkt for fangst av fisk i dei ulike delane av elva endrar seg. Dersom ein ønskjer meir detaljert kunnskap om lokkeflom har noko effekt på fiskevandringa, må det gjennomføres telemetri-studiar av fiskevandringa i vassdraget.

Dersom ønska effekt ikkje vert oppnådd, bør denne blokka i det miljøbaserte regimet omstruktureraast eller fjernast.

# Konklusjon

## Prøhevassdrag

Dette prosjektet har tatt utgangspunkt i tilgjengelege data for Kjela og Daleelva og freista å spesifisere eit tilsigsstyrt regime for vassdraga.

For Kjela er det hovudsakleg strekninga Løyningsvatn – Vesle Kjelavatn som har nokre problematiske tilhøve. Tapping herifrå er vanskeleg teknisk, og det vert g svært kostbart å nå dei måla vi har sett opp. Det er g usikkert om vi vil oppnå dei effektane vi håper på fordi elva er bratt. Vi har difor konkludert med at det ikkje er mogleg å få til eit tilsigsstyrt vassføringsregime for Kjela på denne strekninga. Denne elvestrekninga var pga. dei fysiske lokale tilhøva såleis dårlig eigna for å undersøke potensialet ved eit tilsigsstyrt miljøvassføringsregime.

For Daleleva meinar vi at eit tilsigsstyrt miljøvassføringsregime kan ha mykje for seg. Vi foreslår eit regime basert på høgt, median og lågt tilsig i uregulert tilsig. Forslag om tilsigsstyring basert på prognosering av vassføring har vi sett vekk i frå på grunn av vanskar i å ha kontroll med om reglane vert følgt opp frå styresmaktene og interessegrupper. Vi ser for oss at det kan etablerast eit system der vi styrer tilsiget som ein funksjon av ein målestasjon i den uregulerte delen av feltet. Det må då dokumenterast vassføring på den uregulerte stasjonen og vassføringa på målepunktet for minstevassføring. Det kan vere eit alternativ å sjekke effektane av å bruke midla vassføring over ein periode på denne stasjonen for å minke fluktuasjonar i vassføringa, men dette krev meir vurdering t.d. ved hjelp av produksjonssimuleringar enn det vi har vore i stand til her. Ettersom denne strekninga ligg nedstraums utløpet av kraftverket, vil produksjonen i lange periodar overskride det spesifiserte regimet. I denne samanheng vil dei maksimale vassføringane som er planlagt ved ”swim-up” og i gyteperioden vere spesielt viktige.

Etterkontroll vil vere viktig ikkje berre for å finne ut om dei regima som vi foreslår fungerer, men g for å kunne justere eller eliminere blokker som ikkje har den funksjonen som er foreslått. Vi ser g for oss at eit slikt prosjekt vil kunne tilføre ny kunnskap som gjer at vi sikrare kan definere innhald i blokkene. Som eit ledd i ein etterkontroll bør vi g vurdere grensene for skifte mellom dei ulike vassføringsregima

og nøyaktig korleis dette skiftet skal gå føre seg. Om systemet skal legge opp til bruk av gjennomsnitt eller momentanverdi for å skifte vassføringsregime, krevst det meir data for det aktuelle vassdraget for at ein skal kunne evaluere dette fullstendig.

## Generelle synspunkt

Sjølv om vi i dette prosjektet har funne at eit tilsigsstyrt vassføringsregime ikkje er enkelt å gjennomføre i dei vassdraga som vi har sett på i prosjektet, vil vi understreke at metodikken bør vurderast vidare. Veldig mange vurderingar av minstevassføring tyder på at ei variabel minstevassføring kan møte fleire krav enn det tradisjonelle konstante vassføringsregimet. I ei vidaraføring av dette arbeidet vil det vere viktig å sjå på ei strekning med forbitapping av vatn der ein har kritiske problemstillingar, og der det er potensial for å oppnå betre tilstand med endring av tapperegime. I utgangspunktet ser vi g potensialet for at ei omfordeling av vatn i høve til eit statisk regime kan gi positive verknader for regulanten gjennom mindre tapping i tørre periodar, og ei større kopling av uregulert tilsig inn i minstevassføringsregimet og dermed ein reduksjon av naudsynt tapping gjennom eller forbi kraftverket.

Prosjektet har g vist at eit variabelt regime utfordrar dei metodane vi i dag har for tilsyn og kontroll. Ei implementering av eit slikt regime kan krevje tilpassing av reglane for tilsyn og kontroll for å få gjennomført det, og det vil vere naudsynt med nye informasjonsmetodar for å formidle kva som er miljøvassføringa i dag, kvifor den er så stor som den er og kva vi meiner at denne skal oppnå for vassdraget. Spesielt der ein foreslår reduksjonar i høve til det eksisterande regimet vil informasjon vere viktig. Vi ser for oss at bruk av informasjonstavler og/eller internettbaserte informasjons-system kan vere eit utgangspunkt for dette.

”Building Block Method” (BBM) har vist seg å vere ein grei måte å jobbe på for å sette saman elementa i vassføringsregimet. Det er ein intuitiv måte å jobbe på der ein både kan sjå på enkeltdelar og samanhengar i regimet. Metoden kan absolutt vere eit grunnlag for tilsvarande problemstillingar i framtida.

Kunnskapen om effekt av vassføring og temperatur på spesielt laksefisk har auka over dei seinaste åra, og dette bør utnyttast i design av meir fleksible og tilpassa miljø-vassføringer. Andre artar og brukarar i vassdraget bør g evaluerast i større grad med tanke på tilpassing til meir fleksible løysingar. Pågåande prosjekt i Surna (t.d. Halleraker mfl. 2007) vil leie fram til eit forslag for miljøbasert vassføring som vil ligge nær opptil det som er gjort i dette prosjektet, og forskingsprosjektet ENVIDORR, leia av NINA og med mange samarbeidspartnarar, vil g kome opp med kunnskap som er viktig ved design av miljøbaserte vassføringsregime. Vår konklusjon er at dette prosjektet har vist at det er mogleg å utvikle tilsigsstyrt vassføringsregime, og at desse kan vere med på å betre oppfylle det mangfoldet av vassføringskrav som eksisterer i eit vassdrag. Vår konklusjon er difor at dette er ein framtidssretta måte å tenke på ved tilpassing av miljøvassføring i vassdrag og at metodikken bør prøvast ut og forbetrast framover.

# Takk

Prosjektgruppa ønsker å takke Ann-Live Leine Øye og Hallgeir Aarbakk som gjennom mastergradsarbeid ved Institutt for vann- og miljøteknikk og Institutt for biologi gjorde verdifulle analyser og datainnsamling for prosjektet. Takk til Lena S. Tøfte ved SINTEF Energiforskning som gjorde dei hydrologiske simuleringane for Kjelåi.

# Litteratur

- Acreman, M. (2007). Guidance on environmental flow releases from impoundments to implement the water framework directive. Draft report project WFD82. SNIFFER.
- Anonym (1988). Kjela-vassdraget. Rapport fra styringsgruppa for samordning av undersøkelser i Kjela-vassdraget.
- Anonym (2005). Tillegg til stortingsproposisjon nr. 1 2005-2006 Energi og vassdragsforvaltning. Meddelte vassdragskonsesjoner 2004. Sak 5: Kjela kraftverk. Olje- og energidepartementet.
- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Rønning, L., Koksvik, J. & Urke, H.A. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. Del 1. Vassdragsregulering, hydrografi, bunndyr, ungfisktettheter og smolt. Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie 2000-3. 91 s.
- Arnekleiv, J.V., Rønning, L., Koksvik, J., Kjærstad, G., Alfredsen, K., og Berg, O.K. og Finstad, A.G. 2007. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-2006. Faglig oppsummering: kraftverksregulering, bunndyr, drivfauna, ungfisk og smolt. Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie 2007, 1: 1-141.
- Finstad, B. & Jonsson, N. 2001. Factors influencing the yield of smolt release in Norway. Nordic Journal of Freshwater Research 75: 37-55.
- Gibson, R.J. and Myers, R.A. 1988. Influence of seasonal river discharge on survival of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45: 344-348.
- Gippel, C.J. (2001) Australias environmental flow initiative: filling some knowledge gaps and exposing others. Water Science and Technology, vol. 43, no. 9, pp. 73-88.
- Gravem, F.R., J.-P.Magnell og K. Sandsbråten (2006). Tilsigsstyrt minstevannføring. Rapport Miljøbasert vannføring 2-2006. NVE. ISBN 82-410-0577-6.
- Halleraker, J.H., Sundt, H., Alfredsen, K.T., Dangelmaier, G. (2007). Application of multiscale environmental flow methodologies as tools for optimized management of a Norwegian regulated national salmon watercourse. Rivers research and applications 23: 493-510.
- Halleraker & Harby (2006). Internasjonale metoder for å bestemme miljøbasert vannføring – hvilke egner seg best for norske forhold? Miljøbasert vannføring, rapport nr. 9. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Halleraker, J.H., Saltveit, S.J., Harby, A., Arnekleiv, J.V., Fjeldstad, H.-P. & Kohler, B. (2003). Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. River Research and Applications 19, 589-603.

