

 SINTEF SINTEF Energiforskning AS Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50 www.energy.sintef.no Foretaksregisteret: NO 939 350 675 MVA		ARBEIDSNOTAT	
		GJELDER Bedre vannføringer i Surna – fase II. Effekter av nytt inntak i Follsjo, Bjønnålia kraftverk og omløpsventil i Trollheim kraftverk	
		GÅR TIL Statkraft ved Marit Flood og Tormod Schei	
AN NR. AN nr	GRADERING Åpen	GJENNOMGÅTT AV	
ELEKTRONISK ARKIVKODE 070920151149		FORFATTER(E) Atle Harby, Knut Alfredsen, Jo Halvard Halleraker, Håkon Sundt, Ola Ugedal	DATO 2007-12-20
PROSJEKTNR. 12X508			ANTALL SIDER 222
AVDELING		BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS

Innledning

Dette notatet beskriver arbeidet så langt i noen av delene som inngår i prosjektet ”Bedre vannføringer i Surna – fase II”. Notatet er ikke ment som endelig rapportering fra prosjektet, men som et statusnotat til bruk for Statkraft, SINTEF Energiforskning, NINA og NTNU, som bygger videre på resultater fra prosjektets fase I (Halleraker et al, 2006).

Effekter av nytt inntak i Follsjoen på vanntemperatur og smoltproduksjon

Vassdragsreguleringer med magasinering av vann fører generelt til at vassdraget nedstrøms kraftverket får senket temperatur om sommeren og økt temperatur om vinteren. Vanligvis kommer mesteparten av vannet som passerer kraftstasjonen fra dypere lag i magasinet, noe som vil gi denne effekten. Dette er også tilfelle i Surna. Et mulig tiltak for å øke vanntemperaturen i sommerhalvåret er å bygge et nytt inntak i Follsjoen som ligger høyere i vannmassene enn dagens to bunninntak på kote 375 og 395.

Inntaksordning og vannstand

Dagens inntak i Follsjoen består av to inntak som ligger på kote 375 og 395. De kan ikke stenges enkeltvis.

Tabell 1 viser i hvor mange år (som prosent av totalt antall år) vannstanden i Follsjoen har nådd henholdsvis 395, 400, 405, 410, 415 og 420 m oh til gitte dato i juni. Tabellen viser at vannstanden nesten alltid har nådd kote 395 før 1. juni og at den i perioden fram til 15. juni også når kote 400 i 97 prosent av årene.

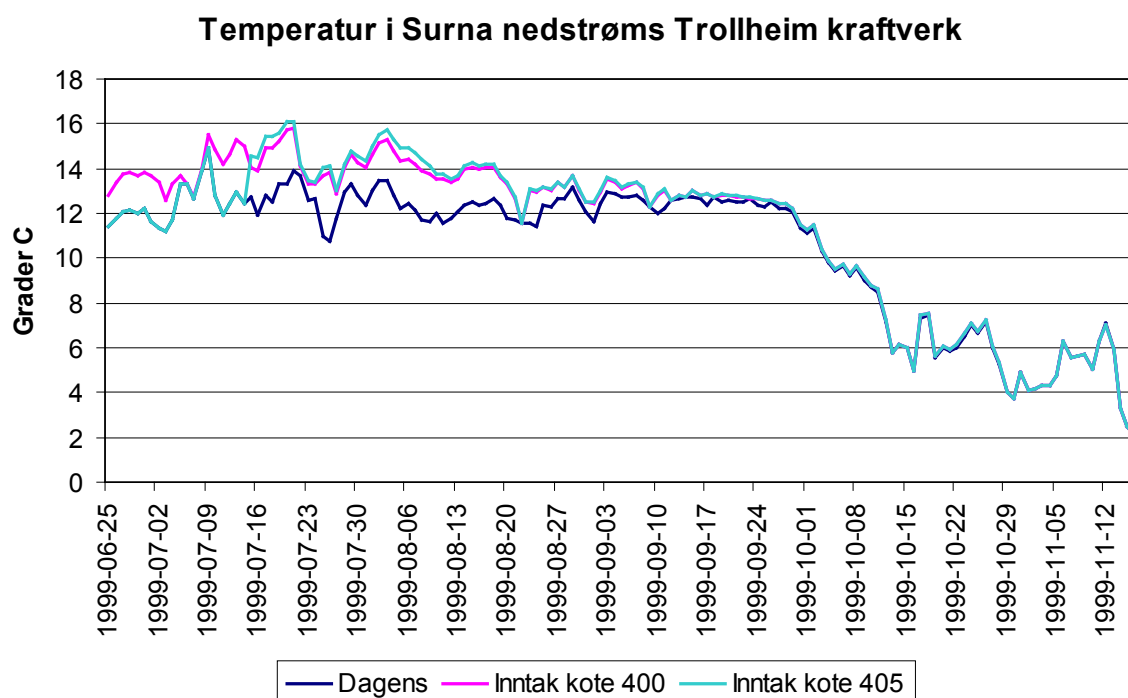
Tabell 1. Antall år i prosent vannstanden i Follsjø når ulike nivå innen ulike tidsrom.

Vannstand [moh]	før 1. juni	1.-7. juni	8.-14. juni	15.-21. juni	22.-29. juni
395	95 %	97 %	97 %	97 %	97 %
400	78 %	92 %	95 %	97 %	97 %
405	46 %	68 %	84 %	89 %	92 %
410	11 %	24 %	46 %	59 %	78 %
415	0 %	3 %	14 %	24 %	35 %
420	0 %	3 %	3 %	5 %	11 %

På bakgrunn av tabell 1 anbefaler vi å legge et nytt inntak til kote 400. Det bør bygges en ordning for å kunne stenge dagens inntak straks vannstanden i Follsjø når inntaket på kote 400. Selv om det er mulig å suge inn enda varmere vann ved å legge et nytt inntak noe høyere, mener vi det er viktigere å sørge for at inntaket kan tas i bruk så tidlig på sommeren som mulig. Den første delen av vekstsesongen regnes som den viktigste for å sikre en god fiskevekst, det er derfor viktig å finne et tiltak som kan settes inn tidlig i sesongen.

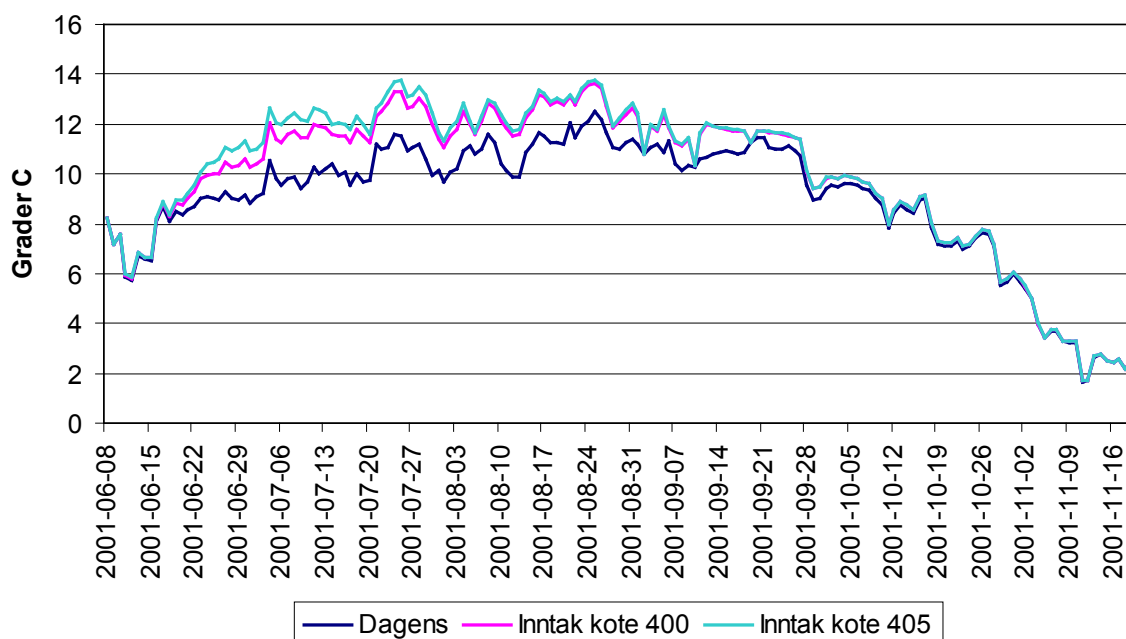
Vanntemperatur i Surna

Vi har beregnet vanntemperatur i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk for årene 1999, 2001, 2006 med utgangspunkt i et nytt inntak på enten kote 400 eller 405. Det antas at dagens to inntak kan stenges så snart vannstanden når det nye inntaket. Vann som suges inn til kraftverket vil ikke bare komme fra kote 400 (405). Det vil også suges med vann fra omkringliggende vannmasser. Vi har derfor brukt en fordeling av hvor vannet kommer fra ut fra Kvambekk (2000).



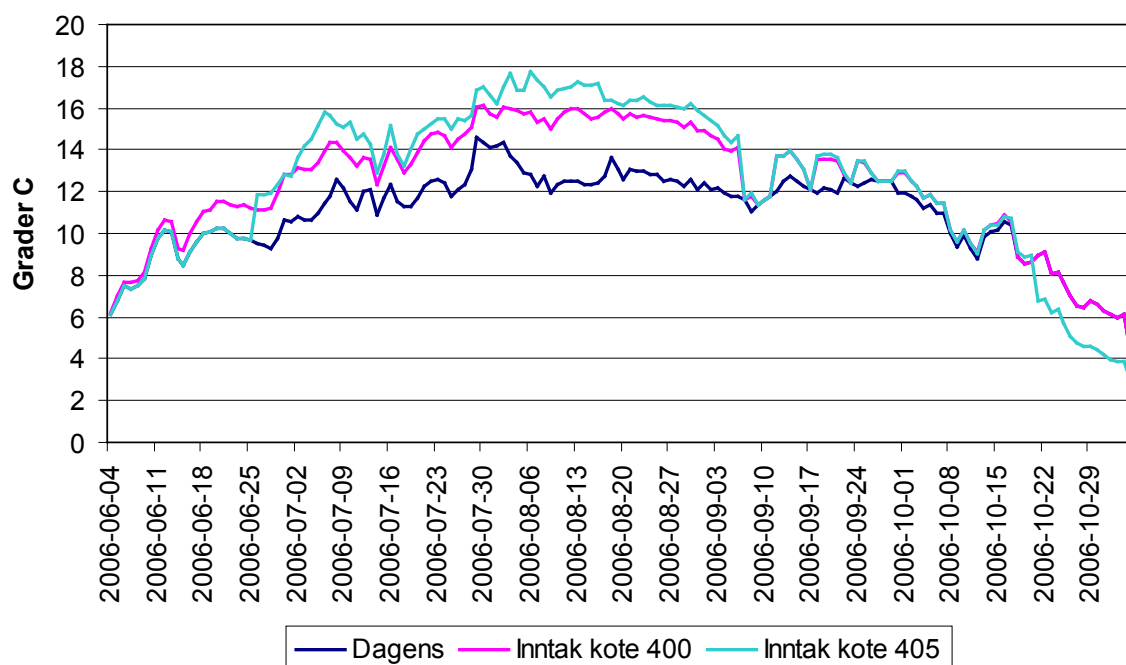
Figur 1.

Temperatur i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk



Figur 2.

Temperatur i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk



Figur 3.

Figurene 1-3 viser hvordan at temperaturen vil kunne økes tidligere med inntak på kote 400 enn kote 405 i 1999 og 2006.

