

922 Utfall av Trollheim kraftverk i april 2012

Effekter på fiskebestandene i Surna

NINA Rapport

Ola Ugedal
Håkon Sundt
Bjørn Ove Johnsen
Nils Arne Hvidsten
Eva M. Ulvan
Peggy Zinke



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.

Utfall av Trollheim kraftverk i april 2012

Effekter på fiskebestandene i Surna

Ola Ugedal
Håkon Sundt
Bjørn Ove Johnsen
Nils Arne Hvidsten
Eva M. Ulvan
Peggy Zinke

Ugedal, O., Sundt, H., Hvidsten, N.A., Johnsen, B.O., Ulvan, E.M.
& Zinke, P. Utfall av Trollheim kraftverk i april 2012. Effekter på
fiskebestandene i Surna. - NINA Rapport 922. 35 s.

Trondheim, februar 2013

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2526-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV

Grete Robertsen

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Statkraft Energi AS

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Sjur Gammelsrud

FORSIDEBILDE

Surna ved telling av gytegroper.

Foto: Gunnbjørn Bremset.

NØKKEWORD

- Norge, Møre og Romsdal, Surnadal
- ferskvann, elv, laks (*Salmo salar*), aure (*Salmo trutta*)
- effektstudie, stranding, vassdragsregulering

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

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

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.

På grunn av et uhell stanset Trollheim kraftverk i Surna mandag 9. april 2012 kl. 13:13. Utfallet førte til at vannføringen nedstrøms kraftverket falt fra 43 til 9 m³/s i løpet av to til tre timer, og vannføringen forble lav (9-13 m³/s) i om lag 12 timer. Trollheim kraftverk ble igangsatt den 10. april kl. 02:41. Samme dag falt kraftverket ut igjen kl. 15:16, og vannføringen ved Skjermo ble redusert fra 46 til om lag 12 m³/s men varigheten av lavvannsperioden ved det andre utfallet var mye kortere enn ved det første utfallet.

Utfallet ved Trollheim kraftverk den 9. april førte til at store deler av elvestrekningen fra kraftverket og ned til Øye Bru ble tørrlagt (ca 25 % av vanndekt areal før utfallet). Modellsimuleringer tyder på at vannstanden over store deler av strekningen sank med en hastighet på 20-30 cm/time over hele utfallsperioden. I følge våre estimater døde i størrelsesorden 15 400 lakseyngel (klekket i 2011) og 1500 eldre laksunger av stranding under utfallet. I smolt-ekvivalenter gir dette et tap på om lag 4700 laksesmolt fordelt over perioden 2012-2014. Dette utgjør om lag 11 % av forventet smoltproduksjon nedstrøms kraftverket i samme periode. Smoltproduksjonen nedstrøms kraftverket utgjør sannsynligvis mindre enn 1/3 av den totale smoltproduksjonen av laks i Surna. I følge våre estimater førte hendelsen også til at i størrelsesorden 10 900 aureyngel (klekket i 2011), og et ukjent antall eldre aureunger døde. Konsekvensene for aurebestanden var trolig sterkere enn for laks. Alle estimatene er usikre.

Basert på undersøkelser av dødelighet av rogn og plommeseekkyngel i gytegroper i etterkant av utfallene er det sannsynlig at tørrlegging av gytegroper førte til noe ekstra dødelighet av plommeseekkyngel i groper som var gytt relativt grunt. Dette så ut til i første rekke å ha rammet sjøaure.

Selv om utfallene i april isolert sett trolig ga en relativt liten stranding av fisk, er denne typen utfall uheldig for fiskebestandene.

Ola Ugedal, Nils Arne Hvidsten, Bjørn Ove Johnsen & Eva Ulvan. Norsk Institutt for Naturforskning, 7485 Trondheim. ola.ugedal@nina.no

Håkon Sundt & Peggy Zinke. SINTEF Energi AS, 7465 Trondheim. hakon.sundt@sintef.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Reguleringen og utfallene	7
3 Kontroll av gytegroper	10
4 Stranding og effekt på bestandene	15
4.1 Tørrlagt areal og senkningshastighet	15
4.2 Strandingsdød og bestandseffekter	19
4.2.1 Bestandsstørrelse på strandingstidspunktet	19
4.2.2 Tetthet av fisk i strandingsutsatte områder	21
4.2.3 Vurdering av strandingsdød og bestandseffekter	24
4.3 Noen resultater fra undersøkelser etter utfallet.....	27
5 Konklusjon	29
6 Referanser	30
7 Vedlegg	32

Forord

Norsk institutt for naturforskning (NINA) fikk i desember 2012 sammen med SINTEF Energi AS i oppdrag av Statkraft Energi AS å vurdere effektene av utfallet i Trollheim kraftverk i april 2012 på fiskebestandene i Surna etter at Direktoratet for naturforvaltning hadde bedt om en slik utredning. Denne vurderingen er basert på samme metodikk som er brukt ved tidligere evalueringer av lignende utfall. Det er vanskelig å anslå stranding av fisk ved slike utfall, og det er mangler ved datagrunnlaget både for hydrologiske og biologiske forhold. Det er også hull i kunnskapen om stranding av laksefisk, og det er gjennomført relativt få kvantitative studier på strandingsrisiko som egner seg til overføring til strandingsepisoden i Surna. Dette betyr at våre vurderinger er usikre, selv om de er basert på det best tilgjengelige kunnskapsgrunnlaget.

Like i etterkant av utfallet gjennomførte NINA en undersøkelse av gytegroper samt en befarings av gyteområder for å vurdere om tørrleggingen hadde ført til ekstraordinær dødelighet blant egg og plommeseekkyngel i tørrlagte gytegroper. Resultatene av denne undersøkelsen rapporteres også her.

Vi vil takke Arne O. Sæter for bistand under feltarbeidet i forbindelse med undersøkelser av gytegroper etter utfallet.

Trondheim, februar 2013

Ola Ugedal
prosjektleder

1 Innledning

Mandag 9. april 2012 kl. 13:13 stoppet Trollheim Kraftverk (TK) på grunn av et uhell i stasjonen og vannføringen ved Skjermo målestasjon i Surna, 1,4 km nedstrøms kraftverket, sank fra 43 til 9 m³/s. Vannføringen økte til 13 m³/s om lag åtte timer etter utfallet idet vann som ble sluppet fra Follsjø via Folla nådde frem til utløpet av TK. Vannføringen var imidlertid lav (9-13 m³/s) i om lag 12 timer på grunn av utfallet inntil den økte da Trollheim kraftverk ble igangsatt den 10. april kl. 02:41. Samme dag falt kraftverket ut igjen kl. 15:16. Ved dette utfallet ble vannføringen ved Skjermo redusert fra 46 til om lag 12 m³/s, men varigheten av lavvannsperioden ved dette utfallet var mye kortere enn det første som følge av vannslipp fra nedre tappeluke ved Follsjø dam. Kraftverket kom i drift igjen senere på kvelden den 10. april kl. 22:04.

I et brev til Statkraft datert 02.05.2012 ba Direktoratet for naturforvaltning (DN) om det ble gjennomført undersøkelser for å kartlegge hvilke konsekvenser utfallene den 9. og 10. april 2012 hadde for egg og ungfisk i vassdraget. DN vil på bakgrunn av resultatet av rapporteringen vurdere eventuell kompensasjon for fisketap.

Utfallet førte til at store areal ble tørrlagt og det var sannsynlig at også områder som laks og sjøaure hadde brukt til gyting høsten før ble påvirket av tørrleggingen. Antall og beliggenhet av gytegrøper i Surna nedenfor TK ble kartlagt ved de ordinære fiskebiologiske undersøkelsene høsten 2011 (Johnsen mfl. 2012). Like i etterkant av utfallene ble det gjennomført en undersøkelse av gytegrøper og gyteområder for å vurdere om tørrleggingen hadde ført til ekstraordinær dødelighet blant egg og plommeseekkyngel.

I august 2005 og i juli 2008 skjedde det også utfall i TK. Halleraker mfl. (2005) og Forseth mfl. (2009) vurderte effekten av disse utfallene på fiskebestandene nedstrøms kraftverket. Med utgangspunkt i metodikk brukt i disse rapportene fra utfallene i 2005 og 2008, nye data omkring sammenhenger mellom vanndekt areal og vannføring i de øverste delene av elva opp mot utløpet av TK (hvor elveleiet ble modifisert i 2011 og 2012) og fysisk beskrivelse av utfallet i 2012 vil vi i denne rapporten:

- Vurdere effekten av fall i vannføring i Surna i forbindelse med den aktuelle hendelsen gjennom å anslå antall fisk som døde som følge av stranding og vurdere langtidseffekter av hendelsen ved å regne om tapet av laks i smoltekvivalenter.
- Vurdere om tørrlegging av gytegrøper kunne være en vesentlig dødelighetsårsak for rogn og plommeseekkyngel.

Mye av det faglige grunnlaget, metoder og datagrunnlag for vår vurdering av bestandseffekter er beskrevet i Halleraker mfl. (2005) og Forseth mfl. (2009) og vil ikke bli gjentatt detaljert her. Vi vil fokusere på de spesifikke biologiske vurderingene vi måtte gjøre for å anslå effektene av utfallet i april 2012. Reguleringen av vassdraget samt fysiske og biologiske effekter av reguleringen er blant annet beskrevet i Sundt mfl. (2005) og Johnsen mfl. (2011).

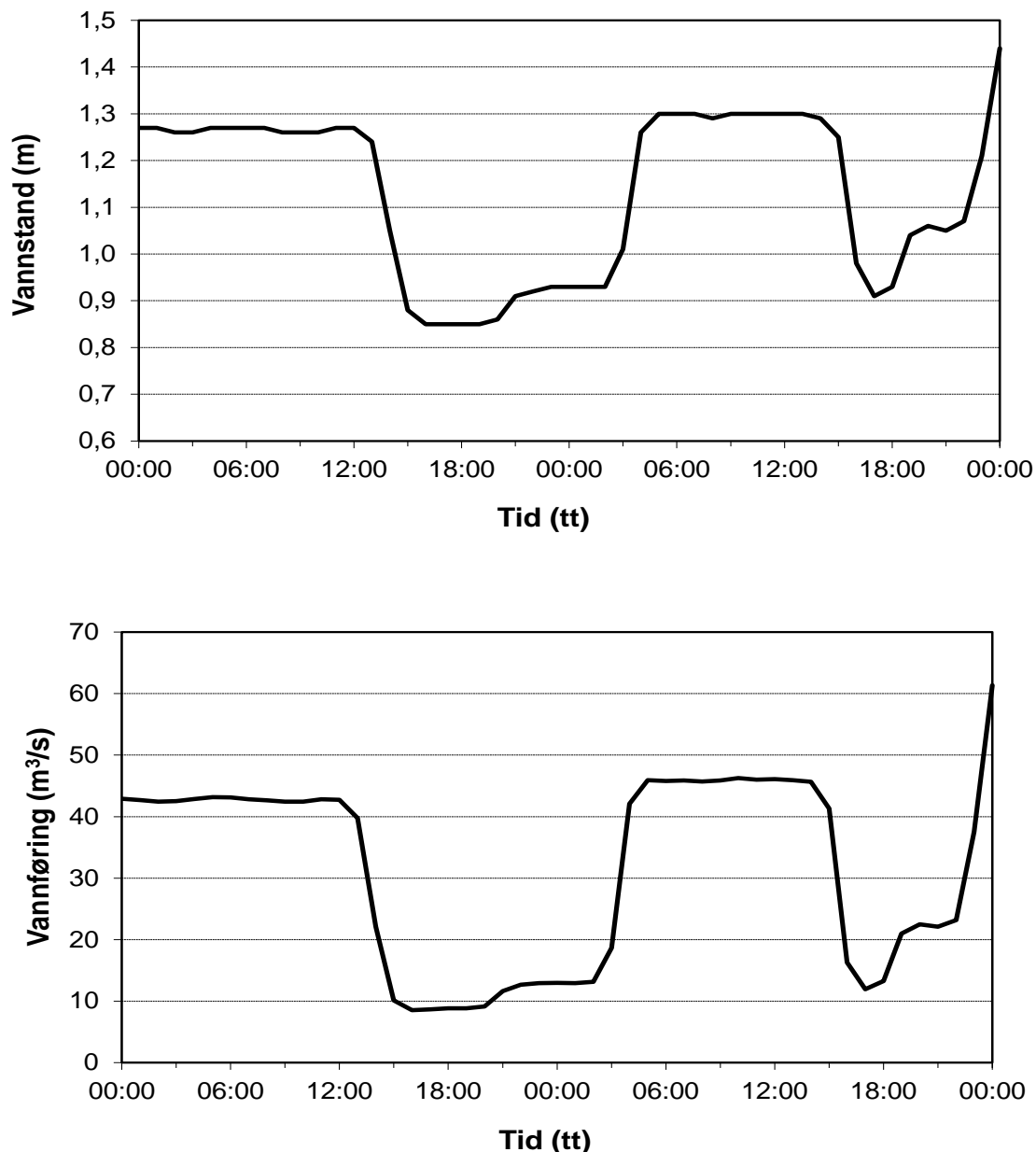
2 Reguleringen og utfallene

Trollheim Kraftverk (TK) har utløp ca 20 km fra munningen av Surna og har en turbin med slukekapasitet på 38 m³/s. Det er skjønnsfastsatt minstevannføring på strekningen nedstrøms TK på 15 m³/s. I skjønnet er det imidlertid nedfelt at en om vinteren (15. okt.- 15. mai) ved driftsfeil eller fare for driftsfeil kan gå ned på en minstevannføring på 5 m³/s. Utfall skal allikevel varsles til berørte parter, og det skal vurderes om eventuelle skader på fiskebestanden kan kompenseres med økte utsetninger. I november 2011 ble det installert en omløpsventil i kraftverket som skal kompensere minstevannføring i de tilfeller at det skjer utfall. Den 9. april kl. 13:13 ble rørbruddsventilen i tilførselstunellen til Trollheim kraftverk stengt noe som førte til full driftsstans ved kraftverket. Rørbruddsventilen i tilførselstunellen er lokalisert ovenfor omløpsventilen slik at omløpsventilen ikke hadde noen virkning. Uten omløpsventil må vannføringen kompenseres ved slipp fra luker i Follsjø og ned sideelva Folla. Det tar vanligvis i størrelsesorden tre til fire timer før dette vannet når ned til Surna nedstrøms TK. Oppstrøms TK er det en minstevannføringsstrekning på 12 km med en restvannføring på mellom 40 og 80 %. Ved utfall av TK når omløpsventilen ikke fungerer vil derfor vannføringen nedstrøms TK synke ned til restvannføringen inntil vannslipp fra Follsjø når fram.

Utfallene 9. og 10 april 2012 er beskrevet i et notat fra Statkraft: «Uønsket hendelse Trollheim Kraftverk April», og de relevante hovedpunktene vil bli beskrevet her. Effekten på vannføringen i Surna nedstrøms TK ble målt ved Skjermo målestasjon som ligger ca 1,4 km nedstrøms utløpet av TK (**figur 2.1**). Disse dataene har en oppløsning på kun en time for vannføring og vannstand, noe som setter begrensninger med hensyn på å beskrive utfallet nøyaktig. Ved utfallet av kraftverket ble vannføringen ved Skjermo redusert fra 43 m³/s til i underkant av 9 m³/s (restvannføring fra oppstrøms felt), sannsynligvis i løpet av to til tre timer (se kapittel 4.1). Etter utfallet ble nedre tappeluken ved Follsjø dam forsøkt åpnet for å sikre minstevannføring nedstrøms TK. Denne luka lot seg imidlertid ikke åpne og øvre tappeluken på Follsjø dam ble i stedet åpnet kl. 14:30. Vannføringen ved Skjermo økte til om lag 13 m³/s da vannet fra Follsjø nådde fram om lag åtte timer etter utfallet. Det tok lengre tid enn forventet før tappevannet fra Follsjø nådde ned til Surna nedenfor TK, sannsynligvis som følge av at det hadde gått et stort ras i Folla. Siden vannstanden i Follsjø var like over nedre nivå på øvre tappeluken ble ikke større vannføring i Folla og Surna oppnådd. Vannføringen forble lav (9-13 m³/s) i om lag 12 timer etter utfallet inntil den økte da Trollheim kraftverk ble igangsatt den 10. april kl. 02:41. Tappingen fra Follsjø ble opprettholdt og vannføringen økte til 46 m³/s ved Skjermo 1-2 timer etter at kraftverk ble igangsatt. Som følge av en ny feil ved kraftverket kl. 15:16 samme dag ble vannføringen ved Skjermo redusert fra 46 m³/s til om lag 12 m³/s. Først den 10. april mellom kl. 18:00 og 19:00 ble 15 m³/s (minstevannføring) oppnådd ved Skjermo som følge av vannslipp fra nedre tappeluken ved Follsjø dam. Kraftverket kom i drift igjen senere på kvelden den 10. april kl. 22:04, og vannføringen steg raskt til over 40 m³/s (**figur 2.1**).

I følge målingene ved Skjermo tok den første raske reduksjonen i vannføring/vannstand sannsynligvis mellom to og tre timer, og vannføringen var lav i om lag 12 timer fram til kraftverket kom i midlertidig drift igjen. Det er denne første perioden som vi vurderer som en strandingsepisode. Den neste raske reduksjonen i vannføring/vannstand kan også ha bidratt til ytterligere stranding, men sannsynligvis i vesentlig mindre grad enn den første, fordi de berørte områdene allerede hadde vært tørrlagt over lang tid i forbindelse med det første utfallet.

I forkant av utfallet den 9. april hadde vannføringen i Surna i en lengre periode vært høy slik at fiskeungenes habitatbruk ikke var påvirket av hyppige vannstansendringer da dette utfallet skjedde.

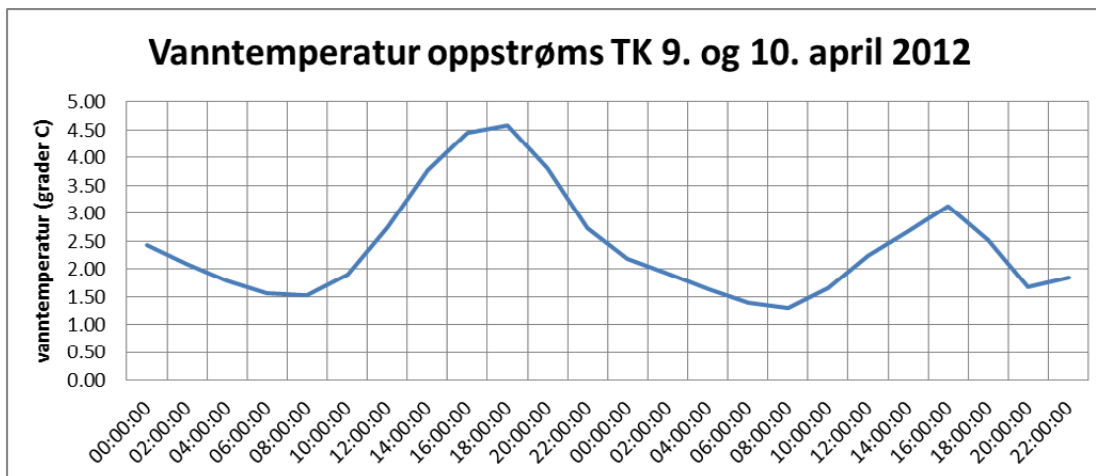


Figur 2.1. Vannstand og vannføring målt for times intervaller ved Skjermo i Surna den 09. og 10. april 2012. Klokkeslettene er justert en time frem i forhold til datafilene for å justere for vintertid.

Vanntemperatur og lufttemperatur

Vi har ikke vanntemperaturdata fra områdene nedstrøms TK for utfallet i april 2012. Vanntemperaturmålinger fra tidligere år viser at temperaturen vanligvis varierer mellom 1 og 2 °C i begynnelsen av april nedstrøms TK når det er full drift av kraftverket. I tilfeller hvor tilsiget fra restfeltet oppstrøms TK er vesentlig lavere enn vannføringen gjennom TK (som den var ved utfallet i april 2012) vil vanntemperaturen i produksjonsvannet fra Follsjø ha avgjørende betydning for vanntemperaturen nedstrøms TK. Vi har ingen grunn til å tro at temperaturen nedstrøms TK ved utfallet i april 2012 var vesentlig forskjellig fra tidligere år. Det foreligger vanntemperaturmålinger fra en stasjon like oppstrøms utløpet av TK (**figur 2.2**). På denne stasjonen varierte temperaturen mellom 1,5 °C og 4,5 °C i løpet av 9. og 10. april. Variasjonen i vanntemperatur

på denne stasjonen gjennom de to døgnene er påvirket både av naturlig døgnvariasjon i vann-temperatur oppstrøms innløpet av Folla og av temperaturen i det vannet som ble tappet fra Follsjø i forbindelse med utfallet. Disse målingene kan tyde på at vanntemperaturen i Surna nedstrøms TK ble noe hevet under utfallsepisoden.



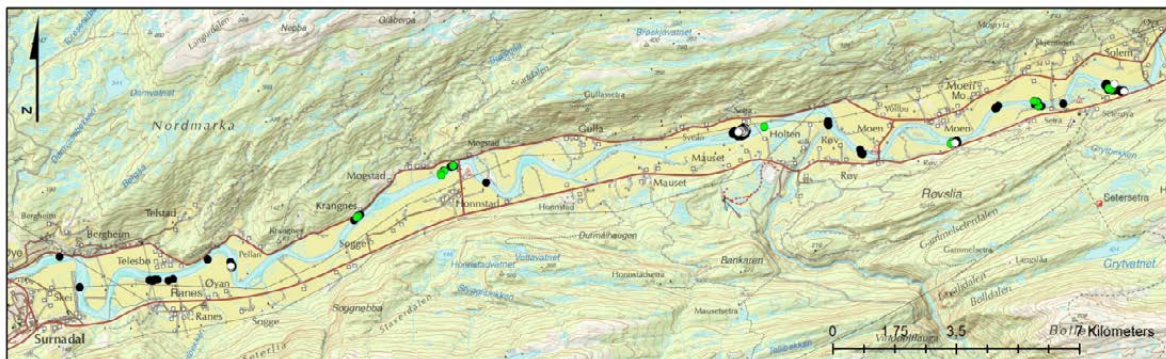
Figur 2.2. Vanntemperatur i Surna like oppstrøms utløpet fra Trollheim kraftverk, vist fra og med 9. april (første midnatt) til og med 10. april.

På nærmeste værstasjon med tilgjengelige data og som ligger på tilnærmet samme høyde over havet som de nedre deler av Surna, Sunndalsøra (6 moh), var minimumstemperaturen i lufta den 9. april 2,8, maksimum 8,1 og gjennomsnittet 5,7 °C, mens den 10. april var minimumstemperaturen 0,4, maksimum 11,3 og gjennomsnittet 7,0 °C (data fra met.no). På værstasjonen Tågdalen i Rindal (450 moh) var det kuldegrader om natta og morgenen den 9. april, men plussgrader senere på dagen. På denne stasjonen var minimumstemperaturen den 9. april -4,0, maksimum 7,1 og gjennomsnittet 1,6 °C, mens minimumstemperaturen den 10. april var -0,6, maksimum 7,0 og gjennomsnittet 3,3 °C (data fra met.no).

Det er derfor sannsynlig at lufttemperaturen i de nedre deler av Surna lå over 0 °C under begge utfallsepisodene slik at frysing ikke medførte ekstra risiko for økt dødelighet av ungfisk, rogn og plommeseekyngel nede i substratet.

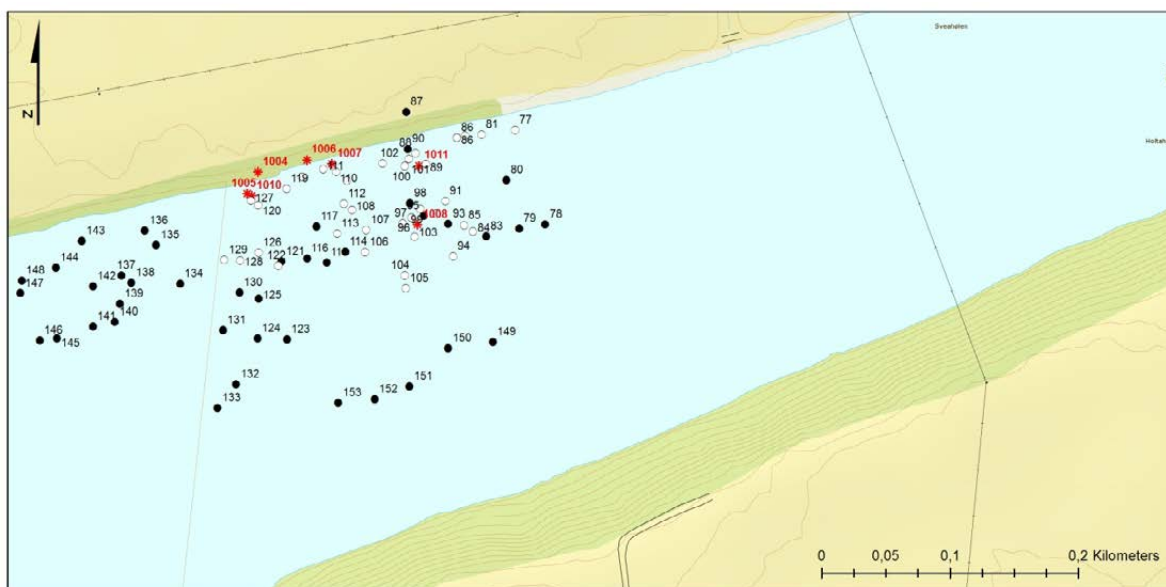
3 Kontroll av gytegrøper

I etterkant av utfallet ble gytegrøper i kjente gyteområder nedstrøms TK undersøkt med tanke på tørrlegging og dermed uttørring av egg og plommesykkelyngel. Det ble tatt utgangspunkt i registrerte gytegrøper fra høsten 2011, hvor totalt 312 gytegrøper av laks og sjøaure ble lokalisert (**figur 3.1, vedlegg 1**), og posisjonen til hver enkelt gytegrøp ble registrert ved hjelp av GPS (Garmin GPS-map 60CSx) (se Johnsen mfl. 2012 for detaljer).



Figur 3.1. Oversiktskart med avmerkede gytegrøper nedstrøms utløpet til Trollheim kraftverk. Gytegrøpene ble registrert høsten 2011, hvite sirkler er sjøauregrøper, svarte sirkler er laksegrøper og grønne sirkler har ikke blitt bestemt til art.

Undersøkelsen fant sted 19. og 20. april 2012 og startet på Svean (**figur 3.2, vedlegg 1**), et område i elva hvor det ble registrert 62 sjøaure- og 71 laksegrøper høsten 2011. På grunn av flere perioder med høy vannføring i løpet av vinteren var substratet på gyteplassene utjevnet og det var derfor svært vanskelig å lokalisere gytegrøpene. Vannføringen ved undersøkelsen var i overkant av 40 m³/s, altså på samme nivå som før utfallet skjedde.



Figur 3.2. Oversikt over registrerte og kontrollerte gytegrøper på Svean i Surna. Hvite sirkler er registrerte sjøauregrøper, svarte sirkler er registrerte laksegrøper, grønne sirkler registrerte grøper som ikke har blitt bestemt til art og røde stjerner er kontrollerte gytegrøper.

GPS-punktene (nøyaktighet ± 5 m) fra høsten ble derfor benyttet til å finne områder hvor det lå gytegroper. Innenfor disse områdene ble grusmassene undersøkt, og det ble gravd der hvor det ble funnet løsere masser. Registrerte sjøauregroper ble prioritert med bakgrunn i at det ble antatt størst sannsynlighet for at auregroperne hadde opplevd tørrlegging i og med at disse oftest ligger i finere grusmasser langs elvebreddene, mens laksegroperne oftest ligger plassert i grovere grusmasser i elvas midtparti.

Når en gytegropp ble verifisert ved graving ble posisjonen registrert med en håndholdt GPS (Garmin GPS-map 60CSx). Antall levende og døde øyerogn og/eller plommeseckkyngel ble deretter bestemt og innholdet ble fotografert (**figur 3.3**) og fiksert på etanol.



Figur 3.3. Eksempler på prøver tatt fra gytegroper. a) prøven tatt i den kontrollerte gytegroppa med WP 1011, med 14 stk. levende plommeseckkyngel og en koagulert øyerogn; b) koagulert øyerogn, samt forskjellen på en levende og død plommeseckkyngel fra prøven av gytegroppa med WP 1005; c) typisk eksempel på prøve tatt ved graving, denne er fra gytegroppa med WP 1006. Waypointnummer (WP) refererer til tabell 3.1 og figur 3.2.

Totalt ble åtte gytegroper (7 ved Svean og 1 i Sæterhølen) kontrollert ved prøvetaking (**tabell 3.1**). Fire av gytegroperne inneholdt rogn. I tre av disse ble det funnet fra ett til fire rognkorn

som alle var døde. I den fjerde gytegruppa ble det funnet 39 rogn hvorav halvparten var døde. Alle gytegruppene inneholdt plommeseekyngel og totalt antall plommeseekyngel i prøvene varierte fra 2 til 60 stk. I prøver med mer enn 20 plommeseekyngel varierte andelen døde fra 16 til 42 % (**tabell 3.1**). Undersøkte gytegrupper med funn av død plommeseekyngel lå på dyp (målt fra vannoverflata til øverst i gytegruppa ved undersøkelsestidspunktet) fra 30 til 48 cm.

Tabell 3.1. Gytegrupper kontrollert ved graving. WP = er WayPoint fra GPS'en; dyp = dybden fra kanten på gytegruppa opp til vannoverflata (cm); l = antall levende; d = antall døde; % d = prosent døde. Andel døde ble kun beregnet for prøver hvor mer enn 20 rogn eller plommeseekyngel hadde blitt undersøkt.

Dato	Sted	WP	Dyp (cm)	Rogn			Plommeseekyngel		
				l	d	% d	l	d	% d
19.4.	Svean	1004	40	19	20	51	14	9	39
		1005	36	0	3	-	21	15	42
		1006	35	0	0	-	60	36	38
		1007	48	0	0	-	26	12	32
		1008	45	0	0	-	21	4	16
20.4.	Sæterhølen	1009	30	0	0	-	3	5	-
20.4.	Svean	1010	50	0	4	-	2	0	-
		1011	47	0	1	-	14	0	-

De fleste av gyteområdene som hadde blitt registrert høsten 2011 ble oppsøkt og det ble gjort en vurdering av dybdeforholdene der gytegruppene hadde blitt stedfestet høsten før (**vedlegg 1**). Vannføringen ved undersøkelsen var i overkant av 40 m³/s, altså på samme nivå som da utfallet skjedde. Gytegrupper som lå dypere enn om lag 65 cm ved undersøkelsestidspunktet ble vurdert til trolig å være upåvirket av tørrlegging som følge av utfallet, til tross for at vannstanden ved Skjeremo falt med 42 cm under utfallet. Vi satte grensen på 65 cm fordi vannstandsendingene som følge av et utfall vil variere langs elva og kan ha vært en god del større enn 42 cm på andre lokaliteter.

Basert på dybden de lå på ble totalt 160 av 312 gytegrupper (51 %) vurdert til trolig å være upåvirket av tørrlegging som følge av utfallet på grunn av den dyden de lå på i elva (**tabell 3.2, vedlegg 1**). For laks ble 142 av 222 (64 %) gytegrupper vurdert til trolig å være upåvirket, mens 12 av 20 (60 %) gytegrupper med ukjent opphav ble vurdert til trolig å være upåvirket. For sjøaure ble bare 6 av 70 (9 %) av gytegruppene vurdert som trolig upåvirket av tørrlegging.

Verdiene for andel gytegrupper som ble vurdert til trolig å være upåvirket av tørrlegging som følge av utfallet må betraktes å være minimumsverdier fordi det var vanskelig å gjøre en sikker vurdering av forholdene i Sveahølen, området med flest registrerte gytegrupper høsten 2011. Områdene hvor det ligger gytegrupper i denne hølen har to langsgående fordypninger, som resulterer i at dypet hvor gropene lå varierte fra 30-35 cm til 65-70 cm. I tillegg var det vanskelig å lokalisere gytegruppene nøyaktig nok ved feltundersøkelsen i april 2012 fordi det ikke var mulig å fastslå med stor grad av sikkerhet hvor den enkelte gytegruppa hadde ligget høsten før. Den lave andelen sjøauregrupper som ble vurdert å være trolig upåvirket skyldes derfor i stor grad at det var vanskelig å gjøre en vurdering av sannsynlig tørrlegging i dette området som inneholdt 62 av de totalt 70 gytegruppene som ble klassifisert til å være sjøauregrupper ved registrering høsten 2011.

Tabell 3.2. Antall gytegrøper av laks og sjøaure registrert høsten 2011 i Surna nedstrøms TK og antall gytegrøper i dette området som ble vurdert å være trolig upåvirket av utfallet i april 2012 med bakgrunn i dybden de lå på. L = laks, A = sjøaure og U = usikker art. ? angir at det er vanskelig å vurdere hvor mange av gytegrøpene i Sveahølen som trolig var upåvirket av utfallet fordi dybdeforholdene der gytegrøpene lå er svært variable og at det var vanskelig å posisjonere gytegrøpene nøyaktig nok ved feltundersøkelsen i april 2012.

Sted	Undersøkt			Trolig upåvirket		
	L	A	U	L	A	U
Solemshølen	47	4	4	47	2	0
Utløp Grytbekken	1	0	0	1	0	0
Sæterhølen	8	0	4	4	0	1
Talgøypollen	6	0	0	6	0	0
Bjørhølen	8	2	2	8	2	2
Fergemannshølen	5	0	0	5	0	0
Utløp Vindøla	10	0	0	5	0	0
Sveahølen	71	62	1	?	?	?
Honnstadvollhølen	1	0	0	1	0	0
Korsbrua til utløp Brøskjåa	16	0	6	16	0	6
Kragnes	15	0	3	15	0	3
Mellom Øyahølen og Pellhølen	7	2	0	7	2	0
Tellesbø	22	0	0	22	0	0
Skeisøya	5	0	0	5	0	0
Sum	222	70	20	142	6	12

Oppsummerende diskusjon

I denne undersøkelsen ble det funnet dødelighet hos plommeseekkyngel i de fleste av de undersøkte gytegrøpene, mens det bare ble funnet vesentlig rogn-dødelighet i en av åtte gytegrøper. Det er ikke uvanlig å finne døde rogn i gytegrøper, og da vi mangler referansemateriale fra Surna om hva som er naturlig nivå for dødelighet av rogn i gytegrøper her, er det derfor ikke mulig å fastslå at dødeligheten av rogn i denne gropa var forårsaket av tørrleggingen i forbindelse med utfallet.

Hvor stor effekt stranding av gytegrøper vil ha på overlevelse til rogn og plommeseekkyngel avhenger både av hvor lenge gytegrøpene har blitt eksponert (her: tørrlagt) og hvordan forholdene var under eksponeringen. Undersøkelser i Bjoreio tyder på at gytegrøper som har vært utsatt for mindre enn ca 10 timer med tørrlegging ikke synes å vise noen redusert eggoverlevelse sammenliknet med grøper som ikke har vært tørrlagt, mens gytegrøper som er utsatt for lengre tørrlegging har større sjanse for stor eller total dødelighet av egg (Skoglund mfl. 2012). I det samme studiet ble det imidlertid også funnet at overlevelsen i enkelte gytegrøper kunne være høy selv om grøpene var utsatt for langvarig stranding, noe som viser at eggene kan tåle langvarig stranding hvis de ligger tilstrekkelig fuktig og ikke fryser. Det er vanskelig å overføre slike resultater mellom vassdrag da overlevelsen under strandingsepisoder avhenger av både de fysiske forholdene i substratet der gytegrøpene ligger (Becker & Neitzel 1985) og andre omgivelserforhold som for eksempel lufttemperatur.

Ved utfallet i Surna varte tørrleggingen ved den første episoden i om lag 12 timer. Siden det sannsynligvis var positiv lufttemperatur i området medførte frysing neppe ekstra dødelighet. Sammenliknet med resultatene fra Bjoreio er det derfor ingen grunn til å tro at utfallet førte til noen omfattende dødelighet hos egg (øyerogn). Plommeseckkyngel er imidlertid betydelig mindre motstandsdyktig mot tørrlegging enn egg (øyerogn) (Becker mfl. 1983). Siden plommeseckkyngel er avhengig av å være i vann for å få nok oksygen mens øyerogn kan overleve i fuktig luft er det ikke usannsynlig at observert dødelighet av plommeseckkyngel i gytegroperne i Surna skyldes tørrlegging i forbindelse med utfallet. Undersøkelsen var imidlertid ikke omfattende nok til å fastslå omfanget av denne dødeligheten.

I flesteparten av de undersøkte gytegroperne (som sannsynligvis var sjøaugeroper) ble det bare funnet plommeseckkyngel. Dette tyder på at klekkingen var over ved undersøkelsestidspunktet i disse gytegroperne. Egg av sjøaure klekker vanligvis før egg av laks blant annet fordi sjøauren vanligvis gyter noe tidligere enn laksen. Vi har ikke vanntemperaturdata for Surna nedstrøms TK mellom gyting høsten 2011 og utfallet i april 2012, og kan derfor ikke beregne om eggene til laks var klekket eller ikke på utfallstidspunktet. Beregninger fra år med slike vanntemperaturdata tyder på at klekkingen av lakseegg i dette området hovedsakelig skjer i løpet av april, men på grunn av temperaturvariasjoner mellom år kan hovedklekkingen foregå både tidlig og sent i måneden. Hvis lakseeggene ikke var klekket ved utfallstidspunktet vil dette sannsynligvis bety at de var mindre utsatt for dødelighet som følge av tørrleggingen.

Gytegroperne til laks lå gjennomgående på dypere vann enn gytegroperne til sjøaure, og en vesentlig større andel av laksens gytegroper ble vurdert til trolig å være upåvirket av tørrlegging i forbindelse med utfallet enn sjøaurens. Dette innebærer at dødeligheten til egg og plommeseckkyngel av laks som følge av tørrlegging antakeligvis var lavere enn hos aure.

Det er sannsynlig at tørrlegging av gytegroper førte til noe ekstra dødelighet av rogn og spesielt plommeseckkyngel i groper som var gytt relativt grunt. Dette rammet antakeligvis i første rekke sjøaure. Konsekvensene av slik ekstra dødelighet for den fremtidige smoltproduksjonen er imidlertid vanskelig å vurdere ut fra denne begrensede undersøkelsen. Hos laks og sjøaure er det stor tetthetsavhengig dødelighet i den første perioden etter at yngelen har kommet opp av grusen (se f.eks. Einum & Nislow 2005, 2011). Dette betyr at det er mulig at den ekstra dødeligheten på egg- eller plommeseck-stadiet delvis eller helt kan kompenseres av lavere tetthetsavhengig dødelighet på yngelstadiet.

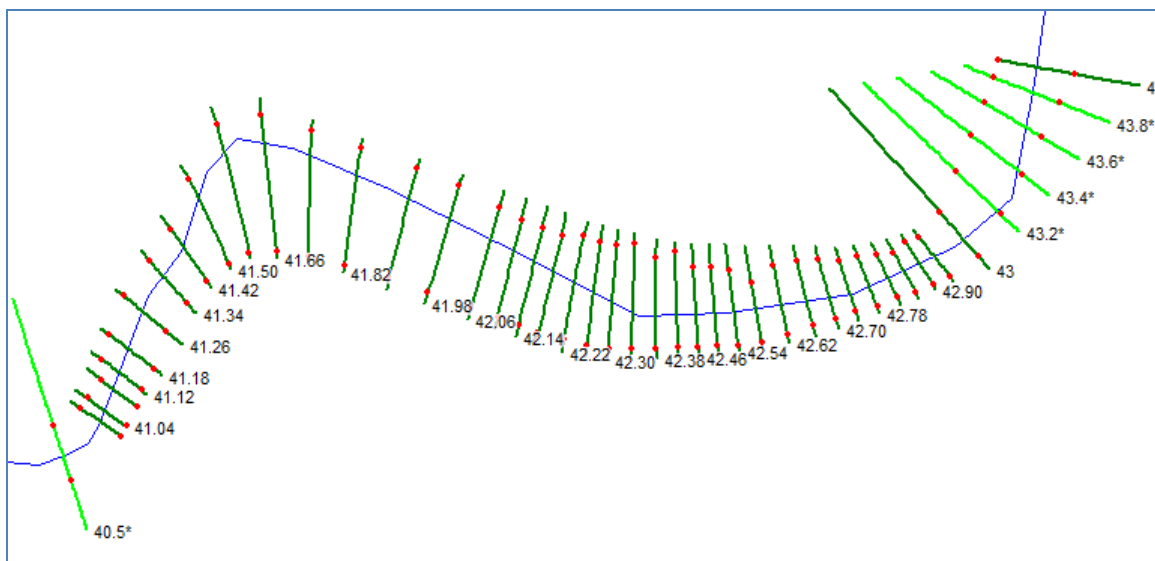
4 Stranding og effekt på bestandene

Risikoen for stranding av fisk ved raske vannstandsreduksjoner henger nært sammen med hastigheten på nedtappingen (oftest gitt som cm pr time). Faller vannstanden sakte nok kan fisken følge etter, mens raske vannstandsendringer øker risikoen for at fisk blir fanget i vannlommer som siden tørrlegges. Hastigheten på nedtappingen ved utfall av kraftverk er avhengig av hvor høy vannføringen er før utfallet, hvor mye den faller og av nedstrøms avstand fra kraftverksutløpet. Hastigheten på nedtappingen er også sterkt påvirket av elvas morfologi. På strekninger med bratte kanter vil vannstandsendingene pr endring i vannmengde bli store, mens tørrlagt areal ofte blir lite. På strekninger med store og slake grusører vil senkningshastighetene bli lavere, mens tørrlagt areal blir stort. I samsvar med tidligere vurderinger av strandingsutfall i Surna (Halleraker mfl. 2005, Forseth mfl. 2009) har vi for utfallet i 2012 estimert gjennomsnittlige nedtappingshastigheter som cm/time for hele nedtappingsforløpet (tiden det tar fra vannføring gikk fra utgangsnivået [42 m³/s på Skjermo] til den nådde sitt laveste nivå lokalt). De forsøkene som brukes som grunnlag for estimatene av strandingsrisiko er basert på en slik beregningsmåte (Saltveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003). Utformingen av elveprofilen, elvas morfologi og gradient vil avgjør hvor mye nedtappingsforløpet forsinkes nedstrøms utløpet.

4.1 Tørrlagt areal og senkningshastighet

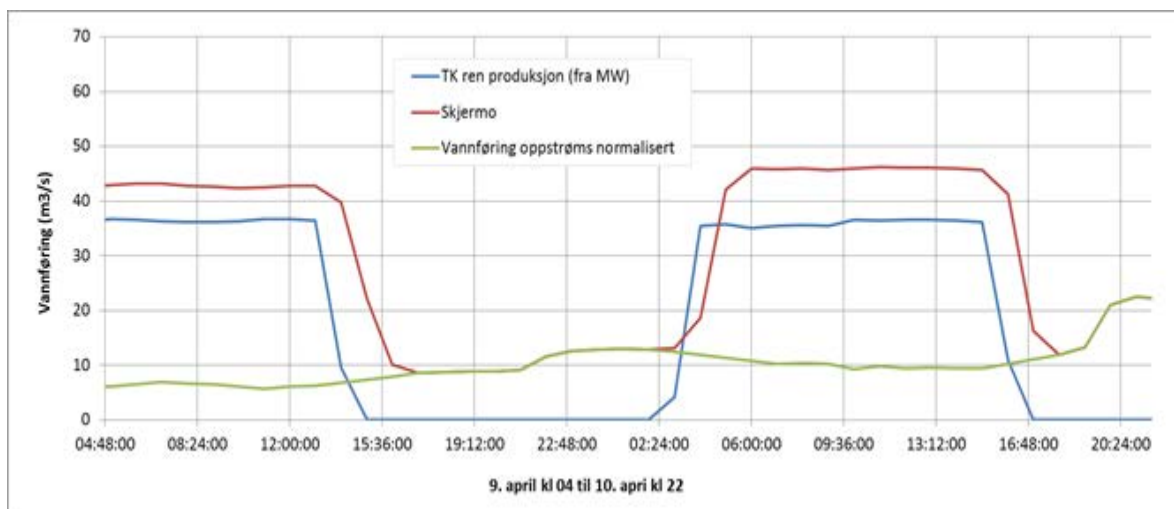
For å beregne vanndekket areal og senkningshastigheter langs Surna nedstrøms Trollheim kraftverk til Øye bru ble det benyttet en 1D hydraulisk modell (HEC-RAS 4.0; mars 2008, US Army Corps of Engineers, Davis, California). Denne modellen ble også benyttet ved analysen av effekter som følge av utfallet ved TK i 2008 (Forseth mfl. 2009). HEC-RAS er en endimensjonell modell som beregner vannlinje gjennom energilikningen: total energinivå = datum + vanddybde + friksjonstap (se HEC-RAS teknisk manual for ytterligere beskrivelse). Modellen har mulighet for å modellere både statisk (fiksert vannføring) og dynamisk (varierende) vannføring, og ved underkritisk, overkritisk og en kombinasjon av under- og overkritiske forhold. I denne rapporten er det tatt i bruk statisk vannføring med overkritisk strømning for å undersøke de fysiske forholdene nedstrøms Trollheim kraftverk ved utfallet 9.april 2012. Modellen er nærmere beskrevet i Sundt mfl. (2005). På den aktuelle delstrekningen er det en sideelv (Vindøla ca 12,7 km oppstrøms Skei) som har betydning for endringen i vannføringsregime nedstrøms TK. I modelleringen ble det antatt et vannføringstillegg på 1,0 m³/s fra Vindøla, som dermed reduserer senkningshastighetene i Surna nedstrøms samløpet til en viss grad. Vannføringen på 1,0 m³/s ble antatt basert på kunnskap om lav gjennomsnittlig vintervannføring i Vindøla.

HEC-RAS modellen ble ikke kalibrert på nytt i forbindelse med beregningene basert på utfallet i 2012, men det antas at forrige kalibrering for Surna i forbindelse med utfallet i 2008 (se Forseth mfl. 2009) er tilstrekkelig også for våre beregninger i forbindelse med utfallet i april 2012. Modellen beregner vanndekket areal ved ulike vannføringer basert på 47 tverrsnitt mellom TK og Øye Bru. Ved beregningene for utfallet i 2012 ble det i tillegg til gamle tverrsnittene satt inn 36 nye tverrsnitt på strekningen like nedstrøms Trollheim kraftverk, fra brua ved Harang til Sæter camping, på grunn av fysiske inngrep på denne elvestrekningen utført i 2011-2012 (**figur 4.1**). Disse nye tverrsnittene ble tatt ut av en oppdatert digital terrengmodell gjort tilgjengelig gjennom forskningssenteret CEDREN (www.cedren.no). Det ble antatt at ny kalibrering av modellen heller ikke var nødvendig på denne strekningen basert på visuelle observasjoner av modellresultater på den aktuelle strekningen.



Figur 4.1. Nye tverrsnitt på strekningen fra Harang bru (ved tverrsnitt 43) til Øvre Sæter camping (til venstre i figuren). Vannet renner fra høyre mot venstre.

HEC-Ras modellen ble i dette prosjektet benyttet til å kjøre en statisk analyse av vanddekket areal på de ulike vannføringsnivåene underveis i utfallet i april 2012 (**tabell 4.1**). **Figur 4.2** viser hvordan vannføringen varierte underveis i utfallet 9. og 10. april 2012. En vannbalansejustering ble utført for å estimere korrekt vannføringskurve for forløpet. Dette ble gjort for å justere vannføringen fra Trollheim kraftverk som var direkte tatt ut fra produksjon (MW) og slik kun viste full stans i vannføringen. Alle beregningene er basert på vannføringen på Skjermo og denne ble justert til sommertid for å oppnå korrekt vannføringsfordeling over tid.



Figur 4.2. Beregnet vannføringsutvikling i Surna ved Skjermo fra 9. til 10. april 2012. Blå kurve viser bidrag fra produksjonsvannføring i Trollheim kraftverk (vannføring direkte fra produksjon). Rød kurve er beregnet vannføring ved Skjermo. Grønn kurve er bidrag fra vannføring i restfeltet (inkludert vann tappet fra Follsjø) angitt som differansen mellom produksjon gjennom Trollheim kraftverk og ved Skjermo, normalisert ved å ta ut urealistiske verdier.

Beregningene av senkningshastigheter utført i denne analysen baserer seg kun på utfallet den 9. april fra om lag kl. 13. I HEC-RAS modellen ble resultater fra senkningshastigheten tatt ut direkte som differansen mellom vannivå på høy vannføring (43 m³/s) og lav vannføring (9 m³/s) fordelt over varigheten på nedtappingsperioden. Det er usikkerheter knyttet til hvor lang tid selve nedtappingsperioden tok da vi bare har data med en times oppløsning for vannføring og vannstand ved Skjermo. Ifølge disse dataene var vannstanden stabil på 1,27 m fram til kl. 12. Vannstanden hadde begynt å synke kl. 13., altså noe før utfallet fant sted, mens laveste vannstand (0,85 m) ble registrert kl. 16:00. En liten senkning i vannstand før utfall kan muligens skyldes naturlige variasjoner i nedbørsfeltet. Totalt var vannstandssenkningen ved Skjermo 42 cm. I følge disse dataene tok det altså fire timer fra høyeste til laveste vannstand, men på grunn av lav tidsoppløsning i måledataene er det sannsynlig at vannstandssenkningen skjedde over et kortere tidsrom enn fire timer. Mesteparten av vannstandssenkningen ved Skjermo skjedde fra kl. 13:00 til kl. 15:00, og i løpet av disse to timene avtok vannstanden med 36 cm (fra 1,24 m til 0,88 m). Ut fra måledataene ved Skjermo er det derfor sannsynlig at vannstandssenkningen i forbindelse med utfallet i det minste tok noe over 2 timer.

Ved det første utfallet avtok vannføringen fra 43 m³/s til 9 m³/s ved Skjermo. Dette førte til at en reduksjon i vanndekket areal på om lag 312 800 m² noe som tilsvarer en reduksjon i vanndekket areal på 25 % (**tabell 4.1**). Vanndekket areal økte med om lag 43 300 m² da vannet som ble tappet fra Follsjø nådde frem til områdene nedenfor TK, men et betydelig areal forble likevel tørrlagt helt frem til kraftverket ble satt i drift igjen natt til 10. april. Ved utfallet dagen etter var reduksjonen i vanndekket areal noe større enn første dag (348 400 m²), men de tørrlagte arealene ved dette utfallet hadde også vært tørrlagt ved det forrige utfallet.

Tabell 4.1. Vanndekket areal nedstrøms Trollheim kraftverk ved de ulike vannføringene (målt ved Skjermo) i utfallsperioden.

Periode	Dato	Tidsrom	Vannføring (m ³ /s)	Vanndekket areal (i m ²)
Inngangsvannføring	9.4	Kl 00-13	43	1 261 800
Første lav-vannføring	9.4	Kl 16-20	9	949 000
Andre lav-vannføring	9.4	Kl 20-03	13	992 300
Inngangsvannføring	10.4	Kl 06-15	46	1 339 800
Første lav-vannføring	10.4	Kl 17-18	12	991 400
Andre lav-vannføring	10.4	Kl 19-22	22	1 089 800

Den statiske HEC-RAS modellen ble kjørt for de ulike vannføringsnivåene separat. Deretter ble vannivåene i hvert tverrsnitt ved de ulike vannføringene registrert. Differansen i høyde over den gitte senkningstiden ble dermed til senkningshastigheten. Da det er usikkerhet knyttet til hvor lang tid vannstandssenkningen tok har vi beregnet senkningshastigheter for et utvalg av varigheter av utfallet (**tabell 4.2**). Analysen ble delt i tre og gjennomført for strekningen Harang bru til Øvre Sæter, for strekningen fra Øvre Sæter til Øye Bru ved Skei sentrum samt for hele strekningen fra Harang bru til Øye bru.

Beregningene viser at senkningshastighetene på strekningen Harang Bru til Øvre Sæter gjennomgående var lavere enn for resten av Surna (**tabell 4.2**). Hvis vi antar at den reelle nedtappingstiden var om lag 2,5 time var gjennomsnittlig senkningshastighet for områder nedenfor Øvre Sæter 29 cm/time, mens den for den for strekningen ovenfor Øvre Sæter var 16 cm/time.

Tabell 4.2. Gjennomsnittlig senkningshastighet (cm/t) for vannstand i ulike deler av Surna ved utfallet den 9. april 2012. Verdiene er beregnet ved hjelp av fra statistisk beregning i HEC-RAS modellen.

Varighet (timer)	Gjennomsnittlig senkningshastighet (cm/t)		
	Harang Bru – Øvre Sæter	Øvre Sæter - Øye Bru	Harang Bru - Øye Bru
2,5	16	29	23
3,0	13	24	19
4,0	10	18	14

Ved vurdering av strandingsrisiko og bestandseffekter av de to forrige utfallene i TK ble det fokusert på at strandingsrisikoen var avhengig av hvor raskt vannstanden sank, det vil si senkningshastigheten i cm/time for hele nedtappingsforløpet (Halleraker mfl. 2005, Forseth mfl. 2009). Dette skyldes at disse to utfallene skjedde i sommerhalvåret og at det finnes godt eksperimentelt belegg for at strandingsrisikoen på denne tiden av året avhenger av senkningshastighet (se Halleraker mfl. 2005 for oppsummering av kunnskap). Strandingsrisiko om vinteren og våren synes ikke å være avhengig av senkningshastighet i samme grad som den er om sommeren, i alle fall innen de grensene for senkningshastigheter som er benyttet i forsøk (~20-60 cm/time: Saltveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003, se kapittel 4.2.3). Våre beregninger tyder på at senkningshastighetene i store deler av Surna var i størrelsesorden 20-30 cm/time under utfallet i april 2012, og således innenfor det som tidligere har blitt benyttet ved forsøk for å studere strandingsrisiko om vinteren/våren. De eksperimentelle data som foreligger gir ikke grunnlag for å anslå ulik strandingsrisiko for arealer i Surna med ulik senkningshastighet under utfallet i april 2012, som det ble gjort ved vurdering av utfallene i 2005 og 2008 (Halleraker mfl. 2005, Forseth mfl. 2009). Vi har derfor tilordnet samme strandingsrisiko for hele det tørrlagte arealet ved utfallet i april 2012 i våre estimater av effekter på fiskebestanden (se kapittel 4.2.3).

4.2 Strandingsdød og bestandseffekter

For å anslå strandingsdød av fiskeunger som følge av utfallet ved TK i april 2012 og effektene av denne for bestandene gjennomførte vi flere overslag over bestandsstørrelsen av ungfisk i Surna. Utgangspunktet for alle overslagene er de fiskebiologiske undersøkelsene i Surna og spesielt tetthet av ungfisk beregnet med elfiske, som har blitt gjennomført årlig siden 2002 (se f.eks. Johnsen mfl. 2011, 2012). Resultatene fra dette elfisket i august 2011 ble brukt som grunnlag for å anslå bestandsstørrelsen i Surna nedenfor TK både på fisketidspunktet og ved strandingstidspunktet i april 2012. Videre måtte vi anslå tettheten av ungfisk på de områdene av elva som ble tørrlagt. For å anslå hvor stor dødelighet utfallet kunne føre til brukte vi data for strandingsrisiko fra forsøk både i naturlig elv og fra mer eksperimentelle betingelser (Saltveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003). Våre anslag baserer seg på de data vi faktisk har for fiskebestandene i Surna, og på faglig skjønn.

4.2.1 Bestandsstørrelse på strandingstidspunktet

For å anslå bestandsstørrelsen av ungfisk nedenfor TK på strandingstidspunktet tok vi utgangspunkt i de tilgjengelige elfiskedata fra Surna fra dette området. Tettheten av ungfisk er kartlagt årlig siden 2002 ved elfiske på 12 stasjoner (ni stasjoner frem til og med 2008) nedstrøms TK. Elfisket gjennomføres vanligvis på sensommer eller tidlig høst. Elfisket nedenfor TK høsten 2011 ble gjennomført 24. og 25. august (Johnsen mfl. 2012). Utfallet i 2012 skjedde i april, det vil si noe over sju måneder etter at elfisket fant sted. Vi benyttet elfiskeresultatene fra august 2011 til å anslå bestandsstørrelsen av ungfisk på dette tidspunktet i Surna mellom TK og Øye Bru. Deretter anslo vi bestandsstørrelsen på utfallstidspunktet ved å tilordne en dødelighet mellom august og april.

Ved elfisket i august 2011 ble årsyngel av laks funnet på alle 12 elfiskestasjonene i Surna nedenfor TK, mens eldre laksunger og årsyngel av aure ble funnet på 11 av 12 stasjoner. Vi antok at gjennomsnittstettheter for alle elfiskestasjonene ga et noenlunde representativt uttrykk for tettheten av disse fiskegruppene i strandnære områder på strekningen nedenfor TK. Eldre aureunger ble funnet på seks av 12 elfiskestasjoner og med unntak av en stasjon var tetthetene lave. På grunn av at eldre aureunger forekom på få stasjoner og at det var stor variasjon i tettheter mellom stasjoner fant vi det ikke forsvarlig å bruke disse tallene til å gi en oppskalert verdi for bestanden av eldre aureunger i elva (jfr. også Forseth mfl. 2009).

Vi brukte samme prosedyre som Forseth mfl. (2009) for å oppskalere fra strandnært elfiske til total ungfiskbestand på strekningen fra TK til Øye Bru. Oppskaleringen vår er basert på gjennomsnittlige fisketettheter på elfiskestasjonene nedstrøms TK fra august 2011, totalt vanddekket areal av ulike mesohabitat (Borsányi mfl. 2004, Sundt mfl. 2005) aggregert til fire elveklasser (høler, dypstryk, stryk/glattstrømmer og grunnområder), observerte fisketettheter i noen av disse elveklassene, og en vurdering av tetthet av fiskeunger i andre elveklasser basert på vurdering av habitatkvalitet, fiskens fordeling i transekter ut fra elvebredden og faglig skjønn (se Forseth mfl. 2009 for detaljer).

Vår oppskalering (avrundet til nærmeste tusen) ga en bestand av laks på 310 000 årsyngel og 114 000 eldre laksunger i Surna nedenfor TK i august 2011. Av de eldre laksungene var 88 % ett-åringer og 12 % to-åringer hvis en legger alderssammensetningen i elfiskematerialet til grunn. To-åringene hadde en størrelse (> 10 cm) som gjør at de sannsynligvis ville vandre ut som smolt våren etter. Dette betyr at om lag 14 000 av de eldre laksungene kan betegnes som presmolt. Bestanden av årsyngel av aure ble beregnet til 114 000, mens det er svært vanskelig å gi noe tall for bestanden av eldre aureunger.

Til sammenligning estimerte Forseth mfl. (2009) bestanden av laks nedenfor TK på sensommeren til 218 000 årsyngel av laks, 192 000 lakseparr og 94 000 årsyngel av aure nedstrøms TK. Disse estimatene var basert på gjennomsnittstettheter av fiskeunger funnet ved elfiske i

Surna i perioden 2002-2007. Oppskaleringen av bestanden i august 2011 gjenspeiler at de gjennomsnittlige tetthetene av årsyngel av både laks og aure som ble estimert ved elfiske i august 2011 var blant de høyeste som er funnet i perioden 2002-2011 (Johnsen mfl. 2012). Høy årsyngeltetthet stemmer overens med at et høyt antall gytere og gytegroper ble registrert på strekningen høsten 2010 (Johnsen mfl. 2012). Gjennomsnittlig tetthet av eldre laksunger (lakseparr) var imidlertid blant de laveste som er målt i løpet av undersøkelsesperioden og er sannsynligvis et resultat av at gytebestanden av laks var vesentlig lavere høsten 2008 og 2009 enn høsten 2010.

Vi har lite detaljert kunnskap om når fiskeunger dør i Surna og andre norske elver og heller ikke omfanget av dødeligheten i ulike sesonger. Vinteren er vanligvis antatt å være en flaskehals hvor det skjer større dødelighet enn ellers i året (Cunjak mfl. 1998), men det er ikke bestandig slik at dødeligheten om vinteren er større enn om sommeren (se oppsummering for ungfisk av laksefisk i Carlson mfl. 2008). De aller fleste detaljerte undersøkelsene av overlevelse av laks- og aureunger i elv er gjennomført i små elver (Carlsson mfl. 2008) og det er ikke nødvendigvis slik at sesongmessig dødelighet er den samme i små som i store elver. I Altaelva, som vannføringsmessig sett er en noe større elv enn Surna, er det gjort undersøkelser for å kvantifisere dødeligheten til eldre laksunger gjennom vinteren (Hedger mfl. 2013). Her ble det estimert en «tilsynelatende» vinteroverlevelse (fra oktober til april/mai) hos parr og presmolt på 64 % i ett område av elva, mens i et annet område av elva var overlevelsen hos parr 45 % og hos presmolt 34 %. Grunnen til at disse estimatene fra Altaelva kalles «tilsynelatende» overlevelser er at det ikke er mulig å skille overlevelse fra eventuell forflytning av fisk ut fra studieområdene. Disse estimatene må derfor betraktes som minimumsverdier for vinteroverlevelse. I Altaelva var overlevelsen størst i et område av elva som hadde permanent isdekke gjennom vinteren, mens overlevelsen var lavere i et område av elva som har redusert isdekke gjennom vinteren som følge av kraftverksreguleringen i vassdraget. Undersøkelsen ble gjennomført med individuelt merket fisk (PIT-merker) og det var ingen vesentlig forskjell i forflytning gjennom vinteren hos laksunger fra området med redusert isdekke sammenliknet med området med permanent isdekke. Surna nedenfor TK har lite isdekke om vinteren som følge av tapping av varmere vann fra Follsjø. Det er imidlertid usikkert om vinteroverlevelsen til fiskeunger i Surna nedstrøms TK er påvirket av det reduserte isdekke i samme grad som fiskeunger i Altaelva, som ligger langt mot nord og hvor elva vanligvis er isdekt i en mye lengre periode enn Surna. Uansett tyder undersøkelsen i Altaelva på at vinteroverlevelsen kan variere mellom ulike deler av en elv og også variere med størrelsen på laksungene, men ikke nødvendigvis slik at større laksunger har høyere vinteroverlevelse enn mindre laksunger (se også Carlson mfl. 2008).

Ved beregninger av bestandsstørrelse av ulike aldersklasser av ungfisk antas ofte at den årlige overlevelsen er 50 %, mens overlevelsen over vinteren er 70 % (for eksempel Hindar mfl. 2007). Undersøkelsen fra Altaelva tyder imidlertid på at vinteroverlevelsen kan være mindre enn 70 % både for store og mindre laksunger i enkelte tilfeller. Hvis vi antar at det var 70 % overlevelse i Surna mellom elfisket i slutten av august og utfallet i begynnelsen av april blir anslaget over bestanden av ungfisk i området ved utfallstidspunktet 217 000 av fjorårets laksyngel (klekket i 2011), 80 000 eldre laksunger (klekket i 2010 og tidligere) og 80 000 av fjorårets aureyngel (klekket i 2011). Av de eldre laksungene var 10 000 presmolt (det vil si at de var av en slik størrelse at de sannsynligvis ville ha vandret ut som smolt samme vår). Hvis vi antar at det var 50 % overlevelse i Surna mellom elfisket i slutten av august og utfallet i begynnelsen av april blir anslaget over bestanden av ungfisk i området ved utfallstidspunktet 155 000 av fjorårets laksyngel, 57 000 eldre laksunger og 57 000 av fjorårets aureyngel. I dette tilfellet ville bestanden av presmolt laks være 7000.

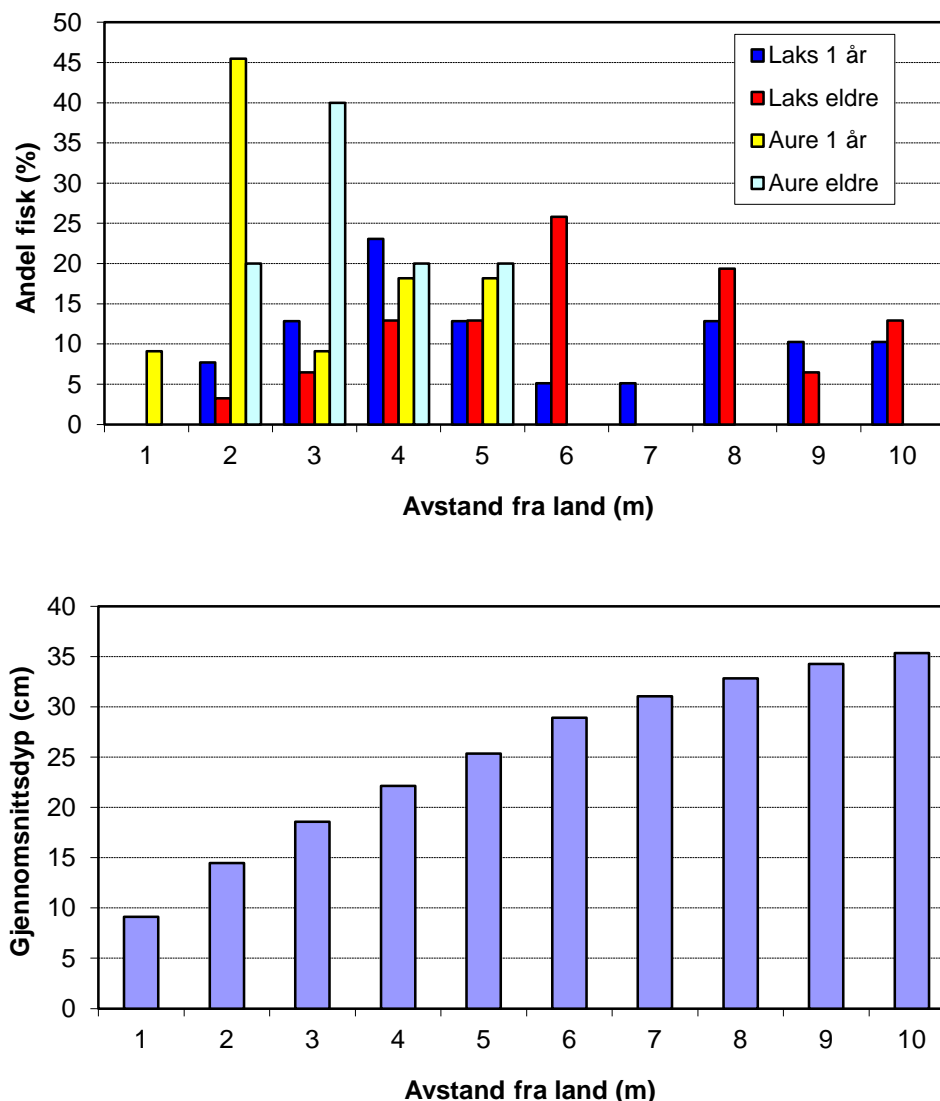
I de videre beregninger av mulige effekter av strandingsdødelighet som følge av utfallsepisoden på bestanden har vi benyttet estimatene for 70 % overlevelse mellom elfisket i august og utfallet i april. Hvis den virkelige overlevelsen i Surna var mindre, f.eks. 50 %, vil våre anslag over bestandseffekter av utfallet være en overvurdering.

4.2.2 Tetthet av fisk i strandingsutsatte områder

For å kunne estimere strandingsdødeligheten i forbindelse med utfallet måtte tettheten av fisk i de områdene som tørrlegges også anslås. I tidligere vurderinger av effekter av utfall på ungfiskbestanden i Surna er det antatt at gjennomsnittstettheter for ungfisk basert på elfiskstasjoner (som i vanligvis går 5 m ut fra land og ut til 30-50 cm dyp), er representative for tettheter av ungfisk i de områdene som tørrlegges (Halleraker mfl. 2005, Forseth mfl. 2009). De tidligere utfallene skjedde på samme tid av året som det årlige elfisket foregår slik at dette synes å være en rimelig antagelse. Det aktuelle utfallet skjedde imidlertid i april og det finnes ikke tradisjonelle estimater av ungfisktetthet i strandnære områder i Surna på denne tiden av året. NINA har imidlertid ved tre anledninger kartlagt relativ tetthet av ungfisk ved transektfiske i et strandingsutsatt område på Røv og i et område ved Svean i Surna nedstrøms TK. Undersøkelsene ble gjennomført i oktober 2006 og 2007 og i slutten av mars 2007. Her presenterer vi for første gang data for undersøkelsen i mars 2007. På hvert område ble det fisket i transekter fra land og utover, og fangstene ble registrert for hver meter fra bredden og ut så langt det var forsvarlig å fiske med hensyn på dyp og strømhastighet. Avstanden langs elvebredden mellom hvert transekt var om lag 5 m. Til sammen ble det i mars 2007 fisket henholdsvis 28 og 27 transekter ved Røv og Svean. Undersøkelsen i mars 2007 ble gjennomført på relativt høy vannføring (46 m³/s målt ved Skjeremo) og hele elvesenga (med grus og stein) var vanddekket på de to områdene som ble undersøkt. I forkant av undersøkelsen i mars 2007 hadde vannføringen i en lengre periode vært stabilt høy slik at fiskeungenes fordeling ikke var påvirket av hyppige vannstansendringer i forkant. Både tidspunkt på året og vannføringsforhold før og under elfisket har derfor stor sammenlikningsverdi med forholdene i Surna ved utfallet i april 2012. Undersøkelsen i oktober 2006 ble gjennomført på samme måte, og resultater ble presentert i rapporten som vurderte effekter av utfallet i 2008 (Forseth mfl. 2009).

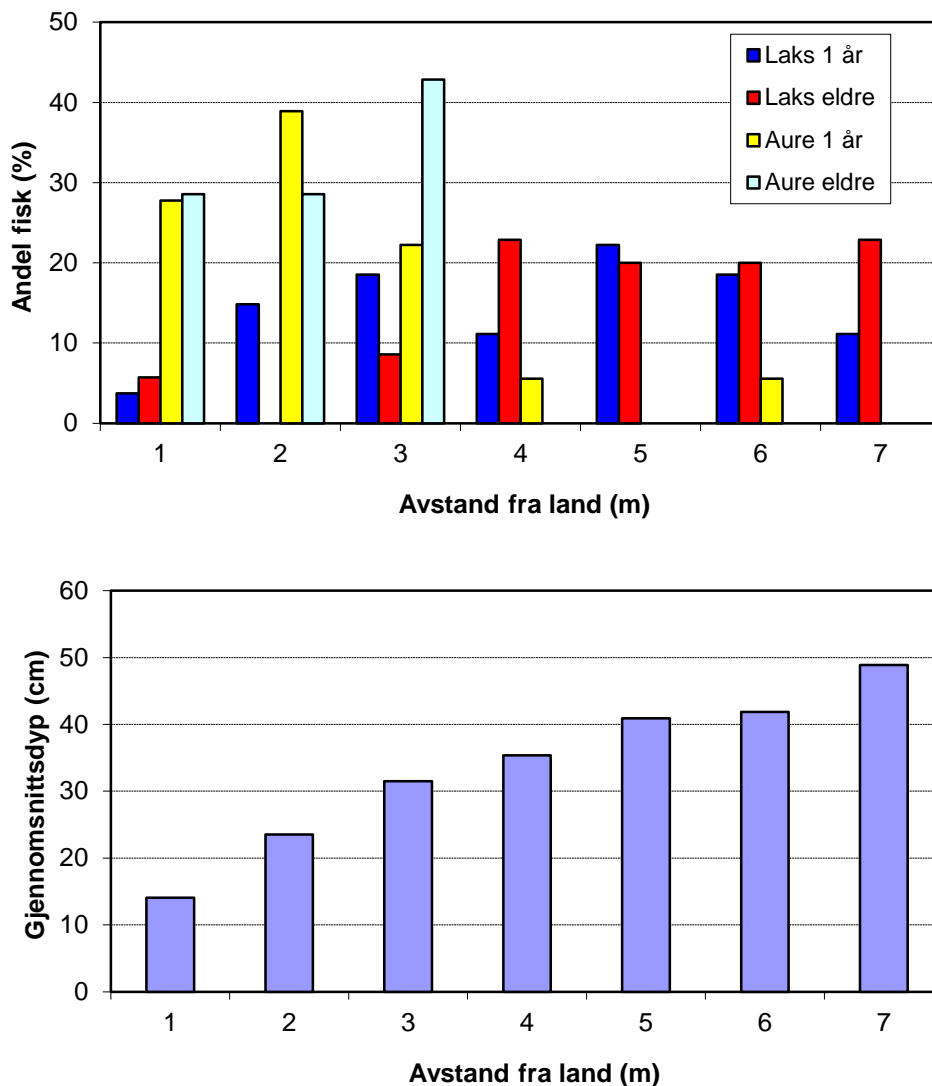
Undersøkelsen i mars 2007 viste at fiskeungene om senvinteren/våren også bruker de grunne områdene av elvesenga i Surna. Fjorårets aureyngel (klekket i 2011; ved aldersangivelse av fiskeunger settes fødselsdatoen til 1. januar og disse betegnes derfor som 1 år i mars) og eldre aureunger (2 år og eldre i mars) ble funnet på de innerste 4-5 metrene fra land både i den relativt slake profilen ved Skjeremo og i den brattere profilen ved Svean (**figur 4.3** og **figur 4.4**). Fjorårets lakseyngel (1 år i mars) og eldre laksunger (2 år og eldre i mars) ble funnet både inne ved land (1-2 meter) og så langt ut i elvesenga det var mulig å fiske. Det ble fanget relativt få fisk på begge områdene i mars 2007 slik at materialet ikke tillater noen mer detaljert analyse av forskjeller i habitatbruk mellom ulike størrelser av laksunger. Fordelingen av fiskeunger fra land og utover i elvesenga i mars 2007 hadde imidlertid store likhetstrekk mellom det som ble funnet ved tilsvarende elfiske på de to områdene i oktober 2006 og 2007 (Forseth mfl. 2009).

For begge de undersøkte områdene var det en nedgang i relativ tetthet (antall fisk fanget per sveip med elektroden) mellom oktober 2006 og mars 2007. Samlet sett for de to områdene var den relative tettheten av laksunger i mars 42 % av tettheten i oktober året før, mens den relative tettheten av aureunger i mars var 46 % av tettheten i oktober. For laks var det ingen vesentlige forskjeller i nedgang i relativ tetthet mellom fjorårets yngel og eldre laksunger mens for aure var nedgangen større for fjorårets yngel enn for eldre aureunger. Undersøkelsen i oktober 2006 ble gjennomført ved en vesentlig lavere vannføring (30 m³/s), og vesentlig høyere vanntemperatur (9 °C) enn i mars 2007. Lavere vannføring betyr mindre vanddekket areal for fiskeungene å fordele seg på og bare av den grunn vil en forvente å finne en lavere relativ tetthet i mars 2007 enn i oktober 2006. Dessuten er sannsynligvis fangbarheten til fiskeunger ved elfiske også lavere ved høy vannføring og lav vanntemperatur (Forseth & Forsgren 2009, Sandlund mfl. 2011). Nedgangen i relativ tetthet mellom oktober og mars i vår undersøkelse overvurderer derfor sannsynligvis den virkelige nedgangen i tetthet av fiskeunger i de strandnære områdene på disse to områdene av Surna mellom høst og vår.



Figur 4.3. Fangst av laks- og aure-unger med hensyn på avstand fra land (øvre panel) og gjennomsnittsdyp (nedre panel) ved transektfiske i Surna ved Røv den 27. mars 2007. Resultatene er fra 28 transekter og er basert på fangst av 39 av fjorårets lakseyngel (1 år i mars), 31 eldre laksunger, 11 av fjorårets aureyngel (1 år i mars) og 10 eldre aureunger. Vanntemperaturen var om lag 2 °C, og vannføringen om lag 46 m³/s.

Nedgangen i relativ tetthet av fiskeunger i strandnære områder kan skyldes dødelighet i perioden mellom de to innsamlingene, men kan også ha i vært påvirket av endringer i fiskeungenes habitatbruk fra høsten til vinteren/våren. Transektfisket viser at fiskeungenes bruk av strandnære områder ikke er vesentlig forskjellig mellom høst og vår, men vi vet ikke om andelen av bestanden som bruker strandnære områder er den samme om våren som på høsten.



Figur 4.4. Fangst av laks- og aure-unger med hensyn på avstand fra land (øvre panel) og gjennomsnittsdyp (nedre panel) ved transektfiske i Surna ved Svean den 27. mars 2007. Resultatene er fra 27 transekter og er basert på fangst av 27 av fjorårets lakseyngel (1 år i mars), 35 eldre laksunger, 18 av fjorårets aureyngel (1 år i mars) og 14 eldre aureunger. Vanntemperaturen var omlag 2 °C, og vannføringen omlag 46 m³/s.

Ved vurdering av tetthet av ungfisk i strandnære områder i Surna under utfallet i april 2012 tok vi utgangspunkt i tetthetene som ble estimert i disse områdene i august 2011. Disse tetthetene ble justert til en vannføring på 42 m³/s ved hjelp av relasjoner mellom tetthet og vannføring for elfiskeundersøkelsene i Surna (se Forseth mfl. 2009). Deretter ble tetthetene redusert med 30 % for å ta høyde for dødelighet mellom slutten av august og begynnelsen av april. Denne prosedyren ga anslag over strandnære tettheter på 41, 4 og 31 individ/100 m² for henholdsvis fjorårets yngel av laks, eldre laksunger og fjorårets yngel av aure i Surna i april 2012. Hvis den virkelige nedgangen i tetthet av ungfisk i de strandnære områdene var større mellom høst og vår, f.eks. 50 %, vil våre anslag over bestandseffekter av utfallet være en overvurdering.

4.2.3 Vurdering av strandingsdød og bestandseffekter

Ved vurdering av strandingsrisiko og bestandseffekter av de to forrige utfallene i TK ble det fokusert på at strandingsrisikoen var avhengig av hvor raskt vannstanden sank, det vil si senkningshastigheten i cm/time for hele nedtappingsforløpet (Halleraker mfl. 2005, Forseth mfl. 2009). Dette skyldes at disse to utfallene skjedde i sommerhalvåret og at det finnes godt eksperimentelt belegg for at strandingsrisikoen på denne tiden av året avhenger av senkningshastighet (se Halleraker mfl. 2005 for oppsummering av kunnskap). Det er også gjennomført studier av strandingsrisiko i andre deler av året, men disse studiene tyder på at strandingsrisiko på vinteren og våren ikke er avhengig av senkningshastigheter i samme grad som den er om sommeren, i alle fall innen de grensene for senkningshastigheter som var benyttet i disse forsøkene (Saltveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003). Det er usikkerheter knyttet til å beregne senkningshastigheter ved utfallet av TK i april 2012 fordi det ikke foreligger data med høy nok tidsopløsning for vannføringsendringer ved målestasjonen ved Skjermo. De dataene som foreligger tyder imidlertid på at senkningshastighetene i store deler av Surna var i størrelsesorden 20-30 cm/time. Dette er senkningshastigheter som tidligere har ført til stranding av fiskeunger under eksperimentelle forsøk på vinteren og våren (Saltveit mfl. 2001, Halleraker mfl. 2003).

Saltveit mfl. (2001) gjennomførte strandingsforsøk med laksunger i Nidelva om vinteren (november-desember) og på våren (april). De fant at en større andel av laksunger strandet på dagtid om vinteren enn på dagtid om våren til tross for at vanntemperaturen var noe lavere om våren. Det opplyses ikke om det var forskjeller i strandingsrisiko for ulike senkningshastigheter om våren. I vinterforsøkene var det imidlertid ingen sammenheng mellom strandingsrisiko for laksunger og senkningshastigheter som varierte mellom 20 og 60 cm/time (Saltveit mfl. 2001).

I våre beregninger av strandingsrisiko for laksunger for utfallet i Surna har vi valgt å bruke data for strandingsrisiko fra vårforsøkene til Saltveit mfl. (2001), som overensstemmer best med de fysiske forholdene i Surna under utfallet i 2012 med hensyn på sesong og vanntemperatur (**tabell 4.3**). Vårforsøkene i Nidelva ble gjennomført med senkningshastigheter fra om lag 20 cm/time til om lag 54 cm/time. I disse forsøkene var median strandingsrisiko for forsøkene på 15 %, mens maksimal og minimal strandingsrisiko var på henholdsvis 31 % og 13 % (se figur 4 i Saltveit mfl. 2001).

Halleraker m. fl. (2003) gjennomførte strandingsforsøk med vill aure under eksperimentelle betingelser (i Gurobekken) til ulike tider av året. De presenterer data samlet for vinter/vårforsøk hvor det ble gjennomført forsøk med to ulike senkningshastigheter, på om lag 20 cm/time (moderat) og på om lag 60 cm/time (rask). Det var ingen systematisk forskjell i andelen strandede aureunger på dagtid mellom rask og moderat senkningshastighet i disse forsøkene. Vi valgte å bruke resultatene fra forsøkene med moderat senkningshastighet i våre beregninger av strandingsrisiko da denne hastigheten sannsynligvis er nærmere den reelle hastigheten på nedtappingen ved utfallet i Surna. I forsøkene varierte andel strandet fisk mellom seksjoner med ulike fysiske forhold. Vi valgte å bruke gjennomsnittsverdier for strandingsrisiko for de tre seksjonene i våre beregninger (**tabell 4.3**). Dette ga en median strandingsrisiko på 14 % (snitt av henholdsvis 8, 13 og 20 % for de tre seksjonene) og maksimal strandingsrisiko på 29 % (snitt av henholdsvis 13, 27 og 47 % for de tre seksjonene; se figur 7 i Halleraker mfl. 2003). Minimal strandingsrisiko i disse forsøkene var 0 % i alle seksjonene av den eksperimentelle bekken. Vi har likevel satt minimal strandingsrisiko til 5 % i våre beregninger fordi vi mener at mer tilfeldig stranding vil kunne forekomme under naturlige forhold enn i forenklete eksperimentelle oppsett (jfr. Halleraker mfl. 2005).

Vårforsøkene i Nidelva ble gjennomført med laksunger med en gjennomsnittlig størrelse på 80 mm (Saltveit mfl. 2001). De eksperimentelle forsøkene med aureunger om vinteren og våren ble gjennomført med en blanding av fjorårets aureyngel og eldre aure med lengder fra 59 mm til 88 mm (Halleraker mfl. 2003). Ved elfisket i Surna i slutten av august 2011 var gjennomsnittsstørrelsen (i mm; variasjonsbredde i parentes) av fiskeunger nedenfor TK 43 (30-56), 73

(59-91) og 110 (105-125) mm for henholdsvis 0+, 1+ og 2+ laks, og 46 (35-63) og 90 (67-111) mm for 0+ og 1+ aure. Data på sesongmessig vekst hos fiskeunger i Surna tyder på at fiskeungene vokser om lag 5-10 mm fra august og ut vekstsesongen (Ola Ugedal, NINA upubliserte data). Både fjorårets laksyngel og til dels aureyngel var derfor en god del mindre ved utfallet i april enn fiskestørrelsen brukt i forsøkene gjennomført av Saltveit mfl. (2001) og Halleraker mfl. (2003). Strandingsrisiko er høyere for små enn større fisk (Hvidsten 1985, Halleraker mfl. 2003). Det er derfor mulig at sannsynligheten for stranding av fjorårets laks- og aureyngel ved utfallet i 2012 kan ligge opp mot maksimumsestimatene. I så fall vil beregningene av smolttap, som er basert på medianverdiene for strandingssannsynlighet, være en undervurdering av effektene av utfallet på smoltproduksjonen.

Halleraker mfl. (2005) anslår, basert på publiserte forsøk i Norge, at 10-30 % av fisken som strander kan overleve. Vi antok en dødelighet på strandet fisk på 80 %. Langvarig tørrlegging under utfallet i Surna kan tale for at dødeligheten er større, mens lav vanntemperatur (lavt oksygenbehov hos fisken) og relativt lav, men positiv lufttemperatur (ingen frysing og sen uttørring) sannsynligvis var fordelaktig med hensyn på at fiskeunger kan overleve i avstengte vannlommer eller nede i fuktig substrat over et relativt langt tidsrom. På grunn av usikkerheter omkring omfanget av dødelighet har vi også presentert beregninger basert på at all fisken som strandet døde.

Tabell 4.3. Matrise for beregning av stranding i Surna i april 2012. Tabellen angir tørrlagt areal (i 100 m² enheter), art (L er laks og A er aure), alder, estimert fisketetthet i strandingsutsatte arealer (antall per 100 m²) og minimum median og maksimum strandingsrisiko for de ulike størrelsesgruppene av fiskeunger.

Tørrlagt areal (i 100 m ²)	Art	Alder	Tetthet (n/100 m ²)	Strandingsrisiko		
				Minimum	Median	Maksimum
312,8	L	1år	41	13	15	31
	L	Eldre	4	13	15	31
	A	1år	31	5	14	29

Med dette datagrunnlaget (**tabell 4.3**) og en antatt 80 % dødelighet hos strandet fisk får vi estimater for strandingsdødelighet (med minimum og maksimumsestimater) på 15 400 (13 400 til 31 800) av fjorårets lakseyngel (klekket i 2010 og 1 år i april), 10 900 (3900 til 22 500) av fjorårets aureyngel og 1500 (1300 til 3100) eldre laksunger. Medianverdiene utgjør henholdsvis 7,1 %, 13,6 % og 1,9 % av de estimerte bestandene av fjorårets lakseyngel, fjorårets aureyngel og eldre laksunger i Surna nedstrøms TK på strandingstidspunktet.

Hvis vi antar at all fisk som strandet døde øker dødelighetstallene til 19 200 (16 700 til 39 800) av fjorårets lakseyngel, 13 600 (4900 til 28 100) av fjorårets aureyngel og 1900 (1600 til 3900) eldre laksunger. Medianverdiene utgjør i dette tilfellet henholdsvis 8,9 %, 17,0 % og 2,4 % av de estimerte bestandene av fjorårets lakseyngel, fjorårets aureyngel og eldre laksunger i Surna nedstrøms TK på strandingstidspunktet.

For å gjøre et overslag over smolttapet av laks har vi for enkelthets skyld antatt en smoltalder på 3 år for laksunger nedenfor TK (se Johnsen mfl. 2012). Dette innebærer at dødelighet hos de eldste laksungene, som var 3 år i april (og 2+ høsten før) som følge av stranding er et direkte smolttap som påvirker antallet utvandrende smolt våren 2012. For de andre aldersgruppene har vi antatt en årlig overlevelse på 50 %. Dette innebærer at 2-årige laksunger som døde i april 2012 gir et tap av smolt våren 2013, mens dødelighet av 1-årige laksunger (fjorårets yngel) ved utfallet i april 2012 gir et tap av smolt våren 2014. Vurderingene er basert på den forutsetning at det skjer lite tetthetsavhengig dødelighet hos laksunger i Surna etter at laksungene

har blitt 1 år slik at dødelighet hos de yngste ikke kompenseres ved redusert dødelighet (eller vekst) på senere stadier.

En strandingsdødelighet på 15 400 (13 400 til 31 800) av fjorårets yngel og 1500 (1300 til 3100) eldre laksunger (derav 88 % 1+ om høsten og 2-år om våren basert på aldersfordelingen i elfiskematerialet fra høsten 2011) gir med normal årlig overlevelse et smolttap på 4700 (4100 til 9700) laksemolt, fordelt over årene 2012 til 2014. Dette overslaget er basert på at 80 % av laksungene som strandet døde.

Hvis vi antar at all fisk som strandet døde får vi en strandingsdødelighet på 19 200 (16 700 til 39 800) av fjorårets yngel og 1900 (1600 til 3900) eldre laksunger. Med normal årlig overlevelse gir dette et smolttap på 5900 (5100 til 12 100) laksemolt, fordelt over årene 2012 til 2014.

Bestanden av presmolt av laks (fisk større enn 10 cm) om sensommeren på strekning nedenfor TK er estimert i Johnsen mfl. (2011) til i gjennomsnitt 20 000 individ (variasjon: 3500 - 33 000) for årene 2002-2010 med unntak av 2003 (da spesielle forhold ved elfisket ga urealistisk høye estimater av presmoltmengde). Med normal dødelighet (dvs. 70 %) mellom sensommer og vår gir dette en gjennomsnittlig årlig smoltutgang på 14 000 laksesmolt fra strekningen nedenfor TK. Vårt estimat av smolttap for utfallet i april 2012 utgjør således en reduksjon i smoltproduksjon på 11,2 % for Surna nedenfor TK i perioden 2012-2014 hvis vi antar at 80 % av laksungene som strandet døde, og 14,0 % hvis vi antar at alle laksungene som strandet døde. Data fra elfisket om høsten tyder på at smoltproduksjonen på strekningen nedenfor TK utgjør fra 7 til 35 % (variasjon mellom år) av den totale smoltproduksjonen i Surna (Johnsen mfl. 2011). Estimater av antall smolt som vandret ut fra Surna våren 2012 tyder på at om lag 25 % av denne smolten kom fra områdene nedenfor TK dette året (se kapittel 4.3). Reduksjonen i smoltproduksjon av laks som følge av utfallet ved TK i april 2012 blir derfor vesentlig mindre hvis den beregnes i prosent av den totale smoltproduksjonen i Surna. Hvis vi antar at 25 % av produksjonen skjer nedstrøms TK så utgjør vårt estimat av smolttap en reduksjon av den totale produksjonen i Surna på 2,8 % eller 3,5 % for henholdsvis 80 % eller 100 % dødelighet hos strandede laksunger.

Vi har ikke grunnlag for å estimere tapet av sjøauresmolt, men antar at den relative effekten i forhold til totalproduksjonen var sterkere for aure enn for laks.

Isolert er det således lite sannsynlig at utfallet i 2012 hadde noen alvorlig virkning på lakse- og aurebestandene i Surna. De totale reguleringseffektene (Johnsen mfl. 2008), inklusive andre strandingsepisoder (Halleraker m. fl. 2005, Forseth mfl. 2009) og effekter på bunndyr (se Forseth mfl. 2009), kombinert med generell lav sjøoverlevelse hos laks i flere av de siste årene (Anonym 2011), gjør imidlertid at utfallet i april 2012 må vurderes som uheldig for bestandene.

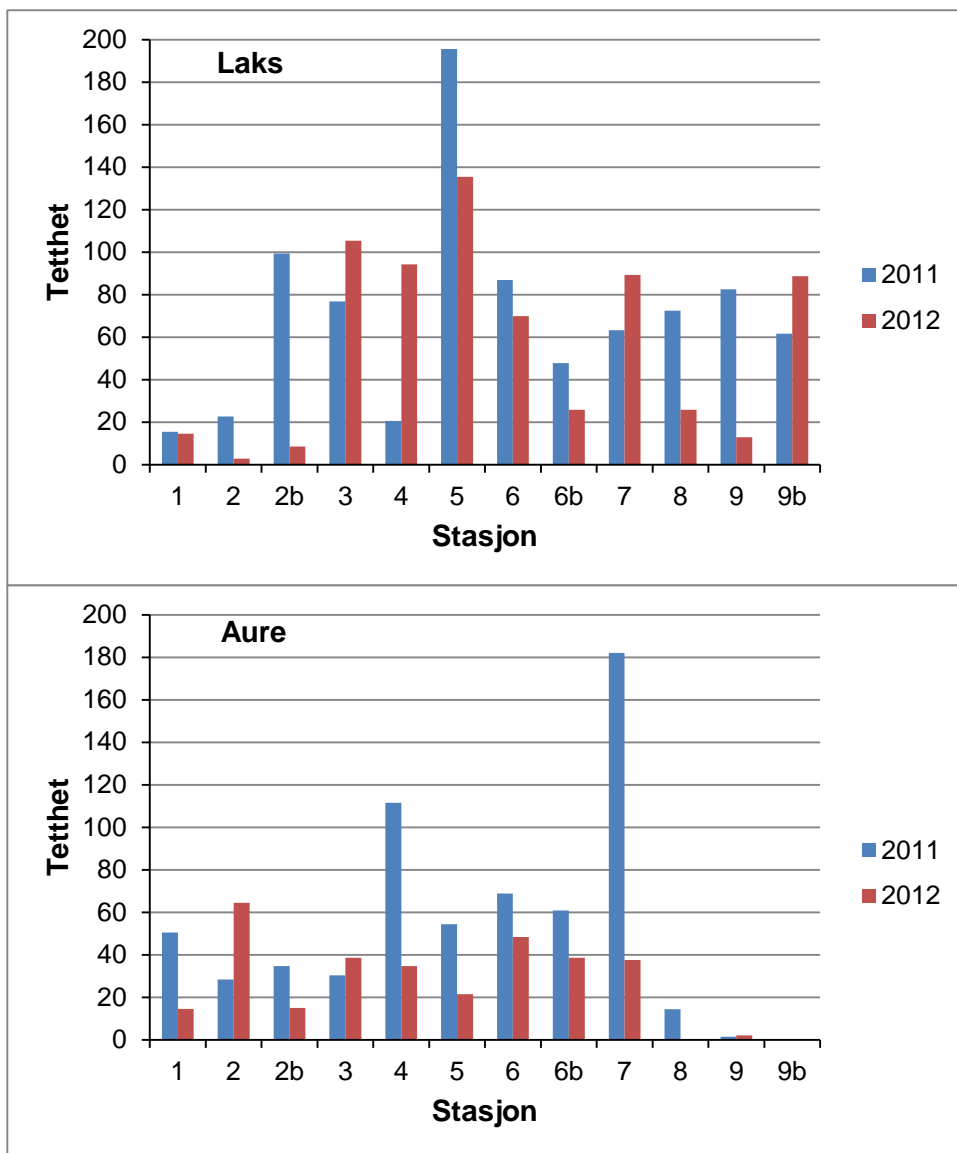
4.3 Noen resultater fra undersøkelser etter utfallet

I dette avsnittet gir vi noen foreløpige resultater av undersøkelser i Surna som er gjennomført i etterkant av utfallet ved TK i april 2012 for å vurdere hvordan disse resultatene samsvarer eventuelt avviker fra de konklusjonene vi har trukket vedrørende effekter av utfallet på fiskebestandene tidligere i denne rapporten.

Våren 2011 og 2012 gjennomførte NINA undersøkelser av antallet laksesmolt som vandret ut av Surna. Undersøkelsene ble gjennomført ved merke-gjenfangst. Utvandrende smolt ble både merket og gjenfanget ved hjelp av to smoltfeller, en felle ved Harang like ovenfor TK og en felle ved Tellesbø i de nedre deler av Surna (se Johnsen mfl. 2012 for detaljer). Foreløpige estimater av smoltantallet ved denne undersøkelsen tyder på at det totalt vandret ut om lag 32 000 laksesmolt fra Surna våren 2012 (NINA upubliserte data). For områdene ovenfor TK ble det estimert et smoltantall på om lag 24 000, noe som innebærer at om lag 8000 smolt stammet fra områdene nedenfor Trollheim kraftverk. Til sammenlikning ga undersøkelsene våren 2011 et estimat på 17 000 smolt fra områdene ovenfor TK. Våren 2011 var det ikke mulig å få sikre estimater av den totale smoltutvandringen i Surna fordi smoltfella ved Tellesbø ikke fanget fisk i store deler av utvandringsperioden (Johnsen mfl. 2012).

Til sammenlikning er bestanden av presmolt laks (fisk større enn 10 cm) om sensommeren på samme strekning) for årene 2002-2010 med unntak av 2003 (da spesielle forhold ved elfisket ga urealistisk høye estimater av presmoltmengde) estimert i Johnsen mfl. (2011) til i gjennomsnitt 20 000 individ (variasjonsbredde: 3500 - 33 000). Med normal dødelighet (dvs. 70 %) mellom høst og vår gir dette en gjennomsnittlig årlig utvandring på 14 000 laksesmolt fra strekningen nedenfor TK. Det estimerte smoltantallet nedenfor TK våren 2012 er derfor noe lavt sammenliknet med forventet smoltutvandring basert på tidligere presmoltdata, men likevel godt innenfor den årlige variasjonen i smoltproduksjon som elfiskeresultatene tyder på. Det er også overenstemmelse mellom vårt bestandsanslag av presmolt i området for våren 2012, som var 10 000 eller 7 000 individ ved henholdsvis 70 eller 50 % overlevelse fra slutten av august til begynnelsen av april (se kapittel 4.3.3). Resultatene fra smoltundersøkelsen våren 2012 var derfor innenfor det en kunne forvente ut fra elfiskeundersøkelser i elva og gir ikke grunnlag til å hevde at utfallet ved TK i april 2012 hadde en alvorlig virkning på presmoltbestanden i elva på utfallstidspunktet.

Høsten 2012 ble det som i tidligere år gjennomført elfiske for å estimere tetthet av fiskeunger i Surna. Foreløpige resultater fra disse undersøkelsene viser at tettheten av årsyngel av laks nedstrøms TK i august 2012 (gjennomsnitt 56 individ per 100 m²) var noe lavere enn i august 2011 (gjennomsnitt 70 individ per 100 m²; **figur 4.5**), men forskjellen var ikke statistisk signifikant (t-test, $p = 0,46$). Tettheten av årsyngel av aure var en god del lavere i august 2012 (gjennomsnitt 26 individ per 100 m²) enn i 2011 (gjennomsnitt 53 individ per 100 m²), men denne forskjellen var heller ikke statistisk signifikant (t-test, $p = 0,11$). Elfiskeundersøkelsene i august 2012 ble gjennomført ved en høyere vannføring enn i august 2011 slik at de reelle forskjellene i tetthet er mindre enn det som framgår av figuren. Tetthet av årsyngel om sensommeren er avhengig av flere forhold som antallet gytefisk høsten før og størrelsesfordelingen av denne (hvor mange egg blir gytt), overlevelsen av egg og plommeseekkyngel nede i grusen og overlevelse av yngel i perioden mellom swim-up og august. Alle disse forholdene avhenger av forhold som naturlig varierer mellom år og dermed bidrar til at tettheten av årsyngel varierer mellom år. I tillegg har romlig fordeling av gyting betydning for både tetthet av årsyngel på det enkelte område av elva (og de enkelte elfiskestasjonene) og total mengde av årsyngel. Det er derfor vanskelig å vurdere effektene av enkelthendelser ut fra tetthetsdata som er samlet inn flere måneder i etterkant av hendelsen. Undersøkelsene av årsyngeltetthet i 2012 støtter imidlertid opp om en konklusjon om at dødelighet i forbindelse tørrlegging av gytegroper ved utfallet i april 2012 ikke har hatt noen alvorlig virkning på rekrutteringen til laks i Surna nedenfor TK. Resultatene kan imidlertid heller ikke avkrefte at rekrutteringen av aure kan være påvirket av ekstra dødelighet på plommesekkstadiet som følge av tørrlegging av gytegroper.



Figur 4.5. Tetthet ($n/100\text{ m}^2$) av årsyngel av laks (øvre panel) og aure (nedre panel) på 12 stasjoner i Surna nedstrøms Trollheim kraftverk i august 2011 og 2012. Stasjonene er gruppert fra nederst til øverst på strekningen (se figur 2.2.a i Johnsen mfl. 2012 for beliggenhet).

5 Konklusjon

- Utfallet i april 2012 tørrla store områder (25 % av vanddekt areal før utfallet). Det er usikkerheter knyttet til hvor raskt vannstanden sank (pga. tidsoppløsningen på vannføringsmålingene ved Skjermo) men senkningshastighetene var såpass høye at de sannsynligvis har gitt betydelig stranding av fiskeunger.
- Med utgangspunkt i tilgjengelig kunnskap om strandingssannsynlighet om våren og tørrlagt arealer anslår vi at i størrelsesorden 15 400 (13 400-31 800) av fjorårets yngel av laks (klekket i 2011) og 1500 (1300-3100) eldre laksunger samt 10 900 (3900-22 500) av fjorårets yngel av aure døde av stranding under utfallet. Estimatenes er usikre og basert på at 80 % av den strandede fisken døde.
- Anslagene for strandingsdød av fisk utgjør henholdsvis 7,1 %, 1,9 % og 13,6 % av de estimerte bestandene av fjorårets lakseyngel, eldre laksunger og fjorårets aureyngel i Surna nedstrøms TK.
- Vi anslår at strandingsdødeligheten vil redusere den totale smoltproduksjonen i årene 2012 til 2014 med i størrelsesorden 4700 (4100-9700) laksesmolt, noe som er om lag 11,2 % av anslått smoltproduksjon i Surna nedstrøms kraftverket i perioden, og om lag 2,8 % av anslått smoltproduksjon for hele vassdraget i samme periode.
- Vi har ikke grunnlag for å estimere tapet av sjøauresmolt, men antar at den relative effekten i forhold til totalproduksjonen var sterkere for aure enn for laks.
- Det er sannsynlig at tørrlegging av gytegroper førte til noe ekstra dødelighet av egg og spesielt plommeseckkyngel i groper som var gytt relativt grunt og at dette i størst grad rammet sjøaure.

6 Referanser

- Anonym 2011. Status for norske laksebestander i 2011. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3. 285 s.
- Becker, C.D., Neitzel, D.A. & Abernethy, C.S. 1983. Effects of dewatering on chinook salmon redds: tolerance of four developmental stages. Transactions of The American Fisheries Society 111: 624-637.
- Becker, C.D. & Neitzel, D.A. 1985. Assessment of intragravel conditions influencing egg and alevin survival during salmonid redd dewatering. Environmental Biology of Fishes 12: 33-46.
- 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.
- Carlson, S.M., Olsen, E.M. & Vøllestad, L.A. 2008. Seasonal mortality and the effect of body size: a review and an empirical test using individual data on brown trout. Functional Ecology 22: 663-673.
- Cunjak, R.A., Prowse, T.D. & Parrish, D.L. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: the season of parr discontent? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55 (suppl. 1): 161-180.
- Einum, S. & Nislow, K.H. 2005. Local-scale density-dependent survival of mobile organisms in continuous habitats: an experimental test using Atlantic salmon. Oecologia 143, 203-210.
- 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.
- Forseth, T. & Forsgren, E. (red.) 2008. El-fiske metodikk. Gamle problemer og nye utfordringer. NINA Rapport 488. 74 s.
- Forseth, T., Stickler, M., Ugedal, O., Sundt, H., Bremset, G., Linnansaari, T., Hvidsten, N.A., Harby, A., Bongard, T. & Alfredsen, K. 2009. Utfall av Trollheim kraftverk i juli 2008: effekter på fiskebestandene i Surna. NINA Rapport 435. 35 s.
- Halleraker, J.H., Johnsen, B.O., Lund, R.A., Sundt, H., Forseth, T. & Harby, A. 2005. Vurdering av stranding av ungfisk i Surna ved utfall av Trollheim kraftverk i august 2005. SINTEF rapport TR A6220. 37 s.
- 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.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Sægrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226. 78 s.
- Hedger, R.D., Næsje, T.F., Fiske, P., Ugedal, O., Finstad, A.G. & Thorstad, E.B. 2013. Ice dependent winter survival of juvenile Atlantic salmon. Ecology and Evolution. DOI: 10.1002/ece3.481.
- 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.
- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A., Bongaard, T. & Bremset, G. 2011. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Surna. Fagrapport 2011. NINA Rapport 700. 117 s.

- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A., Bongaard, T., Bremset, G. & Diserud, O. 2012. Ferskvannsbio-
logiske undersøkelser i Surna. Fremdriftsrapport 2012. NINA Rapport 857. 79 s.
- Saltveit, S. J., Halleraker, J. H., Arnekleiv, J. V. & Harby, A. 2001. Field experiments on strand-
ing 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.
- Sandlund, O.T., Berger, H.M., Bremset, G., Diserud, O., Saksgård, L., Ugedal, O. & Ulvan, E.
2011. Elektrisk fiske - effekter av ledningsevne på fangbarhet av ungfisk. NINA Rapport
668. 43 s.
- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.-E., Lehmann, G.B., Halvorsen, G.A., Wiers, T.,
Skår, B., Pulg, U. & Vollset, K.W. 2012. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget
- sluttrapport for perioden 2004-2012. LFI Uni Miljø Rapport nr. 203. 108 s.
- Sundt, H., Halleraker, J.H, Alfredsén, K.T., Svelle, K. 2005. Optimalisering av fiskeforhold og
kraftproduksjon i Surna - Delrapport om elvetyper, vanndekt areal og hydrauliske forhold av
betydning for laksefisk ved ulike vannføringer og raske endringer. SINTEF rapport TR
A6263. 37 s.

7 Vedlegg

Vedlegg 1. Registrerte gytegrøper i Surna nedstrøms TK høsten 2011 og oversikt over grøper undersøkt ved graving i april 2012 samt målinger og vurderinger av dybdeforholdene der grøpene lå.

Registrerte gytegrøper høsten 2011						Kontrollerte gytegrøper våren 2012						
Sted	WP	Laks	Ørret	Usikker	Antall	Dato	WP	Dyp	Rogn	Plommeseekyngel		
Solemshølen	1	1	0	0	1	20.4.						
	2	1	2	0	3							
	3	2	0	0	2							
	4	2	0	0	2							
	5	1	0	0	1							
	6	2	0	0	2							
	7	1	0	0	1							
	8	1	0	0	1							
	9	2	0	0	2							
	10	1	0	0	1							
	11	2	0	0	2							
	12	1	0	0	1							
	13	2	0	0	2							
	14	1	0	0	1							
	15	2	0	0	2							
	16	1	0	0	1							
	17	1	0	0	1							
	18	0	0	1	1							
	19	0	0	1	1							
	20	0	0	1	1							
	21	2	0	0	2							
	22	1	0	0	1							
	23	1	0	0	1							
	24	2	0	0	2							
	25	1	0	0	1							
	26	1	0	0	1							
	27	2	0	0	2							
	28	1	0	0	1							
	29	1	0	0	1							
	30	0	0	1	1							
	31	1	0	0	1							
	32	1	0	0	1							
	33	1	0	0	1							
	34	1	0	0	1							
	35	1	0	0	1							
	36	1	0	0	1							
	37	1	0	0	1							
	38	1	0	0	1							
	39	1	0	0	1							
	40	2	0	0	2							
	41	0	2	0	2							
Utløp Grytbekken	42	1	0	0	1	19.4.	Dybde > 110 cm. Gytegrøp ikke sjekket v.h.a. graving					
Sæterhølen	43	1	0	0	1	20.4.						
	44	1	0	0	1							
	45	1	0	0	1							
	46	0	0	1	1							
	47	0	0	1	1							
	48	2	0	0	2							
	49	1	0	0	1							
	50	1	0	0	1							
Talgøypollen	51	0	0	2	2	20.4.	1009	30 cm	0	0	3	5
	52	1	0	0	1							
	53	2	0	0	2							
	54	1	0	0	1							
	55	2	0	0	2							
	56	1	0	0	1							

Registrerte gytegroper høsten 2011						Kontrollerte gytegroper våren 2012					
Sted	WP	Laks	Ørret	Usikker	Antall	Dato	WP	Dyp	Rogn	Plommesekeyngel	
Bjørhølen	57	3	0	0	3	Ikke undersøkt, men vet fra tidligere at dette er et område hvor gytegroperne ligger på dypt vann					
	58	1	0	0	1						
	59	0	2	0	2						
	60	1	0	0	1						
	61	1	0	0	1						
	62	1	0	0	1						
	63	1	0	0	1						
Fergemannshølen	64	0	0	1	1	Ikke undersøkt, men vet fra tidligere at dette er et område hvor gytegroperne ligger på dypt vann					
	65	0	0	1	1						
	66	1	0	0	1						
	67	1	0	0	1						
	68	1	0	0	1						
Utløp Vindøla	69	1	0	0	1	Ikke undersøkt, men vet fra tidligere at dette er et område hvor gytegroperne ligger på dypt og stritt vann					
	70	1	0	0	1						
	71	3	0	0	3						
	72	2	0	0	2						
	73	2	0	0	2						
Sveahølen	74	2	0	0	2	Hele området ble undersøkt med hensyn på dybde. Med unntak av de kontrollerte groperne (se neste side) lå områdene med gytegroper stort sett dypere enn 50 cm, men gytegropernes eksakte plassering og dybdeforhold var vanskelig å bestemme.	19.4				
	75	1	0	0	1						
	76	0	0	1	1						
	77	0	1	0	1						
	78	1	0	0	1						
	79	3	0	0	3						
	80	1	0	0	1						
	81	0	1	0	1						
	82	0	3	0	3						
	83	1	0	0	1						
	84	0	2	0	2						
	85	0	1	0	1						
	86	4	1	0	5						
	87	1	0	0	1						
	88	0	1	0	1						
	89	0	1	0	1						
	90	1	0	0	1						
	91	0	3	0	3						
	92	0	1	0	1						
	93	1	0	0	1						
	94	0	1	0	1						
	95	1	0	0	1						
	96	0	1	0	1						
	97	0	1	0	1						
	98	1	0	0	1						
	99	0	3	0	3						
	100	0	1	0	1						
	101	0	1	0	1						
	102	0	1	0	1						
	103	0	1	0	1						
	104	0	1	0	1						
	105	0	1	0	1						
106	0	3	0	3							
107	0	5	0	5							
108	0	1	0	1							
109	0	2	0	2							
110	0	1	0	1							
111	0	3	0	3							
112	0	1	0	1							
113	0	2	0	2							
114	1	0	0	1							
115	2	0	0	2							
116	1	0	0	1							
117	1	0	0	1							
118	0	4	0	4							

Registrerte gytegrøper høsten 2011						Kontrollerte gytegrøper våren 2012					
Sted	WP	Laks	Ørret	Usikker	Antall	Dato	WP	Dyp	Rogn	Plommesekeyngel	% døde
Sveahølen fortsetter	119	0	3	0	3	19.4 20.4					
	120	0	1	0	1						
	121	1	0	0	1						
	122	0	2	0	2						
	123	1	0	0	1						
	124	1	0	0	1						
	125	1	0	0	1						
	126	0	2	0	2						
	127	0	1	0	1						
	128	0	1	0	1						
	129	0	3	0	3						
	130	1	0	0	1						
	131	3	0	0	3						
	132	1	0	0	1						
	133	1	0	0	1						
	134	3	0	0	3						
	135	1	0	0	1						
	136	3	0	0	3						
	137	2	0	0	2						
	138	3	0	0	3						
	139	2	0	0	2						
	140	1	0	0	1						
	141	2	0	0	2						
	142	6	0	0	6						
	143	1	0	0	1						
	144	2	0	0	2						
	145	2	0	0	2						
	146	1	0	0	1						
147	1	0	0	1	19.4.	1004	40	0	39	14	9
148	1	0	0	1		1005	36	0	3	21	15
149	2	0	0	2		1006	35	0	0	60	36
150	4	0	0	4		1007	48	0	0	26	12
151	1	0	0	1	20.4.	1008	45	0	0	21	4
152	2	0	0	2		1010	50	0	4	2	0
153	1	0	0	1		1011	47	0	1	14	0
Honnstadvollhølen	155	1	0	0	1	Ikke undersøkt, dypt vann					
Korsbrua til utløp Brøskjåa	156	2	0	0	2						Ikke undersøkt, men vet fra tidligere at dette er et område hvor gytegrøper ligger på dypt og stritt vann
	157	1	0	0	1						
	158	0	0	2	2						
	159	1	0	0	1						
	160	2	0	0	2						
	161	2	0	0	2						
	163	3	0	0	3						
	164	3	0	0	3						
	165	1	0	0	1						
	166	0	0	1	1						
	167	1	0	0	1						
168	0	0	1	1							
169	0	0	2	2							
Kragnes	170	2	0	0	2	20.4.	-	> 65 cm	Området ble undersøkt med hensyn på dybde,ingen gytegrøper kontrollert v.h.a. graving på bakgrunn av dette		
	171	1	0	0	1						
	172	0	0	1	1						
	173	2	0	0	2						
	174	0	0	2	2						
	175	2	0	0	2						
	176	4	0	0	4						
	177	3	0	0	3						
178	1	0	0	1							
Mellom Øyahølen og Pellhølen	179	0	1	0	1	20.4.		> 65 cm	Området ble undersøkt med hensyn på dybde,ingen gytegrøper kontrollert v.h.a. graving på bakgrunn av dette		
	180	1	0	0	1						
	181	0	1	0	1						
	182	1	0	0	1						
	183	2	0	0	2						
184	1	0	0	1							

Registrerte gytegrøper høsten 2011						Kontrollerte gytegrøper våren 2012					
Sted	WP	Laks	Ørret	Usikker	Antall	Dato	WP	Dyp	Rogn	Plommesekkyngel	
	185	2	0	0	2	Ikke undersøkt, dypt vann					
Tellesbø	186	1	0	0	1	20.4.	-	> 100 cm	Området ble undersøkt med hensyn på dybde,ingen gytegrøper kontrollert v.h.a. graving på bakgrunn av dette		
	187	2	0	0	2						
	188	1	0	0	1						
	189	3	0	0	3						
	190	4	0	0	4						
	191	2	0	0	2						
	192	2	0	0	2						
	193	2	0	0	2						
	194	3	0	0	3						
	195	2	0	0	2						
	196	2	0	0	2	Ikke undersøkt, dypt vann					
	197	3	0	0	3	Ikke undersøkt, dypt vann					



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: 978-82-426-2526-7

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor
Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim
Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 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