- Heggberget, T.G. 1988. Timing of spawning in Norwegian Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45: 845-849.
- Hendry, K., Cragg-Hine, D., O'Grady, M., Sambrook, H. & Stephen, A. (2003). Management of habitat for rehabilitation and enhancement of salmonid stocks. Fisheries Research 62, 171-192.
- Hvidsten, N.A. & Hansen, L.P. 1988. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. Journal of Fish Biology 32: 153-154.
- Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 1993. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon released as smolts into shoals of wild smolts in the River Orkla, Norway. North American Journal of Fisheries Management 13: 272-276.
- Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T.G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. Nordic Journal of Freshwater Research 70: 38-48.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G & Jensen, A.J. 1998. Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt enterance. Nordic Journal of Freshwater Research 74: 79-86.
- Hvidsten, N.A. 1993. High winter discharge after regulation increases production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in the River Orkla, Norway. In: R.J. Gibson and R.E. Cutting (eds.). Production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 118, pp. 175-177.
- Leine, Ann-Live Øye (2008). Tilpasning av Building Block metoden for å fastsette minstevannføring i norske elver. Prosjektoppgave vassdragsteknikk, Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU.
- Jacobson R.B. and D.L. Galat (2008). Design of a naturalized flow regime - an example from the Lower Missouri River, USA. Ecohydrology vol. 1, no. 2. pp. 81–104.
- Jensen, A.J. & Johnsen, B.O. (1999). The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Brown Trout (*Salmo trutta*). Functional Ecology 13, 778-785.
- Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42: 593-595.
- King, J. (2000). Overview of the building block methodology. : King, Tharme og deVilliers (red.) Environmental flow assessment for rivers: Manual for the Building Block Methodology. Freshwater research unit, University of Cape Town, World Commission on Dams Report no. 131/00.

- Lund R.A., B.O. Johnsen og T. Bongard (2006). Tilstanden for laks- og sjøørrett-bestanden i et regulert og forsurningspåvirket vassdrag på Vestlandet med fokus på tiltak. Undersøkelser i Daleelva i Høyanger i årene 2003-2005. NINA rapport 189.
- Næsje, T.F. og E. Garnås (1987). Fiskeribiologiske undersøkelser i Kjelavassdraget, Vinje i Telemark 1984-85. DN-oppdragsavdelingen rapport nr. 7-87.
- Richter B.D., J.V. Baumgartner, J. Powell, and D.P. Braun (1996). A method for assessing Hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology* 10: 1163-1174.
- Rimmer,D.M., Saunders,R.L. and Paim, U. 1985. Effects of temperature and season on the position holding performance of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Zoology* 63: 92-96.
- Saltveit, S.J. 1998. Smoltutvandring hos laks i Suldalslågen. Lakseforsterkings-prosjektet i Suldalslågen, Fase II nr. 44. s. 1-26.
- Saltveit, S.J., Halleraker, J.H., Arnekleiv, J.V. & Harby, A. 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated Rivers: Research and management* 17: 609-622.
- Statkraft. 2005. Konsesjonssøknad for bygging av Eiriksdal/Lånefjord kraftverk i Høyanger/Balestrand kommuner i Sogn og Fjordane.
- Skurdal, J., L.P. Hansen, , Ø. Skaala, H. Sægrov og H. Lura (2001). Elvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane. Utredning for DN 2001-2.
- Thorstad, E.B. & Heggberget, T.G. 1998. Migration of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*); the effects of artificial freshets. *Hydrobiologia* 371/372: 339-346.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Johnsen, B.O. & Næsje, T.F. (2003). Return migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar*, in relation to water diverted through a power station. *Fisheries Management and Ecology* 10, 13-22.
- Thorstad, E.B., Fiske, P., Aarestrup, K., Hvidsten, N.A., Hårsaker, K., Heggberget, T. G. & Økland, F. (2005). Upstream migration of Atlantic salmon in three regulated rivers. 111-121.
- Traae, E., E.K. Øydvin, T.A. Drageset. 2001. Flomsonekart, Delprosjekt Høyanger. Rapport 4-2001. NVE.
- Økland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R.S. & Thorstad, E.B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology* 59: 862-874.
- Aarbakk, H. (2008). Sammenlikning av metoder for å sette miljøbasert vannføring. Masteroppgave i naturressursforvaltning, NTNU.



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

## **Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring, fase II**

Nr. 1-09 Brian Glover, John Brittain og Svein Jakob Saltveit: Evaluering av ordningen med prøvereglement (49 s.)

Nr. 2-09 Knut Alfredsen, Tommi Linnansaari, Atle Harby og Ola Ugedal: Pilotstudie tilsgsstyrte minstevassføring (41 s.)