Simulering med bruk av vekstmodell utviklet for Orkla i VAKLE

Vi gjennomførte en første simulering med vekstmodell utviklet for Orkla i VAKLE. Denne gir en vekst som vurdert ut fra data innsamlet i 2006 er for rask i Surna nedstrøms Trollheim Kraftverk. Simuleringen antyder at smoltalderen med nytt inntak blir redusert med fra 0,1 - 0,3 år. Den lavere smoltalderen tilsier en økning i smoltproduksjonen nedstrøms Trollheim Kraftverk på 8-25 % (8 % med 1999-temp, 25 % med 2001-temp og 14 % med 2006 temp).

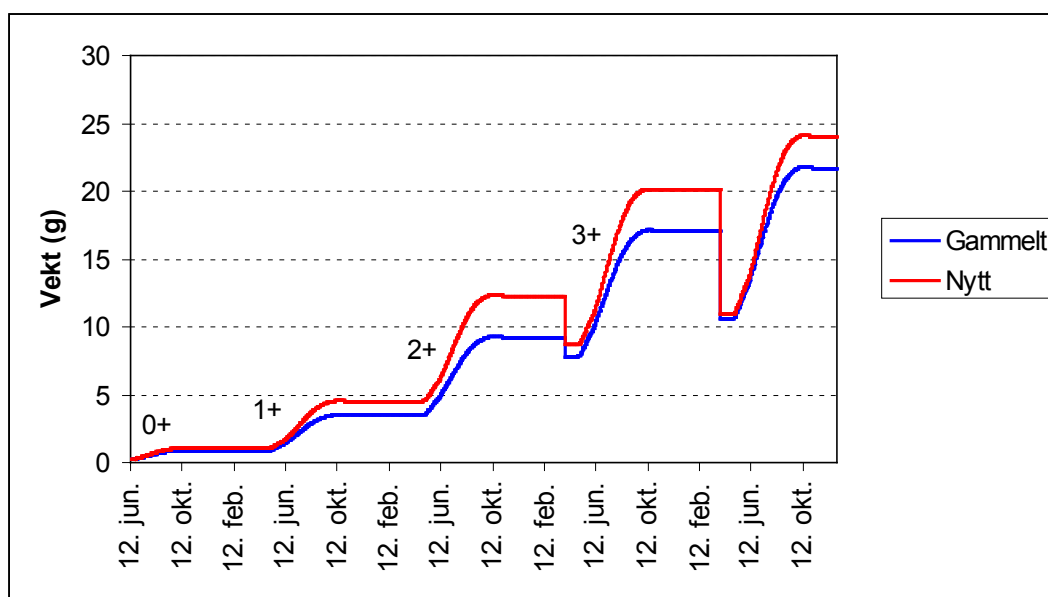
Virking på vekst og smoltproduksjon i Surna

Vi har tatt utgangspunkt i de tre sommersesongene med simulert vanntemperatur, dvs. 1999, 2001 og 2006. For hver av disse scenariene har vi simulert skjebnen til en årsklasse fra gyting 20. oktober og frem til at fisken har forlatt elva som smolt (årsklassen som klekker i 1999 lever hele livet under dette temperaturregimet etc.). Naturlig dødelighet, regler for smoltstørrelse etc. følger NORSALMOD slik den ble brukt i VAKLE-prosjektet.

Data fra 2006-sesongen tyder på at vekstmodellen for Orkla overvurderer veksten nedenfor Trollheim Kraftverk. Vekstdata for 2007-sesongen vil i tillegg til data fra NINAs overvåkningsundersøkelser i Surna gi mulighet til å modifisere vekstmodellen slik at den passer bedre til Surna-data.

Simulering med en foreløpig modifisert vekstmodell som gir en vekst som passer noe bedre med veksten nedenfor Trollheim Kraftverk gir i store trekk de samme resultatene som simuleringer med vekstmodellen for Orkla. Med den modifiserte vekstmodellen blir de relative endringene i smoltproduksjon mellom gammelt og nytt inntak noe større. Smoltalderen reduseres med fra 0,16 til 0,35 år og dette gir en økning i smoltproduksjon nedenfor Trollheim Kraftverk på 12-28 % (12 % med 1999-temp, 28 % med 2001-temp og 27 % med 2006 temp). Figur 4 illustrerer dette.

Begge disse simuleringene forutsetter at smoltproduksjonen i hovedsak styres av hvor lenge fisken står på elva før den går ut som smolt (jo lengre tid på elva jo flere dør). Økt vekst som følge av økt temperatur kan også påvirke overlevelsen på andre måter. Hvis for eksempel vinterdødeligheten er størrelsesavhengig (spesielt aktuelt for første vinter) kan en økt første års vekst gi enda høyere produksjon.



Figur 4. Simulert vekst hos en årsklasse av laks fra swim-up til 4+-alder med gammelt og nytt inntak (kote 400) i Follsjo. Simuleringene er basert på beregnede forskjeller i temperatur sommeren 2006.

SINTEF har også utarbeidet temperaturscenarier for et inntak på kote 405 for de samme tre årene. Simulering med en foreløpig modifisert vekstmodell for Surna viser at det er relativt små forskjeller mellom de tre årene på vekst mellom ett inntak på kote 405 og et inntak på kote 400. Størst er forskjellene med de simulerte temperaturene for 2001. Med et nytt inntak på kote 405 reduseres smoltalderen med fra 0,15 til 0,44 år sammenliknet med det gamle inntaket, og dette gir en økning i smoltproduksjon nedenfor Trollheim Kraftverk på 11-36 % (11 % med 1999-temp, 36 % med 2001-temp og 28 % med 2006 temp).

Virkning på tidspunkt for klekking og "swim-up" for fisk

Temperaturscenariene avviker mellom gammelt og nytt inntak i perioden midt juni- midt oktober. De har derfor ingen eller svært liten innflytelse på klekketidspunkt eller tidspunktet yngel kommer opp av grusen ("swim-up"-tidspunkt).

Beregninger basert på vintertemperaturer for 7 år fra Skjermo viser at swim-up med dagens temperaturregime foregår over en måned mellom 25. mai og 25. juni, med til dels store variasjoner mellom år. Temperaturen ved swim-up varierte mellom 5,7 og 12,1 °C. Vekststudiene viser at eldre laksunger har svært god vekst i denne perioden og det framstår som lite sannsynlig at matmangel under swim-up er et problem i Surna. Yngelen er liten, har et lite næringsinntak og spiser små næringsdyr som det normalt er svært mye av i elvene på forsommeren. Kritiske temperaturforhold for nyklekket yngel undersøkes på bred front gjennom et doktorgradsarbeid i prosjektet "EnviDORR", og vi vil i løpet av de nærmeste årene gi mye ny og relevant kunnskap på dette temaet.

Vinterforhold og mulige nye inntak

Generelt er vanntemperaturen i regulerte vassdrag varmere enn naturlig om vinteren. Dette skyldes som regel at det tappes vann fra et visst dyp i magasinet der temperaturen er noen få grader over null. For å skape mer naturlige forhold i regulerte vassdrag om vinteren vil det være en fordel hvis det er mulig å tappe vann med lavere temperatur fra magasinet. Dette vil i noen tilfeller kunne gi større mulighet for å danne overflateis, noe som er positivt for fisk. Et mer naturlig temperaturregime vil også sikre at en rekke andre økologiske forhold opprettholdes. Det er imidlertid vanskelig å si hvor stor betydning økt vintertemperatur og manglende isdekke har uten nærmere undersøkelser av dette.

Det finnes ikke data for vanntemperatur i Follsjøen annet enn en måling foretatt i forbindelse med et annet prosjekt. Det er derfor svært vanskelig å si noe om forholdene om vinteren og virkningene av nye inntak. Det er imidlertid utført noen simuleringer av temperaturforhold gjennom vinteren (Tjomsland 2004). Tjomsland (2004) viser at hvis man teoretisk kunne hente vann fra overflaten av Follsjø gjennom vinteren, ville temperaturen på driftsvannet gjennom Trollheim kraftverk kunne reduseres med om lag 1 °C daglig. Dette vil trolig ikke være nok til å endre isforholdene i Surna vesentlig.

Vannstanden i Follsjø er som regel relativt høy ved inngangen til vinteren. Deretter avtar den jevnt mot månedsskifte april-mai. Gjennomsnittlig vannstand i Follsjøen har siden 1968 vært henholdsvis 415.1, 413.2, 409.5, 402.3, 391.6, 393.0, 407.6 for månedene desember til juni. Det vil være svært vanskelig å bygge et eget inntak for å trekke inn overflatevann til en hver tid. Vi ser også at et inntak på kote 400 vil kunne brukes aktivt til å senke temperaturen på driftsvannet spesielt i februar og mars. Nærmere undersøkelser med egne temperaturmålinger i Follsjøen om vinteren anbefales sterkt for å kunne vurdere disse forholdene med større sikkerhet.

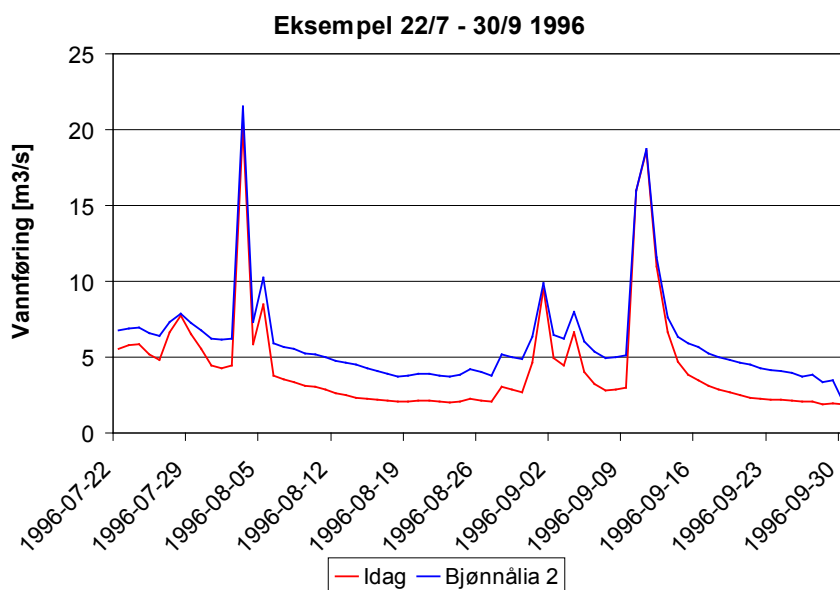
Effekter av Bjønnålia kraftverk

Alternative minstevannføringer gjennom Bjønnålia kraftverk er simulert av Statkraft og vi har studert virkningen på vanndekket areal og fiskehabitat på strekningen i Surna mellom Trollheim kraftverk og samløp Rinna. Fire delområder (stasjoner) på denne strekningen ble plukket ut til detaljerte studier av habitatforhold. På disse stasjonene er det gjennomført modellering av mikrohabitat med den statistiske habitatmodellen Stathab (Lamouroux et al 1996)

Vannføringer

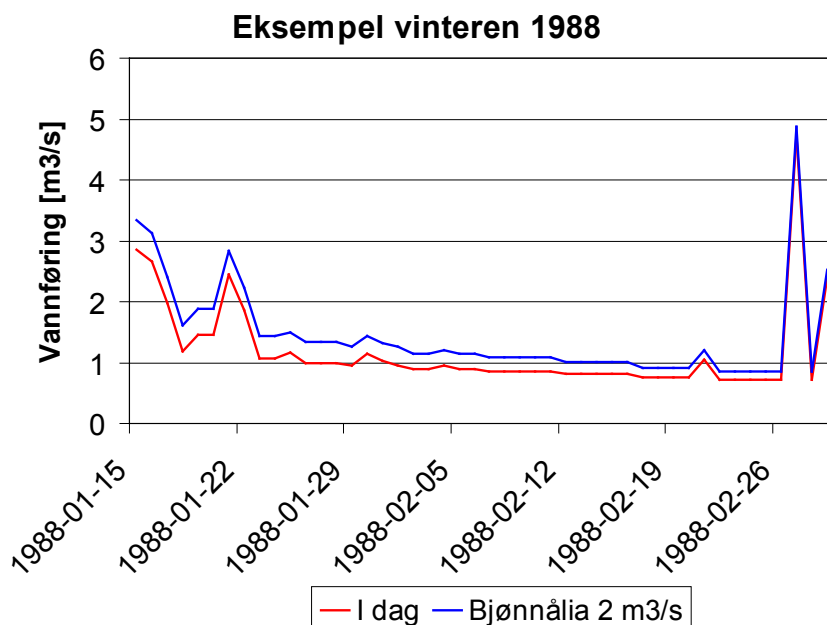
I de første simuleringene er det tatt utgangspunkt i krav om vannføring i Rinna målt ved Løsetli som ligger nedstrøms inntaket i Rinna. Det er antatt at hvis det måles mer enn $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ om vinteren på Løsetli er det ikke behov for å bruke Bjønnålia kraftverk. Om sommeren settes grensen til $3.75 \text{ m}^3/\text{s}$. Alternativer med ulik kapasitet på Bjønnålia kraftverk er så simulert.

I sommerhalvåret vil tilførsel av ekstra vann til Rinna gjennom Bjønnålia kraftverk når det er relativt tørt kunne bidra til å øke vannføringen i Surna fra et veldig lavt nivå til et mer naturlig nivå. Det vil ikke bli helt naturlig ettersom Bulu og Folla fortsatt vil være regulert, men vannføringen kan økes som for eksempel figur 5 fra 1996 viser. Dette kan ha stor innvirkning på vanndekket areal og habitatforholdene på fisk, men fortsatt moderat virkning på utøvelse av fiske.



Figur 5.

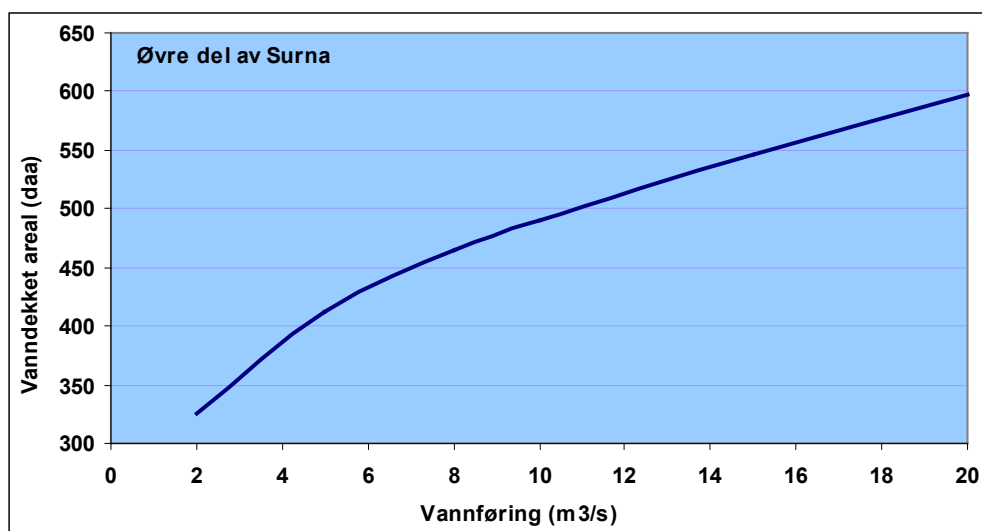
I mange tilfeller i vinterhalvåret vil det ikke være nok vann i Rinna til å kunne bidra med mer enn noen hundre liter pr sekund ekstra vann fra Rinna gjennom Bjønnålia kraftverk siden det naturlig ikke renner mer vann. I slike situasjoner vil tilførsel av vann til Rinna gjennom Bjønnålia kraftverk gi naturlig vannføring i Rinna og i Surna ned til samløp med Bulu. Eksempelen fra vinteren 1988 illustrerer dette i figur 6.



Figur 6.

Vanndekket areal

Figur 7 viser hvordan vanndekket areal varierer med vannføring i Surna mellom Trollheim kraftverk og samløp Rinna.

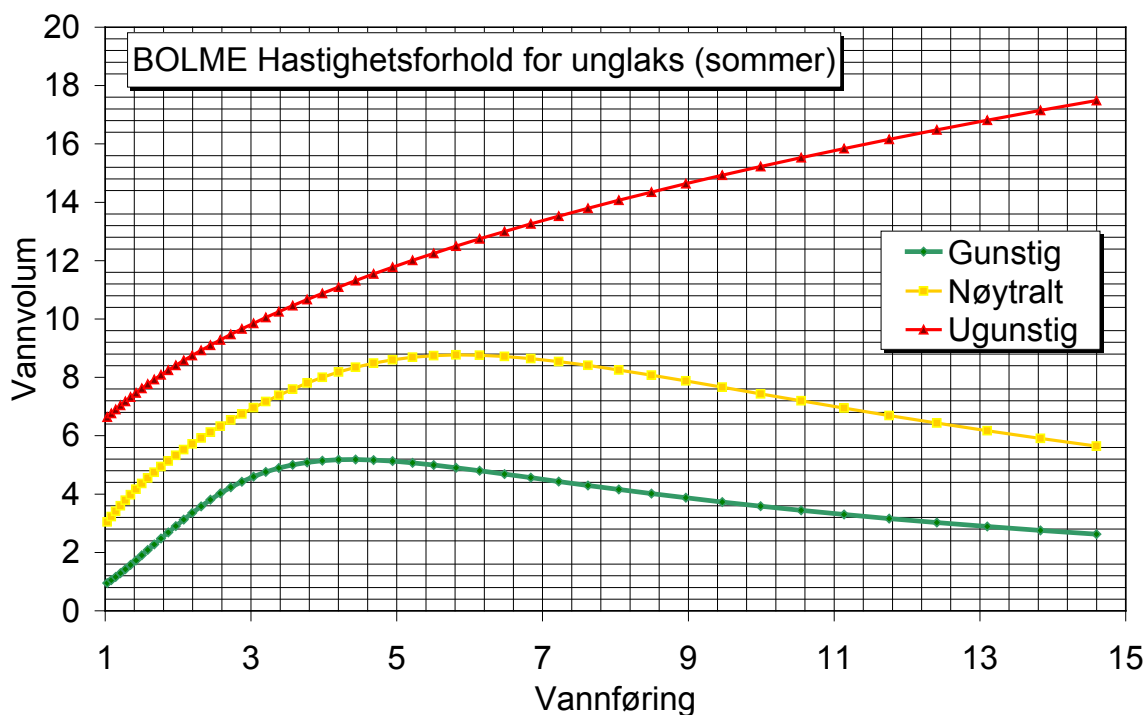


Figur 7.

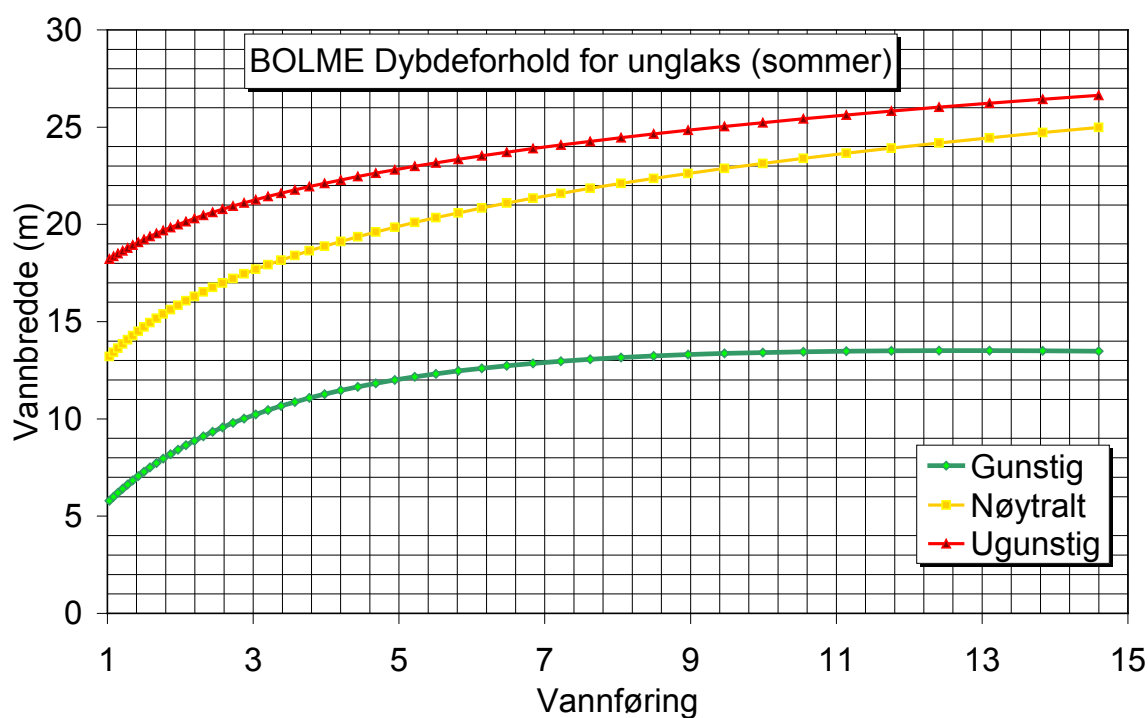
Med Bjønnålia kraftverk vil det bli litt over en episode i året der mer vann slippes i Surna i sommerhalvåret. Disse episodene løfter som regel vannføringa fra 2-4 m³/s til 4-6 m³/s for noen uker. Dette øker vanndekket areal med 15-20 prosent. Mangel på vanndekket areal, særlig om vinteren er ofte en begrensende faktor for fiskeproduksjonen i norske vassdrag. På lave vannføringer kan Bjønnålia kraftverk bidra med litt mer vann om vinteren – i størrelsesorden 0.2 - 0.5 m³/s. Dette kan skje ca 1-2 gang i året over flere uker, noen år i flere måneder. Virkningen av økt vanndekket areal er stor på så små vannføringer. Vi har ikke ekstrapolert fysisk modell under 2 m³/s, men dette gjelder generelt for alle vassdrag (f eks Orkla). Vi har ikke studert hvor ofte det naturlig er for lite tilsig i Rinna til å gjøre det mulig å slippe vann gjennom Bjønnålia kraftverk.

Fiskehabitat

Figurene 8-15 viser hvordan habitatforholdene varierer som funksjon av vannføring. Det er separate kurver for habitatforhold med hensyn på vanddyb og vannhastighet. Til grunn for disse kurvene ligger simuleringer av fysiske forhold fra Stathab (Lamoureux 2007) koblet med generelle preferanser fra tidligere studier i norske vassdrag i sommerhalvåret. Preferansene som er brukt er vist i tabell 2.



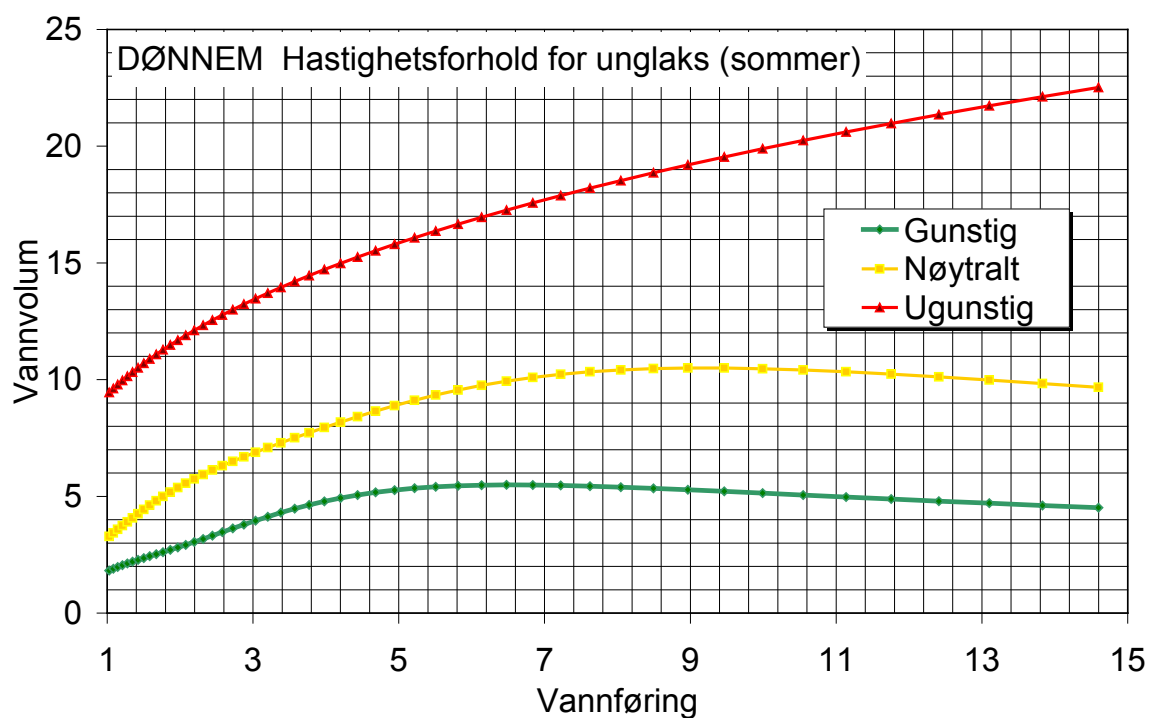
Figur 8.



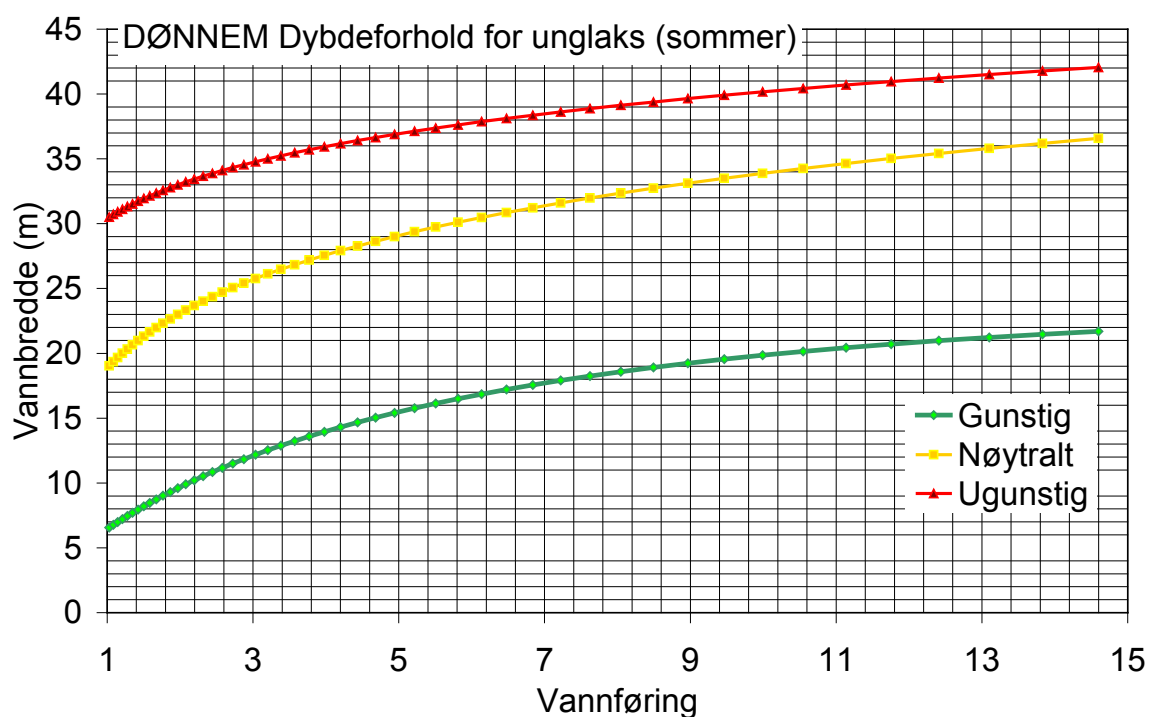
Figur 9.

Tabell 2.

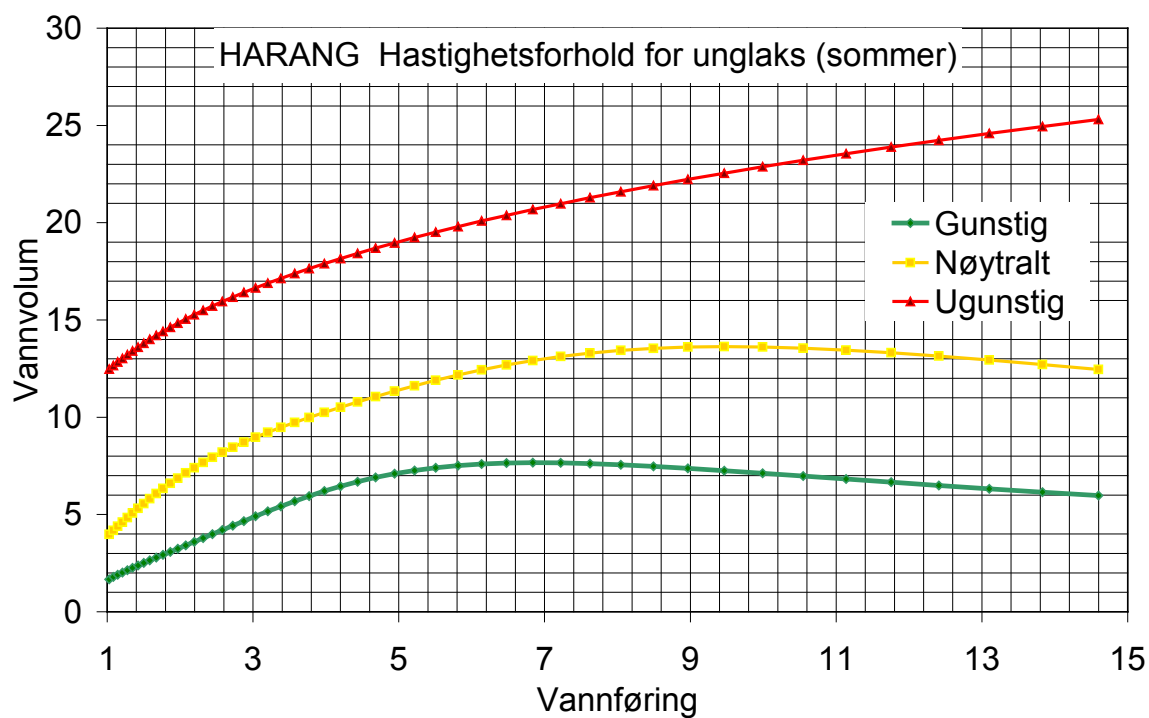
	Gunstig	Nøytralt	Ugunstig
Hastighetsforhold	0.2 – 0.5 m/s	0.1 – 0.2 m/s og 0.5 -0.7 m/s	< 0.1 m/s og > 0.7 m/s
Dybdeforhold	0.4 – 0.8 m	0.2 – 0.4 m og > 0.8 m	0 – 0.2 m



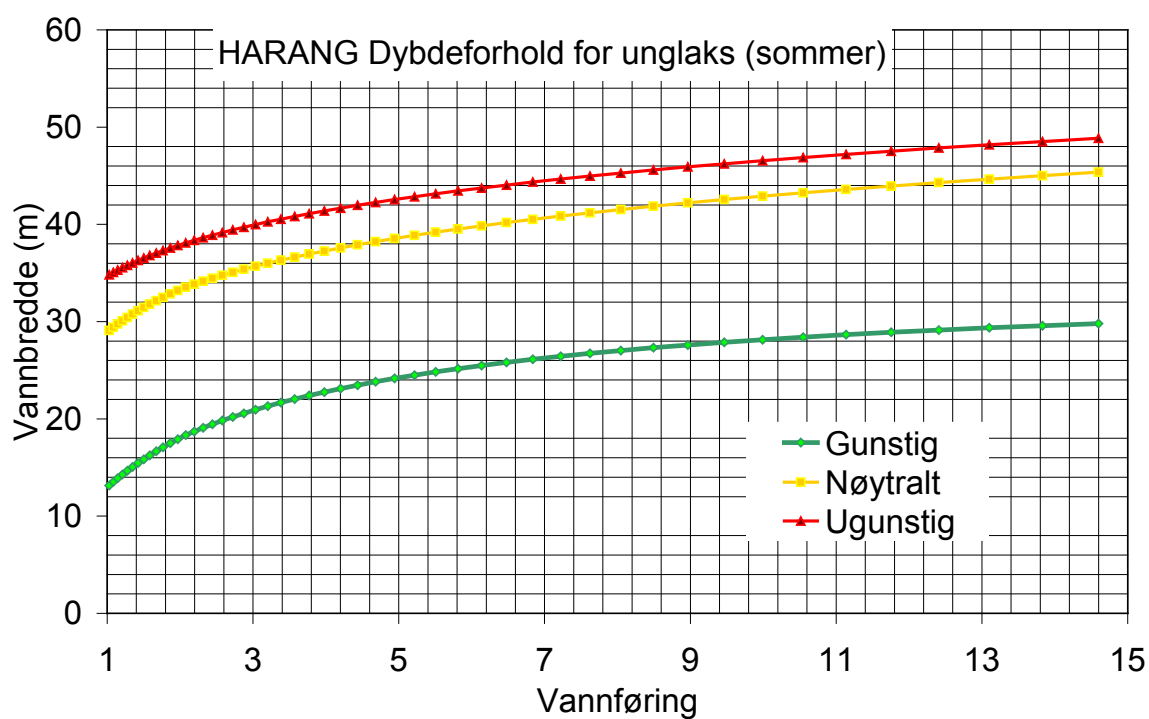
Figur 10.



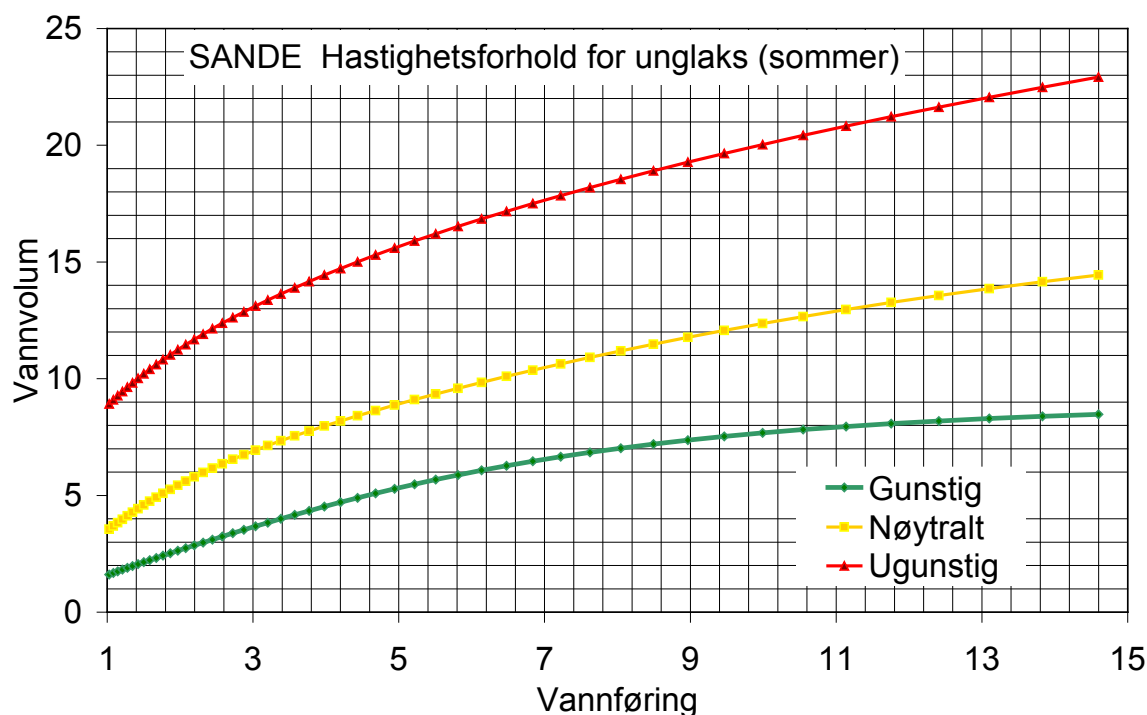
Figur 11.



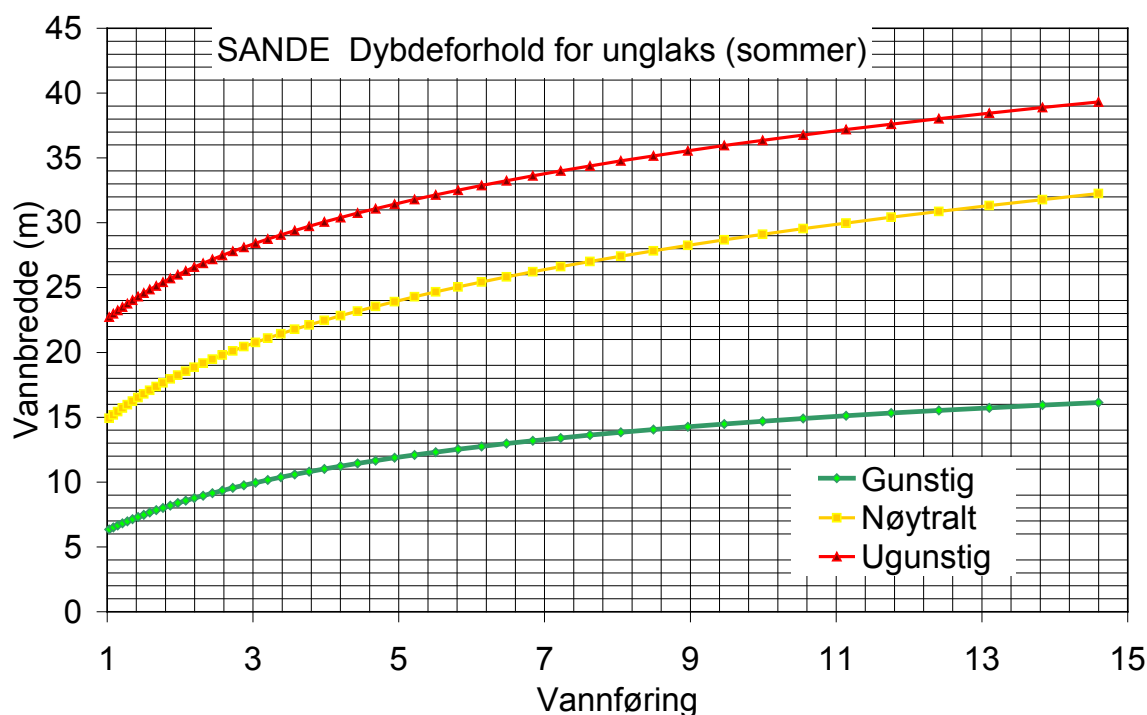
Figur 12.



Figur 13.



Figur 14.



Figur 15.

Alle kurvene (figur 8-15) for habitat viser den samme utviklingstendensen med hensyn til dybdeforhold. Alle stasjonene har en relativt bratt økning i vanndeckt areal. Områder med gunstig habitat øker mer eller mindre jevnt med økende vannføring. Kurvene for habitat med hensyn på hastighetsforhold viser et forløp med et optimalpunkt mellom 4 og 7 m³/s for Bolme, Dønnem og Harrang, mens kurven for habitat med hensyn på hastighetsforhold for Sande øker mer eller mindre jevnt med økende vannføring. Hvordan kombinasjonen av de ulike fysiske forholdene virker inn på fiskens habitatvalg er komplekst, men trolig vil den dårligste komponenten virke

begrensende. I Surna tror vi derfor en sammensatt habitatkurve i grove trekk vil følge kurvene for habitat med hensyn på hastighetsforhold.

Fiskehabitat over tid med alternativ vannføring til Rinna

Vi har simulert en tidsserie med vannføring fra 1987-01-01 til 1999-12-31 med ulike alternativer av slukeevne for Bjønnålia kraftverk. For hver dag har vi summert opp andel gunstig habitat med hensyn på både dybde- og hastighetsforhold på de fire stasjonene. Studien av habitatforhold er først og fremst rettet mot å vurdere lave vannføringer opp mot hverandre. Dager med vannføring større enn 14.6 m³/s har vi utelatt siden disse faller utenfor det sikre kalibreringsområdet. Resultatene for dette er vist i tabell 3.

Tabell 3. Døgnlige gjennomsnittlige andel gunstig habitat for hver stasjon for perioden 1987-1999.

Stasjon	Forhold	Dagens [prosent]	Bjønnålia 2 m ³ /s [prosent]	Bjønnålia 4 m ³ /s [prosent]	Bjønnålia 8 m ³ /s [prosent]
Bolme	Hastighet	33,15	33,48	33,42	32,18
	Dybde	49,55	50,63	50,64	49,97
Dønnem	Hastighet	27,63	28,09	28,08	27,34
	Dybde	40,96	42,39	42,42	41,96
Harrang	Hastighet	30,19	31,31	31,32	30,19
	Dybde	55,28	56,39	56,41	55,93
Sande	Hastighet	32,40	33,49	33,52	33,02
	Dybde	37,13	37,76	37,77	37,53
Totalt	Snitt	38,29	39,19	39,20	38,52

Resultatene viser svært liten forskjell mellom ulike alternativer. Det er en liten tendens til at Bjønnålia kraftverk gir en meget svak forbedring av habitatforholdene over tid sammenlignet med dagens regime, der den største forbedringen blir ved 2 eller 4 m³/s som slukeevne. Det er imidlertid marginale forskjeller og trolig mer fruktbart å studere hvordan man kan forhindre at habitatforholdene blir begrensende faktor for fiskeproduksjon. Vinterforhold er i denne sammenheng ikke studert.

Basert på denne tilnærmingen er det ingen signifikant endring av habitatkvalitet om sommeren av vannslipp gjennom Bjønnålia kraftverk. Vanndekket areal vil imidlertid øke, og totalt areal med god kvalitet vil også øke. Dette vil ha en positiv effekt på ungfiskbestanden. Kombinert med habitatforbedrende tiltak kan dette gi en betydelig gevinst i ungfiskproduksjon.

Virkninger på utøvelse av fiske

Bakgrunn

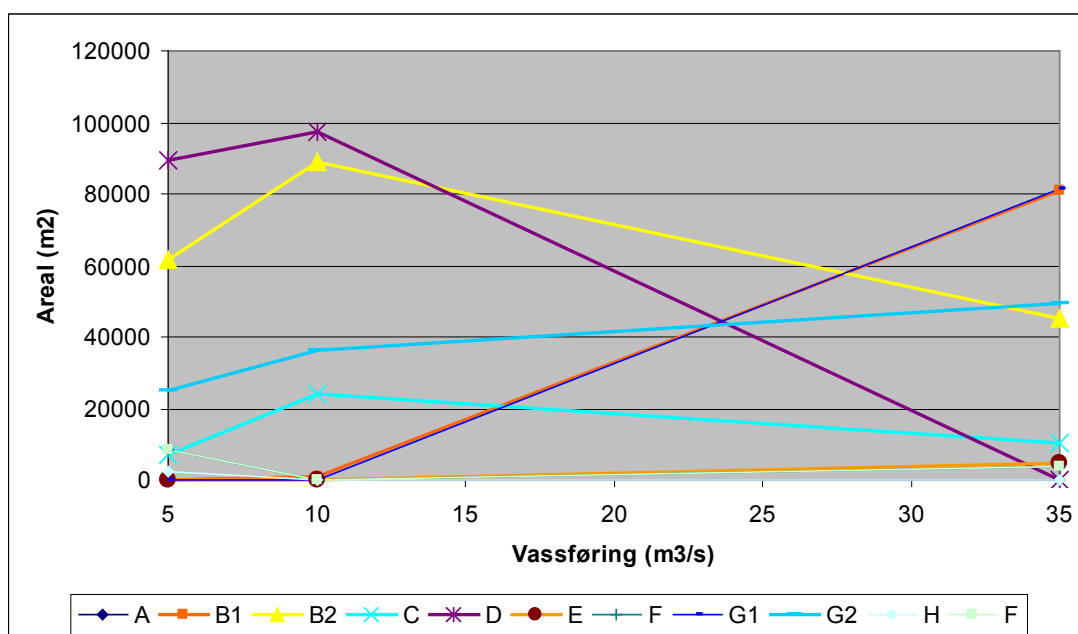
Føremålet med delprosjektet er å finne ei metode for å kunne evaluere korleis vassføring påverkar potensialet for sportsfiske i Surna på strekninga frå samløp Folla til utløpet av kraftverket ved Harrang. Det er formulert fire spørsmål:

- Korleis sikre oppgang av fisk
- Kan strekninga halde på oppvandrande fisk
- Kan fisket utøvast i praksis
- Korleis sikrar ein fiskaren oppfattar fisket som bra

Målet er å prøve å kople fysiske tilhøve på strekninga mot fiskepotensial og så vurdere korleis vassføringstilhøva påverkar fisket. Dette notatet summerer opp førebels status.

Metode

Arbeidet tar utgangspunkt i klassifiseringa av habitat på mesoskala (Borsanyi , 2005) som er gjort på strekninga for vassføringar på ca 2, 10 og 35 m³/s. Med utgangspunkt i dette er det laga samanhengar mellom vassføring og dei ulike mesohabitat klassene (figur 16). Desse er usikre på dei høgaste vassføringane, medan vi har god dekning på lav vassføring som er kritisk i dette arbeidet.



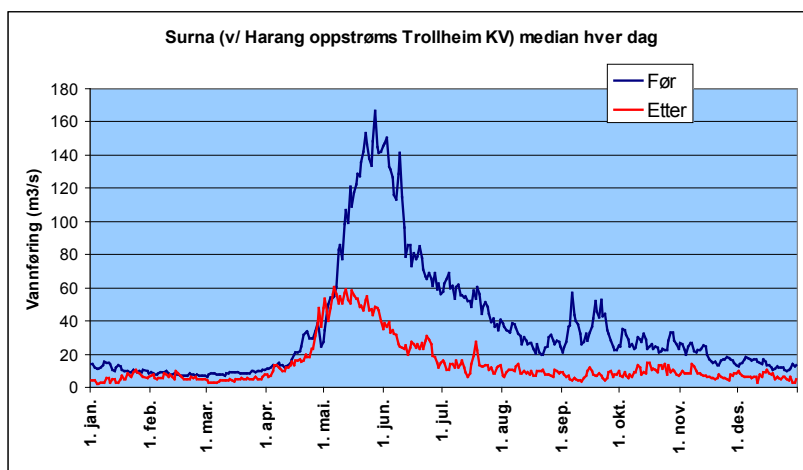
Figur 16. Mesohabitatareal som funksjon av vassføring

Med utgangspunkt i forskjellige fangstdata og fiskebeskrivelser i elver der ein har oversikt over mesohabitat er det laga preferansar for fiske. Det viser seg at gode fiskeplassar finst i område klassifisert som stilleflytande hølar (C), hølar med rask straum/ innløpsstraumar til hølar (B1), grunne glattstraumar/brekk (B2), og djupare område med hurtig straum (A). Det som står fram som det aller beste området er hølar med rask straum/innløpsstraumar (B1). Det er og sett litt på preferansar som går meir på ulike fiskarar sine opplevingar rundt fisket (Øystein Aas, prosjektnotat 2007) som går på reiskapsbruk, inngrep og tilgang til fisket. Erfaringane frå fleire undersøkingar viser at det blant fiskarar som brukar sluk/makk er mindre grad av spesialisering og større tilpassing til ulike typar elver (brukar alle dei ovan nemnde typane), medan flugefiskarar stiller større krav til elvetypane (fokus meir mot type B2 og B1). I tillegg kjem faktorar som synlege inngrep, urørt natur, tilrettelegging og tilgjenge. Dette er faktorar som ikkje er direkte avhengige av fysiske tilhøve i elva og dei er difor ikkje tatt med i denne analysen.

Dette er lagt til grunn for vurderinga av potensialet for sportsfiske på strekninga. Vassføringsdata for situasjonen før og etter reguleringa er brukt som grunnlag, og desse er rekna om til meso-habitat ved hjelp av kurvene i figur 16.

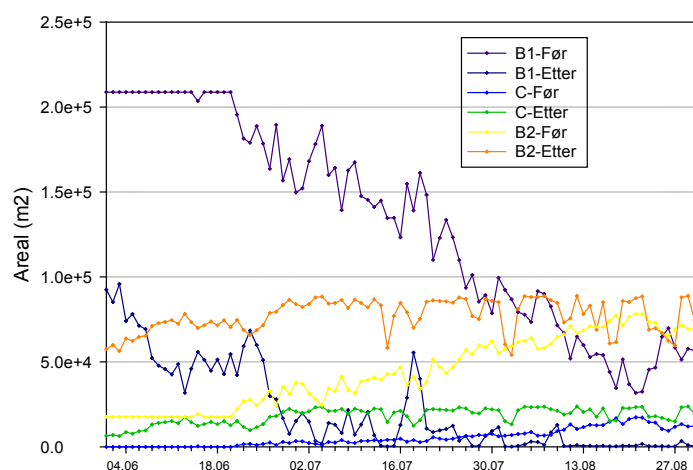
Resultat

Resultatpresentasjonen fokuserer på dei mesoklassene som er rekna som viktige for fisket, og då hovudsakleg på klasse B1 (hølar med rask straum/innløpsstraumar). Figur 17 viser dagleg median vassføring ovanfor Trollheim kraftverk før og etter reguleringa. Middelvassføring for fiskesesongen er $65 \text{ m}^3/\text{s}$ før og $28 \text{ m}^3/\text{s}$.

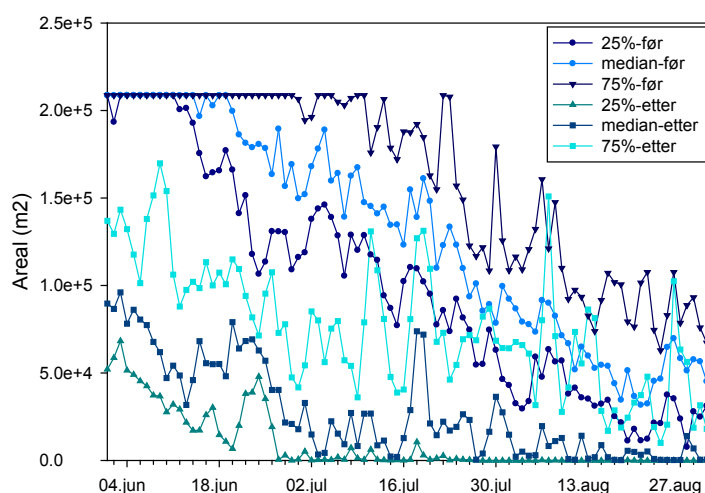


Figur 17. Vassføring i Surna ovanfor Trollheim kraftverk før og etter regulering.

Basert på vassføringsdata frå uregulert og regulert situasjon på strekninga Harrang – Folla, er areal med gunstig fiskepotensial funne. Figur 3 viser utviklinga av dei viktige habitatklassene basert på medianvassføringa som er vist i figur 18, medan figur 19 viser median, nedre kvartil og øvre kvartil for klasse B1 for tidsseriar med uregulert og regulert vassføring.



Figur 18. Mesoklasser for Harrang – Folla basert på median vassføring.



Figur 19. Variasjon i klasse B1 før og etter regulering

Det er og gjort simuleringar for å sjå på effekten frå Bjønnålia kraftverk med slukeevner på 2, 4 og 8 m³/s. Dette gir berre effekt i korte periodar av sommaren, og det er då berre varianten med 8 m³/s som aukar tilgangen på tilgjengelig habitat.

Førebels konklusjon

Basert på dei resultata som prosjektet har skaffa fram til no kan vi konkludere med følgjande:

- Potensialet til å drive sportsfiske på strekninga frå Harrang til Folla er redusert i høve til før reguleringa, og det vil vere svært vanskeleg å gjenskape dette med rimelege tappeordningar. Det verkar som det vil vera urealistiske tappeordningar som då trengs.
- Utan tiltak er det kun ved høge uregulerte tilsig eller ved overløp at strekninga når eit nivå med sportsfiskehabitat som tilsvarar det ein hadde før reguleringa.
- Sjølv ved lita vassføring har elva djupe område som kan halde på fisk. Det vil vere viktig for å utnytte dei periodane av året som er bra at fisken enkelt kan vandre til desse strekningane.
- Oppvandring av fisk er ein nøkkel til dette, og det bør vurderast korleis ein kan få fisken til å gå forbi utløpet av Trollheimen kraftverk på lave vassførningar. Utgraving av ein tydelegare djupål vil truleg trengs, men dette må studerast nærmare.
- Eit alternativ som bør vurderast om ein ønskjer å auke potensialet for sportsfiske er fysiske habitatiltak i elva på strekninga som har fråført vatn etter reguleringa.

Det står igjen å analysere data med tanke på å finne talet på fiskbare dagar i dei ulike åra for å analysere variabiliteten før og etter reguleringa. Vi har heller ikkje eit nøyaktig tal på kva som er nedre vassføringsgrense for at strekninga skal ha godt potensiale, men arbeid er på gang for å rette på dette.

Strandingsfare ved reduksjon av vannføringen fra 42 til 19 m³/s

Vi har studert strandingsfaren for fiskunger i Surna nedstrøms Trollheim Kraftverk dersom vannføringen reduseres fra 42 til 19 m³/s. Dette tilsvarer en reduksjon fra vanlig drift som i dag på 38 m³/s til enten en redusert drift eller en omløpsventil med 15 m³/s, samt 4 m³/s i lokaltilsig fra Surna oppstrøms kraftverket.

Reduksjon i vanndekket areal

I Fase I av Surna-prosjektet ble den hydrauliske modellen HEC-RAS tilpasset for Surna-vassdraget fra samløpet med Rinna til elveoset ved Skei sentrum. Modellen ble kalibrert på høyere og lavere vannføringer, henholdsvis fra 6 m³/s til 40 m³/s. Se SINTEF rapport TR A6264 (Halleraker, Sundt, 2006) og SINTEF rapport TR A6263 (Sundt, Halleraker, 2006) for kalibrerings- og verifiseringsdata. På den nedre del av Surna er modellresultatene mest nøyaktige for strekningen fra utløpet av TK og ca 7 km nedstrøms (delområde 1-4).

I Fase II er modellen benyttet til å gjennomføre beregninger av vanndekket areal på ulike vannføringer nedstrøms kraftverksutløpet for å beregne reduksjonen i vanndekket areal. Vi har beregnet spesielt en nedgang i vannføring fra 42 til 19 m³/s. Dette tilsvarer (med dagens muligheter) fra en driftsvannføring på 38 m³/s (maks produksjon gjennom Trollheim kraftverk), til en situasjon med bruk av en omløpsventil som gir 15 m³/s og 4 m³/s i resttilsig.

Potensiell stranding

I forbindelse med en strandingsrapport (Halleraker, Johnsen, 2005) ble det gjort en vurdering av reduksjonen i vanndekket areal fra 46 m³/s til 9 m³/s, som følge av et konkret utfall i Trollheim kraftverk i august 2005. De resulterende vanndekkede arealene ble koblet opp mot tetthetsestimater av ung laks og ørret basert på elektrofiske utført av NINA i de foregående årene (Halleraker, Johnsen, 2005).

Tetthetsdata for ungfisk av laks og ørret ble estimert basert på el-fiske av 9 faste stasjoner NINA har nedstrøms løpet fra Trollheim kraftverk. Disse ungfisk-undersøkelsene er blitt gjennomført årlig siden 2002 på ulike vannføringer. Se tabell 4.

Tabell 4: Tetthetsestimater per 100 m² (X) for årene 2002-2004 på lokaliteter i Surna nedstrøms Vindøla (stasjon 1-7) og mellom utløpet fra Trollheim kraftverk og Vindøla (stasjon 8 og 9) (Fra Halleraker, Johnsen m. fl., 2005).

Stasjon	n	Laks						Ørret					
		0+		1+		> 1+		0+		1+		> 1+	
		X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD
1-7	20	111	173	15	17	6	11	78	59	2	17	1	2
8-9	6	40	30	17	23	20	30	18	21	3	23	15	18
8	3	58	34	29	29	39	35	17	12	7	29	29	13
9	3	22	9	5	4	2	2	18	31	0	-	0	-

Med utgangspunkt i resultatene fra denne studien ble de samme tetthetsestimaterne koblet til en generalisert strandingsmodell for sommerforhold basert på eksperimentelle studier. Framgangsmåten er detaljert beskrevet av Halleraker, Johnsen et al (2005) med de samme begrensningene og forutsetningene som sist, og er her knyttet opp mot de nye beregnede vanndekkede arealene fra den hydrauliske modellen. Denne studien ble gjennomført på ulike delstrekninger fra utløpet av Trollheim kraftverk i øvre ende til Øye bru (flomål) i nedstrøms ende. Det gjøres oppmerksom på at delstrekning 5a (rundt Mausset, oppstrøms Honnstad) ikke er tilfredsstillende kalibrert med hensyn på vanndekket areal. Det er i dette området benyttet gjennomsnittsverdier fra de omliggende områdene.

Tabell 5: Redusering i vanndekket areal fra henholdsvis 46 til 9 m³/s og 42 til 19 m³/s

Delområde	Tørrlagt areal		Tørrlagt areal	
	46 --> 9 m ³ /s (sum 37 m ³ /s)		42 --> 19 m ³ /s (sum 23 m ³ /s)	
	Areal (1000 m ²)	% tørrlagt areal	Areal (1000 m ²)	% tørrlagt areal
1	32,41	20 %	17,13	11 %
2	25,29	30 %	12,68	15 %
3	10,50	15 %	4,98	7 %
4	14,85	7 %	7,45	4 %
5a*	24,04	17 %	17,13	12 %
5b	21,87	16 %	12,44	9 %
5c	28,83	15 %	9,85	5 %
5d	36,21	19 %	16,65	9 %
Totalt	194,00	17 %	98,31	9 %

*Utlifredstillende kalibrering av den hydrauliske modellen, jmf. teksten.

Tabell 5 viser en sammenligning av reduksjon i vanndekket areal fra henholdsvis 46 til 9 m³/s og 42 til 19 m³/s. Det siste tilfellet er aktuelt i forbindelse med en ny omløpsventil i Trollheim kraftverk. Scenario 1 (46 til 9 m³/s) gir en reduksjon på 17 % av totalt vanndekket areal på 46 m³/s. Scenario 2 (42 til 19 m³/s) gir en reduksjon på 9 %. En overgang fra scenario 1 til scenario 2 vil derfor føre til at ca halvparten så store strandingsutsatte områder tørrelleges, elva sett under ett.

Med utgangspunkt i samme tetthetstall for fisk er konsekvensene av scenario 1 overført til scenario 2. Tabell 6 viser estimert mengde strandet fisk ved scenario 2. Det er en lineær sammenheng mellom vanndekket areal og tetthetsestimater av ungfisk. Dette resulterer derfor i ca 50 prosent nedgang i antall strandet fisk, selv om endringen i vanndekke varierer noe mellom delstrekningene.

 Tabell 6: Estimert mengde strandet fisk ved en reduksjon i vannføring fra 42 til 19 m³/s

Delområde	Laks			Ørret		
	0 +	1 +	Eldre	0 +	1 +	Eldre
1	1 233	288	173	445	38	85
2	912	213	128	329	28	63
3	358	84	50	129	11	25
4	753	56	11	435	2	1
5a	1 731	128	25	1 000	4	1
5b	1 257	93	18	726	3	1
5c	995	74	14	575	2	1
5d	1 682	125	24	972	4	1
Sum	8 920	1 060	445	4 609	92	178

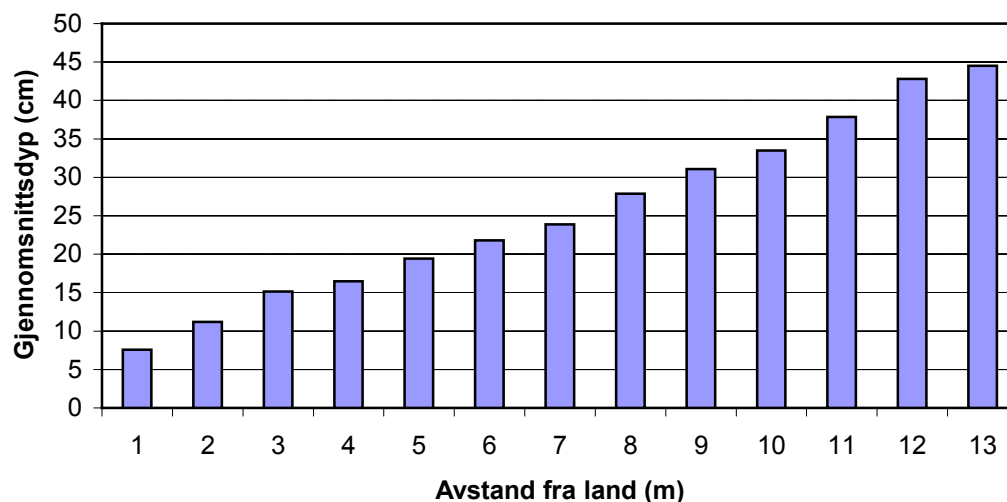
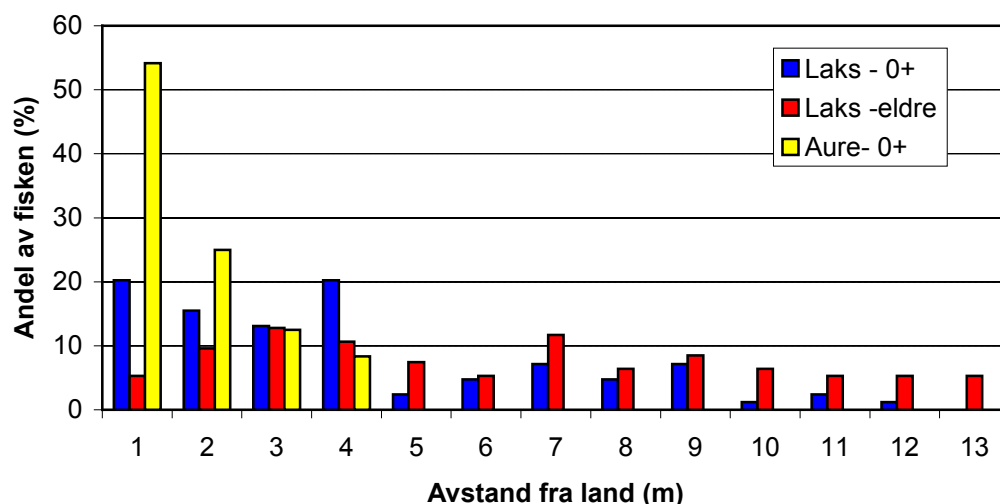
Habitatbruk på strandingsutsatte områder

I 2006 gjennomførte NINA el-fiske i transekter på to ulike lokaliteter nedstrøms Trollheim kraftverk. Resultatene ble koblet opp mot fysiske parametere som dybde, vannhastighet, ruhet og pakningsgrad (grad av skjul i substratet). Resultatene fra el-fiske på ulike sesonger viser at både årsyngel av laks (0+), laksunger i tillegg til årsyngel av aure (0+) i stor grad benytter seg av områder nære elvebredden mer enn områder lenger ute i elvestrengen. Spesielt den minste auren (0+) foretrekker området nærmest elvebredden. Hvidsten (1985) fant også at habitatbruken hos aureunger i Nidelva gjør denne gruppen mer utsatt for stranding enn lakseunger. De nyere el-fiske studiene i Surna både for vår- og høstforhold underbygger dette, fordi aureunger benytter grunnområdene mer enn lakseungene.

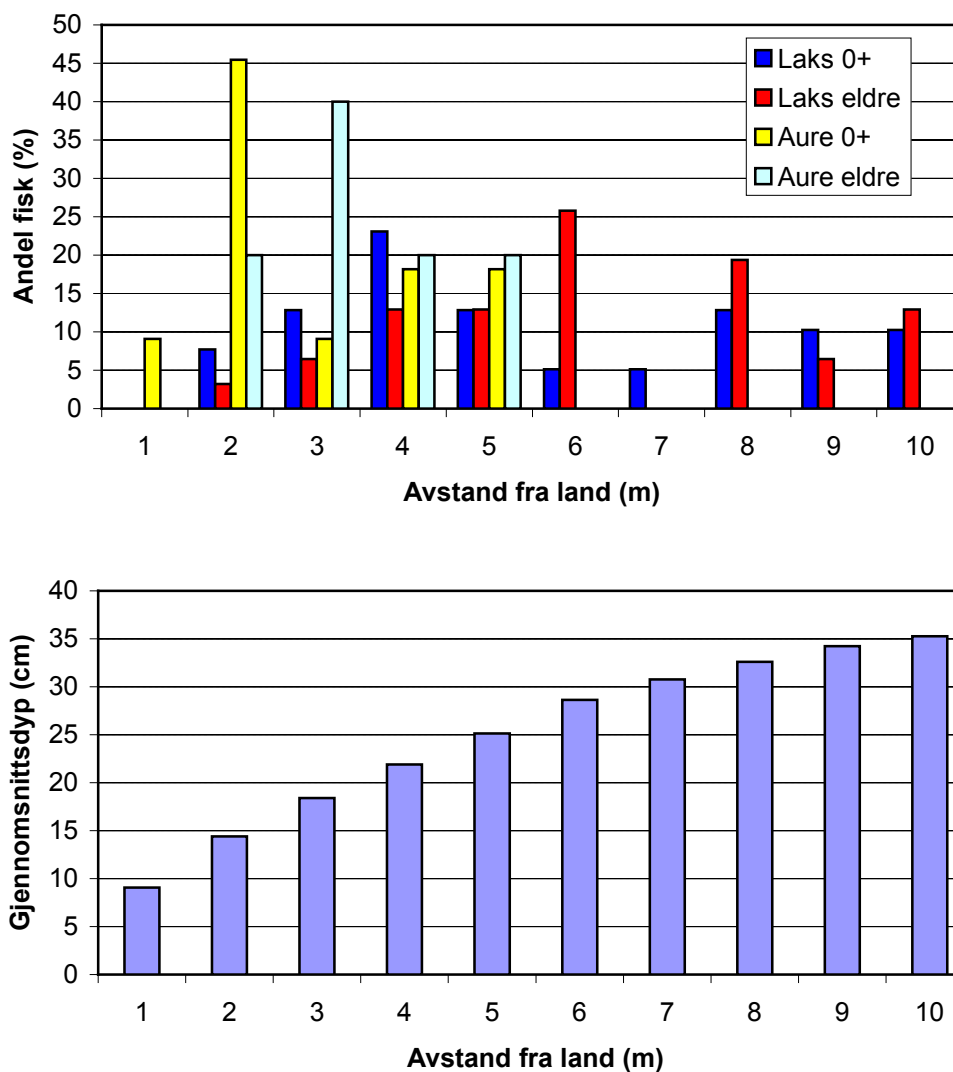
Halleraker, et al. (2005) beregnet også hvordan utfallet av Trollheim kraftverk påvirket smoltproduksjonen, det vil si virkningen på den totale lakseproduksjonen i Surna. De nyeste

elfiskedata kan tyde på at strandingsdødelighet ved en seinsommerhendelse kan ha mer å si for laksefiskproduksjonen i Surna enn vi beregnet i 2005. Dette fordi årsyngel av både aure og laks foretrekker områdene nærmest land (< 4 meter fra bredden) i oktober (Fig 20). Da var all årsyngelen av aure og $> 60\%$ av lakseårsyngelen å finne nærmere enn 4 meter. Dette kan indikere at den relative mengde strandet fisk (tabell 6) er underestimert i forhold til den totale bestanden som oppholder seg i de dypere områdene, da disse beregningene ikke tar hensyn til variasjon i bredden på elvestrengen. Halleraker, Johnsen m. fl., 2005 antok imidlertid at 60% av ungfiskbestanden i Surna oppholdt seg i tørleggingssonen, som grunnlag for beregningen av betydningen av utfallet av strandinga på Surnas totale fiskebestand i august 2005.

Vi har utviklet en metode for å studere i hvilken grad fiskunger bruker områdene nær breddene av elva på en stabil vannføring tilsvarende drift av Trollheim Kraftverk. NINA gjennomfører el-fiske i transekter fra bredden og utover mot elvas dypål så langt det er mulig å arbeide med vading. For hver meter samles fisk opp og antall fisk av ulike arter og størrelsesgrupper vurderes opp mot hverandre. Dette utføres på to stasjoner i Surna der det på hver stasjon fiskes i henholdsvis 28 og 30 transekter til ulike årstider. Tidligere studier har vist at fiskens bruk av strandingsutsatte områder kan variere gjennom året, så det legges opp til undersøkelser vinter, vår, sommer og høst. Foreløpig er to årstider undersøkt og resultatene viser altså betydelige forskjeller i habitatbruk mellom årsklasser av aure og laks for en stasjon (Røv) som vist i figur 20-21.



Figur 20. Fangst av fiskunger i forhold til avstand fra land og gjennomsnittsdyp ved transektelfiske i Surna ved Røv i oktober 2006. Resultatene er fra 2 stasjoner sammenslått og er basert på fangst av 84 årsyngel (0+) av laks, 94 eldre laksunger og 24 årsyngel av aure (0+). Vannføring var om lag $30 \text{ m}^3/\text{s}$ og vanntemperaturen 9°C .



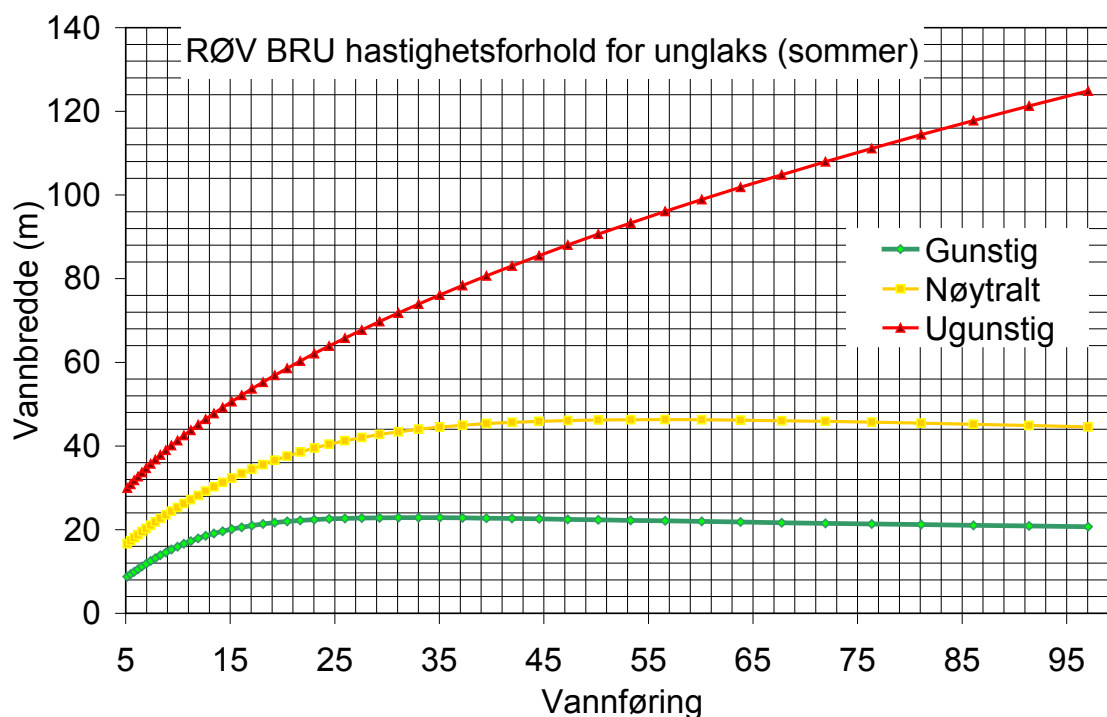
Figur 21. Fangst av fiskeunger med hensyn på avstand fra land og gjennomsnittsdyp ved transektelfiske i Surna ved Røv den 28. mars 2007. Resultatene er fra 28 transekter og er basert på fangst av 39 årsyngel (0+) av laks, 31 eldre laksunger, 11 årsyngel av aure (0+) og 10 eldre aureunger. Vanntemperaturen var omlag 2°C , og vannføringen omlag $46 \text{ m}^3/\text{s}$ (stabilt i lengre tid?). Ved nedtapping fra 42 til $19 \text{ m}^3/\text{s}$ vil områder nærmere 4 meter fra land (i snitt) være strandingsutsatt.

Begge figurene 20 og 21 viser at fisken i relativt stor grad bruker områdene nært land både i oktober med 9°C og i mars med 2°C som vanntemperaturer. I vurderingene tidligere i dette kapittel har vi antatt at fisken fordeler seg med 60 prosent på strandingsutsatte områder og 40 prosent i dypålen som ikke tørlegges ved $15 \text{ m}^3/\text{s}$. Foreløpige resultater fra transektelfiske kan tyde på at andelen som befinner seg nært land er undervurdert, men det er for tidlig å konkludere før alle feltdata er samlet inn.

Fiskehabitat nedstrøms Trollheim Kraftverk

Vi har også brukt modellen Stathab (Lamoureux 2007) til å studere fiskehabitat ved Røv bru. Figur 22-23 viser variasjon i habitat (leveområder) for ungfisk av laks som funksjon av vannføring på en strekning på ca 300 m fra Røv bru og nedstrøms. Røv bru er lokalisert ca. 3 km nedstrøms utløpet fra Trollheim Kraftverk, oppstrøms innløpet fra Vindøla.

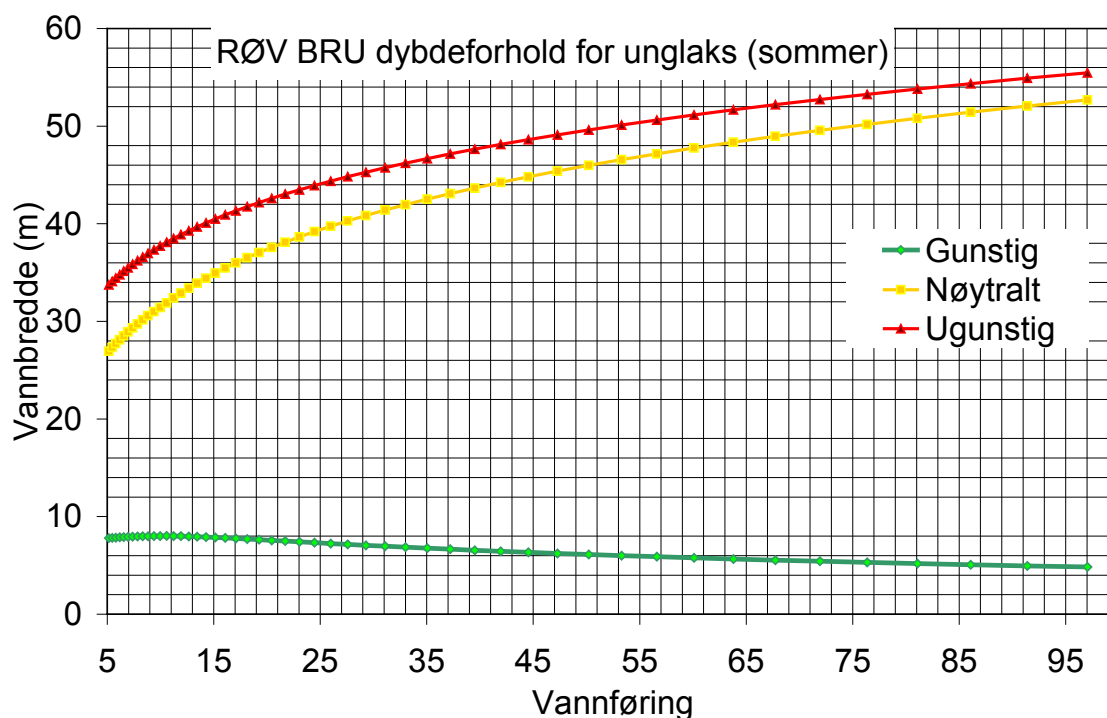
Stathab er kalibrert for to vannføringer på henholdsvis 35 og 82 m³/s. Dette indikerer en viss usikkerhet når det gjelder vannføringer lavere enn 35 m³/s og høyere enn 82 m³/s. Det ble gjennomført en rekke breddemålinger på lav vannføring (6 m³/s) 1. september 2004, men området nedstrøms Røv bru mangler innmålte bredder. En henvisning til Hec-Ras viser at et tverrsnitt like nedstrøms nedre ende av stasjonen (ca 350 m nedstrøms Røv bru) har en bredde på ca 48 m ved 9 m³/s. Målt bredde i nedre ende av stasjonen (ca 300 m nedstrøms Røv bru) på 35 m³/s er 71 m. Dette kan indikere at modellen i stor grad stemmer vedrørende tørlegging på lave vannføringer.



Figur 22

Figur 22 viser hvordan vannhastighetsforhold varierer med vannføring. Tar vi utgangspunkt i hva ungfisk av laks foretrekker av vannhastigheter ("gunstig" på kurven) ser vi at man fra 5 til 15 m³/s har en relativt kraftig økning. Kurven flater så ut og får et optimum mellom 27 og 37 m³/s. Over 40 m³/s synker kurven og vi får en forringelse av gunstig hastighetshabitat for fisken. Dette ser vi også av nøytrale og ugunstige områder som øker vesentlig ved vannføringer over 30 m³/s.

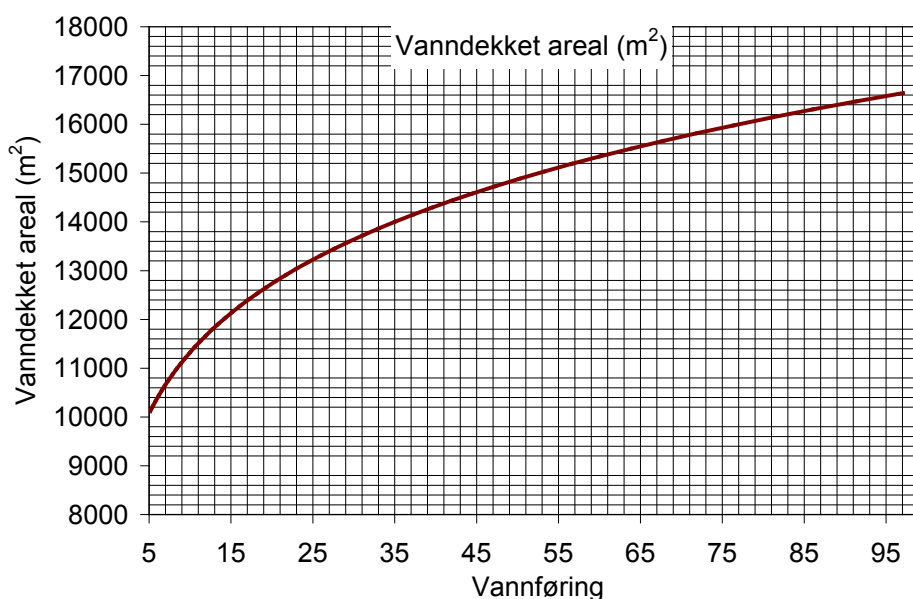
Figur 23 viser tilsvarende hvordan dybdeforhold for ungfisk av laks varierer med vannføringen ved Røv bru. I motsetning til hastighetsforhold som har et optimum mellom 27 og 37 m³/s ligger optimum for dybder på lavere vannføringer, mellom 5 og 15 m³/s. På vannføringer over 15 m³/s ser vi at gunstige forhold forringes og man får en økning i nøytrale og ugunstige områder.



Figur 23.

Ser vi på variasjon i vanndekket areal (figur 24) ser vi at den største reduksjonen i vanndekket areal skjer ved endringer på lave vannføringer. Dette indikerer at området har flate områder som tørregges på lave vannføringer. Observasjon på strekningen viser at en del av elveleiet har større grunne deler i innersving som er utsatt for tørrlægging på lave vannføringer.

En sammenstilling av de tre kurvene (figur 22-24) viser at vannføringer i intervallet 15 – 45 m³/s) gir relativt optimale forhold for ungfisk av laks hva angår hastigheter, dybder og vanndekket areal. Disse undersøkelsene bør gjennomføres for flere delstrekninger og skaleres til hele vassdraget. Ved bruk av stedegne preferanser vil også usikkerheten reduseres betraktelig.



Figur 24.

Referanser

Borsanyi, P. (2005) A classification method for scaling river biotopes for assessing hydropower regulation impacts. PhD oppgave, Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU.

Halleraker, J. H., Johnsen, B. O. et al. (2005). Vurdering av stranding av ungfisk i Surna ved utfall av Trollheim kraftverk i august 2005. SINTEF rapport TR A6220.

Halleraker, J. H., Sundt, H. et al. (2006). Optimalisering av fiskeforhold og kraftproduksjon i Surna - Hovedrapport om videreutvikling og anvendelse av simuleringsverktøy fra samløp Rinna til Skei. SINTEF rapport TR A6264.

Hvidsten, N. A. (1985). "Mortality of pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., caused by rapidly fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, central Norway." *Journal of Fish Biology* 27: 711-718.

Lamouroux, N. 2007. Stathab/FSTress softwares. Habitat modelling using statistical habitat models. User's guide. <http://www.lyon.cemagref.fr/bea/lhq/stathab/stathabinfo.PDF>

Sundt, H., Halleraker, J. H. et al. (2005). Optimalisering av fiskeforhold og kraftproduksjon i Surna - Delrapport om elvetyper, vanndekt areal og hydrauliske forhold av betydning for laksefisk ved ulike vannføringer og raske endringer. SINTEF rapport TR A6263.

Tjomsland, T. 2004. Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor. Miljøbasert vannføring, rapport 5-2004. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo