

Ekstra aggregat i Trollheim kraftverk

Konsekvensvurdering for fisk på lakseførende strekning av Surna

Ola Ugedal
Gunnbjørn Bremset
Torbjørn Forseth
Eli Kvingedal
Hans-Petter Fjeldstad
Håkon Sundt



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Ekstra aggregat i Trollheim kraftverk

Konsekvensvurdering for fisk på lakseførende strekning av
Surna

Ola Ugedal
Gunnbjørn Bremset
Torbjørn Forseth
Eli Kvingedal
Hans-Petter Fjeldstad
Håkon Sundt

Ugedal, O., Bremset, G., Forseth, T., Kvingedal, E., Fjeldstad, H.-P. & Sundt, H. 2015. Ekstra aggregat i Trollheim kraftverk. Konsekvensvurdering for fisk på lakseførende strekning av Surna – NINA Rapport 1099, 72 sider.

Trondheim, juni 2015

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2719-3

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV

Arne Jensen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsleder Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER

Statkraft Energi AS

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Linda Kristin Bjørnstad Helland

FORSIDEBILDE

Foto: Jan Gunnar Jensås

NØKKEWORD

- Surnavassdraget
- Surnadal i Møre og Romsdal
- Trollheim kraftverk
- Laks og sjøaure
- Ungfiskproduksjon
- Vassdragsregulering
- Effektkjøring
- Konsekvensutredning
- Hydrologiske endringer
- Vannføring
- Vanntemperatur

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Ugedal, O., Bremset, G., Forseth, T., Kvingedal, E., Fjeldstad, H.-P. & Sundt, H. 2015. Ekstra aggregat i Trollheim kraftverk. Konsekvensvurdering for fisk på lakseførende strekning av Surna. - NINA Rapport 1099, 72 sider.

Formålet med denne konsekvensutredningen er å belyse hvordan fiskesamfunnet i lakseførende deler av Surnavassdraget vil påvirkes av en eventuell installasjon av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk. I analysene er det lagt hovedvekt på bestandene av sjøvandrende laksefisk. Verdivurderingene er basert på årlige fiskebiologiske undersøkelser i Surnavassdraget i perioden 2002 - 2014, samt generell kunnskap om status for og livshistorie til laks, sjøaure, ål, trepigget stingsild og skrubbe. Utredningene av påvirkning er hovedsakelig basert på simuleringer og vurderinger av endringer i hydrologiske forhold som vannføring og vanntemperatur. Konsekvensen av installering av ekstra aggregat i Trollheim kraftverk er beregnet som et produkt av naturverdi og påvirkning i tråd med vanlig metodikk for konsekvensvurdering.

Laksebestanden i Surna er vurdert å ha svært stor nasjonal verdi, siden Surna er ett av 51 nasjonale laksevassdrag med et spesielt beskyttelsesregime. I de senere år har bestanden av sjøaure i Surna gått tilbake, men historisk sett har bestanden av sjøaure i Surna hatt stor verdi både regionalt og nasjonalt. Verdien av forekomstene av ål, trepigget stingsild og skrubbe er mer usikker enn verdien av laksefiskene, og det har derfor vært behov for en mer skjønnsmessig fastsetting av disse naturverdiene. En sammenstilling av verdien på de ulike fiskebestandene er som følger:

Fiskebestand	Verdi som gyteområde	Verdi som oppvekstområde	Samlet verdi
Laks	Svært stor	Svært stor	Svært stor
Sjøaure	Stor	Stor	Stor
Ål	Ingen	Svært liten	Svært liten
Stingsild	Usikker	Usikker	Usikker
Skrubbe	Ingen	Middels	Liten til middels

Årlige ungfiskundersøkelser i perioden 2002 - 2014 og smoltundersøkelser i 2012 og 2013 gir grunnlag for å vurdere hvilke relative bidrag de ulike vassdragsavsnittene har til den samlede lakseproduksjonen i Surnavassdraget. Hovedstrengen av Surna nedstrøms kraftverket utgjør 54 % av vanndekt areal på lakseførende strekning, og estimatene på smoltproduksjon tilsier at dette vassdragsavsnittet bidrar med 25-50 % av samlet lakseproduksjon i vassdraget. Selv om elvestrekningen mellom Rinna og Trollheim kraftverk bare utgjør 17 % av vanndekt areal i vassdraget, tilsier estimatene at dette vassdragsavsnittet bidrar med 20-40 % av samlet smoltproduksjon. Den uregulerte strekningen oppstrøms Rinna utgjør 18 % av vanndekt areal, og bidrar ifølge estimatene med 15-30 % av samlet lakseproduksjon. Resten av lakseproduksjonen foregår i sidevassdrag som Tiåa, Store Bulu, Rinna, Folla og Vindøla.

De mest sentrale påvirkningsfaktorene på laksefisk av et ekstra aggregat er relatert til endringer i vannføring og vanntemperatur. Det er vurdert spesielt hydrologiske aspekter som

perioder med lavvannføring, vannføring i utvandningsperioden for smolt, vannføring i oppvandningsperioden for voksenfisk, frekvens og amplitude på større flommer, frekvens og amplitude på raske vannføringsendringer. Når det gjelder mulige biologiske effekter av endringer i vanntemperatur er det fokusert spesielt på klekketidspunkt for egg, swim-up hos larver, samt vekst, overlevelse og aktivitetsmønster hos ungfisk og alder på utvandrende laksesmolt.

Lavvannsperioder som kan være flaskehalser for sommer- eller vinteroverlevelse hos ungfisk påvirkes ikke av et ekstra aggregat. Vekstforholdene hos ungfisk vil bli negativt påvirket i alle reguleringspåvirkete områder, og da i første rekke i vassdragsavsnittet nedstrøms Trollheim kraftverk. Økt effektkjøring vil også ha en negativ påvirkning på ungfisk nedstrøms kraftverket. Et ekstra aggregat vil ha en positiv påvirkning på smoltoverlevelse, gitt at tidspunkt for teknisk revisjon av kraftverket ikke skjer under smoltutvandningsperioden. Oppvandningsmulighetene for voksenfisk vil bli negativt påvirket både i Surna oppstrøms kraftverket og i reguleringspåvirkete sidevassdrag oppstrøms kraftverket.

Samlet sett vil installering av et ekstra aggregat gi en liten negativ påvirkning på bestandene av laks og sjøaure i Surnavassdraget. Vurderingsgrunnlaget karakteriseres her som godt. På grunn av mangelfullt datagrunnlag er det derimot ikke mulig å vurdere påvirkning på ål og trepigget stingsild. En sammenstilling av verdier og påvirkninger viser at en utvidelse av Trollheim kraftverk med et ekstra aggregat trolig vil gi en liten negativ konsekvens for laksebestanden, liten negativ konsekvens for sjøaurebestanden og en ubetydelig konsekvens for forekomsten av skrubbe i Surnavassdraget:

KU-tema	KU-verdi	Påvirkning	Konsekvens
Laks	Svært stor	Liten negativ	Liten negativ
Sjøaure	Stor	Liten negativ	Liten negativ
Ål	Svært liten	Usikker	Ubetydelig
Stingsild	Usikker	Usikker	Usikker
Skrubbe	Liten til middels	Ubetydelig	Ubetydelig

Det finnes flere mulige avbøtende tiltak som kan redusere negative effekter, både knyttet til manøvrering av kraftverket og i form av ulike habitatiltak som kan kompensere for tap i fiskeproduksjon. I denne konsekvensutredningen presenteres kort noen mulige tiltak knyttet spesifikt til påvirkningsfaktorer som ble vurdert til å ha negativ effekt på fiskebestandene. Oppstrøms Trollheim kraftverk er minstevannføring og vannslipp de tiltakene som har størst potensial for å avbøte negative effekter på fiskebestandene. I tillegg vil et målrettet program for biotopjustering og habitatrestaurering øke produksjonskapasiteten i områder med habitatdegradering over lang tid. Nedstrøms Trollheim kraftverk vil et vanninntak fra overflatelaget i Follsjømagasinet ha en positiv effekt på temperatur- og vekstforhold for ungfisk. I tillegg vil en redusert frekvens og amplitude på effektkjøring redusere de negative konsekvensene knyttet til direkte og indirekte effekter av raske vannstandsfluktuasjoner.

Ola Ugedal, Gunnbjørn Bremset, Torbjørn Forseth og Eli Kvingedal, Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim.

Hans-Petter Fjeldstad og Håkon Sundt, SINTEF Energiforskning AS, Postboks 4760 Sluppen, 7465 Trondheim.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
1.1 Forhold rundt kraftverksdriften.....	8
1.2 Formål med konsekvensutredningen	8
1.3 Områdebeskrivelse.....	9
2 Metode og datagrunnlag.....	10
2.1 Konsekvensutredning	10
2.2 Identifisering av inngrepsområde og influensområde	10
2.3 Undersøkelsesmetodikk	12
2.3.1 Fiskebiologiske undersøkelser	12
2.3.2 Hydrologiske simuleringer	14
2.3.3 Endringer i vanntemperatur nedstrøms Trollheim kraftverk.....	15
3 Fiskebestandene i Surnavassdraget.....	17
3.1 Status for bestandene av laks og sjøaure	17
3.2 Produksjon av ungfisk og smolt nedstrøms Trollheim kraftverk	18
3.2.1 Ungfiskundersøkelser i perioden 2002 - 2013.....	18
3.2.2 Smoltundersøkelser i 2012 og 2013.....	20
3.2.3 Ungfiskundersøkelser i 2014	20
3.2.4 Samlet vurdering av ungfiskproduksjon og smoltproduksjon nedstrøms kraftverket.....	25
3.3 Produksjon av ungfisk og smolt oppstrøms Trollheim kraftverk	27
3.4 Relativ betydning av ulike vassdragsavsnitt.....	28
3.5 Andre fiskebestander.....	29
3.6 Sammenstilling av verdi.....	30
4 Effekter på fiskeproduksjon av ekstra aggregat.....	31
4.1 Effekter av endrete vannføringsforhold	31
4.1.1 Nedstrøms Trollheim kraftverk.....	31
4.1.2 Effektkjøring (produksjonstilpasninger)	34
4.1.3 Oppstrøms Trollheim kraftverk	41
4.1.4 Reguleringspåvirkede sideelver oppstrøms utløpet av kraftverket	45
4.2 Effekter av endrete temperaturforhold nedstrøms kraftverket	46
4.2.1 Virkninger på fisk	49
4.3 Effekter på sjøaure	52
4.4 Sammenstilling av påvirkning på laks og sjøaure	54
5 Konsekvenser av nytt aggregat på fiskebestander	56
6 Vurdering av Statkraft sitt forslag til tilsigsbasert minstevannføring	57
7 Avbøtende tiltak.....	61
8 Referanser	64
Vedlegg.....	69

Forord

Norsk institutt for naturforskning og SINTEF Energiforskning har på oppdrag fra Statkraft Energi AS utredet konsekvensene for fisk i lakseførende del av Surnavassdraget av å installere et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk. Utredningen er basert på kunnskap om status for fiskebestandene i Surnavassdraget samt beskrivelser av hydrologiske endringer som er forventet etter installering av et ekstra aggregat. Forventede endringer i hydrologiske forhold er basert på simuleringer og vurderinger som er beskrevet i notater fra Statkraft. SINTEF Energiforskning har utredet forventede endringer i vanntemperatur nedstrøms Trollheim kraftverk som følge av økt kapasitet i kraftverket med basis i Statkraft sine simuleringer av endringer i vannføring, kraftproduksjon og magasinfylling i Follsjøen. Ved våre vurderinger har vi i tillegg til Statkrafts beskrivelse av endringer i hydrologiske forhold, gjennomført noen egne analyser for å belyse effekten av det omsøkte tiltaket på utvalgte vannføringsforhold.

Fra og med 2002 har Norsk institutt for naturforskning (NINA) gjennomført årlige undersøkelser i Surnavassdraget. Formålet med disse undersøkelsene har vært å bedre kunnskapen om bestandsstatus av laks og sjøaure i Surna og de effekter som kraftreguleringen av vassdraget har på fiskebestandene. Resultatene fra disse undersøkelsene har vært et viktig grunnlag for denne konsekvensutredningen. I forbindelse med denne utredningen ble det i september 2014 også gjennomført et fiske med elektrisk fiskebåt i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk for å få et bedre grunnlag for å vurdere status til ungfiskbestandene av laks og sjøaure i denne delen av elva. Vi takker Morten Kraabøl, Marius Berg og Arne O. Sæther for bistand ved gjennomføringen av dette fisket og Jan Gunnar Jensås for aldersbestemmelse av fisk fra denne undersøkelsen.

Vi vil takke Statkraft Energi for oppdraget.

Trondheim, juni 2015

Ola Ugedal
(prosjektleder)

1 Innledning

Statkraft Energi AS ønsker å utvide kapasiteten i Trollheim kraftverk i Surnadal kommune i Møre og Romsdal fylke med et nytt aggregat, aggregat 2 (turbin m/ generator) på 50 MW.

Statkraft sin begrunnelse for det planlagte tiltaket er som følger:

"Konsesjon til statsregulering av Folla-Vindølavassdragene mv. (Trollheim reguleringen) ble gitt i 1962. Allerede den gang var det en diskusjon om man skulle ha et aggregat til i Trollheim kraftverk. Spørsmålet ble bl.a. reist av fiskeinteressene under konsesjonsbehandlingen. Årsaken var hensyn til vannføringen i Surna ved revisjoner etc. Et aggregat 2 ble den gang ansett som for dyrt av hovedstyret for NVE¹. I skjønnsforhandlingene ble det imidlertid fastsatt en minstevannføring på 15 m³/s nedenfor Trollheim kraftverk som skulle sikre vannføringen i Surna².

Aggregat 2 i Trollheim kraftverk har siden den gang vært vurdert flere ganger. Planene ble imidlertid ikke videreført, hovedsakelig på grunn av dårlig lønnsomhet. I 2012 ble det imidlertid åpnet en vilkårsrevisjon etter krav fra Rindal og Surnadal kommuner³. Som et ledd i vilkårsrevisjonen gjennomførte Statkraft en kraftverksstrategi for reguleringsområdet. I kraftverksstrategien ble det blant annet anbefalt å installere et aggregat 2 i Trollheim kraftverk av årsaker som:

- *Bedre mulighet til å tilpasse kjøringen av kraftstasjonen til skjønnsforutsetningen om minstevannføring i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk*
- *Økt fleksibilitet for valg av revisjonstidspunkt⁵, noe som har vært et ønske fra fiskeinteressene.*
- *Energipotensialet vil utnyttes bedre, noe som først og fremst kommer av at man får en produksjon med høyere virkningsgrad, men også lavere flomtap. Aggregat 2 vil øke produksjonen i kraftverket med 40 GWh fornybar energi.*
- *Utilgjengelighetskostnadene ved Trollheim kraftverk som følge av stans reduseres⁶.*
- *Nettstabiliteten vil forbedres.*
- *Leveringssikkerheten av energi øker i et anstrengt forsyningsområde.*

I planene som foreligger nå er bl.a. tallfesting av risiko ved svikt, inntekter av systemtjenester og elsertifikater, samt høyere energigevinst, noen av endringene som gjør at et aggregat 2 i dag har bedre lønnsomhet enn tidligere".

¹ St.prp.nr 69 (1965-66) side 8

² Minstevannføringen var en skjønnsforutsetning fra Statkraft, dvs et tilbud fra Statkraft som forutsetning for å inngå skjønnet. Dette innebar også økonomiske utbetalinger til de som tapte penger på fiskeinntekter (utbetalingene pågår d.d.).

³ Konsesjoner gitt i 1959 og senere kan revideres etter 50 år (Retningslinjer for revisjon av konsesjonsvilkår for vassdragsreguleringer, OED 2012).

⁴ Hensikten var å vurdere nye muligheter innenfor reguleringsområdet av hensyn til både miljø og produksjonsmessige interesser.

⁵ I dag gjennomføres revisjon vanligvis 2-3 uker i mai hvert år, ettersom det på dette tidspunktet ofte er høy vannføring i Surna. Dette har ført til kritikk fra fiskeinteresser, fordi det også ønskes høy driftsvannføring i perioden smolten vandrer ut av vassdraget.

⁶ Kraftverket har i dag kun ett aggregat som begynner å bli gammelt. Stasjonen er derfor sårbar ved feil, noe som kan medføre stans og tap av inntekter".

1.1 Forhold rundt kraftverksdriften

Nedenfor er dagens Trollheim kraftverk og aggregat 2 kort beskrevet etter opplysninger fra Statkraft.

Trollheim kraftverk stod ferdig i 1968. Kraftverket produserer i middel 805 GWh per år og har ett aggregat med en effekt på 127,5 MW. Vannvei og kraftstasjon er lokalisert i fjell. Kraftverket har inntak i magasinet Follsjø. Avløpet fra kraftstasjonen føres ut i elva Surna. Det er ingen krav til minstevannføring, men skjønnsretten har forutsatt en vannføring på 15 m³/s. Statkraft har innført en selvpålagt restriksjon om nedkjøringshastighet. Dette er nærmere omtalt i kapittel 4.1 og **vedlegg 1**.

Ved utbygging av aggregat 2 vil eksisterende inntak, tilløpstunnel, utløpstunnel og utløp benyttes uforandret. Den nye kraftstasjonen vil sprenges ut i kort avstand fra dagens stasjon. De eksisterende reguleringsmagasinene Gråsjø og Follsjø vil bli benyttet innenfor nåværende reguleringsgrenser. Aggregat 2 vil derfor ikke medføre noen ytterligere regulering eller nye overføringer. Aggregat 2 vil ha en maksimal og minimal slukeevne på henholdsvis 15 m³/s og 6 m³/s. Installert effekt blir 50 MW, og i årsmiddel vil aggregat 2 produsere 40 GWh. Dagens maksimale og minimale slukeevne er 38 m³/s og 18-19 m³/s. Samlet slukeevne fra stasjonen vil dermed økes fra 38 m³/s til 53 m³/s, mens den nedre slukeevnen blir 6 m³/s.

Statkraft har lagt inn en begrensning i utnyttelsen av den økte kapasiteten i Trollheim kraftverk ved at man i vinterperioden (definert som 1. desember til 15. april) bare kan kjøre opp til dagens slukeevne på 38 m³/s. I tillegg er Statkraft sine selvpålagte restriksjoner om nedkjøringshastighet ved nedtrapping av produksjonen lagt inn som en forutsetning (se **vedlegg 1**).

Løpehjulet på eksisterende turbin i Trollheim kraftverk må byttes. Dette er planlagt gjennomført i løpet av et par år. Skifte av løpehjul på eksisterende aggregat vil i henhold til Statkraft bety at nedkjøring av stasjonen, og at overgang til drift på aggregat 2 / omløpsventil, blir mer gunstig både rent teknisk og miljømessig. Dette fordi dagens minimumslast på eksisterende aggregat er 18-19 m³/s, mens et nytt løpehjul vil kunne kjøres ned til 14-15 m³/s før det stanses. Skifte av løpehjul på eksisterende turbin er ikke en del av søknaden om et aggregat 2, men har betydning for forståelsen av driften av hele stasjonen etter eventuell installering av et nytt aggregat (se kapittel 4.1.2).

1.2 Formål med konsekvensutredningen

I denne rapporten vurderer vi konsekvensene på fiskesamfunnet i lakseførende deler av vassdraget som følge av den planlagt utvidelse av kapasitet i Trollheim kraftverk. Utredningen er basert på kunnskap om status for fiskebestandene i Surnavassdraget (Johnsen mfl. 2011, Ugedal mfl. 2014) samt beskrivelser av hydrologiske endringer som er forventet etter installering av et ekstra aggregat. Forventede endringer i hydrologiske forhold er basert på simuleringer og vurderinger som er beskrevet i notater fra Statkraft (Statkraft 2015 a,b). SINTEF Energiforskning har utredet forventede endringer i vanntemperatur nedstrøms Trollheim kraftverk som følge av økt kapasitet i kraftverket med basis i Statkraft sine simuleringer av endringer i vannføring, kraftproduksjon og magasinfylling i Follsjøen. Ved våre vurderinger har vi i tillegg til Statkrafts beskrivelse av endringer i hydrologiske forhold, gjennomført noen egne analyser basert på Statkraft sine simulerte data for å belyse effekten av det omsøkte tiltaket på utvalgte vannføringsforhold.

I forbindelse med denne utredningen ble det også i september 2014 gjennomført et fiske med elektrisk fiskebåt i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk for å få et bedre grunnlag for å

vurdere status til ungfiskbestandene av laks og sjøaure i nedre deler av elva. Utover dette er vurderingene basert på publiserte data og rapporter fra NINAs omfattende prosjektaktivitet og kjennskap til vassdraget gjennom flere år (fra 2002 til dags dato).

1.3 Områdebeskrivelse

Surnavassdraget har et samlet nedbørsfelt på 1201 km² og midlere avrenning på 56 m³/s. Etter samløp mellom Lomunda og Tiåa kalles hovedstrengen Sunna, og etter samløp mellom Sunna og Rinna kalles hovedstrengen Surna. Surna renner i vestlig retning ned til utløpet ved Surnadalsøra. Bulu, Folla og Vindøla renner alle inn i Surna fra sørøst nedstrøms samløpet med Rinna. Surna renner gjennom kommunene Rindal og Surnadal. I hovedelva kan laksen vandre helt opp i Lomundsjøen om lag 55 km fra utløpet. Samlet lengde på lakseførende strekning er om lag 72 km, hvorav om lag 18 km er i de viktigste sideelvene: Tiåa (7,1 km), Store Bulu (5 km), Rinna (3 km), Vindøla (1,5 km) og Folla (1,2 km).

Ved kgl. res. av 21.12.1962 fikk Statskraftverkene tillatelse til å overføre deler av nedbørfeltene til Rinna, Bulu, Lille Bulu og Vindøla til Folla. Videre ble det tillatt å bygge to kunstige magasiner, Follsjø og Gråsjø, samt å utnytte fallet fra Follsjø ned til Surna ved bygging av Trollheim kraftverk. Ved kgl. res. av 1.7.1966 ble det gitt tillatelse til ytterligere overføring fra Vindøla, slik at utbyggingen i dag berører ca. 60 % av Surnavassdragets nedbørfelt. Reguleringen ble tatt i bruk i 1968. Follsjøen ble oppdemt 5. juli 1968.

2 Metode og datagrunnlag

2.1 Konsekvensutredning

Konsekvensutredning (KU) er en vanlig benyttet metode for å forutse eller kartlegge effekter av inngrep på naturverdier. Mange KU-prosesser tar utgangspunkt i en håndbok for konsekvensanalyser som Statens vegvesen har utarbeidet (Anonym 2006). Nylig har det blitt utarbeidet en revidert utgave av denne håndboka, som er mer eller mindre skreddersydd for planprosesser innenfor transportsektoren (Anonym 2014c). I mangel av en mer spesifikk KU-mal for vassdragsinngrep har vi tatt utgangspunkt i veivesenets håndbok for konsekvensanalyser, som har en tretrinns tilnærming til konsekvensutredninger (se nedenfor).

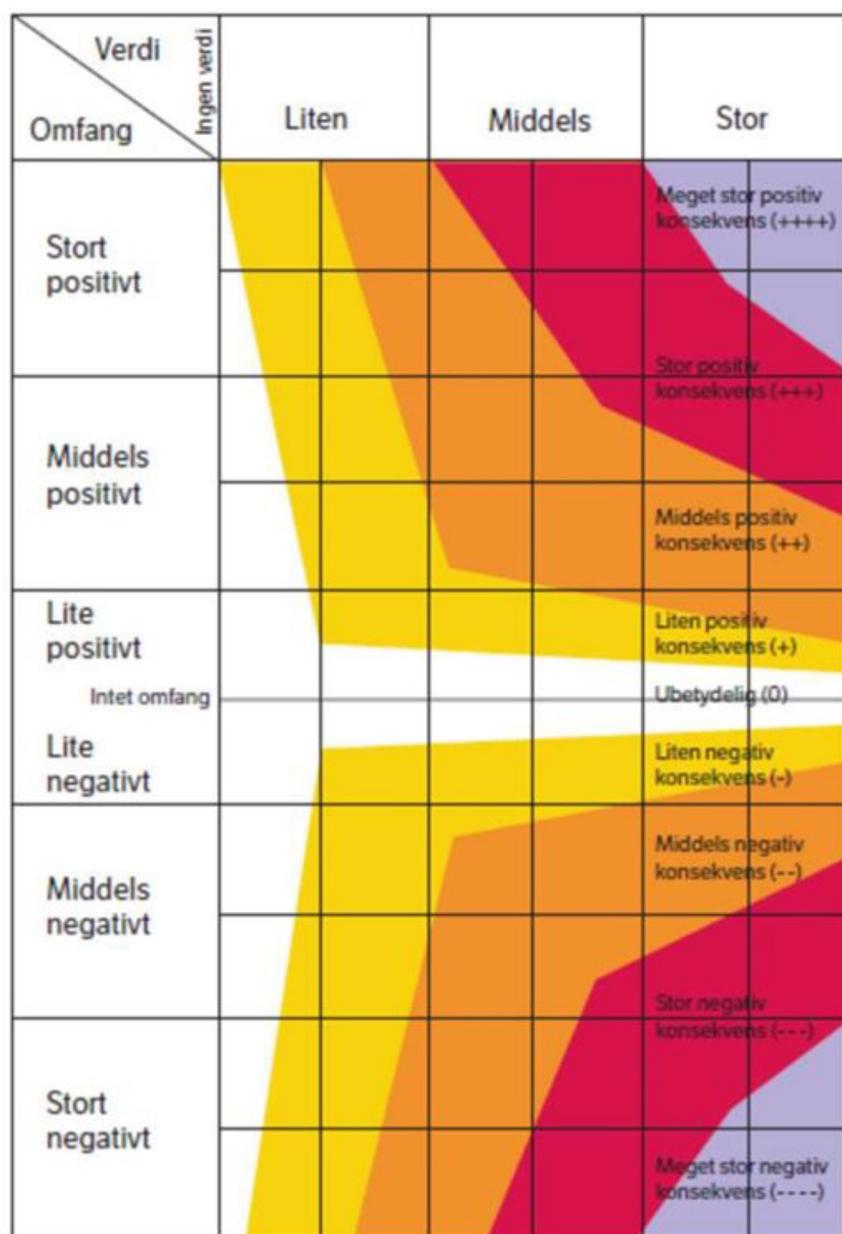
Første trinn i konsekvensutredningen er verdisetting av aktuelle naturverdier. I statens håndbok for konsekvensanalyser opereres det med en trinnløs verdiskala med tre hovedkategorier: liten, middels og stor verdi (Anonym 2014c). Imidlertid gjøres det oppmerksom på at verdivurderinger må gjøres på grunnlag av fagtradisjoner og overordnede, nasjonale føringer. Miljømyndighetene har utarbeidet en håndbok for kartlegging av ferskvannslokaliteter (Anonym 2001) og en håndbok for kartlegging av naturtyper og biologisk mangfold (Anonym 2007). I førstnevnte opereres det med en mer detaljert verdisetting, som blant annet differensierer mellom lokal, regional og nasjonal verdi. Nasjonale laksevassdrag er blant naturtypene som har nasjonal verdi, og som ifølge håndboka er vurdert å være en svært viktig naturtype (Anonym 2001).

Neste trinn i konsekvensutredningen er å beskrive og vurdere inngrepets type og omfang (påvirkning). Omfang er en vurdering av hvilke endringer inngrepet antas å medføre for de ulike miljøene eller områdene. Omfang vurderes for de samme områder som er verdivurdert. Omfanget vurderes i forhold til situasjon før inngrep blir innført. Kriterier for fastsettelse av omfang er gitt i håndbok utarbeidet av Statens vegvesen (Anonym 2014c). Omfanget av påvirkningen vurderes med utgangspunkt i kriteriene, og angis på en trinnløs skala fra stor positiv til stor negativ påvirkning.

Siste trinn i konsekvensutredningen er å kombinere verdien av området og omfanget av påvirkningen for å få den samlede konsekvensvurderingen. Konsekvenser er de fordeler og ulemper et inngrep medfører i forhold til nullalternativet, det vil si ingen endring sammenlignet med dagens situasjon. Den samlede konsekvensvurderingen vurderes langs en glidende skala fra meget stor positiv konsekvens til meget stor negativ konsekvens, som utgjør til sammen 17 kategorier (Anonym 2014c). Produktet av verdi og påvirkning blir da konsekvensen av inngrepet som vil framgå av en såkalt konsekvensvifte (**figur 2.1**).

2.2 Identifisering av inngrepsområde og influensområde

I konsekvensutredninger og konsekvensanalyser skal det identifiseres et influensområde. Influensområdet er som oftest større enn det aktuelle planområde eller inngrepsområde. I veivesenets håndbok om konsekvensanalyser (Anonym 2014c) defineres influensområde som *det samlede område der virkninger forventes å kunne opptre*. I praksis vil influensområdet til et gitt inngrep omfatte alle områder som er direkte eller indirekte påvirket av inngrepet. Normalt vil effektene av et inngrep være størst i inngrepsområdet, mens effektene av inngrepet avtar utover i influensområdet.



Figur 2.1. Konsekvensvifte for fastsettelse av konsekvensgrad ut fra verdi og omfang. Figuren er fra håndbok for konsekvensanalyser utarbeidet av Statens vegvesen (Anonym 2014c).

Utbyggingen av Surna på 1960-tallet påvirker vannføringen i omtrent to tredjedeler av lakseførende deler av hovedvassdraget, fra samløp Surna-Rinna og ned til utløp i Surnadalsfjorden. I tillegg er vannføringen påvirket i sideelvene Rinna, Store Bulu, Lille Bulu, Folla og Vindøla. Installering av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk vil i større eller mindre grad påvirke hydrologiske forhold i alle reguleringspåvirkete vassdragsavsnitt, slik at disse vil utgjøre inngrepsområdet for den planlagte utvidelsen. I hovedelva og sideelver oppstrøms Rinna er ikke vannføringen endret som følge av reguleringen. Denne delen av vassdraget er imidlertid indirekte berørt fordi vannføringsendringene i de regulerede delene av hovedvassdraget påvirker mulighetene for oppvandring og nedvandring av anadrom fisk til disse øvre delene av Surnavassdraget. Alle deler som er tilgjengelig for vandrende fiskebestander vil derfor kunne bli influert av den planlagte utbyggingen og representerer således influensområdet.

2.3 Undersøkellesmetodikk

I konsekvensvurderingen ble det benyttet følgende datasett og metoder for å beskrive naturverdi, påvirkning og forventet konsekvens på fiskebestandene i influensområdet:

- Fiskebiologiske undersøkelser
- Hydrologiske målinger og simuleringer

2.3.1 Fiskebiologiske undersøkelser

Fra og med 2002 har Norsk institutt for naturforskning (NINA) gjennomført årlige undersøkelser i vassdraget. Formålet med disse undersøkelsene har vært å bedre kunnskapen om bestandsstatus av laks og sjøaure i Surna og de effekter som kraftreguleringen av vassdraget har på fiskebestandene. Undersøkelsesprogrammet har bestått av analyser av fangststatistikk, skjellprøver av voksenfisk, og ungfiskundersøkelser i hele perioden, og bunndyrundersøkelser, gytefiskundersøkelser og smoltundersøkelser i deler av undersøkelsesperioden (se Ugedal mfl. 2014). Undersøkelsene i 2002 til 2006 ble oppsummert i Lund & Johnsen (2007) mens undersøkelsene i 2009 - 2013 ble oppsummert i Ugedal mfl. (2014).

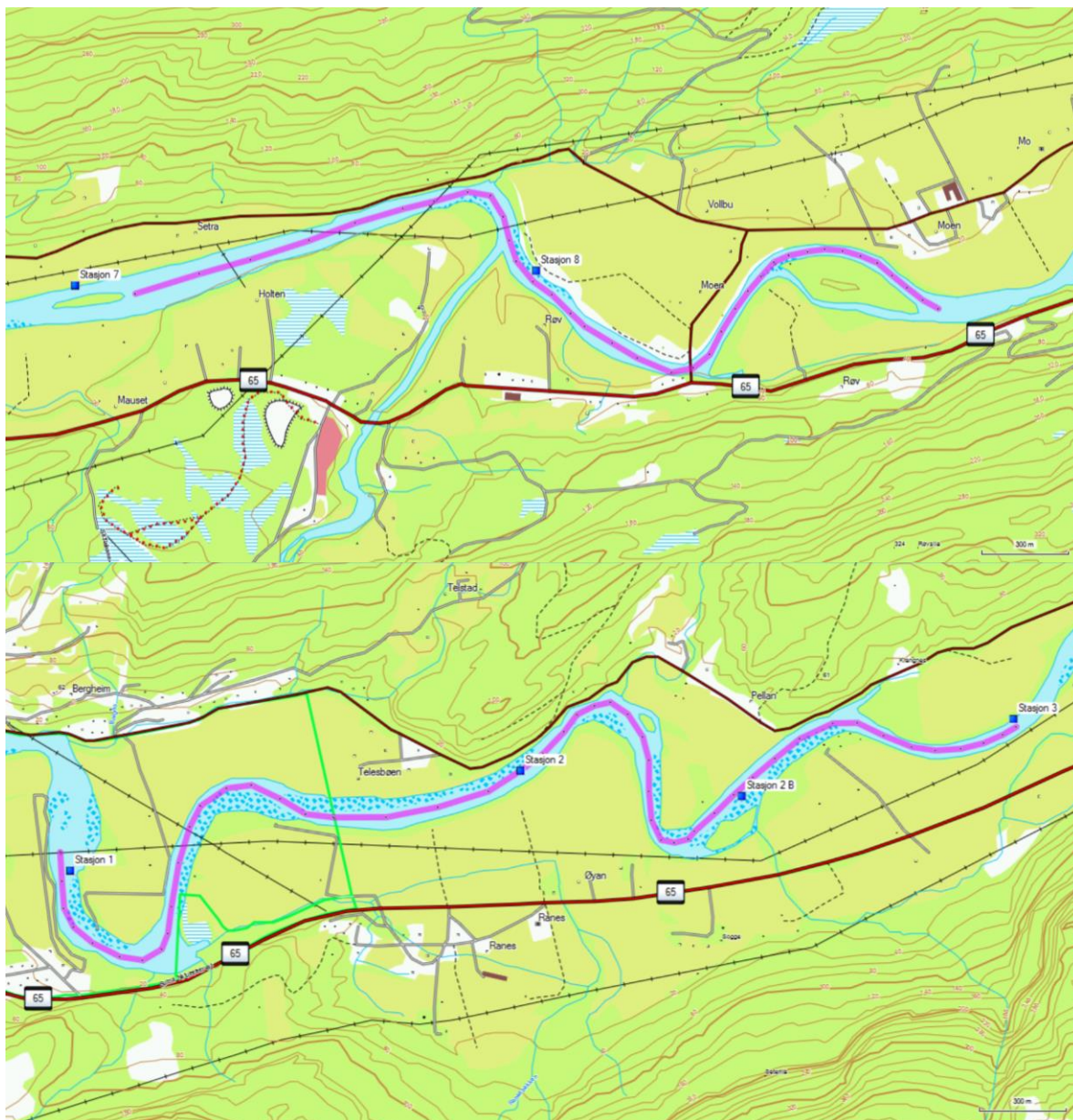
I forbindelse med denne konsekvensutredningen ble det gjennomført et elektrisk båtfiske i Surna på strekninger nedstrøms kraftverket i september 2014. Dette fisket ble gjennomført for å skaffe sikrere kunnskap om forekomsten og sammensetning av ungfiskbestanden i denne delen av vassdraget. I tillegg presenterer vi noen resultater fra det ordinære strandnære elektrofisket i denne delen av vassdraget høsten 2014.

Strandnært elektrisk fiske i september 2014

I forbindelse med de årlige reguleringsundersøkelsene i Surna ble det høsten 2014, som i perioden 2009 - 2013, gjennomført strandnært elektrisk fiske på til sammen 12 stasjoner på elvestrekningen nedstrøms Trollheim kraftverk. Resultatene fra denne undersøkelsen vil bli nærmere beskrevet i en årsrapport fra disse undersøkelsene (Ugedal mfl. 2015 under utarbeidelse), slik at bare de mest relevante resultatene blir omtalt i forbindelse med denne konsekvensutredningen.

Elektrisk båtfiske i september 2014

I september 2014 ble det gjennomført elektrisk båtfiske i to områder nedstrøms Trollheim kraftverk; det ble fisket langs seks longisekter på en drøyt tre kilometer lang elvestrekning mellom Moen og Svean, samt åtte longisekter på en om lag fem kilometer lang elvestrekning mellom Sogge og Bergheim (**figur 2.2**). Det nederste området overlapper med de fire nederste stasjonene i det årlige undersøkelsesprogrammet, mens det øverste området ligger mellom stasjonene 7 og 9 i det faste stasjonsnettet for ungfiskundersøkelser (jfr. oversikt over stasjonsnett i Ugedal mfl. 2014).



Figur 2.2. Oversikt over to områder nedstrøms Trollheim kraftverk som ble undersøkt med elektrisk båtfiske i september 2014. Lilla linjer indikerer den tre kilometer lange undersøkte strekningen ved Røv (øverst) og den fem kilometer lange undersøkte strekningen ved Telesbø (nederst). Stasjoner for strandnært elektrisk fiske er markert i kartene (jf. Ugedal mfl. 2014). Det ble fisket langs seks longisekter i det øvre området og åtte longisekter i det nedre området.

2.3.2 Hydrologiske simuleringer

Det omsøkte tiltaket vil ikke innebære fysiske inngrep i lakseførende strekningen. Potensielle effekter av tiltaket på fisk i denne delen av elva vil derfor kun være knyttet til endringer i vanntemperatur og vannføring (nivå og variasjon). De antatte effektene av et nytt aggregat på vannføringsforhold i Surnavassdraget er beskrevet av Statkraft i to i hydrologiske notater (Statkraft 2015a,b). De hydrologiske analysene er basert på simuleringer med historiske tilsigsserier for perioden 1987 til 2010 (24 år). Forventede endringer i korttidsvariasjoner i vannføring nedstrøms kraftverket er basert på 10 års tilsigsserier (for perioden 2001 - 2010).

Vi har fått oversendt resultater fra de hydrologiske simuleringene for vannføring i ulike vassdragsavsnitt (med døgnoppløsning eller ukesoppløsning), kraftproduksjon og magasinnivå i Follsjøen for tidsperioden 1987 - 2010. Ved våre vurderinger har vi i tillegg til Statkrafts beskrivelse av endringer i hydrologiske forhold, gjennomført noen egne analyser for å belyse effekten av det omsøkte tiltaket på utvalgte vannføringsforhold.

I denne rapporten har SINTEF Energiforskning vurdert endringer i vanntemperatur nedstrøms Trollheim kraftverk som følge av det omsøkte tiltaket. Denne vurderingen er basert på Statkraft sine simulerte data for endringer i vannføring, magasinnivå i Follsjøen og kraftproduksjon i Trollheim kraftverk for tidsperioden 1987 - 2010.

En konsekvensvurdering av et nytt aggregat i Trollheim kraftverk for miljøforholdene (vannføring og vanntemperatur) i Surna kan i prinsippet gjennomføres på to måter:

- 1) Ved å sammenlikne observerte historiske tidsserier for tilsig, magasininfylling, produksjon og vannføringer med en simulert tidsserie for samme periode gitt ett ekstra aggregat og Statkrafts prisforventninger for 2025.
- 2) Ved å sammenlikne to simulerte tidsserier (en uten og en med nytt aggregat) med samme prisforventninger (dvs. den for 2025).

Den første tilnærmingen vil gi en sammenlikning av en forventet endring i miljøforholdene på grunn av den samlede effekten av et nytt aggregat og en endring i prisforventninger, som vil ha betydning for hvordan kraftverket vil driftes i framtida. Denne vil trolig best representere det som faktisk kommer til å skje, men ved en slik tilnærming er det ikke mulig å skille effekten av et ekstra aggregat fra effekten av ny prisprofil på hvordan reguleringen vil påvirke kjøremønstre for kraftverket og vannføringsforholdene i vassdraget. Den andre tilnærmingen vil gi en direkte sammenlikning av forventet endring i miljøforholdene (vannføring og vanntemperatur) som skyldes at ett ekstra aggregat blir installert.

I samråd med Statkraft har vi hovedsakelig basert vår konsekvensvurdering på en sammenlikning av simulerte vannføringer med ett og to aggregater hvor driften av kraftverket er vurdert med samme prisforventning. For enkelte forhold har det imidlertid også vært hensiktsmessig å vurdere hvordan dagens regulering av vassdraget faktisk har vært gjennomført, for eksempel ved vurdering av hvordan et nytt aggregat vil kunne påvirke hyppigheten av effektkjøring i kraftverket og hvordan dette kan ha påvirket fiskebestandene nedstrøms kraftverket.

2.3.3 Endringer i vanntemperatur nedstrøms Trollheim kraftverk

Follsjømagasinet har en laveste regulerte vannstand (LRV) på kote 375 og høyeste regulerte vannstand (HRV) på kote 420. SINTEF har i tidligere analyser av vanntemperatur i Surna opprettet en modell for temperaturfordeling i Follsjø-magasinet (f.eks Harby mfl. 2007). Denne fordelingen baserer seg på temperaturmålinger utført i vannsøylen nær vanninntaket til Trollheim kraftverk ved Bollåsfjellet. Modellen tar utgangspunkt i en daglig temperaturfordeling i vannsøylen gjennom året. Temperaturene er fordelt på 5-metersintervaller fra overflaten og nedover i vannlagene. Magasinnivå legges inn i modellen og vanntemperaturene fordelt i vannsøylen hentes fra en database i samme modell. Modellen har en sommerperiode med stor spredning i temperatur og en vinterperiode med lite variasjonsbredde i temperatur, atskilt av to perioder med omrøring av vannmassene i mai og november. Inntaksordningen i Follsjøen består av to inntak på henholdsvis kote 375 og 395 som ikke kan stenges hver for seg. Dette har betydning for vanntemperaturen i driftsvannet fordi vanntemperaturen kan være forskjellig ved de to inntakene. I modelleringen tas vannet som går inn i inntaket fra vannsøylen etter en fordelingsnøkkel. Eksempelvis innebærer dette at alt vannet til kraftverket kommer fra det laveste inntaket når nivået i Follsjø er lavere enn kote 395, mens det kommer fra begge inntak over dette nivået, med en beregnet fordeling som beskrevet i Harby mfl. (2007).

Simulerte magasinnivå i Follsjøen på døgnbasis for tidsperioden 1987 - 2010 basert på tilsig og produksjon gjennom Trollheim kraftverk med ett og to aggregater (data fra Statkraft) ble satt inn i modellen. Modellberegninger av vanntemperatur i inntaksvannet til kraftverket ble utført for 1) simulert dagens produksjon med ett aggregat, samt 2) simulert fremtidig produksjon med to aggregater.

I modelleringen av temperatur fra restfeltet ble døgnmedian vanntemperaturer benyttet og disse ble beregnet fra observerte døgnverdier fra NVE sin målestasjon, Surna oppstrøms Trollheim kraftverk, i perioden 1999 - 2012. Vannføringen gjennom kraftverket og ved Skjermo ble hentet fra Statkrafts simuleringer for tidsserien 1987 - 2010, og vannføringen fra restfeltet ble beregnet som differansen mellom de simulerte vannføringene ved Skjermo og gjennom Trollheim kraftverk. For den beregnede serien for vannføringer fra restfeltet forekom det en del negative verdier. Disse negative verdiene ble fjernet ved å bruke en midlere verdi over et litt lengre tidsrom slik at tidsseriene hadde omtrent de samme langtidsmiddelverdiene som originalseriene.

Vanntemperatur i Surna like nedstrøms utløpet fra kraftverket ble til slutt beregnet på døgnbasis med en lineær funksjon, der driftsvannmengden fra Trollheim kraftverk og vannføringen fra restfeltet med sine respektive vanntemperaturer ble blandet til en totalvannføring med korresponderende vanntemperatur. Eksempelvis vil mye varmt vann blandet med lite kaldt vann resultere i en totalvannføring med relativt høy temperatur.

Usikkerheter i temperaturmodellen

Temperaturfordelingen i modellen av Follsjø-magasinet baserer seg på målinger utført i tre år (1999, 2001 og 2006). I denne utredningen baserer simuleringen av temperatur i inntaksvannet til Trollheim kraftverk på ett av disse tre årene. Året 2006 viste størst variasjon i fordeling av vanntemperatur i Follsjø i sommerperioden (1. juni - 30. september). Årene 1999 og 2001 viste lavere variasjonsbredde i vanntemperaturen i Follsjøen. Vinterperioden er tilnærmet lik for alle tre årene (lik temperatur i vannmassene). Modelleringen i denne analysen er basert på året 2006, hvor temperaturvariasjonen går fra 8 °C i lavere lag til 18 °C i de høyeste lagene ved inngangen av august. Tilsvarende fordelinger for 1999 og 2001 var henholdsvis 6-12 °C og 8-16 °C. Inntakene til Trollheim kraftverk ligger på kotene 375 og 395

og trekker dermed avhengig av magasinnivå vann fra midlere og dypere lag av Follsjømagasinet. Et alternativt valg av 1999 og 2001 som simuleringsår ville bare innebære marginalt kaldere vann gjennom Trollheim kraftverk i sommerperioden og kun utgjøre endringer i størrelsesorden 0,05 grader (differanse mellom dagens produksjon og produksjon med nytt aggregat). Dermed anses 2006 som et egnet simuleringsår.

Beregninger av vanntemperaturer i Surna med to aggregat kontra ett aggregat tar utgangspunkt i vannføringsberegninger simulert av Statkraft for de to ulike situasjonene. For begge situasjonene er det benyttet identiske tidsserier for beregnet vanntemperatur for restfeltet, mens vanntemperaturer for driftsvannet gjennom Trollheim kraftverk er beregnet ut fra tidligere målinger i inntaksmagasinet Follsjøen og en fordelingsnøkkel for hvor i magasinet det blir tappet fra. Dette er igjen styrt av vannivået i magasinet, som vil være forskjellig for situasjonene med ett og to aggregater. Temperaturen nedstrøms utløpet av Trollheim kraftverk blir da en funksjon av vannføringene i restfeltet og gjennom kraftstasjonen, med sine respektive vanntemperaturer. Usikkerheten i disse beregningene er vanskelig å tallfeste siden beregninger med simulerte vassføringer ikke kan verifiseres mot målte temperaturer.

Beregningene i denne rapporten viser at det i fiskens vekstsesong vil skje en liten nedkjøling av vannet i Surna nedstrøms kraftverket. Selv om den beregnede differansen fra dagens situasjon er liten, kan den ikke sammenliknes med usikkerheten til temperaturmodellen i seg selv, fordi den samme modellen er benyttet for de to simuleringene av ett eller to aggregat i Trollheim kraftverk. Eksempelvis må vannet nedstrøms kraftverket bli kaldere i en tenkt periode med to aggregat sammenliknet med ett aggregat dersom det kjøres mer kaldt vann gjennom kraftstasjonen, uansett om temperaturen på dette vannet ikke er nøyaktig beregnet. Usikkerheten knyttet til den ene beregningen vil altså slå i samme retning som usikkerheten i den andre beregningen, og differansen mellom disse beregningene vil dermed gi et godt bilde på endringer i vanntemperatur i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk etter at det er installert ett ekstra aggregat.

3 Fiskebestandene i Surnavassdraget

Fiskesamfunnet i Surnavassdraget er dominert av fiskebestander som vandrer mellom ferskvann og saltvann; laks, sjøaure, ål, skrubbe og trepigget stingsild. I tillegg er det stasjonære bestander av aure i deler av Surnavassdraget inkludert lakseførende vassdragsavsnitt. I Lomundsjøen og Lomunda sameksisterer bestander av sjøvandrende laksefisk med stasjonære bestander av aure. Etter vårt kjennskap er det ikke andre arter av laksefisk enn laks og aure i Surnavassdraget.

3.1 Status for bestandene av laks og sjøaure

Reguleringen av Surna, som ble tatt i bruk i 1968, berører vannføringen i omtrent to tredjedeler av den lakseførende delen av vassdraget. Ved reguleringen fikk en betydelig strekning av den lakseførende delen av elva redusert vannføring eller vesentlig endret vannføringsregime. I tidligere undersøkelser og utredninger er det pekt på at reguleringen av vassdraget har ført til redusert smoltproduksjon grunnet både reduserte oppvekstarealer oppstrøms Trollheim kraftverk og dårligere vekst- og leveforhold for fisk nedstrøms Trollheim kraftverk (Saltveit & Ofstad 1985a, 1985b, Johnsen & Hvidsten 1995, Saltveit & Brodtkorb 1999).

Laksefangstene i Surna har vært betydelige også etter reguleringen. Gjennomsnittsfangst av laks for årene 1993 - 2013 var 1200 individer og 4800 kilo (Ugedal mfl. 2014). De siste fem årene (2009 - 2013) har både antall og kilo laks fanget vært lavere enn gjennomsnittet for denne perioden med unntak av i 2010, da det ble fanget 1400 laks med en samlet vekt på 7400 kilo. Innsiget av laks til Surna har avtatt de senere årene (Ugedal mfl. 2014). Utviklingen i innsig av laks til Surna de siste årene sammenfaller i store trekk med den generelle utviklingen i laksebestander i Midt-Norge (Anonym 2014a). Redusert innsig av laks kan knyttes til redusert sjøoverlevelse, da det har vært en betydelig økning i dødelighet av norsk laks i havet de siste 20-25 år. I tillegg til disse storskala påvirkningene av utvikling i laksebestander kan også mer lokale endringer i dødelighetsfaktorer i vassdraget og i smoltens utvandningsrute virke inn på utviklingen av bestandene.

Fangstene av sjøaure i Surna økte jevnt på 1990-tallet fram til 2002 og Surna var et betydelig sjøaurevassdrag i landsmålestokk. De største fangstene ble tatt i 2000 og 2001 med mer enn 3000 sjøaure per år. Fra 2004 har fangstene avtatt kraftig og de siste fem årene (2009 - 2013) er det rapportert en fangst på færre enn 500 sjøaure, med lavest fangst de to siste årene med om lag 150 sjøaure per år (Ugedal mfl. 2014). Bestanden av sjøaure synes å ha avtatt mye i Surna løpet av de siste årene. Dette er i tråd med en generell utvikling for sjøaurebestander i denne delen av landet. På 2000-tallet har det vært en generell nedgang i sjøaurebestander på Vestlandet og i Midt-Norge (Anonym 2009, 2015). Denne nedgangen skyldes mest sannsynlig økt dødelighet av sjøauresmolt i sjøen, men også for sjøaure kan lokale endringer i dødelighetsfaktorer ha påvirket utviklingen til bestanden i Surna.

Vannføringen i Surna er betydelig påvirket av vannkraftreguleringen og vassdragets produksjonskapasitet for smolt er redusert etter regulering. Variasjoner mellom år i vannføringsrelatert dødelighet hos egg og ungfisk i elva og/eller hos smolt under utvandring er viktige lokale faktorer som kan påvirke utviklingen av både sjøauren og laksen i vassdraget. Vi har ikke tilstrekkelig grunnlag for å vurdere om og eventuelt i hvor stor grad kraftverksreguleringen har bidratt til nedgangen i bestanden av laks og sjøaure i Surna de siste årene (Ugedal mfl. 2014).

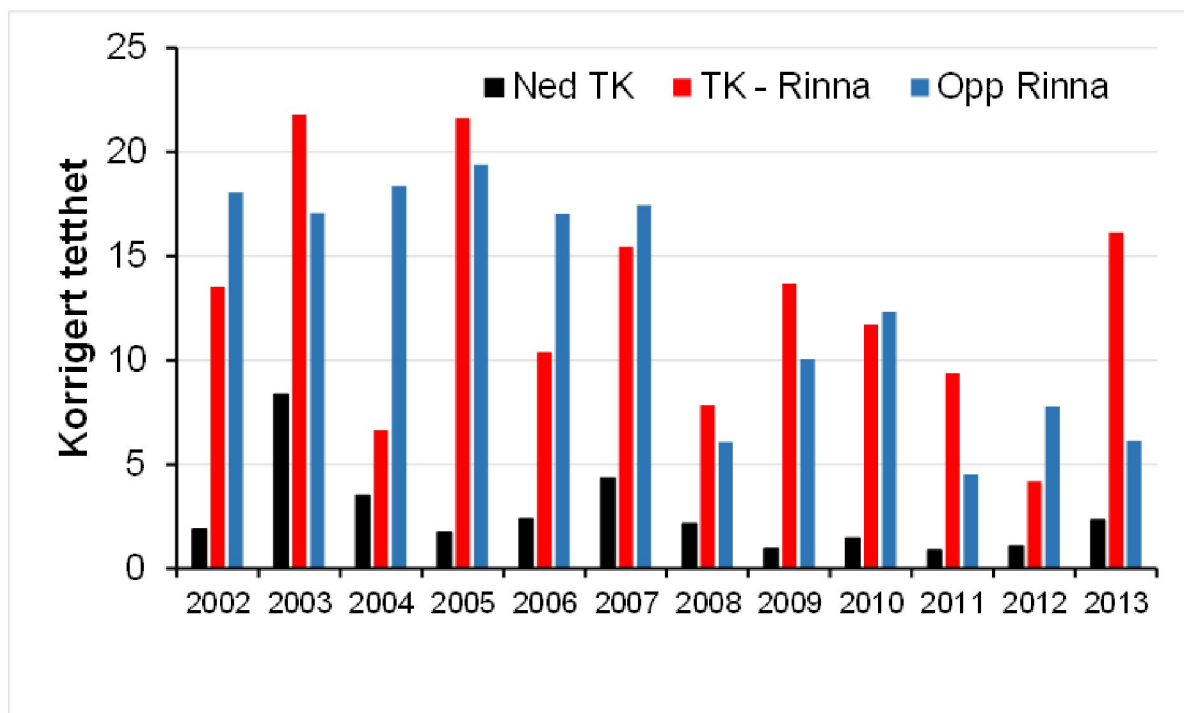
De siste årene er det innført betydelige restriksjoner på uttaket av både laks og sjøaure i Surna. Fangsten fra disse årene kan ikke direkte sammenliknes med tidligere år uten å ta hensyn til dette. I perioden 2002 - 2011 ble mesteparten av laks (> 92 %) og nesten all sjøaure (> 99 %) i elvefisket fanget nedstrøms kraftverket.

3.2 Produksjon av ungfisk og smolt nedstrøms Trollheim kraftverk

Status for ungfiskproduksjon og smoltproduksjon nedstrøms Trollheim kraftverk er vurdert basert på resultatene fra de årlige ungfiskundersøkelsene med strandnært elektrisk fisk i perioden 2002 - 2014, smoltundersøkelser med bestandsestimering i 2012 - 2013 og ungfiskundersøkelser med elektrisk båtfiske i 2014. Resultatene fra de årlige reguleringsundersøkelsene i perioden 2002 - 2014 er omhandlet av flere årsrapporter og samlerapporter (Johnsen mfl. 2011, Ugedal mfl. 2014). I denne konsekvensutredningen er bare hovedtrekkene fra disse fiskebiologiske undersøkelsene omtalt.

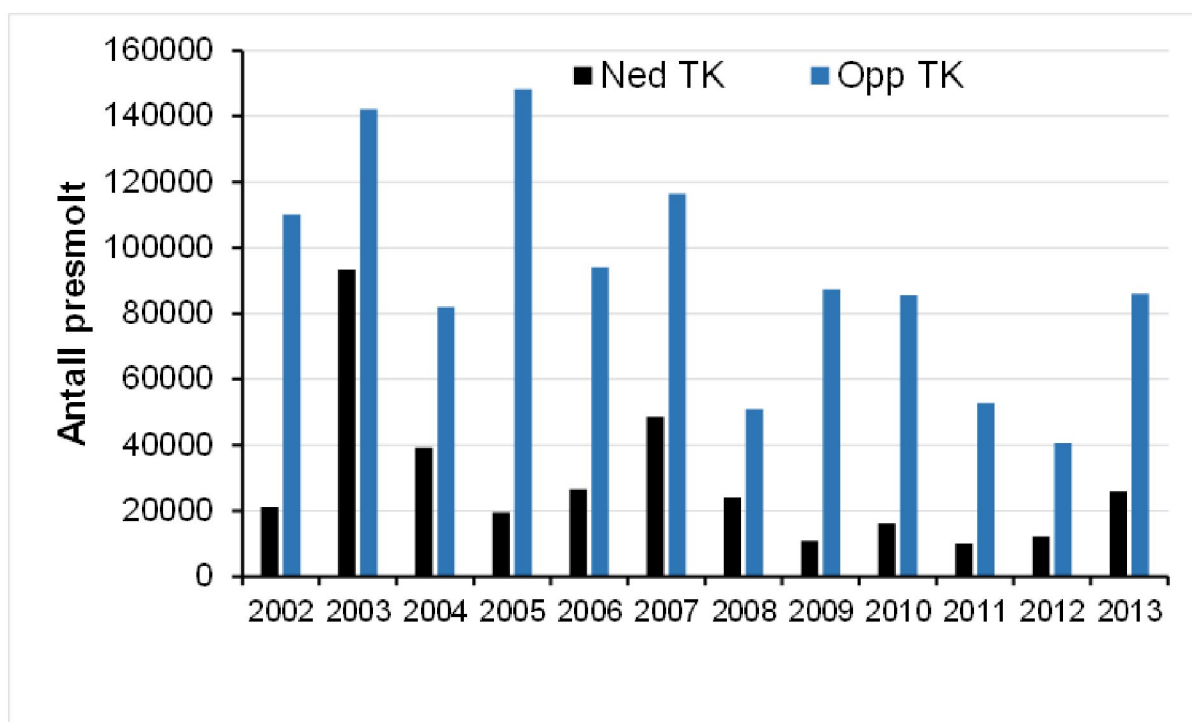
3.2.1 Ungfiskundersøkelser i perioden 2002 - 2013

Laksunger som antas å vandre ut av elva som smolt neste vår kalles presmolt. Antall presmolt om høsten og relativ betydning av ulike områder av vassdraget for produksjonen av slike individer er grovt anslått ved bruk av data fra elektrisk fiske se Ugedal mfl. 2014). I disse beregningene ble laksunger større eller lik 10 cm betegnet som presmolt. Beregningene er utført ved å benytte gjennomsnittlig tetthet av presmolt på stasjoner fordelt over hele hovedstrengen av Surna. Tetthet av pre-smolt har variert mye mellom år i de ulike delene av vassdraget (**figur 3.1**). Nedstrøms Trollheim kraftverk har tettheten de fleste år variert mellom 0,9 og 4,4 individ pr. 100 m². Den estimerte tettheten av presmolt i 2003 var vesentlig høyere. Imidlertid var det spesielle vannføringsforhold da undersøkelsene ble gjennomført, slik at det kan være riktigst å holde dette året utenfor de generelle analysene. I alle år har de beregnede tetthetene av presmolt vært vesentlig lavere nedstrøms enn oppstrøms kraftverket.



Figur 3.1. Gjennomsnittlig korrigert tetthet (n/100 m²) av presmolt laks om høsten i Surna på ulike strekninger av Surna i 2002-2013. TK = Trollheim kraftverk. Tetthetene er korrigert for vannføringsforholdene under elektrisk fiske. Figur fra Ugedal mfl. (2014).

Estimatene av antall presmolt laks om sensommeren i Surna nedstrøms kraftverket har i gjennomsnitt vært 23 000 individ. Bestanden av presmolt laks nedstrøms kraftverket synes å ha vært på det laveste i perioden 2009 - 2012 med estimerer mellom 10 000 og 16 000, mens de øvrige årene har gitt estimerer på over 20 000 presmolt (**figur 3.2**). I perioden 2002-2013 (med unntak av 2003) har den estimerte andelen av presmolt på denne elvestrekningen vært 23 % av totalt antall presmolt i Surna. Estimatene av antall presmolt laks oppstrøms Trollheim kraftverk har i perioden 2002 - 2013 i gjennomsnitt vært 82 000 individ. Samlet sett har altså estimert andel presmolt i områdene oppstrøms kraftverket (med unntak av 2003) utgjort 77 % av det totale antallet presmolt i Surna. I de aller fleste år er det estimert en større andel mellom kraftverket og Rinna (snitt 50 %) enn oppstrøms utløpet av Rinna (snitt 27 %). Det er knyttet størst usikkerhet til hvor stort det vanndekte arealet er oppstrøms Rinna, slik at betydningen av denne elvestrekningen kan være feilvurdert (se Ugedal mfl. 2014 for detaljer).



Figur 3.2. Estimert antall presmolt av laks (fisk ≥ 10 cm) om høsten nedstrøms og oppstrøms Trollheim kraftverk (TK) i Surna i perioden 2002 - 2013. Estimatenes er basert på gjennomsnittlig korrigert tetthet (til en gjennomsnittlig vannføring for undersøkelsene) av presmolt ved elektrisk fiske på tre strekninger av elva om sensommeren/høsten og vanndekt areal ved gjennomsnittlig vannføring for elektrisk fiske på de samme strekningene. Figur fra Ugedal mfl. (2014).

Det foreligger ingen kunnskap om dødelighet hos presmolt i Surna siste vinter før utvandring, slik at antall smolt som går ut av elva ikke kan fastslås ut fra presmoltestimatene. Variasjoner i antall presmolt mellom år er imidlertid det beste målet vi har på hvordan smoltproduksjonen i vassdraget kan ha utviklet seg i løpet av undersøkelsesperioden. Beregningene forutsetter at mengden presmolt på de undersøkte stasjonene er representative for alt vanndekt areal innenfor samme elvestrekning. Denne forutsetningen brytes sannsynligvis i varierende grad på ulike elvestrekninger av Surna. Vi finner det sannsynlig at det i de fleste år kan ha vært en underestimert tetthet av presmolt nedstrøms Trollheim kraftverk på grunn av metodiske begrensninger for strandnært elektrisk fiske.

3.2.2 Smoltundersøkelser i 2012 og 2013

Et av formålene med smoltundersøkelsene i Surna har vært å estimere ulike vassdragsavsnitts relative bidrag til samlet smoltproduksjonen i vassdraget (Ugedal mfl. 2014). I 2012 ble det estimert at utvandringen fra Surna var om lag 36 000 laksesmolt, hvorav utvandringen forbi Øvre Harang var om lag 26 000 smolt. Ut fra differansen mellom estimatene oppstrøms kraftverket og hele Surna, tyder resultatene på at om lag 10 000 laksesmolt stammer fra områdene nedstrøms kraftverket. Dette innebærer at om lag 28 % av laksesmolten som vandret ut fra Surna stammet fra områdene nedstrøms kraftverket dette året. Estimer over antallet presmolt i Surna i slutten av august 2011 (altså om lag 8 måneder før smoltutvandringen våren 2012), tydet på at bestanden av presmolt nedenfor kraftverket var om lag 10 000, mens bestanden oppstrøms var om lag 53 000. Denne høsten utgjorde altså det estimerte antallet presmolt nedenfor kraftverket 16 % av det totale antallet presmolt i Surna. Andelen smolt (om lag 28 %) som vandret ut fra områdene nedstrøms kraftverket våren 2012 var altså en god del høyere enn andelen presmolt i dette området høsten før.

I 2013 ble antall laksesmolt oppstrøms kraftverket estimert til minimum 7 500, mens estimatene tilsier at det vandret ut minst 25 000 laksesmolt ved Tellesbø (Ugedal mfl. 2014). Gitt samme tilnærming som i 2012, stammet altså om lag 17 500 eller 70 % av laksesmolten fra områdene nedstrøms kraftverket dette året. Mulighetene for feilvurdering av relativt bidrag er imidlertid vesentlig større i 2013, fordi begge fellene var ute av drift i 5-6 dager på starten av utvandningsperioden. Smoltestimatene i 2013 er i dårlig overensstemmelse med resultatene fra strandnært elektrisk fiske, som tydet på henholdsvis 12 000 presmolt nedstrøms og 41 000 presmolt oppstrøms kraftverket. Stans i felledriften i starten av utvandningsperioden gjør imidlertid at det ikke kan dras sikre konklusjoner om smoltens opphav i 2013.

Utvandringen av auresmolt ved Harang ble estimert til om lag 3000 i 2012, mens utvandringen ved Tellesbø var om lag 8500. Resultatene tyder altså på at utvandringen dette året var større fra hovedelva og sidebekker nedstrøms kraftverket enn oppstrøms (Ugedal mfl. 2014).

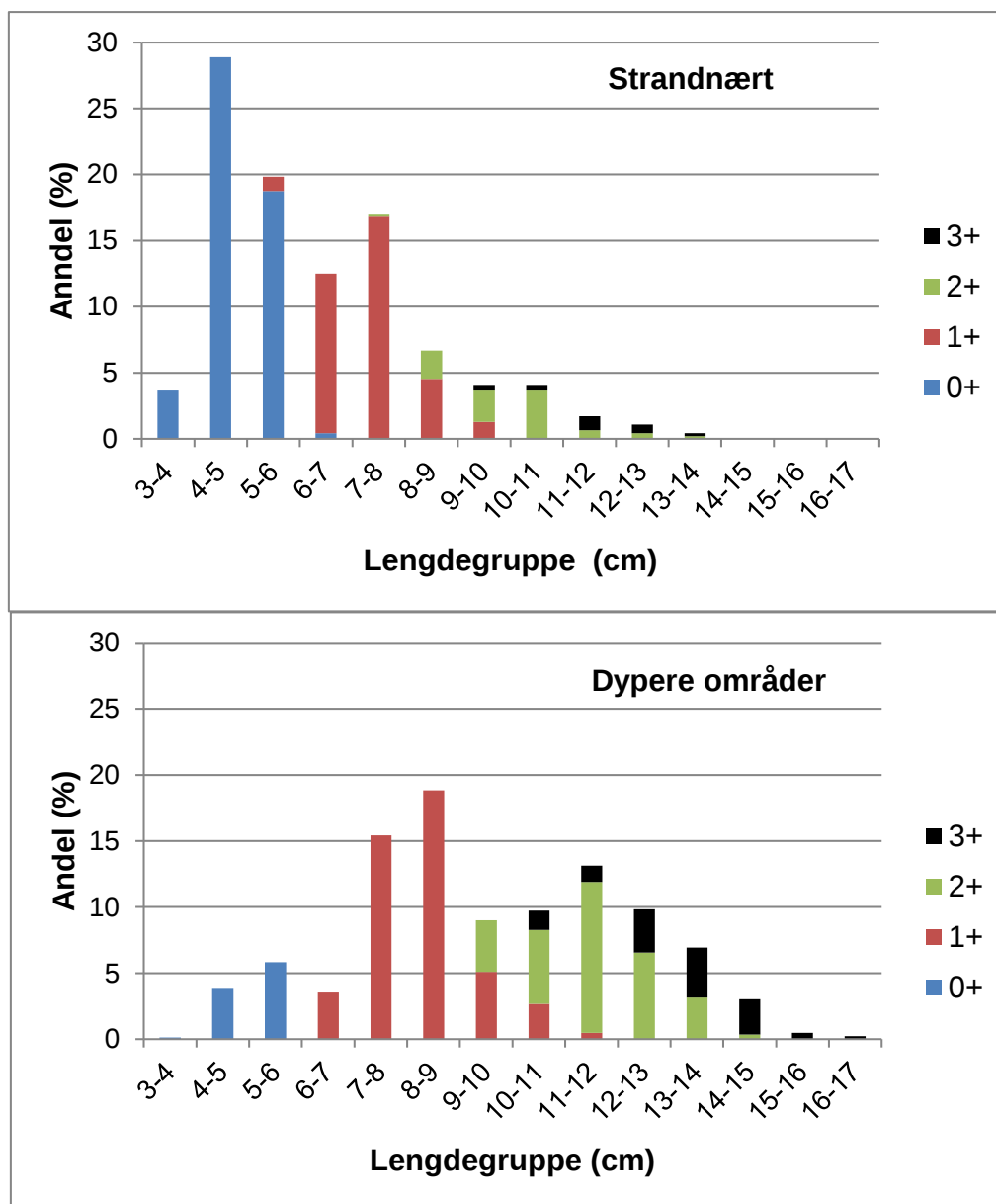
Alt i alt tyder resultatene fra smoltundersøkelsene på at smoltproduksjonen nedstrøms Trollheim kraftstasjon sannsynligvis utgjør en større andel av den totale produksjonen enn tidligere antatt. Dette kan være relatert til metodiske utfordringer ved elektrisk fiske nedstrøms kraftverket, som undervurderer produksjonen av ungfisk eller en forflytning av eldre laksunger og presmolt fra de øvre områdene. Hvor mye produksjonen kan være undervurdert gir ikke smoltundersøkelsene noe klart svar på. Best kvalitet på dataene fra fellefangsten i 2012 og det at resultatene stemmer rimelig godt overens med undersøkelsene av presmolt, tyder på at konklusjonene fra dette året er relativt pålitelige. I hvilken grad dette året er representativt for Surna generelt er imidlertid vanskelig å si ut fra smoltundersøkelsene.

3.2.3 Ungfiskundersøkelser i 2014

I 2014 ble det gjennomført parallelle undersøkelser med strandnært elektrisk fiske og elektrisk båtfiske for å få et mer oppdatert og fyllestgjørende kunnskapsgrunnlag om ungfiskbestandene nedstrøms kraftverket. Under det strandnære fisket ble det fanget til sammen 464 laksunger fordelt på fire aldersgrupper (**figur 3.3**). Fangstene var betydelig dominert av årssyngel (0+) og ettåringer (1+), som utgjorde henholdsvis 52 og 36 % av samlet fangst av laksunger. Det strandnære elektriske fisket hadde i likhet med tidligere år et lite innslag av eldre (toåringer og treåringer) samt større laksunger (individ over 10 cm). Det lave innslaget av større laksunger i det strandnære elektriske fisket samsvarer godt med tidligere ungfiskundersøkelser i nedre deler av Surna (Johnsen mfl. 2011, Ugedal mfl. 2014). I perioden

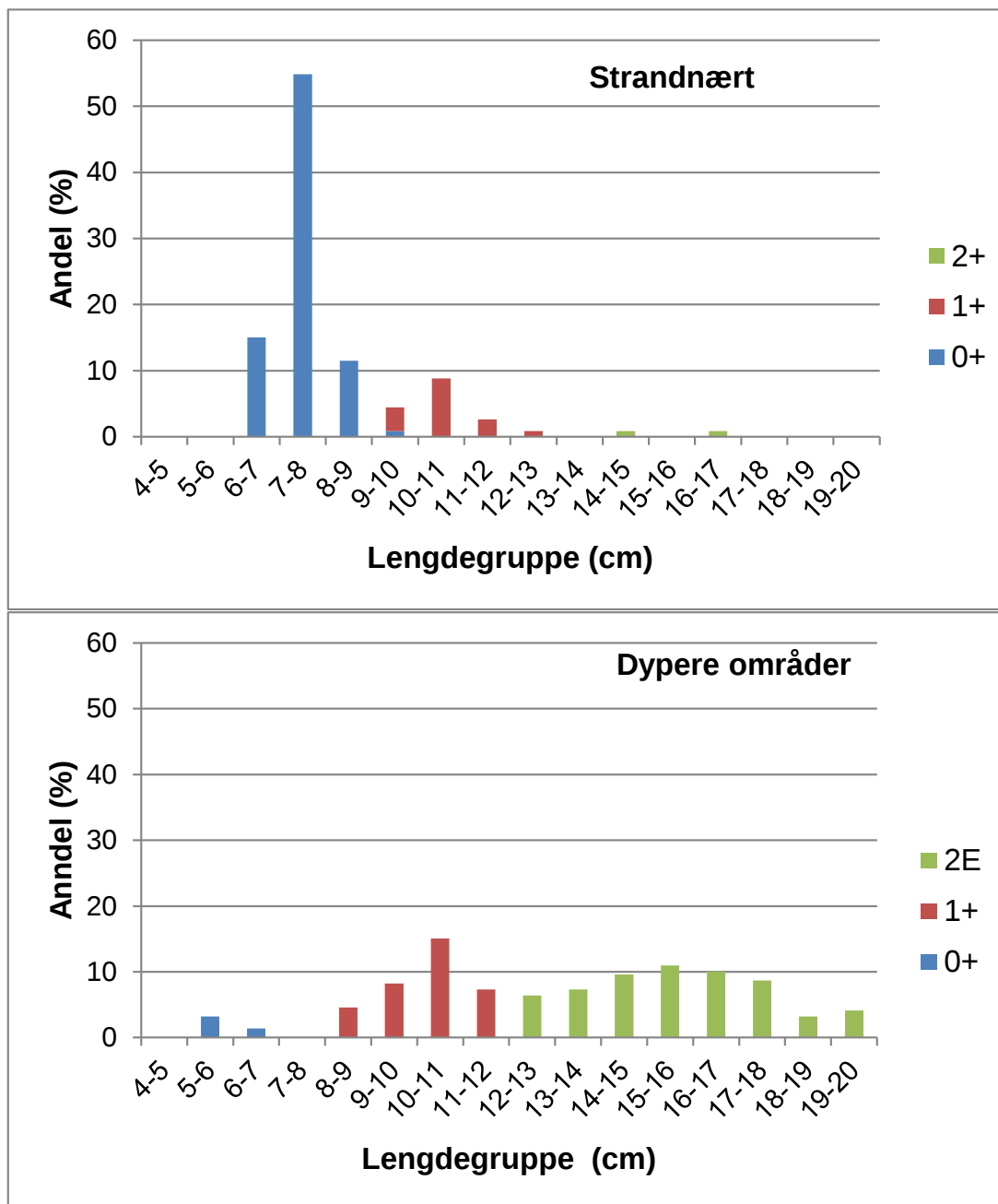
2009 - 2013 var innslaget av større laksunger nedstrøms Trollheim kraftverk jevnt over mindre enn 15 % av samlet laksefangst (Ugedal mfl. 2014).

Under det elektriske båtfisket ble det fanget til sammen 823 laksunger, 238 aurer, 20 skrubber og fire trepigget stingsild. Det ble i tillegg observert én stor ål samt et tresifret antall skrubber som ikke ble fanget, siden hovedfokus i undersøkelsen var på sjøvandrende laksefisk. Samlet overfisket strekning var 6 735 meter med en total effektiv fisketid på to timer og syv minutter. Det ble fanget fire aldersgrupper av laksunger i størrelsesspennt 38-162 mm (**figur 3.3**). Fangstene ble dominert av ettåringer (46 %) og toåringer (31 %), men det var også et relativt høyt innslag av treåringer (13 %). Innslaget av årsyngel var imidlertid lavt (10 %) og betydelig lavere enn i det strandnære elektriske fisket (52 %).



Figur 3.3. Alders- og lengdefordeling av laksunger fanget ved elektrisk fiske nedstrøms Trollheim kraftverk i september 2014. Øverste panel: Strandnært elektrisk fiske (n = 464). Nederste panel: Elektrisk båtfiske (n = 823). Kategoriene av laksunger er årsyngel (0+), ettåringer (1+), toåringer (2+) og treåringer eller eldre (3+).

Fangstene av aureunger har de senere år vært svært lave i området nedstrøms kraftverket. I det strandnære elektriske fisket høsten 2014 ble det på én gangs overfiske fanget til sammen 113 aureunger på 12 stasjoner nedstrøms Trollheim kraftverk (**figur 3.4**). Av disse utgjorde årsyngel 82 %, ettåringer 16 % og eldre ungfisk bare 2 % av fangsten. Det var bare fem av aurene som var lengre enn 10 cm og ingen var lengre enn 15 cm. Lave tettheter av aure generelt, og få større individer spesielt, har vært gjennomgående helt siden undersøkelsene startet i 2002 (Ugedal mfl. 2014).



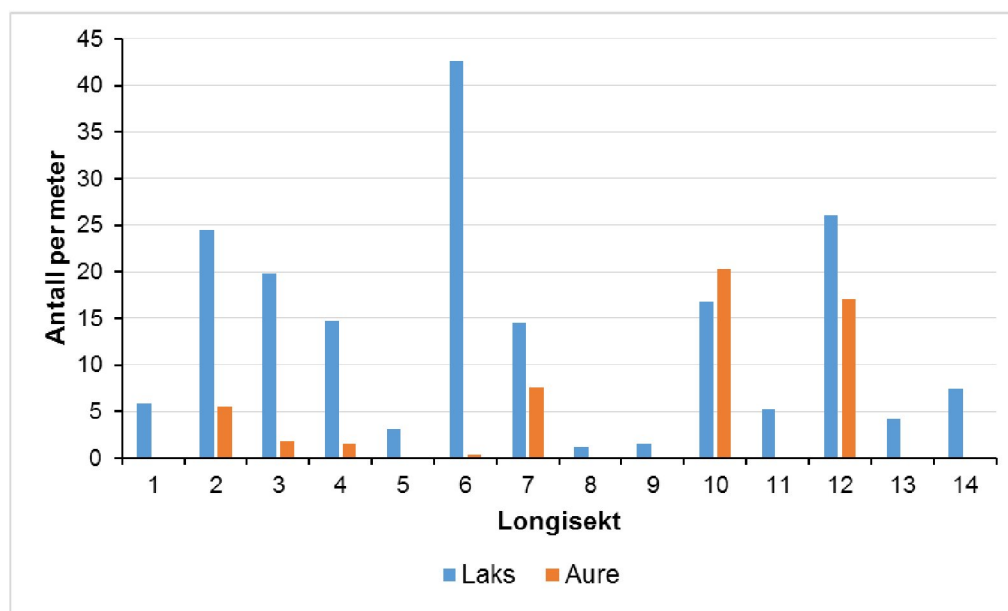
Figur 3.4. Alders- og lengdefordeling av aureunger fanget ved elektrisk fiske nedstrøms Trollheim kraftverk i september 2014. Øverste panel: Strandnært elektrisk fiske ($n = 113$). Nederste panel: Elektrisk båtfiske ($n = 219$). Kategoriene av aureunger er årsyngel (0+), ettåringer (1+) og to år eller eldre ungfisk (2E).

Aurefangsten fra det elektriske båtfiske fordelte seg i fire årsklasser av ungfisk samt noen større, umodne individer (figur 3.2). De fangete aureungene fordelte seg i 5 % årsyngel, 38 % ettåringer og 57 % eldre aureunger. I tillegg til ungfisk av aure ble det fanget 17 større, umodne aurer i størrelsesspennt 20-33 cm, hvorav de fleste var sølvfarget noe som tydet på tidligere opphold i saltvann (sjøaure).

Forskjellene i resultater fra strandnært elektrisk fiske og elektrisk båtfiske i dypere områder, kan delvis forklares med at ulike ungfiskgrupper har ulike habitatpreferanser (Heggenes 1996, Bremset 2000). Flere studier har vist at det er en tydelig størrelsessegregering av ungfisk i rennende vann, med de minste individene (årsyngel) i grunne områder nært land mens de større individene (parr) oftest finnes i dypere områder lengre fra elvebredden (Karlström 1977, Bremset & Berg 1999, Bremset & Heggenes 2001). Den aldersrelaterte habitatsegregering er en sannsynlig forklaring på at det ble fanget betydelig mer større og eldre ungfisk under det elektriske båtfiske enn under det strandnære fiske, og er også en sannsynlig forklaring på det lave innslaget av årsyngel under det elektriske båtfiske.

I tillegg er det også artsforskjeller i habitatbruk og -preferanser. Aureunger er mer knyttet til elvebredden og grunne områder enn laksunger, som i større grad foretrekker dypere områder lenger ut fra elvebredden (Karlström 1977, Bremset & Berg 1999, Bremset & Heggenes 2001). Det er usikkert om denne habitatsegregeringen skyldes konkurranseforhold eller om det reflekterer spesialisering til ulike levesteder. Et nyere studium tyder på at laksungers habitatbruk i stor grad er uavhengig av nærvær eller fravær av aure (Berg mfl. 2013), og at laksungers bruk av dype, rasktflytende områder er uttrykk for en preferanse for slike områder.

Det var svært stor variasjon i fangst av laksunger og aureunger i de ulike longisektene (figur 3.5). Det ble fanget laksunger på alle de 14 undersøkte longisektene, mens aureunger bare ble fanget på halvparten av longisektene. Mengden ungfisk varierte også betydelig med variasjoner mellom én og 43 laksunger per undersøkt elvemeter, mens mengden aure jevnt over var lavere også på områder der det ble fangst av aure (maksimalt 20 aureunger per elvemeter).



Figur 3.5. Fangst per innsats (antall fanget per meter fisket) av laks- og aureunger i ulike longisekt ved fiske med elektrisk fiskebåt i Surna i september 2014.

Denne variasjonen kan i stor grad forklares ut fra til dels betydelige habitatforskjeller (**tabell 3.1**). I de to antatt dårligste habitatene for laksunger ble det fanget henholdsvis tre og sju individer. I tre av de antatt beste habitatene for laksunger ble det fanget 115-131 individer. Forekomsten av aureunger var jevnt over lavere og aure ble ikke fanget på halvparten av de undersøkte longisektene. Imidlertid ble det fanget 95 aureunger i et longisekt langs en elveforbygning like nedstrøms Sogge, som var det eneste området med en tallmessig overvekt av aureunger i fangsten. I fire andre longisekter langs forbygning var det en betydelig overvekt av laksunger.

Tabell 3.1. Vanndybde (meter), mesohabitat, substrat og habitatvurdering for 14 longisekter som ble undersøkt med elektrisk båtviske i Surna. Mesohabitat og substratforhold i Surnavassdraget er tidligere kartlagt av Sundt mfl. (2006). Mesohabitat er klassifisert i henhold til Borsanyi med flere (2004) som grunne, moderate blankstryk (B1), dype, moderate blankstryk (B2), dype kulper (C), rolige grunnområder (D), dypt stryk (E) og grunt stryk (F). De aktuelle substratkategoriene i de undersøkte longisektene er 6 - fin grus (2-16 mm), 7 - grus (16-32 mm), 8 - grov grus (32-64 mm), 9 - små stein (64-128 mm) og 10 - stein (128-256 mm). På bakgrunn av fysiske og hydrologiske forhold er det gjort en subjektiv vurdering av habitatkvalitet for eldre laksunger i tre kategorier. Longisektene 2, 3, 4, 10 og 12 var nært elveforbygninger med stor skjultilgang for ungfisk.

Longisekt	Vanndybder	Mesohabitat	Substrat	Habitatvurdering
1	0,9-1,5	C	9 + 8	Middels habitatkvalitet
2	0,3-1,5	C	9 + 8	God habitatkvalitet
3	0,5-1,5	C + B1	10 + 8	God habitatkvalitet
4	0,5-1,2	B1 + C	8 + 9	God habitatkvalitet
5	0,5-1,6	C + B1	8	Middels habitatkvalitet
6	0,3-0,9	C + B1	8	Middels habitatkvalitet
7	0,7-2,1	C + B1	7 + 8 + 9	God habitatkvalitet
8	1,1-1,9	C + D	7	Dårlig habitatkvalitet
9	0,7-2,0	C + B2	7 + 8 + 9	Dårlig habitatkvalitet
10	2,0-2,5	B1 + C	9 + 7	God habitatkvalitet
11	0,6-1,2	C + B1	9 + 10	Dårlig habitatkvalitet
12	1,5-2,5	C	10	God habitatkvalitet
13	0,6-1,3	C + B1	10 + 6	Dårlig habitatkvalitet
14	0,5-1,0	E + F	10	Middels habitatkvalitet

3.2.4 Samlet vurdering av ungfiskproduksjon og smoltproduksjon nedstrøms kraftverket

Status for ungfiskbestander vurderes ofte ut fra ungfiskundersøkelser med elektrisk fiske på et stasjonsnett som er mest mulig representativt for variasjonen i undersøkelsesområdet. Et representativt stasjonsnett er generelt sett enklere å få til i smale og grunne elveavsnitt enn i brede og dype elveavsnitt som i nedre deler av Surna. Erfaringene fra september 2014 viser at det er et stort sprik mellom resultatene fra det strandnære elektriske fisket og det elektriske båtfisket (se kapittel 3.2). I det strandnære fisket utgjorde årsyngel av laks over halvparten av laksefangsten, mens store (> 10 cm) og eldre ($> 1+$) individer utgjorde mindre enn 13 % av samlet fangst av laksunger. I båtfisket var mindre enn 10 % av laksefangsten årsyngel, mens større, eldre laksunger utgjorde mesteparten av fangsten (57 %).

En kombinasjon av strandnært elektrisk fiske og elektrisk båtfiske vil trolig gi et mer presist bilde av bestandsstatus for ungfisk enn om bare én av metodene benyttes. Dette skyldes i første rekke at spennet av undersøkte områdetyper (grunne, dype, sentflytende, rasktflytende, strandnære, langt fra land mv) vil øke betydelig. I tillegg vil ulike metoder til en viss grad kunne utjevne systematiske metodiske skjevheter, som underrepresentasjon av noen grupper i fiskefangst og overrepresentasjon av andre grupper. Dersom man ser på samlet fangst av laksunger fra strandnært elektrisk fiske og elektrisk båtfiske i september 2014, får man en mer forventet fordeling av fisk med avtakende mengde fisk med økende alder og størrelse.

De sprikende resultatene fra strandnært elektrisk fiske og elektrisk båtfiske illustrerer at metodevalg har stor betydning for resultatene i ungfiskundersøkelser, og at alle datasett fra fiskestudier bør tolkes med varsomhet og med henblikk til ulike metoders muligheter og begrensninger. I og med at nedre deler av Surna har store arealer som er middels dype og dype vil metoder som er designet for grunne elveområder ha begrenset anvendelse. Detaljert habitatkartlegging i regi av SINTEF har vist at mesteparten av vanndekt areal er dypere enn 70 cm (Halleraker mfl. 2006), hvilket innebærer at strandnært elektrisk fiske ikke kan anvendes (Forseth & Forsgren 2008). Ved en vannføring på om lag $40 \text{ m}^3/\text{s}$ er det beregnet at bare 21 % av vanndekt areal er grunnere enn 70 cm (Sundt mfl. 2006), noe som tilsier at mesteparten av arealene ikke er mulig å undersøke ved hjelp av strandnært elektrisk fiske. Tetthet og sammensetning av ungfiskbestand i middels dype og dype områder har følgelig stor betydning for samlet bestandsstatus i nedre deler av Surna.

I forbindelse med et utfall i Trollheim kraftverk ble det i 2008 gjennomført en kartlegging av hølør og andre dypområder nedstrøms kraftverket (Forseth mfl. 2009). Kartleggingen viste at det var 22 større dypområder med et samlet areal på om lag $413\,000 \text{ m}^2$. Sannsynligvis er disse dypområdene viktige refugier for eldre ungfisk i perioder med rask vannstandsreduksjon samt i lavvannsperioder. Det elektriske båtfisket ble i stor grad konsentrert i nærområdet til de kartlagte dypområdene, og tydet på at disse i alle fall i perioder utnyttes av eldre, større ungfisk av laks og aure. Undersøkelsen ble gjennomført etter en lengre periode med lave vannføringer ($< 20 \text{ m}^3/\text{s}$), noe som muligens har gjort at dype områder var spesielt attraktive for større ungfisk av laks og aure.

Det finnes begrenset med informasjon om fiskeproduksjon i dypområder av større vassdrag som Surna. Undersøkelser av kulper i mindre vassdrag som Vindøla, Toåa og Homla har vist at dypområder kan ha partettheter som er vesentlig høyere enn i grunne strykområder (Bremset & Berg 1997). Overført til Surna kan dette indikere en underestimert betydning av området nedstrøms kraftverket for den totale lakseproduksjonen i Surna. En skal imidlertid være forsiktig med å overføre resultatene denne undersøkelsen da dette er resultater fra vassdrag med langt lavere vannføringer og helt andre typer kulper enn de en har i området nedstrøms kraftverket. Hovedinntrykket fra årlige drivtelling av gytefisk i perioden

2009 - 2014 er at elvebunnen i mange av dypområdene har finere substratkategorier enn det som kan observeres i de omkringliggende grunnområdene.

Resultatene fra elektrisk båtfiske bekrefter antakelsen om at strandnært elektrisk fiske underestimerer forekomst av større og eldre laksunger nedstrøms Trollheim kraftverk. Dette betyr også at dette områdets betydning for den totale produksjonen av laksesmolt i Surna er undervurdert. Det elektriske båtfisket gir imidlertid ikke grunnlag for å anslå størrelsen av denne undervurderingen. Resultatene fra smoltundersøkelsene i 2012 og 2013 peker også i retning av en undervurdering. Resultatene fra 2012 tyder på at undervurderingen var relativt liten, mens resultatene fra 2013 tyder på at undervurderingen kan være stor. Det er imidlertid knyttet noe usikkerheter til 2013-resultatene siden smoltfellene ikke var operative hele sesongen.

Elektrisk båtfiske har i liten grad vært benyttet i større, norske laksevasdrag, slik at sammenligningsgrunnlaget for undersøkelsene i Surna er noe begrenset. I tillegg til undersøkelsene i Surna er det i løpet av de senere årene gjennomført elektrisk båtfiske i Namsen og Bjøra. Disse studiene ble i likhet med studiet i Surna utført parallelt med strandnært elektrisk fiske (**tabell 3.2**). I likhet med i Surna var det i Namsen og Bjøra en betydelig overvekt av eldre, større laksunger i fangstene fra det elektriske båtfisket. I Surna var fangst per innsatsenhet (CPUE) i form av lengdemeter betydelig større i båtfisket enn i strandfisket. Videre var fangst per innsatsenhet høyere under båtfisket i Surna enn i Namsen og Bjøra, noe som tilsier at mengden laksunger i nedre del av Surna i alle fall ikke er uforholdsmessig lav.

Tabell 3.2. Sammenligning av fangst av laksunger i strandnært elektrisk fiske og elektrisk båtfiske i Surna, Namsen og Bjøra. Fangst per innsatsenhet (CPUE) er beregnet på grunnlag av overfisket elvestrekning (antall lengdemeter). Datagrunnlaget fra Namsen og Bjøra er hentet fra Berger (2012) og Bremset mfl. (2012). N/A = data ikke tilgjengelig.

Elv	Metode	Andel av fangst				CPUE (n/m)
		0+	1+	2+	3+	
Surna	Strandfiske	52	36	10	3	1,9
	Båtfiske	10	46	31	13	13,4
Namsen	Strandfiske	73	23	3	1	N/A
	Båtfiske	37	37	20	6	4,9
Bjøra	Strandfiske	76	21	3	0	N/A
	Båtfiske	53	33	11	3	7,4

Det er ikke usannsynlig at de nedre, vannrike delene av Surnavassdraget er spesielt viktig for vekst og overlevelse hos presmolt av laks. Nedstrøms vandring av presmolt om høsten er dokumentert i en rekke utenlandske laksevasdrag (Klemetsen mfl. 2003), men det er usikkert om slike vandringer også skjer i norske vassdrag. Vandring på parrstadiet kan være mellom sidevassdrag og hovedvassdrag, fra tilløpselver til innsjøer eller fra ferskvann til brakkvann. Etter utbygging har elvestrengen oppstrøms kraftverket blitt en betydelig mindre elv enn elvestrengen nedstrøms kraftverket. Det er derfor ikke usannsynlig at det skjer forflytninger av ungfisk fra områder oppstrøms kraftverket og nedover i elva i ulike deler av året, slik at noe av den smolten som vandrer ut fra områdene nedstrøms kraftverket kan

være individer som har tilbrakt deler av eller mesteparten av livet sitt i elva oppstrøms kraftverket.

Konklusjon: En samlet vurdering av resultatene fra alle undersøkelser i perioden 2002 - 2014 tilsier at vassdragsavsnittet nedstrøms Trollheim kraftverk har en vesentlig større betydning for samlet lakseproduksjon i Surnavassdraget enn tidligere antatt. Den store andelen dypområder med permanent vanndekt areal fungerer som et refugium for i første rekke større og eldre ungfish av laks og aure. Ut fra foreliggende informasjon synes de nedre deler av vassdraget i senere år å ha bidratt med inntil halvparten av samlet produksjon av lakse-smolt i vassdraget. Videre synes nedre deler (inkludert sideelver og bekker) å ha bidratt med mesteparten av samlet produksjon av auresmolt i vassdraget.

3.3 Produksjon av ungfish og smolt oppstrøms Trollheim kraftverk

Det er gjennomført årlige ungfishundersøkelser oppstrøms Trollheim kraftverk i perioden 2002 - 2014 (se Ugedal mfl. 2014). Det etablerte stasjonsnettet er relativt begrenset, med til sammen 17 stasjoner på en 34 km lang elvestrekning; åtte stasjoner mellom Lomundsjøen og Rinna og ni mellom Rinna og Trollheim kraftverk. En gjennomsnittlig avstand på to kilometer mellom hver stasjon kan gi for liten oppløsning til å fange opp betydningsfulle forskjeller i rekruttering av årsyngel mellom år og strekninger. Ettersom laksungene vokser sprer de seg over stadig større strekninger av elva (f.eks. Foldvik 2013), slik at det kan være større sjanse for at stasjonsnettet kan fange opp forskjeller i rekruttering fram til eldre livsstadier.

I tillegg til årlige ungfishundersøkelser har det vært gjennomført gytegroppregistreringer i enkelte år fra og med 2002, og gytefisktellinger har blitt utført i økende omfang i perioden 2009-2014 (se Ugedal mfl. 2014). Disse gytefiskundersøkelsene gir indirekte informasjon om eggdeponering i ulike vassdragsavsnitt. I 2012 ble det gjort gytefisktellinger i nesten hele hovedstrengen oppstrøms Trollheim kraftverk, og i 2013 og 2014 ble hele hovedstrengen oppstrøms kraftverket undersøkt. I perioden 2012 - 2014 har det blitt observert flere gytelaks på strekningen oppstrøms Rinna enn strekningen mellom Rinna og Trollheim kraftverk (Ugedal mfl. 2014, Ugedal mfl. 2015). Selv om det er noen metodiske skjevheter ved at lysfiske i smale elveparti er mer effektivt enn drivtelling i brede elveparti, tilsier gytefiskundersøkelsene de senere år at eggdeponeringen i uregulerte deler oppstrøms Rinna har vært høyere enn deponeringen i den reguleringspåvirkete strekningen mellom Rinna og Trollheim kraftverk.

Ifølge Vitenskapelig råd for lakseforvaltning har trolig eggdeponering hos laks i Surna vært under gytebestandsmål i både 2003, 2004 og 2007 (Anonym 2014b). Liten rogndeponering syntes ikke å gi spesielt svake årsklasser målt som 0+ eller 1+ på de to elvestrekningene oppstrøms kraftverket disse tre årene. Høsten 2002 peker seg derimot ut med lav gjennomsnittlig tetthet av 0+ og 1+ i påfølgende år. En stor overvekt av gytegropper umiddelbart nedstrøms utløpet fra Trollheim kraftverk høsten 2002 kan tyde på at mye av laksen ble stående her i gytetida dette året (Lund mfl. 2003). Alt i alt synes produksjonen av ungfish å ha vært gjennomgående høyere og kanskje noe mer stabil mellom Trollheim kraftverk og Rinna enn oppstrøms Rinna i undersøkelsesperioden 2002 - 2013. Dette kan skyldes at rekrutteringen er mer variabel for eksempel som følge av større variasjon i forekomst av gytefisk mellom år oppstrøms utløpet av Rinna.

Ungfishundersøkelsene i perioden 2002 - 2014 har jevnt over vist høyere tettheter av årsyngel av laks oppstrøms Rinna enn mellom Rinna og Trollheim kraftverk. Disse resultatene samsvarer med resultatene fra gytefiskundersøkelser i senere år (se ovenfor). Imidlertid synes ikke de høyere tetthetene av egg og årsyngel i øvre deler å resultere i en høyere tetthet av eldre laksunger, og det er heller ingen signifikant samvariasjon mellom tetthet av årsyngel

ett år og tetthet av ettåringer neste år (Ugedal mfl. 2014). Generelt sett er det mindre mellomårsvariasjon i ungfisktetthet på strekningen mellom Rinna og kraftverket enn på strekningen oppstrøms Rinna. Estimert tetthet av presmolt viser lignende verdier for de to delstrekningene oppstrøms kraftverket; 4,2-21,8 presmolt per 100 m² nedstrøms Rinna og 4,5-19,4 presmolt per 100 m² oppstrøms Rinna. Omregnet til antall er det beregnet at det om høsten i snitt har vært 82 000 presmolt av laks oppstrøms Trollheim kraftverk. Av disse er i gjennomsnitt omtrent to tredjedeler antatt å være på stekningen mellom Rinna og Trollheim kraftverk (Ugedal mfl. 2014).

3.4 Relativ betydning av ulike vassdragsavsnitt

Som grunnlag for vurdering av påvirkning og konsekvenser av et ekstra aggregat kan det være hensiktsmessig å vurdere den relative betydningen av ulike vassdragsavsnitt for samlet lakseproduksjon i Surnavassdraget. Ved en slik vurdering må en ha i mente at den relative betydningen av de ulike vassdragsavsnittene har variert og vil variere mellom år. Vår vurdering av andel av lakseproduksjon i ulike vassdragsavsnitt er derfor gitt med en relativ stor usikkerhet mellom nedre og øvre skranke. Vi kan heller ikke utelukke at det skjer nedstrøms forflytning av laksunger fra områdene oppstrøms Trollheim kraftverk, slik at undersøkelser av smolt/presmolt kan gi et noe annet bilde av de ulike vassdragsavsnittenes betydning enn undersøkelser av yngre stadier. I vurderingen er det hensyntatt resultatene fra det elektriske båtfisket i september 2014, men vi gjør oppmerksom på at resultatene her er basert på undersøkelser i bare ett år.

Surna nedstrøms Trollheim kraftverk utgjør over halvparten av vanndekt areal, og er antatt å bidra med inntil halvparten av samlet lakseproduksjon i vassdraget (**tabell 3.3**). Det nest viktigste området for lakseproduksjon er trolig hovedstrengen mellom kraftverket og utløpet av Rinna. Det viktigste sidevassdraget etter regulering er Tiåa, som trolig bidrar med opp mot 5 % av samlet lakseproduksjon i vassdraget.

Tabell 3.3. Lengde (km) og vanndekt areal (m²) i lakseførende vassdragsavsnitt i Surnavassdraget. Vanndekt areal er estimert på grunnlag av kartdata (målestokk 1: 50 000). Tiåa og Surna oppstrøms Rinna er i motsetning til andre vassdragsavsnitt ikke påvirket av reguleringsinnngrep. TK = Trollheim kraftverk.

Vassdragsavsnitt	Lengde (km)	Vanndekt areal (m ²)	Estimert andel av lakseproduksjon (%)
Surna nedstrøms TK	20,0	2 030 500 (54 %)	25-50
Surna mellom TK og Rinna	12,0	646 000 (17 %)	20-40
Surna oppstrøms Rinna	22,0	653 800 (18 %)	15-30
Rinna	3,0	73 500 (2,0 %)	< 1
Store Bulu	5,0	98 700 (2,6 %)	< 1
Folla	1,2	49 200 (1,3 %)	< 1
Vindøla	1,5	41 800 (1,1 %)	< 1
Tiåa	7,1	134 200 (3,6 %)	< 5

3.5 Andre fiskebestander

Reguleringsundersøkelsene i perioden 2002 - 2014 har hatt fokus på sjøvandrende laksefisk, og det foreligger derfor lite informasjon om status for bestandene av ål, trepigget stingsild og skrubbe. I bestandsvurderingene er det derfor lagt hovedvekt på generell kunnskap om disse fiskeartene.

Ål

Ål er en katadrom art som vandrer mellom oppvekstområdene i ferskvann og langs kysten til gyteområdene i Sargassohavet (Aarestrup mfl. 2010). Ålelarver driver med Golfstrømmen østover til europeiske farvann, og enkelte ålelarver føres nordover til Skandinavia med den nordatlantiske kyststrømmen. Det er ingen indikasjoner på at det finnes egne norske bestander av ål, men norsk ål synes å tilhøre en felles europeisk ålebestand. Det har vært få fangster av ål i det strandnære elektriske fisket i perioden 2002 - 2014, og det ble bare observert én ål under det elektriske båtfisket i 2014. Alle undersøkelsene i Surna er gjennomført etter at det har vært registrert en generell nedgang i mengde europeisk ål (Dekker 2003), og det kan derfor ikke utelukkes at Surna historisk sett har hatt langt større betydning enn nå som oppvekstområde for ål.

Trepigget stingsild

Trepigget stingsild finnes i tre ulike økologiske varianter; ferskvannsstasjonære bestander, diadrome bestander og saltvannsstasjonære bestander (Pethon 2005). Det foreligger lite kunnskap om populasjonsgenetikk og lokale tilpasninger. Ut fra foreliggende kunnskapsgrunnlag er det ikke mulig å avgjøre om trepigget stingsild i Surna er stasjonær eller vandrende, eller om det eventuelt er både stasjonære og vandrende bestander av stingsild i vassdraget. Trepigget stingsild er en vidt utbredt art i Norge med til dels svært tallrike bestander både i fjorder og vassdrag (Pethon 2005). I vassdrag er utbredelsen i all hovedsak begrenset av marin grense, og bare unntaksvis forekommer arten i vannforekomster som ligger over marin grense. I Surna ble det under elektrisk båtfiske observert spesielt mye trepigget stingsild i sentflytende partier i nedre undersøkelsesområde.

Skrubbe

Skrubbe er den eneste arten av flyndrefisk som kan vandre opp i ferskvann. Skrubbe gyter normalt i brakkvann og estuarier. Enkelte av ungene tilbringer deler av ungfiskstadiet i ferskvann, mens andre tilbringer hele ungfiskstadiet i brakkvann og saltvann (Pethon 2005). Slik sett er skrubbe i likhet med trepigget stingsild og ål fakultativ diadrom, det vil si at noen, men ikke alle, har vandringer mellom ferskvann og saltvann. Under det elektriske båtfisket i 2014 ble det i enkelte områder av Surna observert store mengder skrubbe. Spesielt store forekomster var det i relativt sentflytende områder med innslag av sand i bunnsubstratet. flatt-rykt kroppsform og nærkontakt med elvebunnen medførte svært lav fang-barhet av skrubbe, slik at innslaget av skrubbe i fangst var vesentlig lavere enn det virkelige innslaget i de lokale fiskebestandene. Samlet sett er det vurdert at Surna har stor lokal verdi som oppvekstområde for skrubbe.

3.6 Sammenstilling av verdi

Surna er blant de viktigste laksevassdragene i Møre og Romsdal, og er ofte blant landets 25 vassdrag med høyest laksefangst. Surna har også vært et betydelig sjøaurevassdrag, men mengde sjøaure har i senere år gått ned (Ugedal mfl. 2014). Elvefisket etter laks og sjøaure i Surna er godt tilrettelagt for allmennheten, selv om det i liten grad utøves fiske oppstrøms Trollheim kraftverk. De store biologiske, rekreasjonsmessige og økonomiske verdiene av laksebestanden i Surna har gjort at vassdraget er ett av 51 nasjonale laksevassdrag. Ifølge håndbok for kartlegging av ferskvannslokaliteter er nasjonale laksevassdrag definert som svært viktige ut fra at denne naturtypen har stor nasjonal verdi (Anonym 2000). Følgelig legger vi til grunn at laksebestanden i Surnavassdraget har svært stor verdi, det vil si hører til i øvre område av hovedkategorien stor verdi i konsekvensviften (jf. **figur 2.1**). Sjøaurebestanden i Surna har stor regional verdi, noe som ifølge håndbok for kartlegging av ferskvannslokaliteter tilsier at bestanden er viktig. Vår vurdering er at sjøaurebestanden i vassdraget har stor verdi, og hører til i nedre område av hovedkategorien stor verdi.

Verdisettingen av de øvrige fiskebestandene vil grunnet mindre fokus i generell bestands- overvåking og liten vektlegging i reguleringsundersøkelsene nødvendigvis bli skjønnspregete. For å si noe vedkommende er det relativt mye generell kunnskap på artsnivå, men svært liten spesifikk kunnskap på lokalt nivå. Åleforekomsten i Surna er nødvendigvis en ørliten del av den samlede åleforekomst i Norge og Europa. Den samlede verdien av Surnavassdraget for ål må derfor antas å være svært liten. I og med at det ikke er kjent om trepigget stingsild i Surna utgjør en stasjonær bestand, er del av en vandrende bestand eller en blanding av stasjonære og vandrende bestander, er det ikke mulig å fastsette noen verdi for denne arten. De høye forekomstene av skrubbe på flere undersøkte lokaliteter tyder på at Surna har stor lokal betydning som oppvekstområde for skrubbe. I og med at gyteområdene er utenfor vassdraget vurderes samlet verdi for skrubbe å være middels.

Tabell 3.4. Verdivurdering av fiskebestander i Surnavassdraget. Det er differensiert mellom antatt verdi som gyteområde og antatt verdi som oppvekstområde. Verdi for trepigget stingsild er satt som usikker siden kunnskapsgrunnlaget er utilstrekkelig.

Fiskebestand	Verdi som gyteområde	Verdi som oppvekstområde	Samlet verdi
Laks	Svært stor	Svært stor	Svært stor
Sjøaure	Stor	Stor	Stor
Ål	Ingen	Svært liten	Svært liten
Stingsild	Usikker	Usikker	Usikker
Skrubbe	Ingen	Stor	Middels

4 Effekter på fiskeproduksjon av ekstra aggregat

Installering av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk innebærer ingen ytterligere fysiske inngrep i lakseførende deler av vassdraget. Effektene på fisk i lakseførende strekning kan derfor vurderes direkte ut fra rent hydrologiske forhold som endringer i vannføring (kapittel 4.1) og vanntemperatur (kapittel 4.2). I og med at Surna er et nasjonalt laksevassdrag er det naturlig å ha hovedfokus på laks i effektvurderingene, og det foreligger også mer kunnskap om regulerings effekter på laks enn på sjøaure. Imidlertid har laks og sjøaure store likheter med hensyn til økologi, livshistorie, leveområde og habitatbruk. Dette innebærer at det er store likhetstrekk mellom artene med hensyn til type påvirkningsfaktorer og hvilke parametere som blir påvirket av reguleringsinngrep. Imidlertid kan både omfang og effekt av enkelte påvirkningsfaktorer være artsspesifikk, slik at det kan være naturlig å omhandle hvordan effekten på sjøaure kan skille seg fra laks (kapittel 4.3).

4.1 Effekter av endrete vannføringsforhold

Ved vurdering av mulige effekter av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk har vi tatt utgangspunkt i om, og eventuelt hvordan den økte kapasiteten i kraftverket vil påvirke vannføringer som antas å ha betydning for produksjon av laksefisk. Vi har spesielt vurdert følgende vannføringsforhold (jfr. Forseth & Harby 2013):

- Lavvannføring om vinteren (vinteroverlevelse)
- Vannføring om sommeren: (overlevelse, vekst, produksjonsareal)
- Vannføring ved smoltutvandring
- Vannføring ved oppvandring av voksen fisk
- Frekvens og amplitude på større flommer,
- Frekvens og amplitude på raske vannføringsendringer.

Nedstrøms Trollheim kraftverk har vi også gjort en vurdering av mulige virkninger som følge av at den økte kapasiteten i kraftverket gir endringer i effektkjøring/produksjonstilpasninger.

4.1.1 Nedstrøms Trollheim kraftverk

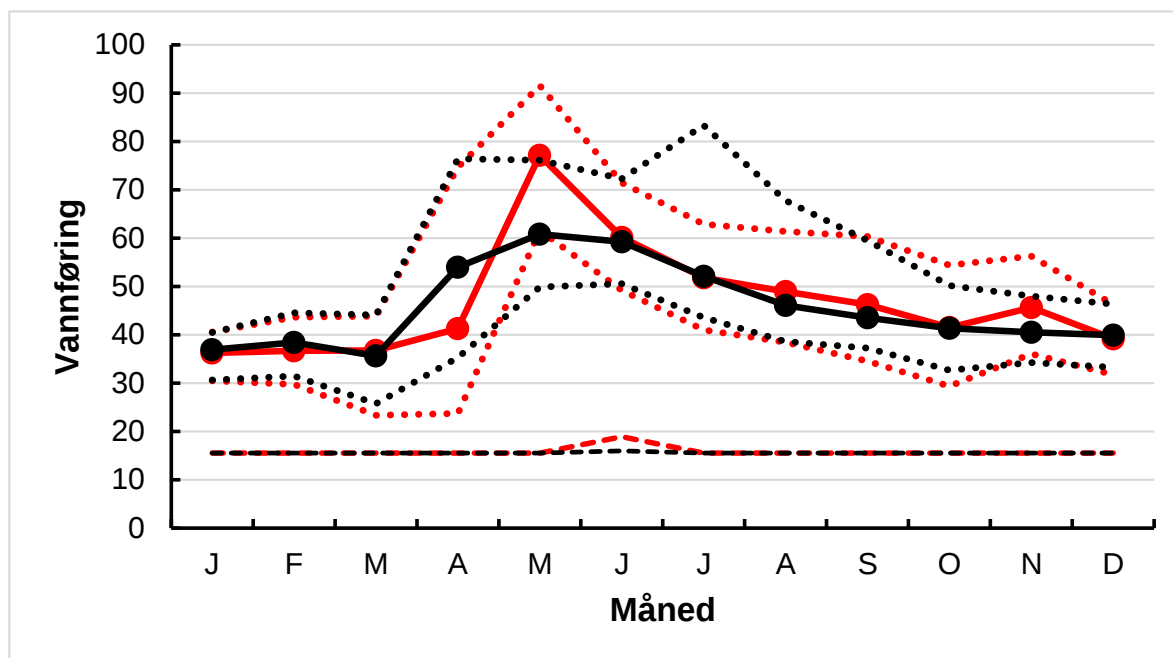
Elvestrekningen mellom Trollheim kraftverk og utløpet av Vindøla har gjennom året en liten økning i gjennomsnittlig vannføring sammenlignet med situasjonen før regulering som følge av at regulert felt i Vindøla er ført oppover i vassdraget (Halleraker mfl. 2006). Nedstrøms utløpet av Vindøla er gjennomsnittlig vannføring ikke endret som følge av reguleringen, men fordelingen av vannføringen over året er vesentlig endret og vårflommene redusert i størrelse. Reguleringen og minstevannføringskrav (se nedenfor) har ført til at de laveste vannføringene blir høyere både sommer og vinter nedstrøms kraftverket etter regulering (Halleraker mfl. 2006), noe som kan ha virket i positiv retning for produksjon av fisk. Vannføringen nedstrøms kraftverket påvirkes også av effektkjøring som gir hyppige vannføringsendringer.

Skjønnsretten har forutsatt en minstevannføring på 15 m³/s nedstrøms Trollheim kraftverk (Overskjønn vedrørende revisjon fiskeerstatninger avhjemlet 6. og 7. mai 1986). Minstevannføringen kan fravikes ned til 5 m³/s i perioden 15. oktober-15. mai ved driftsfeil eller fare for driftsfeil ved kraftverket. Muligheten til unntak er håndhevet svært strengt og skjønnet gir bestemmelser om at eventuelle skader på fiskebestanden kan erstattes med økte utsetninger etter direktoratets (Miljødirektoratets) bestemmelser. Ved utfall i kraftverket på grunn av tekniske feil har det forekommet brudd på dette minstevannføringskravet, og i nyere tid (etter 2000) har dette skjedd to ganger (Halleraker mfl. 2005, Forseth mfl. 2009). Dessuten var det to utfall i kraftverket i april 2012 (Ugedal mfl. 2013).

Omløpsventilen som kom i drift i 2012 skal sikre minstevannføringen nedstrøms kraftverket ved utfall. Ifølge Statkraft vil den også dempe endringen i vannstand ved utfall. En omløpsventil vil imidlertid ikke kunne sikre alle mulige scenarier for feil, for eksempel problemer i vannveien.

Vannføringsforhold (døgnmiddelverdier) med ekstra aggregat

Ut fra Statkraft sine simuleringer av endringer i vannføringer ved Skjermo vil de største endringene i vannføring nedstrøms kraftverket med et ekstra aggregat skje i april og mai (**figur 4.1**). I april vil vannføringene med to aggregater bli gjennomgående lavere enn med ett aggregat, mens forholdet blir motsatt i mai. Endringene i april kan hovedsakelig knyttes til at teknisk revisjon i kraftverket i simuleringene med nytt aggregat er lagt til ukene 14-15, det vil si i begynnelsen av april, mens teknisk revisjon i simuleringene med dagens aggregat er lagt til uke 18-19, det vil si i begynnelsen av mai. Teknisk revisjon i kraftverket skjer i dag hovedsakelig i mai.



Figur 4.1. Simulerte månedsvannføringer (i m^3/s basert på simulerte døgnmiddelvannføringer) i Surna ved Skjermo nedstrøms Trollheim kraftverk med ett (svart farge) og to aggregater (rød farge) basert på tilsgissserier for perioden 1987 - 2010. Heltrukne linjer med punkter angir median for de simulerte tidsseriene mens stiplede linjer angir henholdsvis minimum, 25-percentilen og 75-percentilen for tidsseriene. Figuren er basert på egne analyser av data for simulerte vannføringer fra Statkraft.

Ettersom den skjønnspålagte minstevannføringen nedstrøms kraftverket ikke endres vil det i prinsippet ikke bli endringer i de laveste vannføringene hverken om sommeren eller vinteren i denne delen av elva med ett ekstra aggregat. I tillegg har Statkraft lagt inn en restriksjon som sier at den ekstra slukeevnen med et nytt aggregat ikke skal utnyttes i perioden 1. desember til 15. april. Det vil derfor bli svært små endringer i døgnavannføringer i denne perioden av året.

Når det gjelder sommervannføringene så viser simuleringene ingen betydelig endringer i medianverdiene, men noe større endringer ved høyere vannføringer hvor 75 percentilen med to aggregater ligger lavere enn med ett aggregat i juli og august (**figur 4.1**). Om høsten forventes det noe høyere vannføring i november, men bare små endringer i oktober, som er hovedmåneden for gyting hos laks og sjøaure i Surna. Endringene i flomforholdene i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk vil ved overgang fra ett til to aggregat medføre små endringer i flomvannføringer, men det vil bli noe høyere total volum i vårflommen på grunn av at magasinene fylles opp til et lavere nivå (Statkraft 2015a).

Mulige effekter av endringene i vannføringsforhold

Laveste ukemiddelvannføring om sommeren og vinteren er antatt å være dimensjonerende for henholdsvis vinteroverlevelse og sommeroverlevelse og representerer viktige flaskehalser for fiskeproduksjonen (jfr. Forseth & Harby 2013). Fordi disse ikke vil endres med et ekstra aggregat, forventes det ikke endringer i fiskeproduksjonen som følge av slike forhold nedstrøms kraftverket.

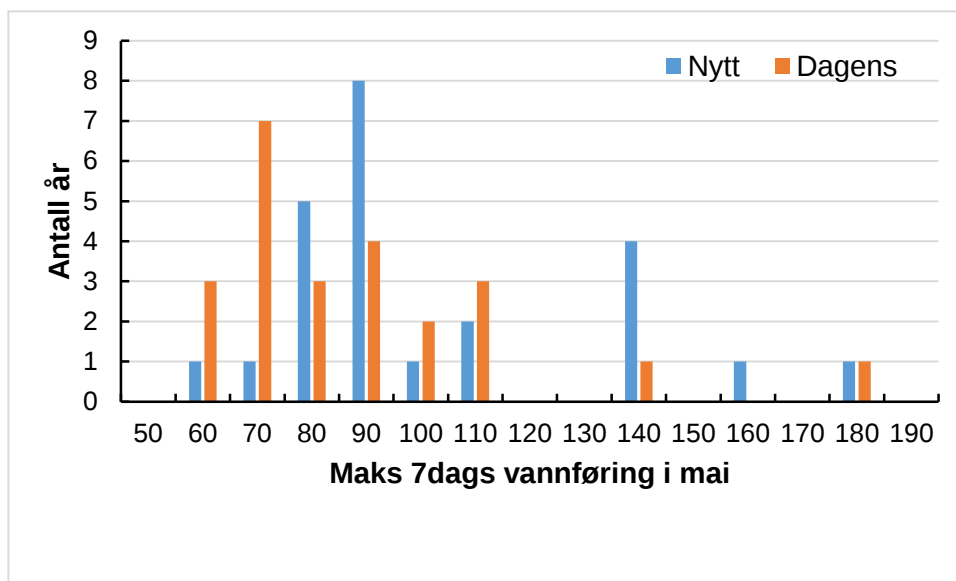
Endringene i vårvannføring kan imidlertid påvirke fiskebestandene. Undersøkelser i Surna viser at utvandringen av smolt foregår fra slutten av april til ut i juni, med mai som hovedmåned for utvandring både oppstrøms og nedstrøms Trollheim kraftverk (Ugedal mfl. 2014). Surna var før regulering karakterisert av en rask stigning i vannføring om våren og vanligvis med en flomtopp på mer enn 150 m³/s i slutten av mai (Halleraker mfl. 2006). Det var derfor forventet at utvandringen av laksesmolt i Surna, som i flere andre vassdrag med liknende vannføringsregime i regionen, skulle skje i forbindelse med vårflom og at vannføring og vannføringsendringer skulle ha betydning for utvandringsforløpet (Johnsen mfl. 2011). Smoltundersøkelsene i Surna i 2011-2013 bekreftet i stor grad dette.

Statistisk modellering av utvandringsforløpet til laksesmolt ved Tellesbø (langt nede i Surna) i 2012 - 2013 tyder på at sannsynligheten for utvandring øker med høy vannføring, men i denne modelleringen slo verken endringer i vanntemperatur eller endringer i vannføring signifikant ut (se Ugedal mfl. 2014 for detaljer). For utvandringen ved Tellesbø var to temperaturred i modelleringen signifikante, men disse leddene virket i motsatt retning og ga til sammen et bidrag som tyder på at utvandringen øker med temperaturen opp til ca. 4-5 °C der effekten flater ut og er tilnærmet konstant opp til ca. 12 °C. Modelleringen ved Tellesbø tyder også på at utvandringen øker utover i sesongen.

Undersøkelser har vist at størrelsen på vannføringen under utvandringen er viktig for overlevelsen til utsatt smolt i flere regulerte vassdrag, inkludert Surna (Hvidsten & Hansen 1988, Hvidsten mfl. 2004), og det er også undersøkelser som tyder på at økt vannføring i slike vassdrag påvirker overlevelsen til vill laks (Forseth mfl. 2003, Jensen mfl. 2011). Gjenfangsten av utsatt smolt i Surna viste en økning fra 1,5 til 2,5 % når vannføringen innenfor en sjudagers periode etter utsetting økte fra 40 til 100 m³/s (Hvidsten & Hansen 1988). En mulig årsak til økt overlevelse ved økt vannføring under utvandring kan være at smolten blir mindre utsatt for predasjon ved slike forhold.

Nedstrøms Trollheim kraftverk er vannføringen betydelig jevnet ut etter regulering og i alle deler av vassdraget som er berørt av reguleringen er vårflommen redusert både i varighet og størrelse (Halleraker mfl. 2006). Sakkyndige vurderinger har fremhevet at redusert vårflom og økt dødelighet hos smolt under utvandring kan være en viktig årsak til redusert "effektiv smoltproduksjon" i Surna etter regulering (Johnsen & Hvidsten 1995). En medvirkende årsak til redusert vannføring i utvandringsperioden nedstrøms Trollheim kraftverk i Surna i mange år har også vært at kraftverket har vært stengt i deler av perioden på grunn av teknisk revisjon. Av hensyn til smoltutvandring og vannføringsrelatert smoltoverlevelse hadde det vært gunstig å legge revisjonstidspunktet til en mindre sensitiv periode.

Simuleringene viser altså en høyere vannføring i mai med to aggregater (en viktig årsak er flytting av revisjonstidspunktet) og en nærmere analyse av maksimum vannføring i løpet av smoltutvandringsperioden viser at de blir betydelig færre år med de laveste maksimumsvannføringene (under 70 m³/s) og flere år med vannføringer mellom 80 og 90 m³/s (**figur 4.2**). Ut fra gjennomgangen ovenfor vil gjennomgående høyere vannføringer under smoltutgangen i de fleste år trolig gi mer synkron utvandring og bidra positivt til smoltens overlevelse under utvandring og trolig i fjorden utenfor. Endringene i maksimum vannføring er imidlertid relativt små med ett ekstra aggregat (noe mindre enn 15 m³/s økning i gjennomsnitt og median av 7 dagers maksimum) og vannføringen ved smoltutvandring med to aggregater vil fremdeles være vesentlig lavere enn før regulering. Effekten av denne endringen i vårvannføring antas å gi en liten positiv virkning med hensyn på smoltoverlevelse gitt at tidspunkt for teknisk revisjon av kraftverket ikke skjer i smoltutvandringsperioden.



Figur 4.2. Frekvensfordeling av vannføringer i smoltutvandringsperioden (7 dagers maksimum) med ett (dagens) og to (nytt) aggregater i Trollheim kraftverk. Figuren er basert på egne analyser av data for simulerte vannføringer ved Skjermo i perioden 1987 - 2010 (24 år) fra Statkraft.

Fra naturens side er det ingen oppvandringshindre eller vandringsforsinkende områder i den lakseførende delen av Surna nedstrøms kraftverket. Fordi oppvandringen i dette området ikke er vanskelig og fordi vannføringsforholdene med et ekstra aggregat ikke vil endres vesentlig i oppvandringsperioden, forventes ingen effekt på oppvandring, hverken for laksefisk eller noen av de andre fiskeartene.

4.1.2 Effektkjøring (produksjonstilpasninger)

Trollheim kraftverk har lenge hatt raske produksjonstilpasninger, også kalt effektkjøring, der vannføringen nedstrøms kraftverket endres raskt innenfor korte tidsintervaller (ofte på døgnbasis). Selv om det allerede fantes et kunnskapsgrunnlag om biologiske konsekvenser av effektkjøring i elver (oppsummert i Harby mfl. 2004) så har kunnskapen blitt betydelig bedre gjennom prosjektet EnviPeak (<http://www.cedren.no/Projects/EnviPEAK/Publications>) i forskningssenteret CEDREN), og spesielt har forståelsen av mulige bestandseffekter på fisk blitt bedre. Prosjektet avsluttes i disse dager og sluttrapporten (Bakken, Forseth & Harby

[redaktører] 2015 under utarbeidelse; heretter Bakken mfl. 2015) som oppsummerer kunnskap (fra internasjonal litteratur og resultatene i prosjektet) nærmer seg publisering. Kunnskap utviklet i EnviPEAK er tatt med i vurderingene i denne rapporten.

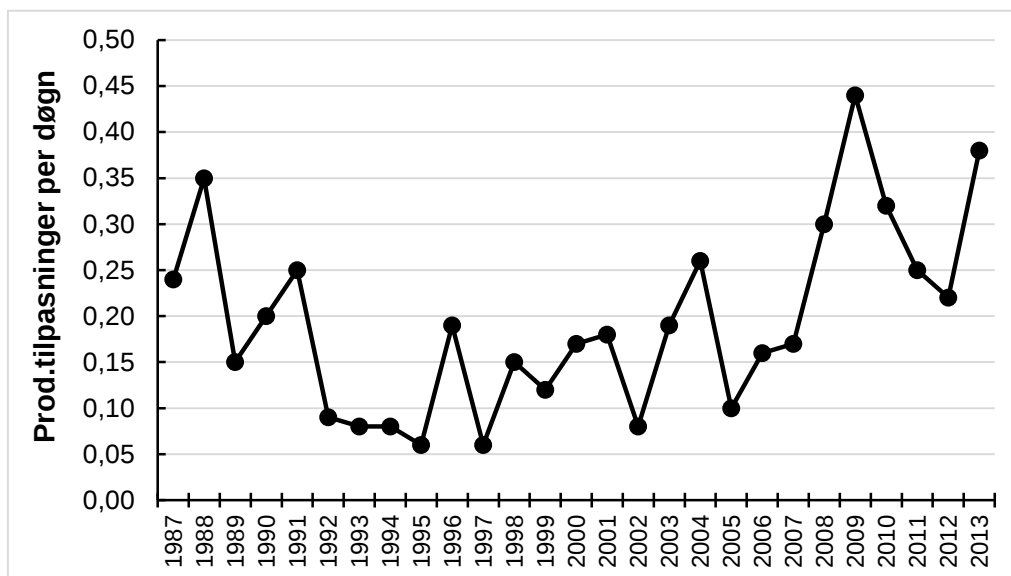
Det er godt dokumentert at effektkjøring kan medføre at fisk dør ved stranding, påvirkes negativt av miljøvariasjonen eller påvirkes indirekte av at næringsgrunnlaget (bunndyr) forringes (oppsummert i Harby mfl. 2004 og Bakken mfl. 2015). I den hydrologiske utredningen (Statkraft 2015b) er det gjort simuleringer som viser at frekvens og amplitude (forskjell mellom øvre og nedre vannføringsnivå) for effektkjøring vil være relativt likt med ett og to aggregater i vinterperioden, mens både antall episoder og amplitude vil øke i sommerperioden og tidlig høst. Konsekvensene av disse endringene må derfor vurderes.

Det er en utfordring for konsekvensvurderingen på dette temaet at null-alternativet (ingen endring) ikke er godt definert. Vi gjennomførte en enkel analyse av effektkjøringshendelser basert på vannføringsdata fra 1987 til 2013 (timesverdier for vannføring fra NVE sin målestasjon ved Skjermo) hvor vi brukte samme definisjon av effektkjøring som i Statkraft sitt hydrologinotat (Statkraft 2015b):

- Effektkjøring er en endring i vannføring på mer enn 14 m³/s i løpet av et døgn,
- Oppkjøring ett døgn og nedkjøring neste døgn er to hendelser,
- To oppkjøringer per døgn er én hendelse.

I tillegg fjernet vi hendelser som var knyttet til naturlige flomsituasjoner ved å se bort fra endringer som skjedde ved vannføring på mer enn 50 m³/s.

Vi fant effektkjøringshendelser allerede det første året (1987) i tidsserien og gjennomsnittlig antall hendelser pr døgn var relativt høyt i de første fem åra, var lavt i perioden 1992 - 1995 for deretter å øke igjen med de høyeste verdiene i tidsserien i perioden 2009 - 2013 (**figur 4.3**).



Figur 4.3. Gjennomsnittlig antall produksjonstilpasninger per døgn i Trollheim kraftverk i perioden 1987 - 2013. Egne analyser basert på endringer i vannføring (timesverdier) ved NVEs vannføringsstasjon ved Skjermo i Surna.

Mange av vannføringssendringene skjedde mellom i overkant av 35 m³/s og ned til ca. 20 m³/s, men det ble også kjørt ned til 15 m³/s. Fra 2013 har tekniske begrensninger i kraftverket gjort at det ikke ble kjørt med lavere vannføring enn 18 m³/s. Det er ikke slik at alle nedtappinger har gått til laveste mulige nivå. I mange år ble nedkjøringene gjort uten formelle begrensninger i nedtappingshastighet, men basert på kunnskapsoppbyggingen om stranding av fisk ved raske nedtappinger innførte Statkraft fra årsskiftet 2005 - 2006 en restriksjon som gjorde at nedtappingshastigheten ble redusert for deler av vannføringssområdet (fra 30 m³/s og nedover). Basert på en evaluering av restriksjonen (Forseth mfl. 2009) ble den utvidet til å gjelde hele det relevante vannføringssområdet (fra 50 m³/s og nedover) fra 2009. Denne restriksjonen innebærer at vannstanden nedstrøms kraftverket som hovedregel faller med mindre enn 10 cm per time over hele nedtappingen, og stranding av fisk sannsynligvis vil forekomme sjeldnere, ramme relativt få fisk og strandingsdødelighet vil ha mindre betydning for fiskebestandene (Bakken mfl. 2015). Bunndyr evner imidlertid i svært liten grad å unngå stranding selv ved så lave senkningshastigheter som mindre enn 10 cm per time, og det er å forvente at bunndyrproduksjonen i tørrleggingssonen reduseres.

Den biologiske virkningen av effektkjøring i Surna nedstrøms kraftverket har således trolig endret seg mye i perioden med følgende sannsynlige hovedtrekk:

- Strandingsdødelighet hos fisk kan ha vært relativt omfattende på slutten av 80-tallet, avtok tidlig på 90-tallet (på grunn av redusert frekvens av nedtappinger) for så å øke igjen fram til det ble innført restriksjoner på nedtappingshastigheter i 2006, og bli lav fra 2009. De tekniske begrensningene som gjorde at nedtappingene etter hvert fikk laveste vannføring på 18 m³/s i stedet for 15 m³/s (gjennom kraftverket) har trolig også bidratt positivt i de siste to år (men se nedenfor).
- Strandingsdødelighet hos bunndyr kan også ha vært høy på slutten av 80-tallet, avtok tidlig på 90-tallet (på grunn av redusert frekvens av nedtappinger), men har deretter trolig økt i takt med økningen i frekvens av nedtappinger. Med så mange raske vannføringssendringer som gjennomføres i løpet av året i Surna er det sannsynlig at tørrleggingssonen mer eller mindre forsvinner som produksjonsområde for bunndyr.

Området som påvirkes ble noe redusert da laveste vannføring i kraftverket etter nedtapping økte fra 15 til 18 m³/s i 2013, og dette kan ha bedret forholdene for bunndyr noe. Null-situasjonen når det gjelder effektkjøring er således en dynamisk situasjon som har vært i endring over mange år.

Det er også nødvendig med en avklaring av null-alternativet. Løpehjulet på eksisterende turbin i Trollheim kraftverk må byttes. Dette er planlagt gjennomført i løpet av et par år. Skifte av løpehjul på eksisterende aggregat vil bety at nedkjøring av stasjonen, og overgang til drift på aggregat 2 eller omløpsventil, blir mer gunstig både rent teknisk og miljømessig. Dette fordi dagens minimumslast på eksisterende aggregat er 18-19 m³/s, mens et nytt løpehjul vil kunne kjøres ned til 14-15 m³/s før det stanses. Dette innebærer imidlertid at effektkjøring igjen kan gjennomføres slik at laveste vannføringer i Surna nedstrøms kraftverket blir 15 m³/s. I hydrologiutredningen til Statkraft er derfor simuleringene av både null-alternativet og alternativet med et nytt aggregat gjort med samme laveste vannføring gjennom kraftverket Statkraft 2015b). Vi har forholdt oss til at null-alternativet i konsekvensvurderingen av effektkjøring er at vannføringen gjennom kraftverket kan drifles med vannføringer ned til 14-15 m³/s. Vi bemerker imidlertid at når vannføringen gjennom kraftverket reduseres til et minimum på 14-15 i stedet for 18 m³/s og restvannføringen er lav (slik at vannføringen blir 16-17 i stedet for 19-20 m³/s) så reduseres vanndekt areal med bare om lag 1,7 %. Permanent vanndekte arealer er trolig dimensjonerende for bunndyrproduksjonen (tørrleggingssonen kommer ut av produksjon ved hyppige tørrlegginger over det meste av året), men forskjellen mellom de to alternativene er svært liten, selv når restvannføringen fra strekningen oppstrøms kraftverket er så liten som 1-2 m³/s.

Beskrivelse av null-situasjonen

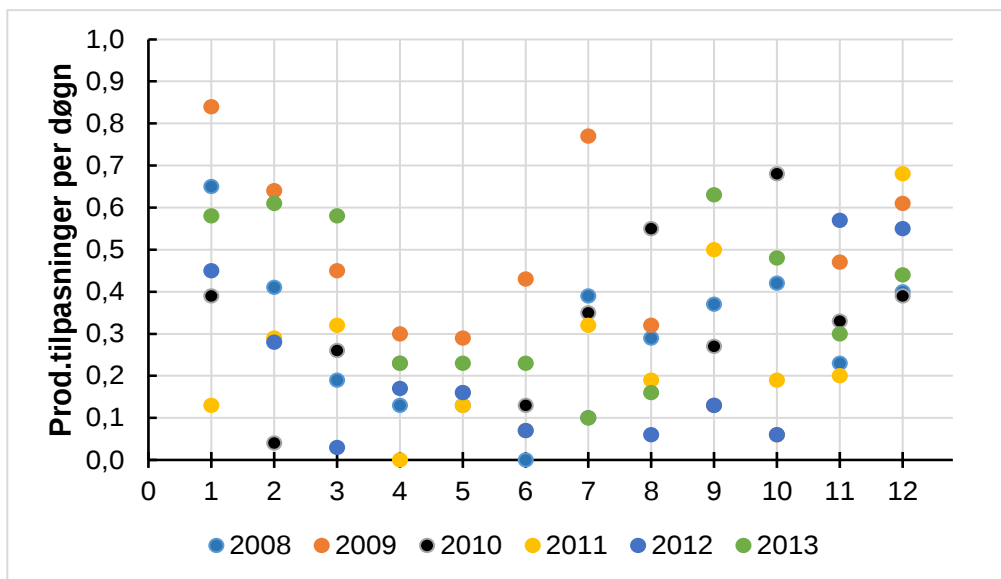
Før vi vurderer konsekvensene av endringer i effektkjøring med et nytt aggregat beskriver vi her kort dagens situasjon og mulig påvirkning på fiskebestandene nedstrøms kraftverket, basert på en beskrivelse av fysiske forhold som er relevante for virkning på økosystemet.

Viktige fysiske faktorer som bestemmer virkningen av effektkjøring er 1) hastigheten på nedtappingen, 2) amplituden for vannføringssvingningene (vannføringsratio) og endringene i vanddekt areal, 3) frekvensen av effektkjøring og 4) tidspunkt på året og døgnet for effektkjøring (Bakken mfl. 2015).

I Trollheim kraftverk er det selvpålagte restriksjoner for nedtappingshastighet som tilsier at senkningshastighetene (ved Skjermo) skal være lavere enn 10 cm pr time (se **vedlegg 1**). Så lave senkningshastigheter vil redusere stranding betydelig, men ikke eliminere den (Saltveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003). I tillegg er det en strengere restriksjon fra 15. mai til 15. juni (6 timer fra 50 til 15 m³/s) og på dagtid (når det er lyst) om vinteren (6 timer fra 50 til 15 m³/s) som gir senkningshastigheter ned mot og under 5 cm pr time. Den ekstra sommerrestriksjonen skal særlig beskytte yngel som kommer opp av grusen, mens vinterrestriksjonen i dagslys er innført fordi effektkjøring på dagtid om vinteren er vist å gi høyest stranding (Saltveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003). Dette er restriksjoner som bidrar vesentlig til at direkte strandingsdødelighet hos fisk sannsynligvis forekommer relativt sjeldent og i et lite omfang. Det må imidlertid bemerkes at stranding ikke er eliminert ved senkningshastigheter mellom 5 og 10 cm/t. I forsøk ble det registrert stranding av årsyngel av både aure og laks eksponert for senkningshastigheter under 10 cm, med medianverdier på mellom 1 og 3 % av eksponert fisk per episode (Halleraker mfl. 2005). Disse forsøkene ble gjennomført på dagtid om sommeren.

Det har vært relativt stor variasjon i vannføringsamplitude (forskjell i vannføring før og etter en opp- eller nedkjøring) og tilsvarende variasjon i tørrlagt areal ved nedtappingene i Surna. Mange av nedtappingene har vært mellom ca. 35 m³/s og 20 m³/s (vannføring ved Skjermo), mens noen av disse har gått ned til 17-18 m³/s. I andre tilfeller startet nedtappingen på en høyere vannføring, men det varierer hvor langt ned man har gått. En typisk vannføringsratio (vannføring før/vannføring etter) har således vært i størrelsesorden 1,75-2. En øvre relevant ratio med dagens aggregat er på 2,9, når nedkjøringen skjer fra 50 m³/s og til ca. 15 m³/s. Vannføringsratioene i Surna er lave i internasjonal sammenheng, men moderat høye i norsk sammenheng (Bakken mfl. 2015). I henhold til den etablerte sammenhengen mellom vanddekt areal og vannføring for Surna nedstrøms Trollheim kraftverk (Halleraker mfl. 2005) vil en nedtapping fra 35 til 20 m³/s tørrlegge ca. 7 % av arealet som var vanddekt før nedtappingen startet. Tar vi utgangspunkt i null-alternativet slik det ble beskrevet ovenfor og regner med nedtapping til 15 m³/s, tørrlegges ca. 10 % av arealet. En nedtapping fra 50 til 15 m³/s (stopp i kraftverket) vil tørrlegge ca. 16 % av arealet. Effektkjøringen i Surna tørrlegger således generelt moderat store elvearealer. Vi har ikke grunnlag for å differensiere habitatkvalitet for fisk i tørrlagte og permanent vanddekte arealer.

Trollheim kraftverk har de siste årene (2008 - 2013) hatt mange produksjonstilpasninger per år (gjennomsnittlig antall produksjonstilpasninger per døgn over disse årene: 0,32; variasjonsbredde mellom år: 0,22 - 0,38), og det har ikke vært noe klart sesongmessig mønster. Unntaket er at det gjennomgående har vært noe færre tilpasninger i april, mai og juni enn i de andre månedene (**figur 4.4**). Nedtapping skjer altså til alle årstider, og både dag og natt (men se nedenfor). Det er rimelig å anta at påvirkningen på fisk og bunndyr øker både med frekvensen av effektkjøring og hvor store deler av året det er effektkjøring (Bakken mfl. 2015). Vi vurderer det slik at den høye frekvensen av effektkjøring over året er den faktoren som bidrar sterkest til negative konsekvenser av effektkjøring i Surna.



Figur 4.4. Gjennomsnittlig antall produksjonstilpasninger per døgn i ulike måneder (1-12) i Trollheim kraftverk i perioden 2008 - 2013. Egne analyser basert på endringer i vannføring (timesverdier) ved NVEs vannføringsstasjon ved Skjermo i Surna.

Den siste faktoren som bestemmer virkningen av effektkjøring på laksefisk er om vannstandsreduksjonen skjer i kritiske perioder. Basert på å kombinere kunnskap om strandingsrisiko med kunnskap om bestandsregulering konkluderer Bakken mfl. (2015) at effektkjøring på dagtid om vinteren kan gi størst bestandseffekter, fulgt av vintereffektkjøring nattetid. Effektkjøring om sommeren er forventet å gi mindre effekter på fiskeproduksjon på grunn av at dødelighet i høyere grad kan kompenseres (se nedenfor). Kraftverket har en restriksjon som sier at nedtappinger om dagen bør unngås om vinteren, og når slike gjennomføres skal nedtappingen skje spesielt sakte. En analyse basert på timesverdier for vannføring og vannstand ved Skjermo for årene 2010 til 2013 viste at det var 25 hendelser (fra to til 14 per år) med sannsynlige nedtappinger på dagtid (i dagslys) om vinteren. Mange av disse skjedde i perioder da det også var nedtappinger om natta, med lavere minste vannføring. Det var altså ofte en mindre nedtapping om dagen enn nedtappingen natta før. Fordi det er usannsynlig at fisk tar i bruk nylig oversvømte området så raskt, er det lite sannsynlig at dette er mulige strandingsepisoder. Når vi sorterte vekk disse satt vi igjen med ti episoder i løpet av de fire åra. Selv om det er vanskelig å definere start- og sluttidspunkt for nedtappingen fra timesverdier, ser senkningshastighetene for episodene ut til å ligge i underkant av 5 cm/time (som forutsatt i restriksjonen).

Selv om stranding forekommer i liten grad ved så lave senkningshastigheter, kan noe fisk fortsatt strande særlig når nedtappingene skjer på dagtid om vinteren. Statkraft oppgir imidlertid at 22 av de 25 hendelsene som er beskrevet ovenfor ikke er effektkjøring, men knyttet til vedlikehold og andre driftsforhold, og at det blir mindre behov for slike driftsvariasjoner etter installasjon av et nytt aggregat. Med dette som utgangspunkt er det stranding ved effektkjøring om natta vinterstid som har potensiale til å gi størst bestandseffekter. Årsakene til dette er at strandingsfaren generelt er høyere om vinteren enn om sommeren, og at stranding ved lave senkningshastigheter primært rammer årsyngel (Salveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003) som allerede har vært gjennom den første tetthetsavhengige flaskehalsen (Nislow mfl. 2011, Einum & Nislow 2011). Dette innebærer at ekstradødelighet på grunn av stranding i mindre grad blir kompensert av økt overlevelse hos gjenværende fisk enn når

dødeligheten skjer i løpet av den første måneden etter at yngelen kommer opp av grusen (om sommeren).

Oppsummert er det altså den høye frekvensen av effektkjøring til alle årstider og nedtappingene om vinteren som er spesielt viktig for konsekvensene av effektkjøring i Surna. Senkningshastighetene er generelt lave og vannføringsamplituden og tørrlagt areal er moderat store. Denne gjennomgangen danner grunnlag for konsekvensvurderingen av et nytt aggregat og økte muligheter for effektkjøring. I vurderingen forutsetter vi at restriksjonene for nedtappingshastighet (se Vedlegg 1) blir oppfylt.

Endringer med nytt aggregat og effekter på laksefisk

I hydrologinotatet (Statkraft 2015b) presenteres simuleringer for effektkjøring basert på dagens situasjon med ett aggregat og med to aggregater etter utvidelsen av kraftverket. Det ble brukt samme oppdaterte prisprofil i begge simuleringene slik at det bare er de nye mulighetene med et ekstra aggregat som gir forskjellene. Resultatene er beskrevet i notatet, hvor følgende hovedkonklusjoner er gitt:

- Antall produksjonstilpasninger og amplitude i vinterperioden vil være noenlunde likt med ett og to aggregater
- Antall produksjonstilpasninger og amplitude vil øke noe i sommerperioden og tidlig høst

Det er altså om sommeren det kan bli endringer som er biologisk relevante. Som vist ovenfor og i hydrologinotatet (Statkraft 2015b) er det allerede en høy frekvens av effektkjøring i Surna og spørsmålet blir om en økning i frekvens vil påvirke stranding fisk og bunndyr. Amplituden (dvs. forholdet mellom høyeste og laveste vannføring) øker også fordi nedkjøringene kan starte på en høyere vannføring, og det vil bli vanligere med vannføringsratioer høyere enn 3. Ser vi nærmere på gjennomsnittlig frekvens av produksjonstilpasninger viser simuleringene (se **vedlegg 2**) en frekvens som generelt er under 0,2 episoder per døgn i mai og juni med ett aggregat, men som øker til mellom 0,4 og 0,8 episoder per døgn med to aggregater. Tilsvarende for perioden juli-september er en økning fra i størrelsesorden 0,2-0,6 episoder med ett aggregat til i størrelsesorden 0,4-0,9 episoder per døgn med det nye aggregatet. Frekvensen øker altså med en faktor på to til fire, og om sensommeren nærmer man seg en episode per døgn. Utover høsten reduseres forskjellene.

Vi vurderer konsekvensene av disse endringene ved å se nærmere på hva slags virkninger endringene kan gi for bunndyrproduksjonen og for fisk. En større amplitude vil gi en større tørrleggingssone (opp mot 20 % tørrlagt areal, mot i størrelsesorden 10 % i dag [basert på relasjonen i Halleraker mfl. 2005]). Økningen skjer imidlertid fordi det øvre vannføringsnivået øker, mens nedre grense blir den samme. Endringen vil således ikke medføre at nytt elveareal utarmes, med tilhørende redusert bunndyrproduksjon i elvestrekningen. En større amplitude kan imidlertid øke strandingsfaren for fisk fordi fisk kan ta i bruk de nye områdene og en større tørrleggingssone vil innebære at en større andel av bestanden vil oppholde seg der. I flate områder, der strandingsfaren normalt er størst (Halleraker mfl. 2005) må også fisken svømme lengre når vannstanden faller og det kan oppstå flere dammer der fisken stenges inne. Under forutsetning av at dagens restriksjon gjøres gjeldende for hele det aktuelle vannføringsområdet vil imidlertid strandingsfaren trolig bare øke svakt fra et allerede lavt nivå.

Videre vil antallet episoder med nedtappinger øke markant om sommeren og tidlig høst. Undersøkelser i Surna har vist at dagens effektkjøring har gjort at tørrleggingssonen allerede har svært lav eller tilnærmet ingen bunndyrproduksjon. Bunndyrtetthetene er generelt svært mye lavere nedstrøms kraftverket og tetthetene av bunndyr nært land er ekstremt mye lavere nedstrøms sammenliknet med ovenfor kraftverksutløpet (Ugedal mfl. 2014). Det kan

være perioder med stabil vannføring der rekolonisering starter, men denne vil stoppe og ødelegges når effektkjøringen starter igjen. Det er således lite trolig at økningen i antall episoder vil redusere den totale bunndyrproduksjonen i Surna nedstrøms kraftverket i særlig grad.

Med utgangspunkt i at stranding av fisk ikke er eliminert selv med dagens restriksjoner vil en økning i antall potensielle strandingsepisoder kunne øke strandingsdødeligheten. Selv om strandingsfaren er lav ved lave senkningshastigheter (5 cm/time fra 15. mai til 15. juni og 10 cm/time resten av sommeren og høsten), og det neppe er slik at det strander fisk i alle nedtappingene, så vil en økt frekvens av nedtappinger mest sannsynlig gi økt stranding. Det finnes lite kunnskap om hvor raskt laksefisk tar i bruk områder som har vært tørrlagt, og i hvilken grad fisk kan lære å unngå områder som tørrlegges hyppig (Bakken mfl. 2015). I innhegningsforsøk i Nidelva under daglig effektkjøring fant Saltveit mfl. (2001) at all fisk flyttet seg inn i den grunne delen av innhegninga når vannføringen økte etter en nedtapping, og det bemerkes at fisken ikke lærte å unngå stranding. Halleraker mfl. (2003) viste at individuelle aureunger strandet gjentatte ganger i forsøk hvor samme fisk ble brukt flere ganger. På den annen side viste denne studien en tendens til at strandingen var størst under den første nedtappingen i en serie. Det ser således ikke ut til at hyppige vannstandsendringer gjør at fisken slutter å bruke tørrleggingssonen.

Stranding på lave senkningshastigheter rammer primært den minste fisken (Halleraker mfl. 2005) og dette har betydning for bestandseffektene (i form av redusert smoltproduksjon). Episoder som skjer i den første måneden etter at årsyngelen kommer opp av grusen vil i ulik grad kunne kompenseres ved økt overlevelse på gjenværende fisk og effekten på smoltproduksjonen kan bli liten (Bakken mfl. 2015). I Surna viser imidlertid simuleringer av effektkjøringsmønster i hydrologinotatet (Statkraft 2015b) at frekvens og amplitude også øker om høsten (eksempel fra uke 36). I denne perioden er det mindre sannsynlig at ekstradødelighet på grunn av stranding vil kompenseres, og bestandseffektene kan bli større.

En siste mulig påvirkning på fisk er at raske endringer i vannføring, vannstand og vanndekt areal også kan påvirke fisk som ikke strander og redusere veksten (Puffer 2014). Det er vist små, men statistisk signifikante, effekter på vekst i forsøk hvor fisk ble eksponert for fluktuierende vannstand uten at vanndekt areal endret seg. Veksten og fettlagringen hos eksponert fisk var lavere enn hos kontrollfisk, og effektstørrelsen kunne sammenlignes med en temperatursenkning på mellom 0,5 og 1,5 °C (Puffer 2014). Det er sannsynlig at ungfisk i Surna også kan påvirkes på denne måten, og det er fare for at den relativt store økningen i antall hendelser om sommeren vil redusere veksten.

Selv om stranding av fisk sannsynligvis er kraftig redusert på grunn av innførte restriksjoner er det fare for at strandingen kan øke både på grunn av større amplitude (og dermed større tørrleggingssone) og økning i antall effektkjøringsepisoder. I tillegg kan veksten til fiskeunger reduseres når antall episoder øker. Vi konkluderer derfor at det er sannsynlig at et ekstra aggregat isolert sett kan ha en negativ effekt på smoltproduksjonen i Surna nedstrøms utløpet fra kraftverket.

4.1.3 Oppstrøms Trollheim kraftverk

Reguleringen av Surna førte til redusert vannføring på en betydelig del av den lakseførende strekningen oppstrøms Trollheim kraftverk som ligger ca. 20 km fra munningen. Størst endring i vannføring har det vært nedstrøms utløpet av Folla, mens reduksjonen i vannføring som følge av reguleringen avtar oppover mot utløpet av Rinna (Halleraker mfl. 2006). På strekningen fra Trollheim kraftverk til utløpet av Folla (5 km) ligger den midlere restvannføringen på ca. 40 % av den opprinnelige vannføringen, mens den på strekningen Folla til utløpet av Rinna (7 km) ligger på 70-80 %. På hele strekningen mellom kraftverket og utløpet av Rinna må en anta at redusert lavvannføring både sommer og vinter kan påvirke produksjonen av ungfisk av laks og sjøaure negativt (jfr. Forseth & Harby 2013) og smoltproduksjonen på denne strekningen er vurdert å være redusert som følge av lavere vannføring etter regulering (Johnsen & Hvidsten 1995).

Ut fra Statkrafts simuleringer vil vannføringen like oppstrøms kraftverket bli ytterligere redusert i perioden juni-september dersom det installeres et ekstra aggregat i kraftverket. I de andre månedene av året vil det ifølge foreliggende opplysninger bli små eller ingen endringer (**vedlegg 3**). Det er først og fremst midlere og høyere vannføringer som blir redusert i sommerperioden. Det er gjennomgående vesentlig større endringer i 75-percentilene enn i medianverdiene (50-percentilene), mens det blir svært liten endring i 25-percentilene. De hydrologiske simuleringene tyder altså på at det ikke blir endringer i nivå eller varighet av de laveste vannføringene på de berørte elvestrekningene i hovedelva oppstrøms kraftverket.

I Rinna ved Løsetli blir 75-percentilene noe redusert i juni, mens det bare er små endringer i medianverdier i sommerhalvåret. I Rinna blir det heller ikke endringer i 25-percentilene (**vedlegg 4**), og følgelig heller ikke endringer i nivå eller varighet av de laveste vannføringene. Ifølge Statkraft var det vanskelig å simulere det faktum at ventilen i Rinna-inntaket stenges når det er overløp i Follsjø-magasinet (se nedenfor), slik at vannføringsendringene om sommeren i de årene det forekommer slike overløp nok blir noe større med to aggregater enn det som fremkommer av figuren i **vedlegg 4** (Statkraft 2015a).

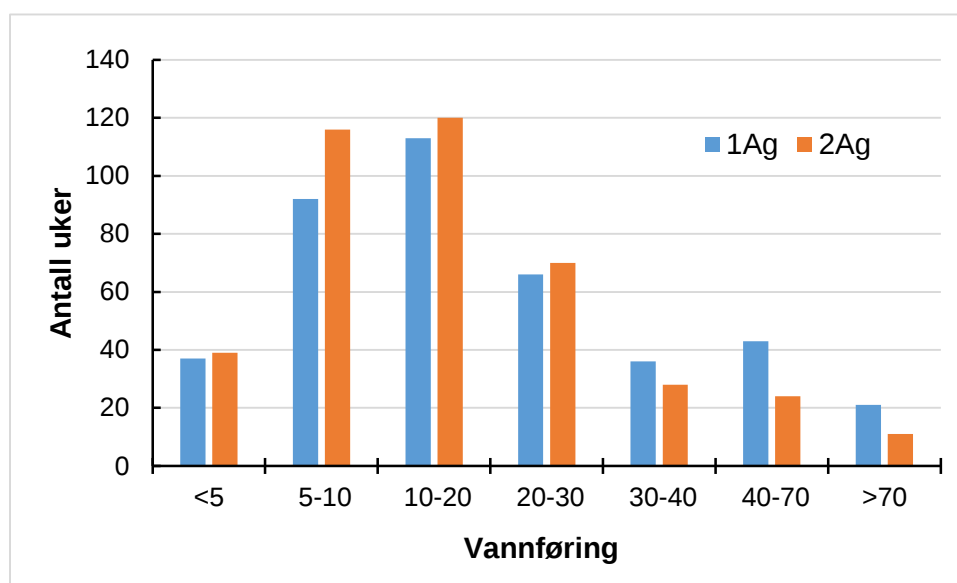
Ifølge hydrologiutredningen vil en overgang fra ett til to aggregat medføre noe redusert flomvannføring i Surna oppstrøms Trollheim kraftverk, noe som i hovedsak er knyttet til endringer ved større flommer (Statkraft 2015a). Endringen forventes hovedsakelig å komme i perioden sensommer/høst. Med to aggregater blir flomtapet, det vil si at det er overløp ved dammen i Follsjømagasinet og/eller ved inntaket til Rinna, redusert, noe som innebærer at det blir mindre variasjon i vannføring på hele strekningen i hovedelva mellom Rinna og Trollheim kraftverk. Dette vil hovedsakelig også skje i perioden juni-september.

Mulige effekter av endringene i vannføringsforhold

Simuleringene av vannføringer i Surna like oppstrøms Trollheim kraftverk viser at det er først og fremst er vannføringer over 30 m³/s som vil forekomme sjeldnere med to aggregater i perioden juni-september (**figur 4.5**). I den simulerte perioden 1987 - 2010 var det 100 uker (i gjennomsnitt 5,9 uker per år) med medianvannføring større enn 30 m³/s med ett aggregat, mens med to aggregater ble dette redusert til 63 uker (i gjennomsnitt 3,7 uker per år). Vannføringer mellom 5-10 og 10-20 m³/s vil forekomme noe hyppigere med to aggregater, mens vannføringer under 5 og mellom 20-30 m³/s vil ha samme frekvens med ett og to aggregater.

Sommerperioden, spesielt juni og juli, er viktig for vekst hos ungfisk. I disse to månedene vil vannføringer under 10 m³/s øke fra 35 uker (i gjennomsnitt 4,4 uker per år) til 52 uker (i gjennomsnitt 6,5 uker per år). Disse endringene innebærer altså at vannføringen i fiskens vekstperiode blir en del redusert i enkelte år med ett nytt aggregat. Det er godt dokumentert

at veksten til laks- og aureunger er påvirket av fisketetthet (Forseth mfl. 2011). Når vannføringen gjennomgående blir lavere reduseres også det vanndekte arealet og dermed det totale leveområdet for fiskeungene slik at tettheten øker. Det er etablert en sammenheng mellom vanndekt areal og vannføring for strekningen mellom kraftverket og Rinna (Halleraker mfl. 2006) som dekker vannføringer opp til om lag 20 m³/s. Ved om lag 20 m³/s er vanndekt areal på ca. 590 dekar. Dette reduseres med ca. 20 % fra 20 til 10 m³/s, og med 68 dekar (14 %) fra 10 til 5 m³/s. Ved 2 m³/s er det igjen 53 % av arealet ved 20 m³/s. Det vanndekte arealet er da i stor grad veldig grunt (Sundt mfl. 2006).



Figur 4.5. Fordeling av sommervannføringer (sum antall uker i perioden juni-september over en 24 års periode) i Surna oppstrøms TK med dagens regulering (1Ag) og med ett ekstra aggregat (2Ag). Figuren er basert på egne analyser av simuleringte data av vannføringer (ukemedianer) i perioden 1987 - 2010 fra Statkraft. I alt er det 408 uker i denne perioden slik at 40 uker utgjør om lag 10 % av tiden.

Medianverdidibetraktninger tilsier at vannføringen i juli i enkelte år kan bli redusert med opptil 5-10 m³/s. En reduksjon i vannføring fra 20 til 15 m³/s (en typisk endring i juni-juli) vil redusere det vanndekte arealet med ca. 10 %. Selv om endringen i vanndekt areal i juni-juli er relativt liten og er mindre utover sommeren, er det fare for at reduksjonen i vannføring i vekstsesongen vil gi økte fisketettheter og år om annet medføre noe redusert vekst.

Laveste ukemiddelvannføring om sommeren og vinteren er antatt å være dimensjonerende for henholdsvis vinteroverlevelse og sommeroverlevelse og representerer viktige flaskehalser for fiskeproduksjonen (jfr. Forseth & Harby 2013). Fordi disse ikke vil endres med et ekstra aggregat, forventes det ikke endringer i fiskeproduksjonen som følge av slike forhold oppstrøms kraftverket. Imidlertid kan veksten avta svakt på grunn av redusert vanndekt areal og økte fisketettheter i vekstsesongen, som i sin tid kan påvirke smoltproduksjonen dersom gjennomsnittlig smoltalder øker. Fordi det ikke finnes en etablert sammenheng mellom vekst og fisketetthet i Surna oppstrøms kraftverket, er vurderingene av effekter på vekst noe usikre. Ut fra en samlet vurdering av alle kjente mekanismer antar vi at ekstra aggregat vil medføre en ubetydelig til liten negativ påvirkning av vekstforholdene i de reguleringspåvirkede områdene oppstrøms kraftverket.

Fra naturens side er det ingen fallstrekninger eller andre betydelige oppvandringshindre i de lakseførende delene av Surnavassdraget. Eldre fangstdagbøker tyder på at en betydelig andel av den årlige laksefangsten i Surna før regulering ble tatt på strekningen oppstrøms Trollheim kraftverk (se Johnsen mfl. 2012). Fordelingen av sportsfiskefangstene i Surna etter regulering viser imidlertid at reguleringen av vassdraget skapte betydelige reduserte vandringsmuligheter ved utløpet av Trollheim kraftverk. I perioden 2002 - 2011 ble mesteparten av laks (> 92 %) og nesten all sjøaure (> 99 %) i elvefisket fanget nedstrøms kraftverket.

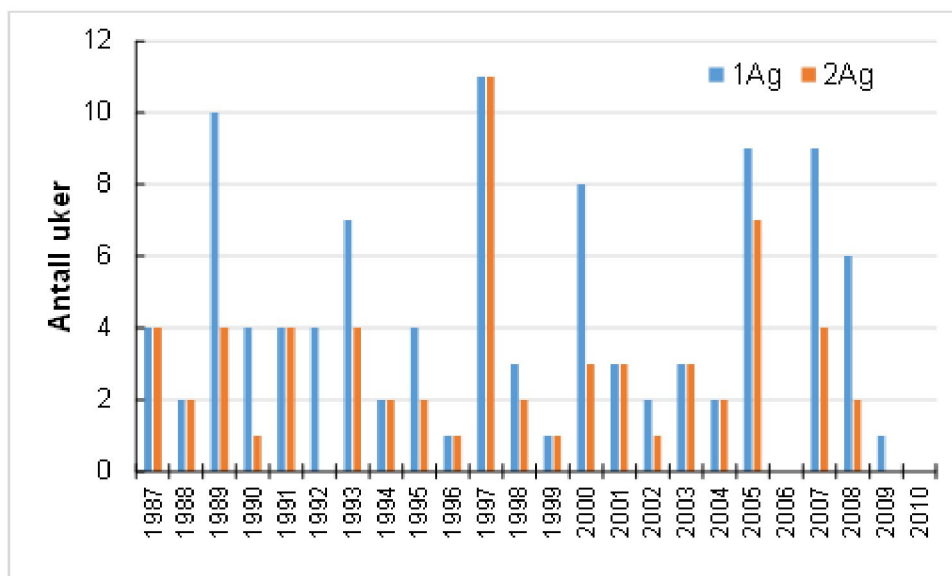
Undersøkelser av fiskevandring i flere vassdrag tyder på at kraftverksutløp i elver som har redusert vannføring på strekningen ovenfor utløpet, fører til forsinkelser i oppvandring av laks (Thorstad mfl. 2003, 2006, 2008). Undersøkelser tyder på at sammenhengen mellom vandring og vannføringer gjennom kraftverket og på strekninger med fraført vann er kompleks og at det kan være vanskelig å forutsi ved hvilke miljøforhold (som for eksempel forholdet mellom vannføring gjennom kraftstasjonen og vannføring fra restfeltet) vandring skjer forbi slike utløp (Thorstad mfl. 2008). Laksens motivasjon ser ut til å være mest avgjørende for når den passerer slike utløp og går videre oppover i elva (Thorstad mfl. 2003, 2006, 2008). I Surna kan det tenkes at laksens vandringsvillighet til områdene oppstrøms kraftverket øker utover høsten når gytetiden nærmer seg. Som regel er det også nedbørsrike perioder om sensommer og høst før gytetiden. De fleste år vil derfor gytefisk ha mulighet til å vandre opp til vassdragets øvre deler på høstflom.

Undersøkelsene av ungfisk har også vist at det har forekommet gyting av laks på hele den undersøkte strekningen oppstrøms kraftverket (opp til like nedstrøms Lomundsjøen) i hele undersøkelsesperioden 2002 - 2013 (Ugedal mfl. 2014). I år med lite nedbør og tilsig kan det likevel forekomme at gyteområdene i de øvre delene blir dårlig utnyttet, og fiskebiologiske undersøkelser tyder på at gytingen i slike år (for eksempel 2002) blir begrenset og gir relativt svake årsklasser av laks oppstrøms kraftverket. Vandringsproblem knyttet til kraftverksutløpet og elvestrekningen oppstrøms utløpet synes derfor, i alle fall år om annet, å være en produksjonsmessig flaskehals for fiskebestandene i Surna. Dette gjelder både på strekningen med redusert vannføring mellom Rinna og kraftverket, på uregulert strekning oppstrøms utløpet av Rinna og kanskje også i sidevassdragene. Vi mangler imidlertid kunnskap om hvor ofte fiskebestandene oppstrøms kraftverksutløpet har slike produksjonsmessige flaskehalser grunnet ujevn fordeling av gytefisk.

Vannføringen like før og i gyteperioden kan også ha betydning for fordeling av gytefisk i vassdraget. Lav vannføring kan hindre fisk i å forflytte seg fra standplasser i holer til grunnere gyteområder slik at gytingen blir mindre spredt. Basert på de gjennomførte gytefiskundersøkelsene i 2008 - 2014 skjer mesteparten av gytingen hos laks og sjøaure i Surna i løpet av oktober måned. Ifølge simuleringene vil et ekstra aggregat medføre liten eller ingen endring i vannføring i denne perioden.

Vi har ikke kunnskap om hvilke vannføringer og vannføringsendringer som skal til for å stimulere til oppgang av voksen laks og sjøaure forbi kraftverksutløpet og videre oppover i Surna. Med to aggregater er det først og fremst hyppigheten av vannføringer større enn 30 m³/s som avtar. Dette skjer ikke i alle år, men i den simulerte 24-års perioden 1987-2010 var det en reduksjon i slike vannføringer i 12 av årene med to aggregater, med fra 1-6 ukers reduksjon hvert år, sammenliknet med ett aggregat (**figur 4.6**). Redusert hyppighet av slike vannføringer forekom både i år med høyt tilsig og i år med lavere tilsig. Vi anser det som sannsynlig at en lavere hyppighet av vannføringer større enn 30 m³/s, i alle fall enkelte år, vil kunne påvirke oppvandringen av gytefisk til de midtre og øvre deler av vassdraget. Dette vil kunne føre til at produksjonskapasiteten i deler av vassdraget ikke blir utnyttet med påfølgende redusert smoltproduksjon. Uten faktisk kunnskap om når og ved hvilke vannføringsforhold laksen og sjøauren vandrer i denne delen av elva er vurderingen usikker. Vi

vrurderer det imidlertid slik at det er en risiko for at den lavere hyppigheten av høye vannføringer oppstrøms kraftverket med to aggregater gir dårligere oppvandringsforhold for gytefisk sammenliknet med ett aggregat. Dette kan ha en ubetydelig til liten negativ påvirkning på fiskeproduksjonen på strekninger oppstrøms kraftverket med to aggregater.



Figur 4.6. Antall uker hvert år i perioden juni-september med medianvannføringer på mer enn 30 m³/s. Det er totalt 17 uker i dette tidsrommet hvert år. Figuren er basert på egne analyser av data for simulerte medianvannføringer for ett (1Ag) og to (2Ag) aggregater fra Statkraft.

Undersøkelser viser at utvandringen av smolt fra områdene oppstrøms kraftverket skjer i forbindelse med vårflo og foregår fra slutten av april til ut i juni, med mai som hovedmåned (Ugedal mfl. 2014). Statistisk modellering av utvandringsforløpet til laksesmolt ved Øvre Harang noe oppstrøms utløpet av kraftverket i 2011 - 2013 tyder på at sannsynligheten for utvandring fra de øvre deler av Surna øker med høy og økende vannføring og med høy, men avtagende vanntemperatur, altså typisk for smeltevannsepisoder. Oppstrøms kraftverket er vårfloppen redusert både i varighet og størrelse etter regulering (Halleraker mfl. 2006), noe som kan ha betydning for en synkronisert smoltutvandring og dermed for smolt-overlevelse.

De hydrologiske vurderingene av vannføring i Rinna ved Løsetli og i Surna oppstrøms Trollheim kraftverk tilsier at det bare skjer små endringer i vårfloppens størrelse med ett ekstra aggregat i kraftverket. Størst endring kan forekomme i Rinna fordi manøvreringen av magasin-fyllingen med to aggregater kan gjøre at det blir noe mindre flomtap, det vil si overløp ved inntaket, i forbindelse med vårfloppen enkelte år.

Etter vår vurdering er ikke de forventede endringene i vannføring i denne perioden med to aggregater så store at de vil ha noen ekstra negativ påvirkning sammenliknet med ett aggregat. En eventuell endring av revisjonstidspunktet i kraftverket, som vil ha en liten positiv effekt på forholdene for smoltutvandringen nedstrøms kraftverket (se kapittel 4.1.1), vil også komme smolten som vandrer fra områdene oppstrøms kraftverket til gode ved utvandring fra elva til sjøen. Eventuelle negative effekter på smoltoverlevelse som skyldes redusert flomvannføring etter regulering på strekningene oppstrøms kraftverket vil imidlertid fremdeles være tilstede med et nytt aggregat. Samlet påvirkning med hensyn på smoltoverlevelse for vassdragsavsnittene oppstrøms kraftverket vurderes dermed som ubetydelig til liten positiv.

Surna har vært regulert for vannkraftformål siden 1968, altså i over 45 år. Dette har sannsynligvis påvirket habitatforholdene for fisk på flere måter som kan virke negativt på smoltproduksjonen på sikt. Et vanlig problem i regulerte elver med fraføring av vann er en økt deponering av fínsedimenter med påfølgende gjentetting av hulrom og levesteder for fisk og bunndyr (Fergus & Bogen 2006), noe som også er observert i Surna mellom Rinna og utløpet av kraftverket (Svelle 2003). Denne habitatdegraderingen skjer gradvis og de langsiktige effektene vil ofte være synlige først mange år etter vannkraftutbyggingen. På grunn av fravær eller reduksjon i frekvens og omfang av dimensjonerende flommer vil dypområder ofte kunne fylles opp med fínsedimenter.

I følge hydrologirapporten vil en overgang fra ett til to aggregat medføre noe redusert flomvannføring i Surna oppstrøms Trollheim kraftverk, i hovedsak for større flommer (Statkraft 2015a). Endringen forventes hovedsakelig å komme i perioden sensommer/høst. Vi har ikke tilstrekkelig datagrunnlag til å vurdere om disse endringene er så store at de vil bidra i målbar grad til å forsterke den langsiktige habitatdegradering i Surna.

4.1.4 Reguleringspåvirkede sideelver oppstrøms utløpet av kraftverket

Vannføringen på lakseførende strekning i de reguleringspåvirkete sideelvene er i større eller mindre grad redusert etter regulering avhengig av hvor store deler av de respektive nedslagsfeltene som blir overført til magasinene. I Rinna, Bulu og Folla er vannføringen redusert til henholdsvis 46, 36 og 4 % av det naturlige nivået, målt ved samløpet med Surna. Flommene i området har også blitt redusert.

Det er i dag overført vann fra Rinna, Bulu og Lille Bulu til Follsjømagasinet. Kapasiteten til inntakene samt manøvreringen av magasinet avgjør om man vil kunne få overløp fra disse sideelvene samt fra Follsjømagasinet, og dermed flomtap i Folla, Rinna og Bulu (Statkraft 2015a). Statkraft har en praksis i dag som tilsier at ved overløp i magasinet så stenges inntaket i Rinna slik at vannet renner i sitt opprinnelige elveleie. Dette tiltaket øker periodevis vannføringen i Rinna.

Ut fra hydrologivurderingen (Statkraft 2015a) vil den økte slukeevnen til Trollheim kraftverk føre til at reguleringen av magasinene i Gråsjøen og Follsjøen vil kunne disponeres noe mer fleksibelt i forkant av en flomsituasjon enn det som er tilfellet med dagens tilstand. Dette vil kunne redusere flomtapet i Rinna ved at man reduserer det flomtapet som skyldes oppstuvning fra Follsjømagasinet. Det flomtapet fra Rinna som kun skyldes manglende overføringskapasitet fra inntaket i Rinna, som typisk skjer under tidlig vårflom, vil ikke bli påvirket. Det tapet man har fra Follsjømagasinet i dag vil reduseres med den økte fleksibiliteten i manøvreringen av magasinet. Flomtapet i Bulu er bare avhengig av kapasiteten til inntaket, slik at her vil det ikke bli noen endring i flomtap som følge av et ekstra aggregat.

Den nye installasjonen vil heller ikke føre til endringer i flomtap i de vestlige bekkeinntakene (Vindøla, Vassdalsbekken, Skrøabekken og Breidskaret) som naturlig ville ha drenert til Vindøla, som renner ut i Surna nedstrøms målestasjonen ved Skjermo. Tapet fra disse bekkeinntakene vil følge den samme naturlige veien. Det aktuelle tiltaket vil ikke medføre endringer i tap fra de vestlige bekkeinntakene, sammenlignet med dagens situasjon (Statkraft 2015a).

Virkninger på fisk

Kraftproduksjon med et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk vil altså ha størst virkning på vannføringen i Folla og Rinna, og begge disse sideelvene vil få redusert vannføring i deler

av sommeren år om annet. Siden reduksjon i vannføring skyldes mindre flomtap i reguleringsystemet vil dette ikke påvirke de laveste vannføringene i disse elvene og dermed flaskehalser som er direkte knyttet til disse lavvannsepisodene. Virkningene av redusert sommervannføring i vekstsesongen år om annet i Rinna og Folla må antas å være den samme som i hovedelva (se ovenfor) og virkningen på vekstforhold blir dermed vurdert til å være ubetydelig til liten negativ også for disse vassdragene. Tiltaket vil ut fra hydrologiutredningen ha svært liten effekt på vannføringen i Bulu, Lille Bulu og Vindøla. Av de påvirkede elvene oppstrøms kraftverket er nok Rinna den klart viktigste for lakseproduksjonen i dag. Denne elva benyttes også til utsetting av laksunger som et kompensasjonstiltak for tapt fiskeproduksjon, og disse utsettingene skjer ovenfor vandringshindret for laks og sjøaure. Det forekommer imidlertid regulær gyting av både laks og sjøaure i Bulu og Folla (Johnsen 2012).

Med hensyn på utvandring av smolt og oppvandring av voksen laks og sjøaure så anser vi at fisken i Rinna, Bulu, Lille Bulu og Folla vil påvirkes på samme måte som i hovedstrengen. Dette vil si at forholdene for smoltoverlevelse vil få en ubetydelig til liten positiv påvirkning, mens forholdene for oppvandring av gytefisk vil få ubetydelig til liten negativ påvirkning som følge av det omsøkte tiltaket.

4.2 Effekter av endrete temperaturforhold nedstrøms kraftverket

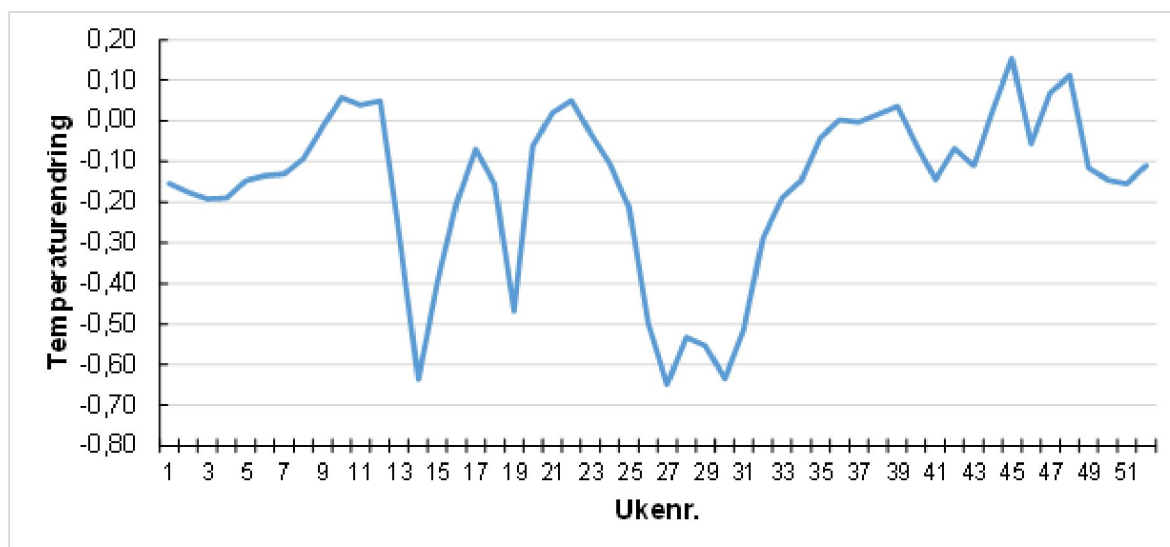
Driftsvannet til Trollheim kraftverk hentes fra dypt vann i Follsjømagasinet. Dette gjør at vanntemperaturen nedstrøms kraftverket er kaldere om sommeren og varmere om vinteren enn hva den ville ha vært ved en uregulert tilstand i vassdraget. På grunn av denne temperaturendringen antas det at fiskens vekst har avtatt og smoltalderen økt nedstrøms kraftverket etter regulering, noe som kan ha redusert smoltproduksjonen i denne delen av elva. Økt vanntemperatur om vinteren har også gitt endringer i fysiske (isdekke) og biologiske forhold (utviklingstid for fiskeegg) som kan påvirke fiskeproduksjonen. Slike forhold er videre bare omtalt hvis de hydrologiske simuleringen tyder på at det blir endringer som følge av ett ekstra aggregat.

Vi kjenner ikke til at det er foretatt presise modelleringer/vurderinger av hvor mye vanntemperaturen har avtatt om sommeren eller økt om vinteren i denne delen av elva etter regulering. I henhold til Roen (1980) kan imidlertid vanntemperaturen om sommeren (juni til midten av august) ha blitt opp til 5-6 grader kaldere etter regulering i perioder hvor mesteparten av vannet nedstrøms kraftverket kommer fra magasinet. Roen peker også på at forskjellen i temperatur før og etter regulering både sommer og vinter avtar med avstanden fra kraftstasjonen.

Modellering av vanntemperaturen nedstrøms utløpet av kraftverket i perioden 1987 - 2010 viser jevnt over små endringer ved overgang fra ett til to aggregat. I de aller fleste ukene av året blir vannet kaldere nedstrøms kraftverket med et ekstra aggregat, men gjennomsnittlige ukentlige endringer overstiger ikke 0,7 °C temperatursenkning (**figur 4.4**). Modelleringen viser to større negative endringer i henholdsvis april og mai. Disse skyldes at simuleringene er gjennomført med ulikt tidspunkt for teknisk revisjon av TK. Med to aggregater er revisjonen lagt i begynnelsen av april (uke 14-15), mens den med ett aggregat er lagt til begynnelsen av mai (uke 18-19). Med ett aggregat er det under revisjon full stopp i kjøringen av kraftverket, og vanntemperaturen nedstrøms kraftverket vil være bestemt av temperaturen i vannet fra restfeltet. Denne er gjennomgående litt høyere enn temperaturen i vannet fra kraftverket i første halvdel av mai, noe som gjør at vanntemperaturen nedstrøms kraftverket gjennomgående blir lavere i år hvor det produseres kraft i denne perioden (dvs. med to aggregater) enn i år uten produksjon. I begynnelsen av april er vanntemperaturen i vannet fra restfeltet lavere enn i inntaksvannet fra Follsjøen, slik at redusert produksjon i kraftverket

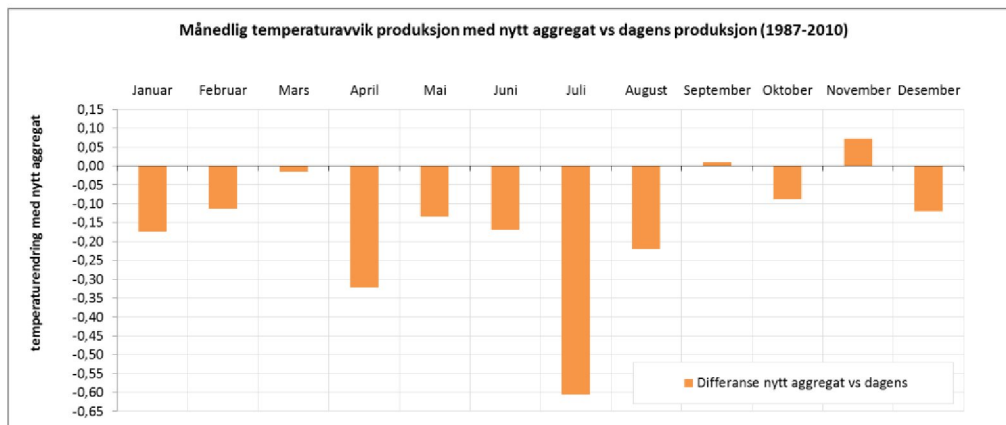
i forbindelse med teknisk revisjon gjør at det kalde vannet fra restfeltet har større betydning for vanntemperaturen nedstrøms kraftverket i denne perioden. For (simulert) produksjon med ett ekstra aggregat vil vannføringen i restfeltet være mindre dominerende fordi det med to aggregater vil kunne være produksjon selv under teknisk revisjon av kraftverket.

De største negative endringene i sommerhalvåret skjer i ukene 26-31 (fra slutten av juni til begynnelsen av august) med om lag 0,5-0,6 °C kaldere vann i gjennomsnitt per uke med produksjon med to aggregater.



Figur 4.4. Gjennomsnittlige ukentlige differanser i temperatur nedstrøms utløpet av Trollheim kraftverk mellom simulert produksjon med to aggregat og simulert dagens produksjon. Negativt tall betyr at vannet med produksjon med ekstra aggregat er kaldere enn vannet med dagens produksjon. Tallene er basert på modellerte døgnverdier av temperatur gjennom Trollheim kraftverk blandet med temperaturen på vannet fra restfeltet.

I de aller fleste månedene blir altså vannet kaldere nedstrøms TK med et ekstra aggregat. Hvis vi beregner forskjeller i gjennomsnittlig månedsmiddeltemperatur framgår det at den største differanse oppnås i juli, med i gjennomsnitt 0,6 °C kaldere vann (**figur 4.5**). Hvis vi beregner forskjellen mellom ulike år i tidsserien finner vi tre år med mer enn 2 °C gjennomsnittlig kaldere vann i juli (maksimum 2,7 °C), seks år hvor forskjellen var mellom 0,5 og 2 °C kaldere og 15 år hvor forskjellen i gjennomsnittstemperatur mellom produksjon med ett og to aggregater var mindre enn 0,5 °C (hvorav ni år med marginalt varmere vann med to aggregater). Gjennomsnittstemperaturen blir også noe lavere i mai, juni og august, mens det i september ikke vil bli noen forskjell mellom produksjon med ett aggregat og to aggregater.



Figur 4.5. Gjennomsnittlige månedlige differanser i temperatur nedstrøms utløpet av Trollheim kraftverk mellom simulert produksjon med to aggregater og simulert dagens produksjon. Negativt tall betyr at vannet med produksjon med ekstra aggregat er kaldere enn vannet med dagens produksjon. Tallene er basert på døgnverdier av temperatur gjennom Trollheim kraftverk blandet med temperaturen på vannet fra restfeltet.

Figur 4.4 og **figur 4.5** viser simulerte vanntemperaturdifferanser umiddelbart nedstrøms utløpet av Trollheim kraftverk, hvor man antar at driftsvann og vann fra restfeltet er fullstendig blandet. Det er antatt at Skjermo er en representativ lokalitet for disse forholdene, men vi har også gjort en vurdering av hvordan vanntemperaturen i Surna forandrer seg videre ned mot sjøen, med spesiell fokus på vekstperioden for fisk om sommeren. Vanntemperaturdata fra NVE i perioden 1996 - 2006 for målepunktene Skjermo og Honstad gir en klar indikasjon på at temperaturen i Surna øker fra utløpet av kraftverket og ned mot sjøen. Dette er ikke overraskende med tanke på at vannet fra kraftverket er relativt kaldt om sommeren samtidig med at lufttemperaturen er høyere og at det foregår en oppvarming av vannet fra solstråling.

Det generelle uttrykket for temperaturendring mellom to punkter i en elv kan skrives som følger:

$$TD/S = TU/S + (Q_{\text{solar}} + Q_{\text{conduction}} + Q_{\text{evapoation}} + Q_{\text{longwave}}) A Dt / (V \rho c_p),$$

hvor:

TD = temperatur i nedstrøms ende

TU = temperatur i oppstrøms ende

Q_{solar} = kortbølget stråling fra sola

$Q_{\text{evapoation}}$ = fordamping/evaporasjon

$Q_{\text{conduction}}$ = konduksjon/ledning

Q_{longwave} = langbølget stråling

Dt = tid som vannet trenger på strekningen

A = overflateareal

V = volum av strekningen

ρ = tettheten på vann

c_p = varmekapasiteten til vann

Det største bidraget til oppvarming av vannet om sommeren kommer fra kortbølget solstråling. De forskjellige energibidragene, Q_{solar} osv, kan antas å være tilnærmet like når vi ser på de to situasjonene med ett eller to aggregat. Bidraget fra konduksjon øker med temperaturforskjellen mellom vann og luft, men er marginalt forskjellig med ett og to aggregat fordi temperaturforskjellene som vist i **figur 4.5** er liten. Tilsvarende kan vi anta at overflatearealet er relativt likt ved de to situasjonene, det vil si at vi har omtrent likt vanndeckt areal, noe som

er tilfelle på vannføringer over 30 m³/s, som er det vanligste på denne strekningen om sommeren. Siden vannføringen om sommeren i gjennomsnitt blir større med to aggregater, dette gjelder spesielt i mai måned, vil vannvolumet som skal varmes opp øke, mens vannet i elva strømmes raskere. Det siste innebærer at oppvarmingstiden fra utløpet av kraftverket og ned til sjøen blir redusert. Totalt sett bidrar dette til at oppvarming av vannet nedenfor utløpet av kraftverket antas å bli noe redusert med to aggregater i forhold til dagens situasjon. Forskjellen i temperaturutvikling fra utløpet av kraftverket til sjøen med to aggregat sammenliknet med ett aggregat vurderes å bli liten. For virkninger på fisk er det derfor valgt å benytte beregninger av temperaturforskjeller i blandingsvannet mellom restfeltet og kraftverket som beste mål for hele strekningen ned til sjøen.

4.2.1 Virkninger på fisk

Virkning på klekketidspunkt og swim-up tidspunkt for laks og aure

Beregninger basert Crisp (1988) sine modeller for sammenheng mellom vanntemperatur og utviklingstid hos laks og aure tyder på at den reduserte vanntemperaturen om vinteren med to aggregater i liten grad påvirker utviklingshastigheten fra egg frem til klekking og swim-up av laks og aure sammenliknet med ett aggregat. Med samme gyttetidspunkt var forskjellene i utviklingstid for ulike livsstadier maksimum fem dager for gjennomsnittlig vanntemperatur med ett aggregat og to aggregater, og utviklingstida vil være noe lengre med to aggregater. Liten forskjell i utviklingstid for en situasjon med ett aggregat og to aggregater gjør også at vanntemperaturene ved swim-up heller ikke blir vesentlig forskjellig ved installasjon av ett ekstra aggregat. De største forskjellene mellom ett og to aggregater vil skje for yngel som har swim-up i de periodene hvor det i simuleringene er lagt inn teknisk revisjon av kraftverket (se **figur 4.4**), og i slike tilfeller vil swim-up temperaturen kunne være noe lavere for fiskunger som klekker i uke 14-15 og uke 18-19 med ett nytt aggregat. Vanntemperaturen ved swim-up for både laks og aure er gjennomgående lave i Surna nedstrøms kraftverket etter regulering. Forskjellen i utviklingstid og swim-up temperaturer mellom ett og to aggregater er såpass liten at det anses lite sannsynlig at dette forholdet har noen negativ effekt på yngelens overlevelse.

Virkning på vekst, smoltalder og smoltproduksjon av laks

I tidligere beregninger og vurderinger av temperaturforhold nedstrøms Trollheim kraftverk har vi forsøkt å kvantifisere mulige effekter av tiltak ved å modellere endringer i vekst, smoltalder og smoltproduksjon hos laksunger som følge av vanntemperaturen ved å benytte en enkel populasjonsmodell (se f.eks. Harby mfl. 2013). En vekstmodell som beskriver hvordan laksungenes gjennomsnittlige vekst avhenger av vanntemperaturen og fiskestørrelse (f.eks. Forseth mfl. 2001) er koblet sammen med en populasjonsmodell, som i tillegg til anslag over årlig overlevelse, inneholder bestemmelsesregler for sammenhenger mellom ung-fiskestørrelse og sannsynlighet for smoltutvandring (for en beskrivelse av prinsippene bak en slik modellering se Forseth & Harby 2013). For å få en realistisk vurdering av mulige bestandeffekter av endring i vekst må en ta hensyn til at veksten varierer mellom individer og introdusere en realistisk variasjon i størrelse ved alder. I modelleringen ble dette gjort ved å introdusere en variasjon i fiskestørrelse for hver årsklasse på sen vinteren og bruke denne for å forutsi hvor stor andel av årsklassen som er store nok til å vandre ut som smolt om våren ved ulike aldre i livsløpet.

Vi brukte en vekstmodell som tar hensyn til at veksten vanligvis er høyere om våren enn om høsten ved samme vanntemperatur (sesongavhengig vekst; se Forseth mfl. 2011) og grovt tilpasset den til observert vekst i Surna (egne upubliserte data). Denne vekstmodellen gir noe overestimert vekst og størrelse til 0+ og 1+ laksunger i Surna nedstrøms Trollheim

kraftverk, men synes imidlertid å gi rimelige estimater av størrelsen når mesteparten av laksungene går ut av elva som smolt (dvs. fisk som er 2+ om høsten og tre år om våren).

Vi tok først utgangspunkt i de gjennomsnittlige modellerte temperaturene nedstrøms kraftverket med ett aggregat og to aggregater. For hver av disse to situasjonene simulerte vi utviklingstid og vekst fra swim-up 1. juni (gjennomsnittlig swim-up tidspunkt for laksunger som er gytt 15. oktober) og frem til laksungene var fire år. For å forenkle modelleringen ble populasjonsstørrelsen først introdusert like før de første laksungene kunne gå ut av elva som smolt, det vil si som 2-årig fisk på senvinteren. Vi tok utgangspunkt i at det er 50 000 to-årige laksunger nedstrøms Trollheim kraftverk på dette tidspunktet i alle simuleringene. Denne antakelsen påvirker ikke den prosentvise forandringen i beregnet smoltproduksjon, men bare det faktiske antallet som modellen predikerer at går ut av elva, og dette antallet må hovedsakelig betraktes å være en illustrasjon av størrelsesorden på smoltproduksjon mellom ulike temperatursituasjoner.

Simuleringer av vekst og smoltalder med denne modellen med gjennomsnittstemperatur for ett aggregat og to aggregater gir økning i gjennomsnittlig smoltalder på 0,12 år, noe som teoretisk kan gi en reduksjon i smoltproduksjon på om lag 10 % (**tabell 4.2**).

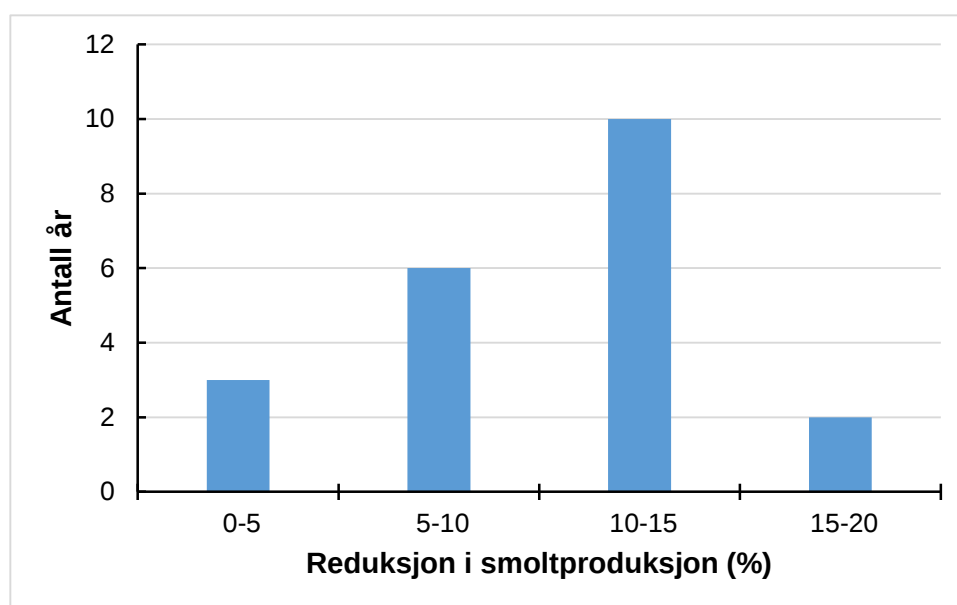
Tabell 4.2. Beregnet gjennomsnittlig smoltalder og smoltproduksjon av laks (avrundet til nærmeste 100) for Surna nedstrøms Trollheim kraftverk med ulike temperaturscenarier for produksjon med ett (dagens) og to aggregater (nytt). Beregningene er basert på at det er 50 000 to-årige laksunger i området om våren før smolten vandrer ut, og at årlig overlevelse deretter er 50 %. Prosentvis reduksjon er beregnet for parvise sammenlikninger mellom ett og to aggregater for samme årsklasse. Det ble gjennomført simuleringer med gjennomsnittlig endringer (snitt) i vanntemperatur, og simuleringer for 21 ulike årsklasser av laksunger. For simuleringene med ulike årsklasser viser tabellen gjennomsnitt og variasjonsbredde (i parentes) for estimert smoltalder, smoltproduksjon og prosentvis reduksjon i smoltproduksjon.

Scenario	Smoltalder	Smoltproduksjon	Reduksjon (%)
Simulert dagens snitt Temp	3,22	20 500	
Simulert nytt snitt Temp	3,34	18 600	9
Simulert dagens (1987-2010)	3,20 (3,07 - 3,31)	20 700 (17 800 - 23 000)	
Simulert nytt (1987-2010)	3,34 (3,17 - 3,52)	18 500 (15 900 - 21 300)	10,3 (3,6 - 18,1)

Temperaturmodelleringen tyder på at reduksjonen i vanntemperatur med to aggregater år om annet er en god del større enn i et gjennomsnittså, mens det i andre år ikke vil skje noen vesentlig reduksjon i temperaturen nedstrøms kraftverket etter installering av ett ekstra aggregat. For å undersøke denne variasjonen mellom år gjennomførte vi en simulering for hele tidsserien av simulerte vanntemperaturer hvor vekst og smoltproduksjon for laks klekket i ulike år ble beregnet. I denne simuleringen satte vi tidspunkt for swim-up til 1. juni for alle årsklassene uavhengig av temperaturen årsklassen hadde opplevd fra gyting og gjennom vinteren frem til klekking og senere swim-up. I alt ble det kjørt simuleringer for 21 årsklasser det vil si laks klekket i perioden 1987 - 2007. Denne simuleringen tyder på at alle årsklasser kan få noe redusert vekst gjennom livsløpet med to aggregater i kraftverket. I gjennomsnitt for alle årsklassene ble smoltalderen redusert med 0,14 år, med en variasjon fra 0,05 til 0,26 år for ulike årsklasser (**tabell 4.2**). I gjennomsnitt for alle årsklassene ble smoltproduksjonen redusert med 10 %, med en variasjon fra 4 % til 18 %. For 12 av 21 årsklasser var den beregnede reduksjonen 10 % eller større (**figur 4.5**).

Det er mange forutsetninger som ligger til grunn for en slik modellering slik at det er usikkerheter knyttet til den modellerte endringen i smoltalder. Det er veldokumentert at vanntemperatur har stor betydning for veksthastigheten til laksefisk. Videre er det også godt dokumentert at smoltifisering og smoltvandring hos laks er avhengig av fiskens størrelse som reaksjonsnorm, det vil si at sannsynligheten for utvandring øker ned fiskens størrelse (f.eks. Horton mfl. 2009). Dette innebærer at redusert vekst hos laksunger gjerne gir seg utslag i høyere alder ved smoltutvandring. I vår modellering har vi benyttet en vekstmodell som er laboratoriebaset. Slike vekstmodeller er jevnlig i bruk ved studier av hvordan variasjon og endringer i vanntemperatur kan påvirke vekst hos laksefisk i elver (se Forseth mfl. 2011 for en gjennomgang).

Hvor presist slike modeller kan forutsi endring i smoltalder hos laks ved endring i vanntemperatur er lite studert. Usikkerhetene i den biologiske modelleringen av endring i smoltalder er først og fremst knyttet til størrelsen på årlig dødelighet i ferskvann for eldre laksunger (som med redusert vekst må stå ett ekstra år på elva før de vandrer ut som smolt) og sammenhengen mellom fiskestørrelse og sannsynlighet for utvandring. Usikkerhetene er imidlertid den samme i simuleringene med ett og to aggregater og vi anser det som usannsynlig at disse to biologiske forholdene vil endres betydelig nedstrøms kraftverket med to aggregater. Usikkerheten knyttet til den ene beregningen vil altså slå i samme retning som usikkerheten i den andre beregningen, og differansen mellom disse beregningene vil dermed gi et godt bilde på den relative effekten av endringer i vanntemperatur på vekst og smoltalder i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk etter at det er installert ett ekstra aggregat.



Figur 4.5. Simulert mulig reduksjon i smoltproduksjon (i %) for 21 årsklasser av laks nedstrøms kraftverket som følge av redusert vanntemperatur ved produksjon med to aggregater sammenliknet med ett aggregat.

Alle disse simuleringene av endringer i smoltalder og smoltproduksjon forutsetter at hvor lenge fisken står på elva før den går ut som smolt har stor betydning for smoltproduksjonen (jo lengre tid på elva desto flere dør). Redusert vanntemperatur kan også påvirke vekst og overlevelse på andre og mer indirekte måter. Hvis for eksempel vinterdødeligheten er størrelsesavhengig, noe som er spesielt aktuelt første vinter, kan en redusert første års vekst gi lavere vinteroverlevelse hos årsyngel. I tillegg kan redusert vekst føre til at yngelen er utsatt for stranding over en lengre periode i sitt livsløp, fordi strandingsrisikoen er høyere for små

enn større fisk (Hvidsten 1985, Halleraker mfl. 2003). Om eventuelt økt dødelighet på disse tidlige stadiene gir seg utslag i redusert smoltproduksjon, vil imidlertid avhenge av om hvor viktig tetthetsavhengige prosesser er for overlevelsen til yngre og eldre laksunger i nedre deler av Surna (se f.eks. Einum & Nislow 2011).

Det er ikke bare vekst og overlevelse hos ungfisk av laks og aure som er temperaturavhengig. En rekke eksperimentelle og feltbaserte studier har vist at aktivitetsmønster og atferd er temperaturavhengig hos ungfisk av laks og aure. Det synes å være en generell mekanisme at ungfisk er nattaktive ved svært lave vanntemperaturer (Heggenes mfl. 1993, Fraser & Metcalfe 1997, Bremset & Berg 1999, Bremset & Heggenes 2001). Ved høye vanntemperaturer om sommeren er ungfisk enten dagaktive eller aktive gjennom hele døgnet (Bremset 2000, Bremset & Heggenes 2001, Klemetsen mfl. 2003). Det er ikke funnet noen terskelnivå for omlegging av aktivitetsmønster, men det synes å være en gradvis overgang ved avtakende temperaturer (Bremset 2000).

Etter regulering av Surna har vanntemperaturen i sommerperioden gått betydelig ned nedstrøms kraftverket (Roen 1980), fra et temperaturområde der ungfisk normalt sett er aktive mer eller mindre hele døgnet, til et temperaturområde på 6-11 °C der det i flere studier er observert nattaktivitet hos ungfisk av laks og aure (f.eks. Fraser & Metcalfe 1997, Bremset & Berg 1999). I juni og juli måned er vanntemperatur målt ved Skjermo eller Honstad etter regulering ofte i området 8-10 °C. Etter installering av ekstra aggregat tilsier simuleringene en ytterligere temperatursenking i denne perioden i enkelte år. Det er sannsynlig at perioden med aktiv furasjering på dagtid om sommeren kan forkortes ytterligere etter denne endringen. Det er usikkert i hvor stor grad dette kan medføre redusert vekst og overlevelse hos ungfisk av laks og aure. Imidlertid er det grunn til å anta at denne indirekte temperatureffekten kommer i tillegg til den direkte temperatureffekten på vekst og overlevelse hos ungfisk.

Selv om effekten av redusert sommertemperatur med to aggregater i stedet for ett vil variere mellom år, tilsier modelleringene at redusert vanntemperatur nedstrøms kraftverket etter installasjon av ett ekstra aggregat vil ha en liten negativ påvirkning på fiskeproduksjonen i området som er påvirket av redusert vanntemperatur.

4.3 Effekter på sjøaure

De fiskebiologiske undersøkelsene som er gjennomført i Surnavassdraget i perioden 2002-2014 tyder på at det er en viss forskjell i fordelingen av laks og sjøaure i ulike vassdragsavsnitt (Ugedal mfl. 2014, 2015). Både ungfiskundersøkelser, smoltundersøkelser og gytefiskundersøkelser tyder på at mesteparten av sjøaurebestanden i vassdraget er i området nedstrøms Trollheim kraftverk. Det foreligger ingen sikker informasjon om hvordan sjøaure fordelte seg i vassdraget før regulering, men det er grunn til å anta at fordelingen ikke var vesentlig forskjellig fra dagens situasjon. En nylig kartlegging av mindre sideelver og sidebekker til Surna viste at det var aureforekomst i minst 36 av disse, mens det bare ble påvist laksunger i et mindretall av de undersøkte lokalitetene (Sæter & Øien 2009). Dette resultatet er i tråd med den generelle erfaringen fra større vassdrag med sameksisterende bestander av laks og sjøaure, som tilsier at laks benytter mesteparten av hovedstrengen opp mot naturlig vandringshinder, mens sjøaure i større grad benytter nedre del av hovedstrengen samt sideelver og tilløpsbekker (Karlström 1978, Klemetsen mfl. 2003). Samlet sett er det grunn til å anta at sjøaure i mindre grad enn laks vil bli negativt påvirket av hydrologiske endringer oppstrøms Trollheim kraftverk, samt at sjøaure i større grad enn laks benytter sidevassdrag som er upåvirket av reguleringsinngrep.

Ut fra foreliggende kunnskap er hovedstrengen av Surna nedstrøms Trollheim kraftverk et viktig gyte- og oppvekstområde for den lokale sjøaurebestanden. I og med at sidevassdrag

og sidebekker i nedre del av vassdraget ikke har vært en del av det mangeårige undersøkelsesprogrammet, er det ikke mulig å vurdere i hvor stor grad disse bidrar til den samlete produksjon av sjøaure i vassdraget. Sæter & Øien (2009) har beregnet at samlet vanndekt areal av 36 sidebekker er i størrelsesorden 64 000 m². Dette er vesentlig mindre enn estimert vanndekt areal i hovedstrengen av Surna nedstrøms kraftverket (2 030 500 m²), noe som innebærer at den relative betydning for samlet aureproduksjon trolig er begrenset. Det kan derfor være naturlig å ha hovedfokus på aure i ulike livsstadier (ungfisk, umoden fisk og voksen fisk) som oppholder seg i hovedstrengen av Surna.

Aure som oppholder seg i vassdragsavsnittet nedstrøms kraftverket vil i likhet med laks være utsatt for temperatureffekter og raske vannstandsfluktuasjoner som følge av eksisterende regulering samt eventuelt ekstra aggregat i kraftverket. Når det gjelder påvirkning av endret temperaturregime er det grunn til å anta lignende effekter på aure som på laks, både med hensyn til vekst og smoltalder (se avsnitt 4.2.1). Når det gjelder effektkjøring i forbindelse med produksjonstilpasninger vil det trolig være en viss forskjell mellom de to artene, siden aure generelt sett oppholder seg i mer strandnære områder enn laks (Bremset & Berg 1999, Bremset & Heggenes 2001, Klemetsen mfl. 2003) og følgelig vil være mer eksponert for tørrlegging og stranding. Det vil i første rekke være årsyngel av aure som vil være utsatt for stranding (Hvidsten 1985, Halleraker mfl. 2003), siden denne aldersgruppen har en spesiell preferanse for grunne områder nært land (Bremset & Berg 1999, Heggenes mfl. 1999, Bremset & Heggenes 2001).

Ut fra en samlet vurdering er det grunn til å anta at sjøaure i mindre grad enn laks vil bli påvirket av hydrologiske endringer oppstrøms Trollheim kraftverk etter etablering av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk. Videre vil en større andel av den samlete aureproduksjonen enn lakseproduksjonen være i sidevassdrag og sidebekker upåvirket av gamle og nye inngrep, noe som også bidrar til en mindre negativ påvirkning av sjøaure enn av laks. På den andre side vil trolig sjøaure i større grad enn laks bli negativt påvirket av effektkjøring i området nedstrøms kraftverket, som er den delen av vassdraget som i dag har størst betydning for samlet produksjon av sjøaure i vassdraget. Vi har imidlertid ikke tilstrekkelig grunnlag for en kvantitativ vurdering av disse forskjellene mellom artene, og kan dermed ikke vurdere om den samlete effekt av det omsøkte tiltaket vil være forskjellig hos laks og sjøaure. En konservativ tilnærming vil da være å anta at de samlete effekter er i samme størrelsesorden.

4.4 Sammenstilling av påvirkning på laks og sjøaure

Vurderingene av de aktuelle påvirkningsfaktorene som følge av ekstra aggregat har vist at det i første rekke er seks parametere som har potensiell betydning for bestandene av laks og sjøaure i Surnavassdraget; vekstforhold hos ungfisk, vinteroverlevelse hos ungfisk som følge av lavvannsperioder, sommeroverlevelse hos ungfisk som følge av lavvannsperioder, virkning av effektkjøring på ungfisk, overlevelse hos smolt under utvandring og oppvandringsmuligheter for voksenfisk. Av disse parameterne synes verken sommeroverlevelse eller vinteroverlevelse hos ungfisk som følge av lavvannsperioder å bli påvirket av ekstra aggregat i kraftverket, mens alle de andre parameterne er vurdert å få betydning i ett eller flere berørte vassdragsavsnitt i Surnavassdraget (**tabell 4.3**).

Vekstforholdene hos ungfisk vil få en liten negativ påvirkning i alle reguleringspåvirkete områder, og da i første rekke i vassdragsavsnittet nedstrøms kraftverket. Økt effektkjøring vil ha en liten negativ påvirkning på ungfisk nedstrøms kraftverket. Et ekstra aggregat vil gi en liten positiv påvirkning på overlevelse hos smolt i utvandningsperioden gitt at framtidig tidspunkt for teknisk revisjon av kraftverket ikke skjer i denne perioden. Oppvandringsmulighetene for voksenfisk vil bli lite negativt påvirket i alle vassdragsområder oppstrøms kraftverket. Samlet sett vil dermed installering av et ekstra aggregat gi en liten negativ påvirkning på bestandene av laks og sjøaure i Surnavassdraget (**tabell 4.3**).

Tabell 4.3. Vurdert omfang av påvirkning av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk på ulike sentrale parametere for laks og sjøaure i ulike berørte vassdragsavsnitt i Surnavassdraget. Reguleringspåvirkete sidevassdrag som er vurdert er Store Bulu, Rinna, og Folla. Parametere som potensielt kan påvirkes er vinteroverlevelse (VOV) og sommeroverlevelse (SOV) som følge av lavvannsperioder, smoltoverlevelse (SMO), vekstforhold (VEK), oppvandringsforhold (OPP), effektkjøring (EFF) og samlet påvirkning (SAM). Omfang av påvirkning er gradert som følger: Liten negativ påvirkning (÷), ubetydelig eller liten negativ påvirkning (0/÷), ingen påvirkning (0), ubetydelig eller liten positiv påvirkning (0/+) og liten positiv påvirkning (+). Parametere som ikke har relevans i enkelte vassdragsavsnitt er anført med IR.

Vassdragsavsnitt	VOV	SMO	SOV	VEK	OPP	EFF	SAM
Surna nedstrøms TK	0	+	0	÷	0	÷	÷
Surna mellom TK og Rinna	0	0/+	0	0/÷	0/÷	IR	÷
Surna oppstrøms Rinna	0	0/+	0	0	0/÷	IR	0/÷
Regulerte sidevassdrag	0	0/+	0	0/÷	0/÷	IR	÷

De negative påvirkningene vi har pekt på som følge av endringer i vannføring og vanntemperatur med et ekstra aggregat er isolert sett relativt små. Surna er imidlertid allerede betydelig påvirket av regulering og et nytt aggregat vil forsterke eksisterende reguleringseffekter. Det blir ytterligere litt kaldere vann om sommeren og derfor ytterligere svekket vekst nedstrøms kraftverket. Det blir også mer effektkjøring om sommeren som også kan svekke smoltproduksjonen i et område som allerede er påvirket av effektkjøring. Oppstrøms kraftverket forsterkes negative effekter av bortføring av vann både på vekst og oppvandring. Den eneste negative reguleringseffekten som svekkes er nedvandringsforholdene for smolt som

bedres noe på grunn av at endret revisjonstidspunkt gir noe høyere vannføring under nedvandringen. Det er altså summen av flere isolert sett små negative påvirkninger som kommer i tillegg til eksisterende reguleringseffekter som tilsier at et nytt aggregat vil gi liten negativ påvirkning på bestandene av laks og sjøaure.

Når det gjelder ål, trepigget stingsild og skrubbe foreligger det ikke spesifikk kunnskap om hvordan disse har blitt påvirket av endringer i vannføring og vanntemperatur etter regulering av Surnavassdraget. Følgelig er det ikke mulig å forutsi hvordan disse bestandene vil påvirkes av hydrologiske endringer som følge av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk. Erfaringer fra andre regulerte vassdrag har vist at ål er spesielt utsatt for turbindødelighet på grunn av sin langstrakte kroppsform. Turbindødelighet er ikke noen aktuell problemstilling i Surnavassdraget, og vi har heller ikke identifisert andre påvirkningsfaktorer med påregnelig betydning for ål. Det foreligger heller ikke noe grunnlag for å vurdere mulige reguleringseffekter på bestandene av stingsild og skrubbe.

Konklusjon

Installering av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk vil ha liten negativ påvirkning på bestandene av laks og sjøaure i Surnavassdraget. Vurderingsgrunnlaget karakteriseres som godt. På grunn av mangelfullt datagrunnlag er det ikke mulig å vurdere omfanget av påvirkning på ål og trepigget stingsild, mens påvirkningen på skrubbe er skjønnsmessig vurdert som ubetydelig.

5 Konsekvenser av nytt aggregat på fiskebestander

En sammenstilling av verdier og påvirkninger viser at konsekvensen av planlagt utvidelse av Trollheim kraftverk trolig vil bli liten negativ for laksebestanden, liten negativ for sjøaurebestanden og ubetydelig for åleforekomst i Surnavassdraget (**tabell 5.1**). Når det gjelder trepigget stingsild og skrubbe er usikkerhetene knyttet til bestandsforhold og påvirkningsgrad så store at det ikke er mulig å vurdere konsekvenser uten å gjennomføre omfattende tilleggsundersøkelser.

Tabell 5.1. Sammenstilling av verdier, påvirkninger og konsekvenser av ekstra aggregat for fisk i lakseførende deler av Surna. For ål, trepigget stingsild og skrubbe er det ikke mulig å vurdere påvirkning. I og med at ål er antatt å ha en svært liten KU-verdi vil konsekvens i alle tilfelle bli ubetydelig.

KU-tema	KU-verdi	Påvirkning	Konsekvens
Laks	Svært stor	Liten negativ	Liten negativ
Sjøaure	Stor	Liten negativ	Liten negativ
Ål	Svært liten	Usikker	Ubetydelig
Stingsild	Usikker	Usikker	Usikker
Skrubbe	Liten til middels	Ubetydelig	Ubetydelig

Konklusjon

Installering av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk vil ha liten negativ konsekvens for laksebestanden og for sjøaurebestanden. Konsekvensen for ål og skrubbe vil trolig være ubetydelig, mens det ikke er mulig å vurdere konsekvenser for trepigget stingsild.

6 Vurdering av Statkraft sitt forslag til tilsigsbasert minstevannføring

Statkraft har i forbindelse med vilkårsrevisjonen for Folla-Vindøla-reguleringen foreslått en tilsigsbasert minstevannføring for å bidra med vann til øvre del av Surna i tørre perioder av året. Statkraft har bedt oss gi en vurdering av om denne minstevannføringen kan virke avbøtende på eventuelle negative effekter av et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk.

I dette kapitlet har vi gjort en enkel vurdering av hvilke endringer en slik minstevannføring vil ha på de miljøforhold som påvirker fiskeproduksjonen med vekt på de forhold som kan påvirkes negativt av endret vannføring i Surna like oppstrøms Trollheim kraftverk som følge av at et nytt aggregat blir installert. Dessuten har vi gjennomført simuleringer av endringer i vanntemperatur nedstrøms Trollheim kraftverk for å vurdere om produksjon med to aggregater med minstevannføring gir noen betydningsfull økning av i temperaturen nedstrøms kraftverket.

Minstevannføring

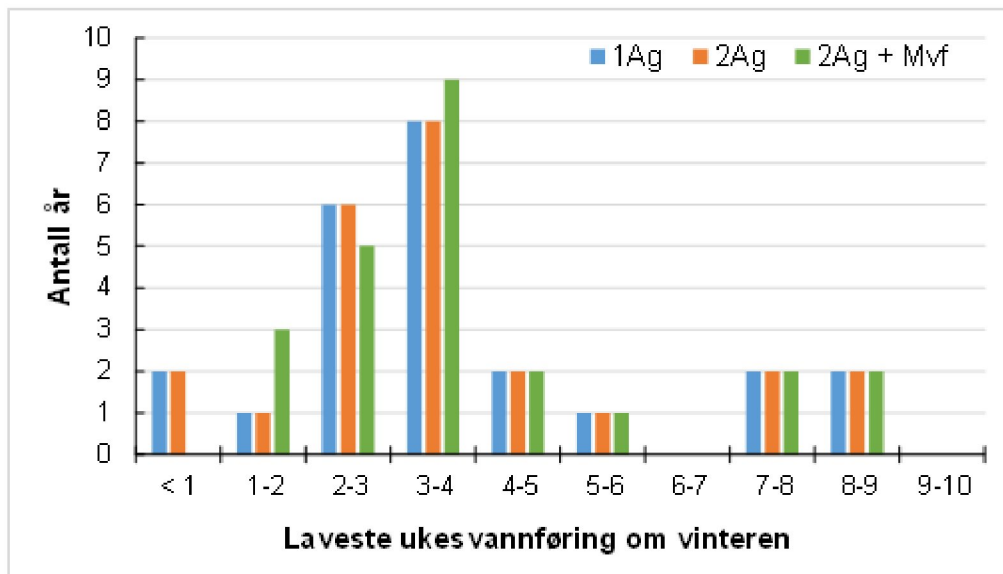
Statkraft foreslår en minstevannføring på 0,75 m³/s om vinteren og en minstevannføring på 3,75 m³/s om sommeren. Minstevannføringsbestemmelsene er foreslått knyttet til vannmerke i Løsetli, som er en tidligere målestasjon for vannføring i Rinna ca. 2 km oppstrøms samløpet med Surna. Den tilsigsbaserte bestemmelsen innebærer at det bare slippes vann ved behov, noe som innebærer tørre perioder med liten vannføring fra restfeltet. Er tilsiget under minstevannføringen vil alt vannet slippes forbi. Beregnede varighetskurver (se **vedlegg 5**) for vannføringen ved Løsetli viser at i om lag 10 % av sommerperioden og om lag 40 % av vinterperioden vil tilsiget være så lavt at kravet ikke kan oppfylles. Vannføringen i disse periodene blir imidlertid hevet til opprinnelig, naturlig tilsig ved Løsetli, noe som er høyere enn ved dagens regulering. Surna vil i disse periodene få et naturlig tilsig ned til samløpet med Bulu.

Effekter på vannføringen oppstrøms kraftverket

Den relative virkningen (dvs. relativ økning av vannføring) av denne tilsigsstyrte minstevannføringen vil naturlig nok bli størst i Rinna nedstrøms inntaket til Follsjømagasinet, noe mindre i Surna nedstrøms samløpet med Rinna, men ha virkning på hele strekningen av Surna oppstrøms Trollheim kraftverk som er fraført vann etter regulering.

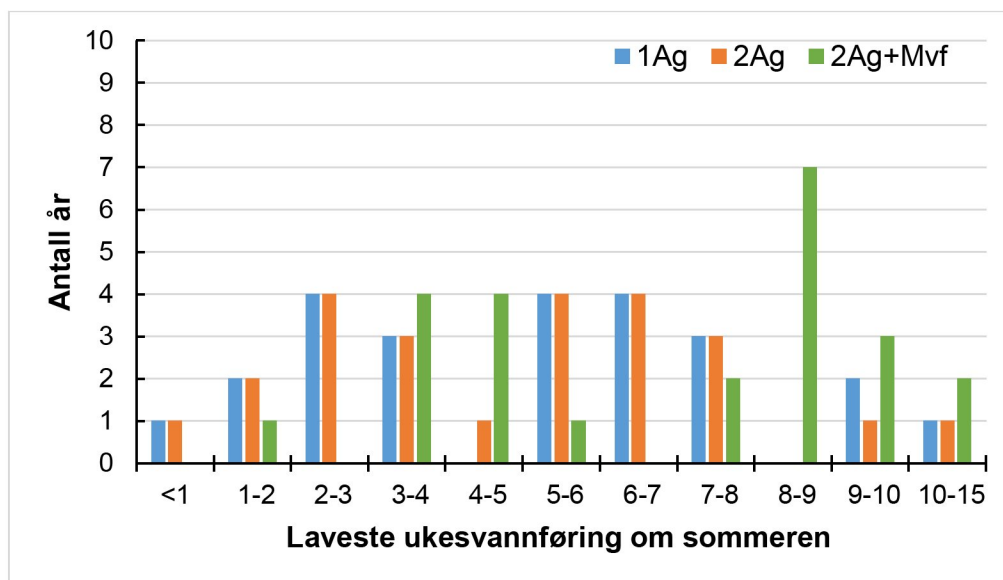
Det er tidligere i denne rapporten pekt på at det ikke vil skje vesentlige endringer i de laveste vannføringene (laveste ukemiddel) verken om sommeren eller om vinteren med produksjon med to aggregater sammenliknet med ett aggregat. Simuleringene fra Statkraft tyder på at den tilsigsavhengige minstevannføringen vil gi en noe lavere hyppighet av år med svært lav vintervannføring (**figur 7.1**). For den simulerte perioden (1987 - 2010) var det ingen år hvor laveste ukemedian kom under 1 m³/s med tilsigsstyrt minstevannføring, mens uten minstevannføring forekom slik lav vannføring i to av 24 år både med ett og to aggregater.

Simuleringene tyder på at frekvensen av svært lave vannføringer om sommeren vil avta en god del med tilsigsstyrt minstevannføring. Med minstevannføring hadde bare ett av 24 år en laveste ukesvannføring lavere enn 3 m³/s, mens uten minstevannføring forekom slike vannføringer i sju av 24 år (**figur 7.2**).



Figur 7.1. Fordeling av laveste ukemedian vannføring i Surna like oppstrøms Trollheim kraftverk med dagens regulering (1Ag), med ett ekstra aggregat (2Ag) og med ett ekstra aggregat og Statkrafts forslag til tilsigstyrt minstevannføring (2Ag+Mvf). Figuren er basert egne analyser av simulerte data av vannføringer (ukemedianer) i perioden 1987 - 2010 fra Statkraft.

En minstevannføring vil altså gi en sjeldnere forekomst av svært lave vannføringer som kan være flaskehalser for overlevelse av ungfisk. Ut fra vannføringsendringene vil en minstevannføring ha en vesentlig større påvirkning på forekomsten av lavvannsepisoder om sommeren enn om vinteren.



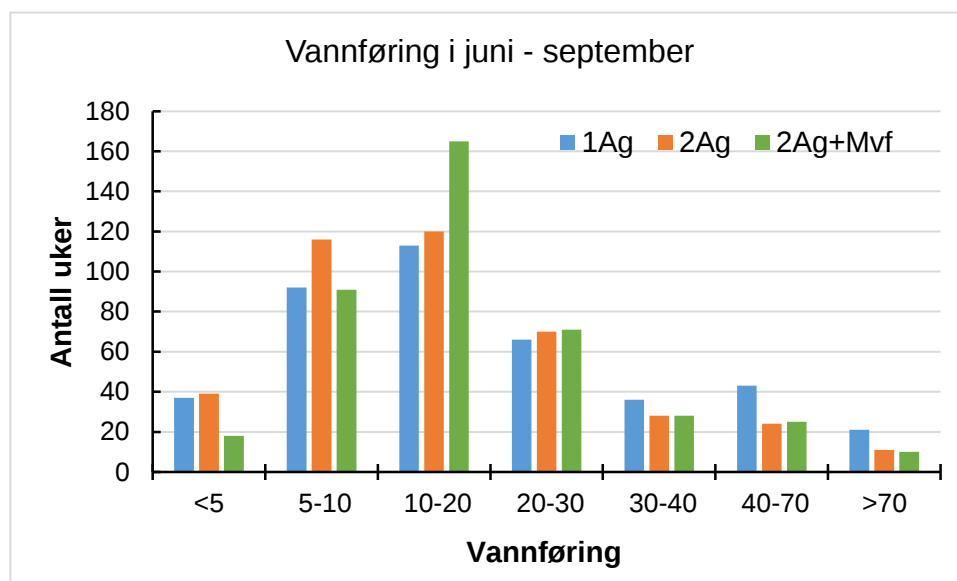
Figur 7.2. Fordeling av laveste ukemedian vannføring i Surna like oppstrøms Trollheim kraftverk med dagens regulering (1Ag), med ett ekstra aggregat (2Ag) og med ett ekstra aggregat og Statkrafts forslag til tilsigstyrt minstevannføring (2Ag+Mvf). Figuren er basert egne analyser av simulerte data av vannføringer (ukemedianer) i perioden 1987 - 2010 fra Statkraft.

Som påpekt i kapittel 4.1.3 vil vannføringen i sommerperioden (juni-september) ha betydning for oppvandring av voksen laks og sjøaure på elvestrekningene ovenfor kraftverket, og

dette er også en viktig periode for vekst hos ungfisk. Med ett ekstra aggregat vil vannføringen i sommerperioden avta i enkelte år. Simulering av vannføringer i perioden juni-september viser som ventet at den foreslåtte minstevannføringen ikke vil ha noen effekt på frekvensen av høyere vannføringer (større enn om lag 20 m³/s) i elva like oppstrøms Trollheim kraftverk. Selv med minstevannføring vil altså frekvensen av vannføringer over 30 m³/s avta med to aggregater i drift. Vannføringer mellom 10 og 20 m³/s vil imidlertid forekomme hyppigere med minstevannføring enn uten (**figur 7.3**). Produksjon med to aggregater vil gi en noe høyere frekvens av vannføringer lavere enn 10 m³/s like oppstrøms kraftverket (altså økt forekomst av lave vannføringer), men innføring av minstevannføring vil trolig overkompensere for denne økningen.

Med hensyn på vekstforhold og tetthetsavhengig vekst vil en minstevannføring i stor grad avbøte eventuelle negative veksteffekter som følge av et nytt aggregat. Det blir gjennomgående høyere vannføring i vekstperioden og lavere hyppighet av vannføringer lavere enn 10 m³/s med minstevannføring enn uten.

Det er ikke gitt at en innføring av en tilsigstyrt minstevannføring vil kunne kompensere for eventuelle oppvandringsproblemer knyttet til redusert vannføring som følge av et ekstra aggregat. Effekten av økt vannslipp som kompensasjonstiltak vil blant annet avhenge av hvor høye vannføringer laksen og sjøauren trenger for å passere kraftverksområdet og vandre oppover vassdraget. Hvis det skjer vandring ved vannføringer fra restfeltet på mellom 10 og 20 m³/s, vil frekvensen av slike vannføringer øke noe med en minstevannføring. Hvis vandring hovedsakelig er knyttet til vannføringer større enn 20-30 m³/s vil en tilsigstyrt minstevannføring ikke gi noen gevinst i form av bedre vandringsmuligheter for voksen fisk.



Figur 7.3. Fordeling av sommervannføringer (sum antall uker i perioden juni-september over en 24 års periode) i Surna oppstrøms Trollheim kraftverk med dagens regulering (1Ag), med ett ekstra aggregat (2Ag) og med ett ekstra aggregat og Statkrafts forslag til tilsigstyrt minstevannføring (2Ag+Mvf). Figuren er basert på egne analyser av simulerte data av vannføringer (uke-medianer) i perioden 1987 - 2010 fra Statkraft. I alt er det 408 uker i denne perioden slik at 40 uker utgjør om lag 10 % av tiden.

Vanntemperatur nedstrøms kraftverket

Simuleringer av vanntemperatur nedstrøms kraftverket med to aggregater og med og uten tilsigsstyrt minstevannføring tyder på at minstevannføringen vil ha svært liten effekt på vanntemperaturen i denne delen av elva. Dette skyldes at den tilsigsstyrte minstevannføringen bare trer i kraft i perioder med lavt tilsig og dermed lav vannføring fra restfeltet. I slike tilfeller vil vannføringen gjennom Trollheim kraftverk og vanntemperaturen i dette vannet ha avgjørende betydning for vanntemperaturen i Surna nedstrøms kraftverket. En minstevannføring vil altså ikke kunne kompensere for redusert vanntemperatur i sommerperioden nedstrøms kraftverket som følge av installering av et ekstra aggregat.

7 Avbøtende tiltak

Det er i flere sammenhenger foreslått ulike avbøtende tiltak for de negative effektene av vannkraftreguleringen i Surna (Halleraker mfl. 2006, Johnsen mfl. 2011, Ugedal mfl. 2014) og disse vil også kunne bidra til å redusere negative effekter av et ekstra aggregat. I denne konsekvensutredningen omtales tiltak som i større eller mindre grad kan avbøte de negative effektene av et ekstra aggregat som er identifisert i utredningen. I stor grad vil disse samsvare med tiltak som er aktuelle for å redusere negative effekter av eksisterende reguleringsinngrep. Statkrafts forslag til minstevannføring i berørte områder oppstrøms Trollheim kraftverk er omhandlet i et forrige kapittel, og vil derfor ikke bli omtalt ytterligere i den følgende delen av rapporten. Installering av et ekstra aggregat er i prinsippet en tilleggsregulering som er liten sammenlignet med eksisterende reguleringsinngrep. Ved å iverksette tiltak rettet mot effekter av eksisterende reguleringsinngrep, vil det være mulig i ulik grad å kompensere for tap både ved tilleggsreguleringen og hovedreguleringen. Vi har i dag ikke tilstrekkelig faglig grunnlag til å anslå hvor stor kompensasjon som kan oppnås.

Nytt inntak til kraftverkstunnel i Follsjømagasinet

Konsekvensutredningen har vist at et ekstra aggregat vil gi en viss reduksjon i vanntemperatur nedstrøms Trollheim kraftverk i sommerhalvåret, som kommer i tillegg til temperatur-effekten som følge av eksisterende reguleringsinngrep. Den forventete, svakt negative effekten på vekst nedstrøms kraftverket som følge av ett ekstra aggregat er knyttet til redusert vanntemperatur på grunn av økt slipp av kaldt vann fra magasinet om sommeren. De negative konsekvensene av endret vanntemperatur på fisk generelt og laks spesielt kan avbøtes gjennom å installere et ekstra vanninntak i Follsjømagasinet, som ligger høyere i vannmassene enn dagens to bunninntak på kotene 375 og 395. Formålet med et ekstra vanninntak er å kunne tappe vann fra overflatelaget i magasinet. I sommerhalvåret vil det være vesentlig høyere vanntemperatur i overflatelaget enn i bunnlaget som eksisterende vanninntak tapper fra. Simuleringer av vanntemperaturendringer i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk med inntak beliggende på kotene 400 og 405 tyder på at vekst, smoltalder og smoltproduksjon hos laks (simulert med de samme modellene som er benyttet i denne utredningen) gjennomgående vil øke med mer enn den reduksjonen som forventes av å installere et ekstra aggregat (Harby mfl. 2007, 2013). Et slikt inntak ville derfor avbøte den negative temperatureffekten av et ekstra aggregat. Hvis det var mulig å lage et fleksibelt inntak som tar vann fra overflata ved ulike magasinfyllinger, ville det sannsynligvis være mulig å øke vanntemperaturen i sommerhalvåret ytterligere (Tjomsland 2004). Dette ville i så fall også kunne avbøte en del av de negative temperatureffektene fra eksisterende reguleringsinngrep, ved at sommertemperaturen heves til et nivå som er mer gunstig for vekst og overlevelse av hos ungfisk.

Tidspunkt for teknisk revisjon i Trollheim kraftverk

Redusert overlevelse hos laksesmolt som følge av reduserte flommer i utvandningsperioden er identifisert som en negativ effekt av eksisterende reguleringsinngrep. Et ekstra aggregat i Trollheim kraftverk gir mulighet for å redusere det negative potensialet av redusert vannføring, slik at det blir en viss gevinst for utvandrende laksesmolt sammenlignet med dagens situasjon med ett aggregat. Tradisjonelt har tidspunkt for teknisk revisjon i Trollheim kraftverk blitt lagt til en periode med høy vannføring fra restfeltet, for å imøtekomme det skjønns-pålagte kravet om en minstevannføring på 15 m³/s nedstrøms kraftverket. I mange år har teknisk revisjon med stans av kraftverket blitt lagt til mai måned. Av hensyn til smoltutvandring og vannføringsrelatert smoltoverlevelse hadde det vært gunstig å legge revisjonstidspunktet til en mindre sensitiv periode. Et ekstra aggregat gir mulighet til å gjennomføre tekniske revisjon av det ene aggregatet mens det andre aggregatet fortsatt er i drift. Dette gir en betydelig større fleksibilitet og mulighet for å ta større hensyn til fiskebestandene i vass-

draget. For å sikre en høyest mulig vannføring i utvandringsperioden for laksesmolt bør teknisk revisjon legges til andre perioder av året. Ut fra en samlet vurdering av andre sensitive perioder som oppvandring og gyting synes lavvannsperioden januar-april å være den mest gunstige perioden for teknisk revisjon i Trollheim kraftverk.

Tiltak for å bedre oppvandringsmuligheter forbi Trollheim kraftverk

Oppvandring av fisk forbi kraftverksutløpet er identifisert med en liten negativ effekt av et ekstra aggregat som kan påvirke alle elvestrekningene oppstrøms kraftverket. Effekten er knyttet til redusert og mindre variabel vannføring i oppvandringssesongen på strekningen fra kraftverket til Rinna, som fra år til annet kan gi redusert gyting og redusert rekruttering i øvre deler av vassdraget. Siden dette ikke er en årlig foreteelse er et mulig avbøtende tiltak å slippe lokkeflommer om sensommeren i år der slike flommer ikke har forekommet tidligere i oppvandringssesongen. Slipp av vann fra magasinet kan bare gjøres ned Folla og vil ikke gi økt vannføring mellom utløp Folla og utløp Rinna. Ved å slippe vann til Folla samtidig med naturlige vannstandsøkninger vil dette trolig gi bedre oppvandringsmuligheter forbi kraftverket. Slike vannslipp vil i så fall avbøte den negative effekten av et ekstra aggregat for oppvandring på denne strekningen.

I tillegg kan det være hensiktsmessig med fysiske tiltak i elveløpet. En endret utforming av utløpsområdet som skaper en attraktiv oppvandringskorridor til strekningen ovenfor utløpet av kraftverket vil kunne gi en raskere og økt andel oppvandring til områdene ovenfor kraftverket. Vi har imidlertid ikke kunnskap som kan si noe om hvor virkningsfullt et slikt tiltak vil bli. Det er også mangel på standplasser i form av kulper og andre dypområder på strekningen oppstrøms kraftverket. Etablering av egnete standplasser for stor fisk vil kunne bidra til at oppvandrende fisk fullfører oppvandringen istedenfor å returnere til mer vannrike områder nedstrøms kraftverket. Det er tidligere påvist i at laks under oppvandring i elvestrekninger med sterkt redusert vannføring kan snu og returnere til området nedstrøms kraftverk (Rivinoja mfl. 2001, Thorstad mfl. 2006).

Habitattiltak på strekningen mellom Rinna og Trollheim kraftverk

Redusert forekomst av høye vannføringer og større flommer etter regulering har negativ effekt på vekst og overlevelse hos ungfisk på strekningen mellom Rinna og Trollheim kraftverk. Effekten er i første rekke knyttet til degradering av habitatet i oppvekstområdene til laks og sjøaure. Installering av et ekstra aggregat vil kunne forsterke denne negative reguleringseffekten, i alle fall nedstrøms utløpet av Folla. For å avbøte effektene av disse habitatendringene er det flere biotopiltak og habitattiltak som kan være aktuelle å utrede og iverksette på elvestrekningen mellom Rinna og Trollheim kraftverk. På grunn av de store hydrologiske og fysiske endringer i Surna etter regulering er det sannsynligvis et betydelig potensial for å øke naturlig fiskeproduksjon gjennom biotopiltak og habitattiltak. Hvor stort potensialet er, finnes det i dag ikke grunnlag til å anslå. Av aktuelle biotopiltak kan det re-etableres standplasser for voksen fisk i gjenaurete dypåler og høler. Av habitattiltak kan det i enkelte områder være aktuelt med økning av hulromkapasiteten i bunnsubstratet for å styrke ungfiskproduksjonen, mens det i områder med begrensede gytemuligheter kan legges ut egnet gytesubstrat for voksenfisk.

Det anbefales å iverksette et målrettet program for biotopjustering og habitatrestaurering. En hydraulisk utredning kan danne grunnlag for vurdering av hvordan man kan gjennomføre forsøk med biotopjustering. Parallelt med den hydrauliske utredningen bør det gjøres diverse kartlegginger i felt. Sentrale parametere er fysisk habitatkartlegging (gradient, vann-dybde, vannhastighet, substratsammensetning og skjultilgang) og kartlegging av produktjonsforhold for fisk og bunndyr inkludert romlig fordeling av gyte- og oppvekstområder. På grunnlag av utredninger og kartlegginger identifiseres egnete lokaliteter der det gjennomføres forundersøkelser, deretter gjennomføres tiltakene og til slutt evalueres virkningen av

tiltakene med etterundersøkelser. Avslutningsvis vil vi peke på at diagnostikk og tiltaksmetodikk presentert i "Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag" (Forseth & Harby 2013) vil være en hensiktsmessig måte å skaffe et tilfredsstillende faglig grunnlag for å identifisere og utforme tiltak som vil kunne avbøte negative effekter av den omsøkte utvidelsen samt øvrige regulerings effekter i Surna.

Redusert omfang på effektkjøring

Økt forekomst og amplitude av effektkjøring etter installering av ekstra aggregat er vurdert å gi en liten negativ effekt nedstrøms kraftverket. Mulighetene for økt effektkjøring er en integrert del av de økte produksjonsmulighetene som ligger i et ekstra aggregat. Denne implisitte føringen begrenser mulighetene med hensyn til avbøtende tiltak for fisk og bunndyr. Innføring av en strengere restriksjon som ikke tillater nedtrapping på dagtid om vinteren vil ha en viss positiv effekt for bunndyr og ungfisk. Dagtid om vinteren er den perioden i løpet av året som har høyest standingsrisiko, noe som også gjelder ved midlere og lave senkningshastigheter.

Forventet virkning av avbøtende tiltak

I og med at det er knyttet vesentlig usikkerhet til både innretning og omfang av eventuelle avbøtende tiltak, er det ikke mulig å vurdere hvordan de samlede konsekvensene for fisk ville ha vært, gitt at det ble iverksatt et sett av avbøtende tiltak. Imidlertid er det mulig på generelt grunnlag å gjøre noen enkle vurderinger av hvordan ulike avbøtende tiltak kan påvirke ulike livsstadier av laks og sjøaure (**tabell 7.1**).

Tabell 7.1. Tabellarisk oversikt over regulerings effekter, mulige avbøtende tiltak og forventete virkninger av tiltak for ulike livsstadier av laks og sjøaure i Surna.

Regulerings effekt	Avbøtende tiltak	Forventete virkninger
Redusert vanntemperatur	Etablering av fleksibelt inntak i overflatelaget til magasinet i Follsjøen	Bedre vekst hos ungfisk Økt overlevelse hos ungfisk Redusert smoltalder
Redusert smoltoverlevelse	Endret tidspunkt for teknisk revisjon i Trollheim kraftverk	Bedre synkronisering av smolt Økt overlevelse hos laksesmolt
Oppvandringsproblem	Tilrettelegging for oppvandring av voksen laks og sjøaure ved og forbi Trollheim kraftverk	Økt oppvandring av gytefisk Økt ungfiskproduksjon
Habitatdegradering	Biotopjustering og habitattiltak på elvestrekningen mellom Rinna og kraftverket	Økt gyteaktivitet hos laks Bedre vekst hos ungfisk Økt overlevelse hos ungfisk Økt ungfiskproduksjon
Tørrlegging av arealer	Redusert omfang og amplitude på effektkjøringene i Trollheim kraftverk	Bedre vekst hos ungfisk Økt overlevelse hos ungfisk Økt ungfiskproduksjon

8 Referanser

- Anonym 2001. Kartlegging av ferskvannslokaliteter - Verdisetting av biologisk mangfold. Direktoratet for naturforvaltning, håndbok nr. 15.
- Anonym 2006. Konsekvensanalyser - veiledning. Statens vegvesen, håndbok 140. 290 s.
- Anonym 2007. Kartlegging av naturtyper - Verdisetting av biologisk mangfold. Direktoratet for naturforvaltning, håndbok nr. 13, 2. utgave. 254 s.
- Anonym 2009. Bestandsutvikling hos sjøørret og forslag til forvaltningstiltak. Direktoratet for naturforvaltning, Notat 2009-1. 28 s.
- Anonym 2014a. Status for norske laksebestander i 2014. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 6. 225 s.
- Anonym 2014b. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 6b. 729 s.
- Anonym 2014c. Statens vegvesen, Håndbok V712. 224 s.
- Anonym 2015. Status for norske laksebestander i 2015. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 8. 300 s.
- Bakken, T.H., Forseth, T. & Harby, A. (Red.) 2015. Miljøvirkninger av effektkjøring. Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. CEDREN Rapport (under utarbeidelse).
- Berg, O.K., Bremset, G., Puffer, M. & Hanssen, K. 2013. Selective segregation in intraspecific competition between juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*). Ecology of Freshwater Fish 23: 544-555.
- Berger, H.M. 2012. Ungfiskundersøkelser i Namsenvassdraget 2011. Overvåking av nasjonale laksevassdrag. SWECO Rapport. 27 s.
- Borsányi, P., Alfredsen, K., Harby, A., Ugedal, O. & Kraxner, C. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. Hydroécologie Applique 14: 119-138.
- Bremset, G. 2000. Seasonal and diel changes in behaviour, microhabitat use and preferences by young pool-dwelling Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. Environmental Biology of Fishes 59: 163-179.
- Bremset, G. & Berg, O.K. 1997. Density, size-at-age and distribution of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in deep river pools. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54: 2827-2836.
- Bremset, G. & Berg, O.K. 1999. Three-dimensional microhabitat use by young pool-dwelling Atlantic salmon and brown trout. Animal Behaviour 58: 1047-1059.
- Bremset, G. & Heggenes, J. 2001. Competitive interactions in young Atlantic salmon (*Salmo salar* L) and brown trout (*Salmo trutta* L) in lotic environments. Nordic Journal of Freshwater Research 75: 127-142.
- Bremset, G., Berg, M., Berger, H.M., Dokk, J.G. & Museth, J. 2012. Ungfiskundersøkelser i Namsen. Forsøk med bruk av elektrisk fiskebåt. NINA Rapport 870. 30 s.
- Dekker, W. 2003. Did lack of spawners cause the collapse of the European eel, *Anguilla anguilla*? Fisheries Management and Ecology 10: 365-376.
- Crisp, D. 1988. Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and 'swim-up' times for salmonid embryos. Freshwater Biology 19: 41-48.

- Einum, S. & Nislow, K.H. 2011. Variation in population size through time and space: theory and recent empirical advances from Atlantic salmon. S. 277-298, i: Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal (eds.): Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing, Oxford.
- Foldvik, A. 2013. Spatial distributions and productivity in salmonid populations. Doctoral theses at NTNU, 2013: 235.
- Fergus, T. & Bogen, J. 2006. Sedimenttransport og bunnsubstrat. S. 35-41, i: Saltveit, S.J. (red.). Økologiske forhold i vassdrag - konsekvenser av vannføringsendringer. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Forseth, T. & Forsgren, E. (Red.) 2008. El-fiskemetodikk. Gamle problemer og nye utfordringer. NINA Rapport 488. 74 s.
- Forseth, T. & Harby, A. (Red.). 2013. Håndbok for miljødesign i regulerte vassdrag. NINA Temahefte 52. 99 s.
- Forseth, T., Hurley, M., Jensen, A. & Elliott, J. 2001. Functional models for growth and food consumption of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from a Norwegian river. Freshwater Biology 46: 173-186.
- Forseth, T., Fiske, P., Hvidsten, A.A. & Saltveit, S.J. 2003. Smoltoverlevelse i Suldalslågen - miljøfaktorer som påvirker smoltutvandring og overlevelse i fjorden. Suldalslågen - Miljørapport Nr. 30, Statkraft. 59 s.
- Forseth, T., Stickler, M., Ugedal, O., Sundt, H., Bremset, G., Linnansari, T., Hvidsten, N.A., Harby, A., Bongard, T. & Alfredsen, K. 2009. Utfall av Trollheim kraftverk i juli 2008. NINA Rapport 435. 35 s.
- Forseth, T., Letcher, B.H. & Johansen, M. 2011. The behavioural flexibility of salmon growth. S. 145-169, i: Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal (eds.): Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing, Oxford.
- Fraser, N.H.C., Metcalfe, N.B. & Thorpe, J.E. 1993. Temperature-dependent switch between diurnal and nocturnal foraging in salmon. Proceeding of Royal Society London B. 252: 135-139.
- 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.
- Halleraker, J.H., Johnsen, B.O., Lund, R.A., Sundt, H., Forseth, T. & Harby, A. 2005. Vurdering av stranding i Surna ved utfall av Trollheim kraftverk i august 2005. SINTEF rapport TR A6220. 36 s.
- Halleraker, J.H., Sundt, H. & Alfredsen, K. 2006. Optimalisering av fiskeforhold og kraftproduksjon i Surna. Hovedrapport om videreutvikling og anvendelse av simuleringeverktøy fra samløpet Rinna til Skei. SINTEF Rapport TR A6264.
- Harby, A., Alfredsen, K., Arnekleiv, J. V., Flodmark, L. E. W., Halleraker, J. H., Johansen, S., & Saltveit, S. J. 2004. Raske vannstandsendringer i elver - Virkninger på fisk, bunndyr og begroing Teknisk Rapport: SINTEF. 39 s.
- Harby, A., Alfredsen, K., Halleraker, J.H., Sundt, H. & Ugedal, O. 2007. Bedre vannføringer i Surna – fase II. Effekter av nytt inntak i Follsjø, Bjønnålia kraftverk og omløpsventil i Trollheim kraftverk. SINTEF Energiforskning Notat, 20. desember 2007. 22 s.
- Harby, A. Charmasson, J. & Ugedal, O. 2013. Behov for vannslipp i Øvre Surna og temperaturavhengig vekst i nedre Surna. SINTEF Notat 21. oktober 2013.

- Heggenes, J. 1996. Habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) and young Atlantic salmon (*S. salar*) in streams: static and dynamic hydraulic modelling. *Regulated Rivers Research and Management* 12: 155-169.
- Heggenes, J., Krog, O. M. W., Lindaas, O. R., Dokk, J. G. & Bremnes, T. 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62: 295-308.
- Horton, G.E., Letcher, B.H., Bailey, M.M. & Kinnison, M.T. 2009. Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt production: the relative importance of survival and body growth. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 471-483.
- Hvidsten, N. A. 1985. Mortality of pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout *Salmo trutta* L., caused by fluctuating water levels in the regulated River Nidelva, central Norway. *Journal of Fish Biology* 27: 711-718.
- 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., Jensen, A.J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E.B., Jensås, J.G., Bakke, Ø. & Forseth, T. 2004. Orkla - et nasjonalt referansevassdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1997-2002. NINA Fagrapport 79. 96 s.
- Jensen, A.J., Berg, M., Bremset, G., Eide, O., Finstad, B., Hvidsten, N.A., Jensås, J.G., Johnsen, B.O. & Lund, E. 2011. Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Rapport for perioden 2008-2010. NINA Rapport 659. 77s.
- Johnsen, B.O. 2012. Ungfiskundersøkelser i Bulu, Gjøåa og Folla, sommeren 2012. Notat fra NINA, 17 desember 2012.
- Johnsen, B.O. & Hvidsten, N.A. 1995. Evaluering av utsettingspålegg i Surna og Bævra. NINA Oppdragsmelding 338. 30 s.
- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A., Bongard, T. & Bremset, G. 2010. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Surna. Årsrapport for 2008 og 2009. NINA Rapport 511. 86 s.
- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A., Bongard, T. & Bremset, G. 2011. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Surna. Fagrapport 2010. NINA Rapport 700. 118 s.
- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A., Bongard, T., Bremset, G. & Diserud, O. 2012. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Surna. Framdriftsrapport 2012. NINA Rapport 857. 79 s.
- Lund, R.A. & Johnsen, B.O. 2007. Status for laks- og sjøaurebestanden i Surna relatert til reguleringen av vassdraget. Undersøkelser i årene 2002-2006. NINA Rapport 272. 67 s.
- Karlström, Ö. 1977. Habitat selection and population densities of salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) parr in Swedish rivers with some references to human activities. *Acta Universitatis Upsalensis* 404: 3-12.
- Klemetsen, A., Amundsen, P.-A., Dempson, J.B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fishes* 12: 1-59.
- Lund, R.A., Johnsen, B.O. & Hvidsten, N. A. 2003. Fiskebiologiske undersøkelser i Surna 2002. NINA Oppdragsmelding 788. 41 s.
- Nislow, K.H., Armstrong, J.D. & Grant, J.W.A. 2011. The role of competition in the ecology of juvenile Atlantic salmon. S. 171-197, i: Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal (eds.): Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing, Oxford.

- Pethon, P. 2005. Aschehougs store fiskebok - Norges fisker I farger. Aschehoug, Oslo.
- Puffer, M. 2014. Effects of rapidly fluctuating water levels on juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Doctoral theses at NTNU.
- Rivinoja, P., McKinnell, S. & Lundqvist, H. 2001. Hindrances to upstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a northern Swedish river caused by a hydroelectric powerstation. *Regulated Rivers Research and Management* 17:101-115.
- Roen, S. 1980. Temperaturforhold i Surna. En utredning til Nordmøre herredsrett I forbindelse med Trollheimsreguleringen. 10 s.
- Saltveit, S.J. & Ofstad, K. 1985a. Skjønnt Trollheimen Kraftverk. Undersøkelser av laks og ørret i Surna i 1984. Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske (LFI), Oslo. Rapport nr. 81. 32 s.
- Saltveit, S.J. & Ofstad, K. 1985b. Skjønnt Trollheimen Kraftverk II. En sammenfatning av resultater av undersøkelser på laks og aure i Surna i 1984 og 1985. Notat, Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske (LFI), Oslo. 16 s.
- Saltveit, S. J. & Brodtkorb, E. 1999. Tetthet og vekst hos laks- og aureunger i Surna og sidebekker i 1998. Laboratorium for ferskvannsökologi og innlandsfiske (LFI), Oslo, Rapport 185-1999. 34 s.
- 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 & Management* 17: 609-622.
- Svelle, K. 2003. Fysisk habitat for fisk i Surna mellom Trollheim kraftverk og samløp Rinna, Rindal. Diplomoppgave, Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU.
- Sæter, A.O. & Øien, E. 2009. Prosjekt sidebekker i Surnavassdraget. Fase I. Samarbeidsorganet for Surna. Rapport: 94 s.
- Statkraft 2015a. Aggregat 2 i Trollheim kraftverk. Virkninger på hydrologi. Versjon 3. Notat fra Statkraft 11.03.2015.
- Statkraft 2015b. Kjøremønster. Notat fra Statkraft. 25.01.2015.
- Statkraft 2015c. Trollheim kraftverk - Vannføring ved Løsetli ved tilsigsavhengig minstevannføring fra Rinna-inntaket. Notat fra Statkraft. 08.04.2015.
- Sundt, H., Halleraker, J.H, Alfrendsen, K.T., Svelle, K. 2006. Optimalisering av fiskeforhold og kraftproduksjon i Surna - Delrapport om elvetyper, vanndekket areal og hydrauliske forhold av betydning for laksefisk ved ulike vannføringer og raske endringer. SINTEF rapport TR A6263.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Hvidsten, N.A., Fiske, P. & Aarestrup, K. 2003. Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag. NVE Miljøbasert vannføring Rapport nr. 2003-1. 52 s.
- Thorstad, E.B., Arnekleiv, J.V., Forseth, T., Sandlund, O.T., Jensen, A.J. & Næsje, T.F. 2006. Fiskevandring og effekter av endringer i vannføring. S. 100-118, i: Saltveit, S.J. (red.). Økologiske forhold i vassdrag - konsekvenser av vannføringsendringer. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Aarestrup, K. & Heggberget, T.G. 2008. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Review Fish Biology and Fisheries*. 18: 345-371.
- Tjomsland, T. 2004. Abiotiske effekter i reguleringsmagasiner. Temperatur- og isforhold i Follsjøen og i vassdraget nedenfor. NVE, Miljøbasert vannføring, Rapport 5-2004. 25 s.

- Ugedal, O., Sundt, H., Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Ulvan, E.M. & Zinke, P. 2013. Utfall av Trollheim kraftverk i april 2012. Effekter på fiskebestandene i Surna. NINA Rapport 922. 35 s.
- Ugedal, O., Berg, M., Bongard, T., Bremset, G., Kvingedal, E., Diserud, O., Jensås, J.G., Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A. & Østborg, G. 2014. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Surna. Sluttrapport for perioden 2009-2013. NINA Rapport 1051. 132 s.
- Ugedal, O., Berg, M., Bremset, G., Kvingedal, E., Jensås, J.G. & Østborg, G. 2015. Fiskebiologiske undersøkelser i Surna. Årsrapport for 2014. NINA Rapport 1125 (under ferdigstilling).
- Aarestrup, K., Økland, F., Hansen, M.M., Righton, D., Gargan, P., Castonguay, M., Bernatchez, L., Howey, P., Sparholt, H., Pedersen, M.I. & McKinley, R.S. 2010. Oceanic spawning migration of the European eel (*Anguilla anguilla*). Science 32: 1660.

Vedlegg

Vedlegg 1. Statkraft sin selvpålagte restriksjon med hensyn på nedkjøring av vannføringen gjennom Trollheim kraftverk.

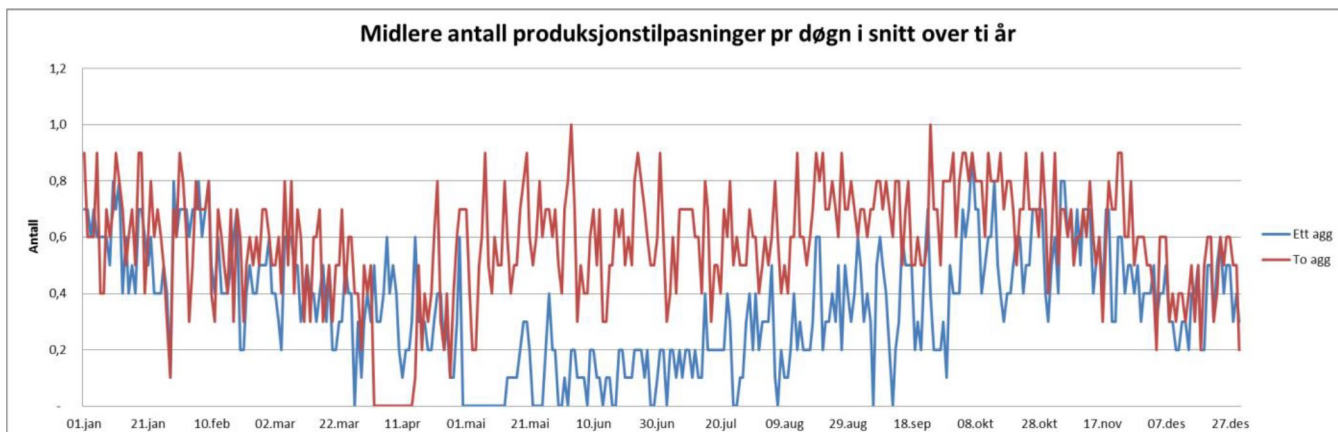
SJØLVPÅLAGD RESTRIKSJON SURNA

	Mjuk restriksjon	Surna brukar 4 timar frå 50 m ³ /s til 15 m ³ /s
	Swimup restriksjon	Surna brukar 6 timar frå 50 m ³ /s til 15 m ³ /s
MØRKT	Hard restriksjon i dagslys, mjuk restriksjon når det er mørkt	Surna brukar 8 timar frå 50 m ³ /s til 15 m ³ /s

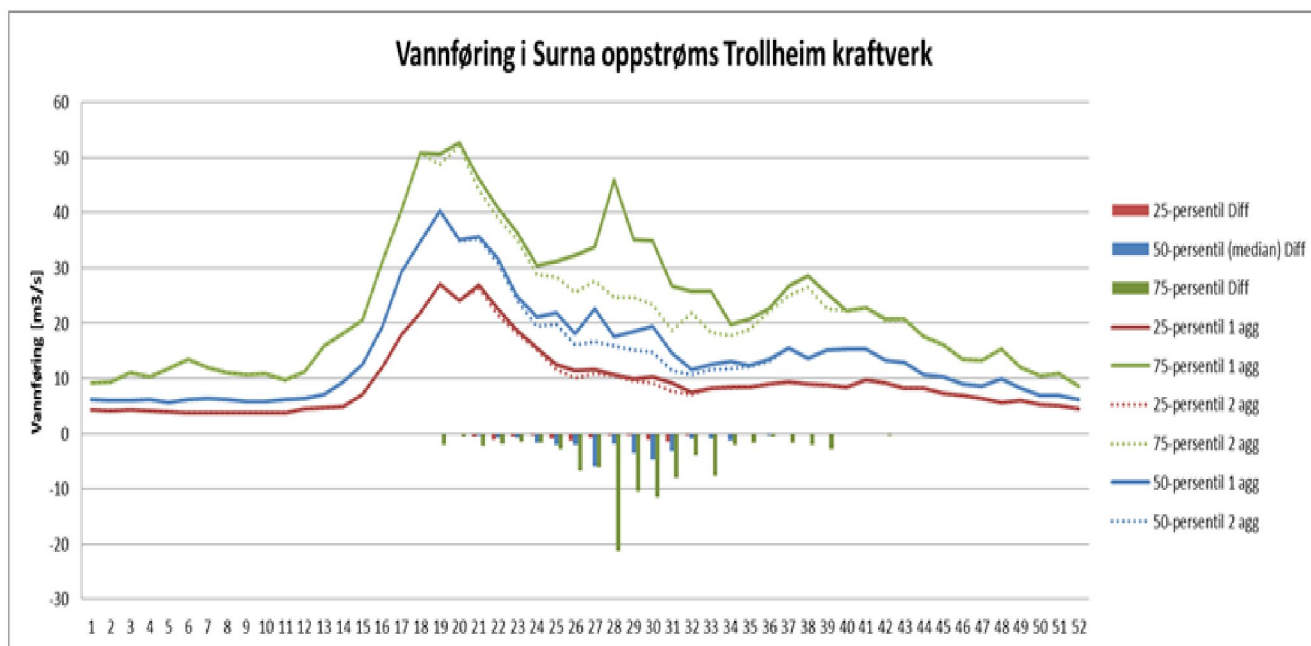
Etter lengre tid med stabil vassføring meir enn 14 dagar) skal alltid hard restriksjon benytast fyrste nedkjøring

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
1	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
2	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
3	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
4	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
5	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
6	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
7	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
8	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
9	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
10	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
11	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
12	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
13	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
14	MØRKT	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT
15	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
16	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
17	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
18	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
19	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
20	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
21	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
22	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
23	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
24	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
25	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
26	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
27	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
28	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
29	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
30	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT
31	MØRKT	MØRKT								MØRKT	MØRKT	MØRKT

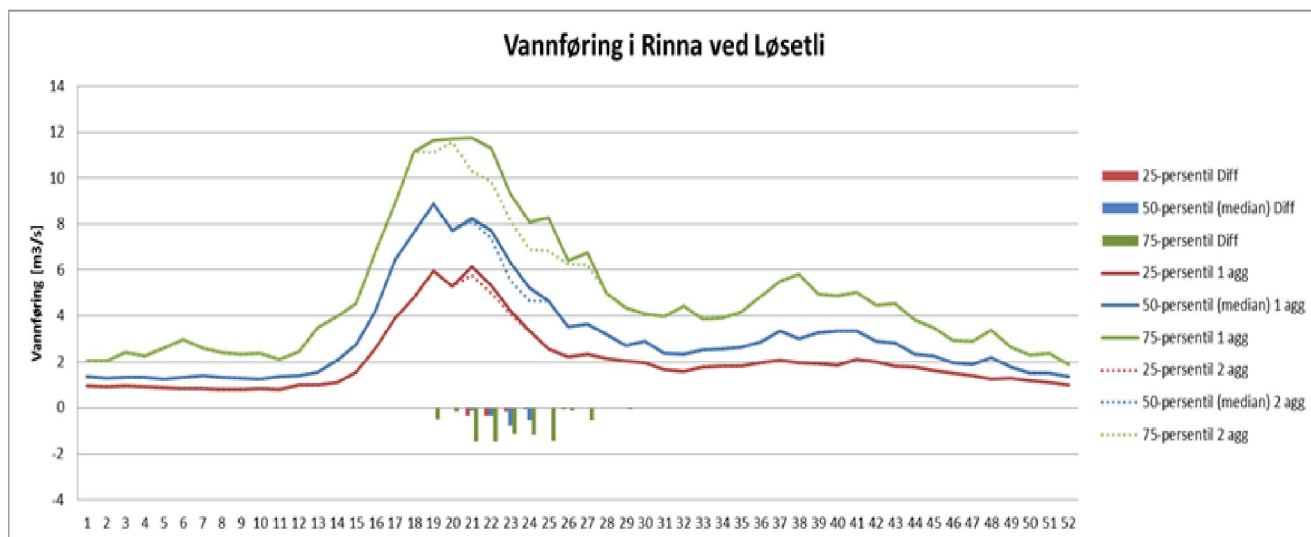
Vedlegg 2. Forventet midlere antall produksjonstilpasninger per døgn ved Trollheim kraftverk med ett (blå strek) og to aggregater (rød strek). Figur fra Statkraft (2015b).



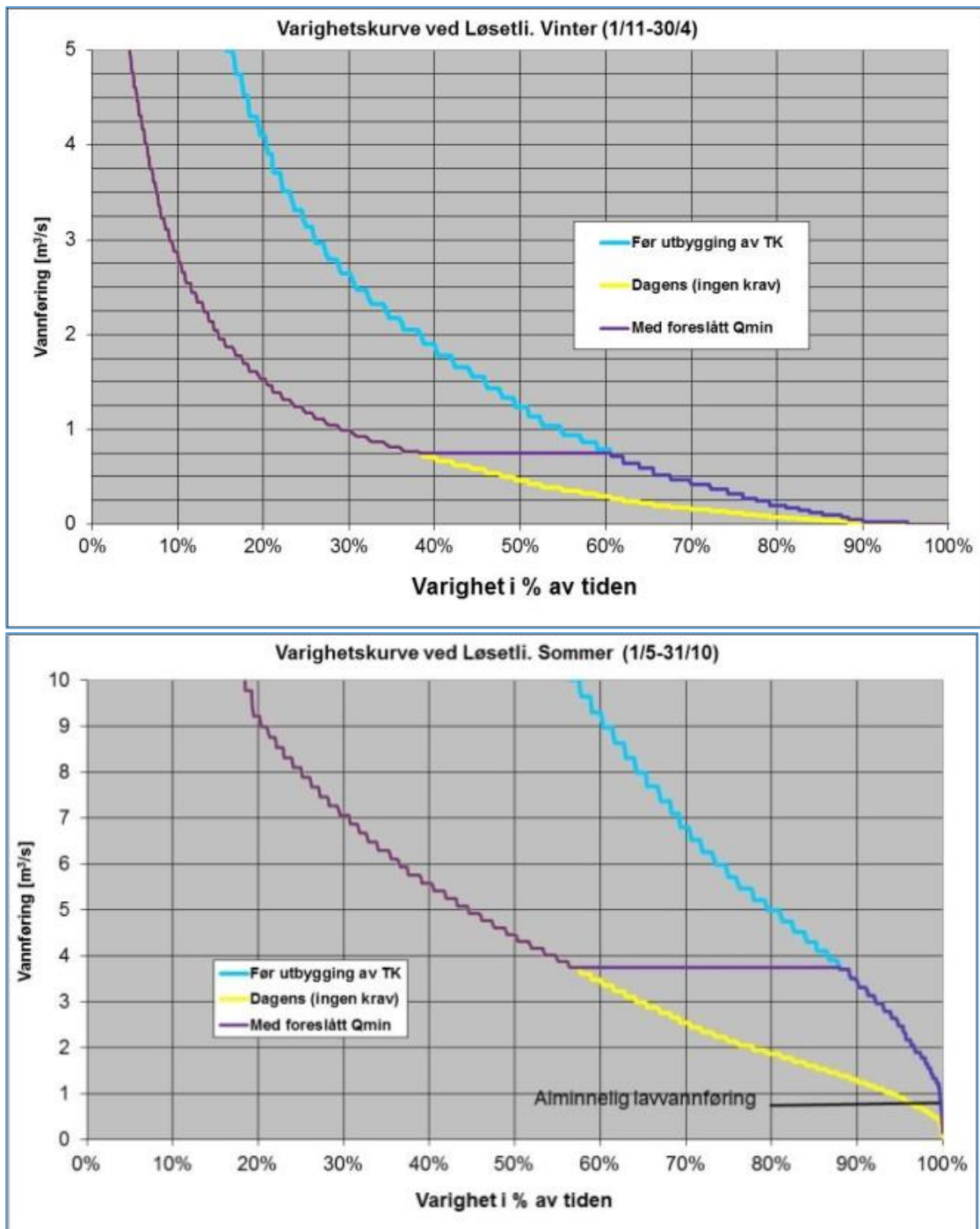
Vedlegg 3. Simulert vannføring og differanse i vannføring like oppstrøms Trollheim kraftverk med ett (heltrukne linjer) og to (stiplede linjer) aggregater. Figur fra Statkraft.

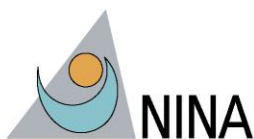


Vedlegg 4. Simulert vannføring og differanse i vannføring i Rinna ved Løsetli med ett (heltrukne linjer) og to (stiplede linjer) aggregater. Figur fra Statkraft. Vær oppmerksom på at endringer i flomvannføringer ikke er helt korrekte da det ifølge Statkraft ikke ble tatt hensyn til at inntaket i Rinna stenges i perioder med overløp i Follsjømagasinet (Statkraft 2015a).



Vedlegg 5. Varighetskurver for vannføring i Rinna ved Løsetli før utbygging av TK, med dagens regulering og med en foreslått tilsigsavhengig minstevannføring på 0,75 m³/s om vinteren og 3,75 m³/s om sommeren. Figurer fra Statkraft (2015c) basert på observerte tilsigsserier til vannmerket ved Løsetli.





Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2719-3

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger