

Bruk av isløpet som utvandringrute for laks ved Rygene kraftverk, Nidelva



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Bruk av isløpet som utvandningsrute for laks ved Rygene kraftverk, Nidelva	Løpenr. (for bestilling) 6592-2013	Dato 1/12/2013
	Prosjektnr. Undernr. O-13175	Sider Pris 64
Forfatter(e) Frode Kroglund Tormod Haraldstad Jim Güttrup	Fagområde Vannkraft	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Agder Energi Vannkraft	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Smolt og vinterstøing produsert ovenfor Rygene kraftverk, må passere kraftverket under nedvandring. Fisken kan passere kraftverket med bruk av turbinløpet. Bruk av turbinløpet vil medføre at i størrelsesorden 15 til 50 % av all smolt og nær all vinterstøing < 80 cm vil avlives. All fisk større enn dette vil dø fordi de ikke kan passere varegrinda plassert foran turbininntaket. Våren 2013 ble det gjort forsøk med tiltak: Isløpet, som er plassert vinkelrett på varegrinda, ble da åpnet. For å måle effektiviteten av tiltaket ble smolt merket med passive integrerte transpondere (PIT-merker) og satt ut oppstrøms kraftverket. Av disse ble ca. 40 % gjenfanget i isløpet. Samtidig benyttet 170 vinterstøing og mye sørv isløpet. Tiltaket var ikke optimalt, men fungerte bedre enn forventet. For å oppnå større bruk av isløpet, må det gjøres ytterligere tiltak. Dette kan innebære ombygging av varegrinda, alternativt etablering av ledegjerder.</p> <p>Samlet utvandret det 2399 smolt forbi Rygene i 2013. For elva mellom Rygene og Fuglefjell ble bestanden estimert til 952 smolt. Til sammen utvandret det dermed ca. 3400 smolt fra Nidelva. Dette var langt færre enn forventet basert på ulike produksjonsestimat. Estimert basert på tilgjengelig habitat, antall gytefisk og gytebestandsmål antyder at det skulle utvandre noen 10-tals tusen smolt. Årsaken til dette misforholdet må skyldes forhold oppstrøms Rygene. Det kan være mangel på produksjonsområder og/eller høyt tap av fisk pga. gjeddepredasjon. >Mindre sannsynlige årsaker er mangel på gytefisk, ugunstig vannkemi eller vannføring.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vannkraftverk Laks Tiltak Nidelva 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Hydropower station Salmon Mitigation Nidelva
---	--



Frode Kroglund
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder



Claus Beier
Forskningsdirektor

Nidelva, Aust-Agder

**Bruk av isløpet som utvandringsrute for laks ved
Rygene kraftverk, Nidelva**

Forord

På oppdrag fra Agder Energi Vannkraft ved Svein Haugland dokumenterte NIVA smoltutvandringen forbi Rygene kraftverk våren 2013. Fokus har vært på å estimere størrelse på den nedvandrende laksebestanden og hvilken andel av denne som benyttet isløpet framfor å utvandre via turbinløpet.

Vi vil her takke Tore Mo som har gitt oss verdifull hjelp og tilgang på data på voksen fisk oppvandring. De ansatte ved Rygene kraftverk har hjulpet oss daglig med rensing av fangstfella som er etablert nedstrøms isløpet.

Grimstad, november 2013

Frode Kroglund

Innhold

	1
Sammendrag	6
1. Innledning	9
2. Områdebeskrivelse	12
2.1 Nidelva	12
2.2 Rygene kraftverk	13
2.2.1 Tekniske data	13
2.2.2 Inntaksområdet	14
2.2.3 Turbin	14
2.3 Forventet størrelse på smoltutvandringen	15
2.3.1 Smoltlengde og -alder	15
2.3.2 Produksjonsgrunnlag	16
3. Metoder	18
3.1 Tiltaket	18
3.1.1 Isløpet (sideløpet)	19
3.1.2 Varegrinda	19
3.1.3 Vannhastigheter mot og langs varegrinda	20
3.1.4 Svømmekapasitet smolt	21
3.1.5 Vannføring inn mot turbin (turbinløp)	22
3.1.6 Ratio vannføring tiltaksløp og turbinløp	22
3.1.7 Vannføring i sideløpet (isløpet)	22
3.1.8 Slagsannsynlighet ved turbinpassering	22
3.1.9 Hvilke arter skal tiltak bygges for?	23
3.1.10 Hvor vandrer smolten ved Rygene?	23
3.2 Fangst av smolt	24
3.2.1 Wolf-felle ved Rygene	24
3.2.2 Oppsamlingskar for fisk nedstrøms Wolf fella	25
3.2.3 Videre slipp av fisk	25
3.2.4 Smolthjul ved Fuglefjell	25
3.3 Merkeprogram	28
3.3.1 Merkemethode og utsettingslokaliteter	28
3.3.2 Gjenfangstlokaliteter; PIT antenner	29
3.3.3 Gjenfangstlokaliteter; Wolf-fella og smolthjulet	30
3.3.4 Fangsteffektivitet til Wolf-felle	30
3.3.5 Bruk av sideløpet	30
3.3.6 Bestands estimat	30
4. Resultat	32
4.1.1 Fysiske forhold	32
4.1.2 Vannføring Rygene total	32
4.1.3 Segmentluke	32
4.1.4 Vannføring sideløp(Qs)/turbinløp(Qt)	33
4.1.5 Temperatur	33

5. Resultat, fisk	35
5.1 Forventet tap av smolt uten tiltak	35
5.2 Fangst i Wolf-felle ved Rygene	36
5.2.1 Laks	36
5.2.2 Smoltalder	37
5.2.3 Prosent utvandring fordelt på natt og dag	37
5.2.4 Lengdefordeling hos vinterstøing i forhold til lengde ved oppvandring	37
5.2.5 Andre arter	38
5.3 Fangst i smolthjulet	39
5.4 Gjenfangst av PIT-merket smolt	40
5.4.1 Gjenfangst i PIT antenna	40
5.4.2 Gjenfangstprosent i Wolf-fella	40
5.5 Bestandsestimater	40
5.5.1 Tidsbruk fra utsetting til gjenfangst ved Rygene	40
5.5.2 Antall smolt forbi Rygene	41
5.5.3 Sammenhengen mellom lengdefordeling på merketidspunktet og i gjenfangstene	44
5.5.4 Antall smolt forbi Fuglefjell	44
6. Diskusjon	46
6.1 Bruk av isløpet	46
6.1.1 Laksesmolt	46
6.1.2 Vinterstøing	47
6.1.3 Andre arter	48
6.1.4 Andre data fra Rygene	48
6.2 Antall smolt som ankom Rygene	48
6.3 Årsaker til lite smolt	50
7. Referanser	52
Vedlegg A. Antall laks fanget og sluppet forbi oppgangsslusa ved Rygene (1990-2012)	55
Vedlegg B. Sammenheng mellom fangst av laks og antall som passerte oppgangsslusa (1990-2012)	56
Vedlegg C. Slipp av fisk forbi Rygene (2011 og 2012)	57
Vedlegg D. Skjellanalyser, 2012	58
Vedlegg E. Smoltalder	59
Vedlegg F. Sjøalder	60
Vedlegg G. Laks sluppet ved Eivindstad 2012	61
Vedlegg H. Vannføring	62
Vedlegg I. Temperatur 2006-2013	63

Sammendrag

Laks i Nidelva ble utryddet som følge av forsurening. Andre påvirkningsfaktorer som elvekraftverk, gjedde og industriutslipp kan ha medvirket til bestandsreduksjon, og de kan hver for seg eller samlet ha bidratt til å hemme reetablering av en stedegen laksebestand. I løpet av det siste 10-året er det gjennomført en rekke habitatfremmende tiltak. Disse inkluderer kalking, tiltak for å bedre oppvandring av laks samt rivning av terskler for å etablere gyteområder nedstrøms Rygene kraftverk. Samlet sett har tiltakene resultert i økt oppvandring av laks. Det er hittil ikke gjennomført undersøkelser for å fastslå størrelsen på den nedvandrende bestanden. Produksjon av smolt i Nidelva vil være et resultat av antall gytefisk, størrelse på egnede gyte- og oppvekstarealer, vannkjemi og overlevelse fra gyting til smoltifisering. I 2013 ble størrelse på nedvandrende bestand estimert ut fra merke-gjenfangst. Nedvandrende smolt må passere Rygene kraftverk. Basert på kraftverkets slukeevne ($170 \text{ m}^3/\text{s}$) samt vannføring i elva vil nedvandrende fisk i 2013 ha blitt ført med vannstrømmen inn mot inntaksområdet for turbinløpet. Herifra vil fisken vandre videre gjennom turbinløpet såfremt tiltak ikke iverksettes. Bruk av turbinløpet er uønsket fordi en andel av fisken vil avlives her. Våren 2013 ble isløpet utprøvd som alternativ rute for nedvandring.

En andel av fisken som benytter turbinløpet vil dø. Dødelighet kan knyttes til trykkfall og kavitasjon, dannelselse av gassbobler, kontakt med turbinblader og rive (eng: shear) og slipe (eng: abrasion) krefter (Čada, 1990; Coutant & Whitney, 2000). Mens turbinbladtreffskader kun inntreffer ved turbinen, vil de andre påvirkningene inntreffe og påvirke nedvandrende fisk i hele turbinløpets lengde. Hvilke av de ulike kreftene som er viktigst vil variere mellom kraftverk og vil variere med vanninntakets og turbinrørets utforming, fallhøyder, type turbin mm. Turbinbladskader regnes likevel som den mest kritiske. Fisk som overlever selve passeringen kan ha en overdødelighet knyttet til skader fisken ble påført under turbinløpspasseringen. Denne forsinka dødeligheten kan variere fra å være beskjedent til stor (Coutant & Whitney, 2000; Ferguson mfl., 2006).

Turbinslagsskader kan modelleres, og basert på turbinkarakteristika for Rygene kan det antas at i størrelsesorden 10 til 35 % (25 & 75 prosentnivåer for henholdsvis 12 og 16 cm smolt) av smolten vil dø som følge av turbinbladtreff. Det vil være år til år forskjeller i dødelighet knyttet til vannføring samt lengdefordeling til fisken. Foruten smolt, skal det også nedvandre utgytt fisk (vinterstøing). Vinterstøing > ca. 80 cm vil ikke kunne passere turbinløpet på grunn av at varegrinda (80 mm lysåpning) vil fungere som en fysisk sperre. All støing > 80 cm vil derfor forbli oppstrøms kraftverket og etter hvert dø. Fisk < 80 cm vil kunne passere varegrinda. Modellen estimerer at > 50 % av disse vil dø som følge av slagskader. Turbinslagmodellen vil underestimere "sann" dødelighet fordi denne ikke tar hensyn til andre skader eller forsinket dødelighet. Vi kan ikke ut fra data fra 2013 angi det reelle tapet for Rygene, man antar det kan variere i området 15 til 50 %, hvor nivået vil variere mellom år knyttet til variasjon i vannføring, fiskens lengde og temperatur. Dette tapet kan reduseres ved å iverksette tiltak. Tiltak kan enten være å stanse kraftproduksjon, eller man kan igangsette tiltak som utnytter fiskens atferd. Et nedvandringstiltak basert på atferd vil inkludere flere delelementer: a) hemme fiskens innvandring til turbinløpet, b) lede fisken til en trygg utvandringsrute og c) lede fisken trygt videre.

Våren 2013 ble det gjennomført forsøk med nedvandringstiltak ved Rygene kraftverk. Hensikten med undersøkelsen var to-delt: Foruten å estimere hvilken andel av fisken som benyttet tiltaket, var det også et mål å estimere størrelsen på den nedvandrende bestanden. Tiltaket, slik dette ble gjennomført i 2013, besto kun i å slippe vann ut gjennom isløpet. Det ble ikke gjort andre modifikasjoner ved kraftverket. Fiskens bruk av tiltaket ble målt som gjenfangst av PIT-merket smolt som var satt ut oppstrøms kraftverket. De samme fiskene ble samtidig benyttet til å beregne størrelse på den nedvandrende bestanden.

Et tiltak innebærer at fisken hemmes fra å innvandre inn mot turbin samtidig som den tilbys en alternativ utvandningsrute. Turbininntaket ved Rygene er ikke bygd med tanke på smoltutvandring og flere delelement som er vesentlig for en god måloppnåelse følger ikke internasjonale råd. Ved å åpne isløpet etableres en fluktrute. Bruken av isløpet framfor turbinløpet ble undersøkt i 2013. Ca. 40 % av den nedvandrende smolten benyttet isløpet. Denne måloppnåelsen var bedre enn forventet gitt at vannhastighet er for høy og varegrinda er for breispila. Dette uventet "gode" resultatet skyldes sannsynligvis at sideløpet er riktig plassert i forhold til varegrinda og at varegrinda er dykket ca. 60 cm. Dykking påvirker det hydrauliske bildet foran og over varegrinda. Dette, sammen med vannslipp ut isløpet, resulterte i en tiltrekningskraft som innvirket positivt på nedvandrende fisk. Det antas at smolt som ankom varegrinda nær overflata og nær isløpet ble mer tiltrukket av isløpet enn smolt som ankom dypere eller lenger fra isløpet. Sideløpet ble våren 2013 tilført i størrelsesorden 3 til 5 % av turbinvannføringen, hvor % -andelen økte etter hvert som vannføringen i elva avtok. Samtidig benyttet ikke 60 % av fisken tiltaket. Dette kan skyldes at vannhastigheten inn mot varegrinda var høy og at lysåpningene i varegrinda ikke vil bidra til å hemme passering samt at mye fisk ankom inntaksområdet langt vekk fra isløpet. Vannhastighetene i inntaksområdet våren 2013 vil overstige kritisk svømmekapasitet til smolt. Kritisk vannhastighet var "mest" oversteget tidlig om våren på grunn av at vannføringen da var høyest og temperaturen lavest.

Hvis andel smolt som benytter sideløpet skal økes fra 40 % til > 80 % må det foretas optimaliseringstiltak. Disse kan innebære ombygginger av varegrinda samt endret plassering av denne. Varegrinda ved Rygene har 80 mm lysåpning. Dette er en lysåpning som ikke hemmer smolten fra å passere. Lysåpningen bør reduseres til maks 40 mm, helst ned mot 20 mm. Vannhastigheten inn mot varegrinda er for høy. Høy vannhastighet og stor lysåpning vil medføre at fisk føres gjennom varegrinda uten at fisken rekker å finne isløpet. Hvis lysåpningen reduseres uten at vannhastigheten samtidig reduseres vil fisken kunne presses inn mot varegrinda og dermed dø. For å unngå at dette må vannhastighet reduseres. Dette kan oppnås hvis varegrinda flyttes oppstrøms i forhold til dagens plassering. Arealet på varegrinda kan da økes og vannhastighet vil reduseres. For ytterligere å øke effektiviteten bør varegrinda vinkles 35° på vannstrømmen slik at det etableres en vektor som går på tvers av vannstrømmen, langs varegrinda og inn mot sideløpet. Et alternativt tiltak kan være å øke størrelsen på vannslipp ut dagens sideløp. Dette vil øke tiltrekning av fisk, men det er mer usikkert hvor mye mer fisk som vil sanse og faktisk benytte sideløpet fordi det er begrenset hvor stort vannvolum isløpet faktisk kan påvirke og samtidig endre det hydrauliske bildet. Foruten tiltak knyttet til varegrinda og plassering av denne vil det være mulig å benytte ledegjerder. Disse kan være av type Louvres. Louvres hemmer ikke vannføringen, men setter opp en turbulens som vil bidra til å lede fisk mot et sideløp. Ved at ledegjerdet vinkles mot sideløpet (isløpet) skal fisk kunne ledes inn mot dette. Av disse tre alternativene vil ledegjerder være enklest å etablere på kort sikt. Ledegjerder er samtidig det vi har minst erfaring med i Norge.

Basert på merking og gjenfangst utvandret det 2399 (95 % konfidensintervall: 2032-2832) smolt forbi Rygene (Petersens metode). Andre estimater på samme materiale antyder utvandring i størrelsesorden 2360- 2407 smolt. Ut fra de ulike estimatene og gjenfangstnivåene synes 2400 smolt å representere utvandrende bestand i 2013 rimelig riktig. Et estimat for utvandrende smolt mellom Rygene og Fugle fjell var 952 (95 % konfidensintervall: 614 og 1462). Dette estimatet vil være mer usikkert på grunn av få gjenfangster. Samlet utvandret det i størrelsesorden 3400 smolt fra Nidelva i 2013. Foruten laks utvandret det ørret (n=42), sik (n=9), abbor (n=11), gjedde (n=54) og sørv (n=297).

Ut fra ulike smoltproduksjonsestimat var det forventet at det kunne utvandre i størrelsesorden 14 til 27 tusen laksesmolt. Når det utvandret i størrelsesorden 3.4 tusen var det et tydelig misforhold mellom forventning og tilstand. Smoltproduksjonsestimatene er basert på flere typer data; gytebestandsmål, antall gytefisk, bonitering samt el-fiske. Selv om det også er betydelig sprik mellom produksjonsestimatene, er ingen av dem i nærheten av å predikere et så lavt antall smolt som ble estimert forbi Rygene i 2013. Årsaken til misforholdet må avklares og kan skyldes flere faktorer. Det kan selvsagt være feil i utvandringsestimatene. Det kan også være at tilgjengelig og egent habitat er mindre enn det

arealet som ble estimert ut fra bonitering. Bonitering baserer seg på en vurdering av habitatkvalitet ut fra blant annet observert overflatestruktur. Det kan hende at gyteområder som har ligget ubrukte i > 40 år ikke lenger er egnet som følge av sedimentert finstoff. Dette vil være finstoffet som gytende fisk vil ha vasket vekk årlig. Årlig akkumulering av liten mengde finstoff kan over tid bli for mye.

Sedimentert finstoff vil hemme vanntransport gjennom grusen, noe fisk vil sanse og unngå. Finstoffet kan ligge flere cm nede i elvebunnen og ikke være synlig fra overflata. Det bør imidlertid kunne vurderes ut fra oksygenmålinger og hullromsanalyser. Ved å sammenstille kunnskap om hvor radio-merket laks vandrer for å gyte med data fra boniteringene kan det være mulig å identifisere områder fisken finner uegnet. Faktisk tilgjengelig gyteområder kan da estimeres. Tiltak kan deretter evalueres.

Det må også vurderes hvor representative el-fiskeundersøkelsene er for vassdraget. Dagens program antyder at produksjon av eldre lakseunger er nær normalt, men hvis dette er data for ikke-representative områder av elva, vil en oppskalering gi feil produksjonsestimater. Dette må kunne evalueres av de som utfører dette fisket.

Det kan også være et betydelig produksjonstap mellom gyting og smolt-nedvandring. Her kan gjedda ha en avgjørende rolle. Kraftverket kan ha økt tilgjengelig gjeddehabitat ved å etablere områder med mer roligflytende vann. Vi har ikke undersøkt hvor mye dagens Rygene dam hevet vannspeilet ovenfor demningen relativt til tidligere utbyggingsnivåer. Dette er data AEV har. Innføring av sørv kan også ha økt næringstilbudet til gjedde og dermed bidratt til at gjeddebestanden i dag er større enn den var historisk. Vannføringen om våren var høyere enn den er i dag. Dette innebærer at smolt historisk vil ha utvandret sammen med mye vann. Mye vann kan innvirke på vandringshastighet, predasjon mm. Disse ulike faktorene kan alle evalueres.

De senere år har i størrelsesorden 600 laks vandret opp forbi Rygene. Legges det til ca. 100 laks tatt under sportsfisket, har innvandringen vært på minst 700 laks. Hvis det kun utvandrer 3,4 tusen smolt, må disse ha en sjøoverlevelse på minst 20 % for å gi innsig på 700 gytelaks. Dette nivået synes urimelig gitt de sjøoverlevelsesnivåene som ellers antydes for Norge. Dette kan tyde på at man i Nidelva høster på feilvandrende fisk. Samtidig bør 600 gytende laks i Nidelva gi mer enn 3.4 tusen smolt. Majoriteten av den utvandrende laksen tatt våren 2013 var i størrelsesorden 75 til 85 cm. Disse vil ha veid omkring 5 kg under oppvandring. Oppvandringen burde kunne bidra til en produksjon av ca. 65 tusen smolt. Det er således misforhold mellom smoltproduksjon, utvandring av smolt, samt innvandring av laks.

Arbeidet utført i 2013 bør repeteres for å styrke datagrunnlaget. Det skal ikke utelukkes at våren 2013 var ikke-representativ. Smoltutvandringen i 2013 var svært sein i forhold til en antatt "normalvår" i flere sørlandelver. Det er grunn til å anta at den også var sein i Nidelva. Om dette innvirker på antall utvandrede smolt eller ikke er ikke kjent, men sein utvandring kan øke predasjonstrykket fra gjedde. Gjeddene er en svært aktiv predator etter gyting. Hvis gjeddegyting inntraff før smoltutvandringen i 2013, kan gjedda ha tatt en uforholdsmessig stor andel av smoltutvandringen. I Storelva i Holt er det estimert at gjedda tar i størrelsesorden 30 til 50 % av nedvandrende smolt. Gjeddene i Nidelva er større enn i Storelva (Kroglund & Teien, 2011). Hvis gjedda i Nidelva tar 80 % av smolten vil 2400 smolt forbi Rygene representere en utvandrende bestand på 12000 fisk. Gjeddepredasjon må undersøkes og evalueres. Fokus må da ikke kun legges på utvandringsperioden, men tap gjennom hele livsløpet.

Hvis nivået av smolt som ble påvist i 2013 vedvarer, er dette en sterk indikasjon på at smoltutvandringen fra vassdraget er unormalt lav. Årsaken må være oppstrøms Rygene. Vi vet ikke hvilken påvirkningsfaktor som er mest avgjørende. Lavt antall utvandrende smolt vil innvirke på statusklassifisering av vassdragets. Lavt smoltantall påvirker også kost/nytte-faktoren for kalkingen, verdiskapning knyttet til sportsfiske samt tiltaksbehov ved kraftverkene.

1. Innledning

Nidelva i Aust-Agder mistet sin laksebestand som følge av forsurening utover 1960-tallet. Fiskebestandene var samtidig negativt påvirket av blant annet utslipp fra industri (trefiber), elvekraftverk, periodisk luftovermetning og predasjon fra gjedde (Matzow, 1995). Flere tiltak er iverksatt for å retablere den tapte laksestammen de ti siste årene. For å håndtere den eksistensielle trusselen (forsuring), er elva fullkalket fra 2005. Vannkvalitetsmålet for kalkingen er ikke oppnådd deler av året (Tiltaksovervåkingen, Miljødirektoratet 2013). Dagens vannkvalitet i Nidelva er sannsynligvis ikke dødelig for laks, men sporadiske forsureningsepisoder med pH fall ned mot pH 5,5 i 2008 og 2010 kan ha hatt bestandsreduserende effekt. pH målet for lakseførende strekning er på pH 6,2 for perioden 15/2-31/5 og pH 6,0 resten av året. Nidelva har således et redusert pH mål sammenlignet med naboelvene (DN, 2012). Denne reduksjonen bør ikke resultere i færre smolt, men kan resultere i svekket smoltkvalitet og redusere smolt til voksen overlevelse.

Elvekraftverkene i Nidelva vil påvirke både nedvandring av smolt, men også oppvandring av voksen laks. I 1991 ble det bygd oppvandringstrapp forbi Rygene kraftverk (Matzow og Simonsen, 1992). Allerede før kalkingen ble startet ble det registrert økende innvandring av laks til vassdraget. Et betydelig antall av disse vandret inn i utløpstunnelen fra Rygene kraftverk (ved Helle). I 2006 ble det etablert et gitter 150 m inn i tunnelen for å hindre at laksen vandret inn mot turbinen. Samtidig ble det sluppet lokkeflommer i hovedelva for å trigge oppvandring til minstevannføringsstrekningen (Thorstad mfl., 2003). I samme tidsperiode ble to terskler mellom Rygene og Helle revet (Revsnes og Kalvehagfoss). Målet her var å gjenetablere et fiske i området, samt å reetablere gyteområder innenfor minstevannføringsstrekningen (Gabrielsen mfl., 2012).

Eivindstad kraftverk (30 km fra elvemunning) var tidligere en fysisk vandringsbarriere for oppvandrende laks og ørret. Det ble igangsatt forsøk med oppvandringstiltak i 2009 (Fjeldstad mfl., 2012). For å få forgang i reetableringen av laks ovenfor Eivindstad er det siden 2006 lagt ut til sammen drøyt 1 mill. rogn i dette området (Gabrielsen et al., 2012). I tillegg er det flyttet voksen gytelaks forbi demningen. I 2012 ble det flyttet 52 laks (<http://www.otralax.no/article.aspx?id=980>).

Oppvandring av laks i Nidelva er overvåket i en fangstsluse plassert i Rygene dam siden tidlig 1990-tall. Størrelsen på gytebestanden ovenfor Rygene har økt betydelig etter kalking og i overkant av 500 laks har årlig passert Rygene dam siden 2005 (Anon., 2013). Det har vært tilstrekkelig med gytefisk til at produksjonspotensialet for smolt ovenfor Rygene skal være helt eller nær helt oppfylt de siste årene. Smoltproduksjonen vil imidlertid også avhengig av tilgjengelig gyteareal og arealets egnethet, vannkvalitet og overlevelse fra gyting til smolt. Tilgangen på gyteareal mellom Helle og Eivindstad er undersøkt i nyere tid (Gabrielsen et al., 2012). Mellom Rygene og Eivindstad er egnet ungfiskareal beregnet til å være på 0,756 km² og til 0,384 km² ovenfor Eivindstad (Gabrielsen et al., 2012). Tetthet av eldre ungfisk i ungfiskundersøkelsene tyder på at mengde smolt har vært økende de senere år. Denne undersøkelsen gjennomføres dessverre kun annethvert år, så det er betydelige usikkerheter i datasettet (DN, 2012). Basert på de undersøkelser som foreligger, skal det i dag potensielt være betydelig nedvandring av smolt i Nidelva.

Smoltnedvandring ble undersøkt i 2004, 2005 og 2007 (DN, 2010). Det ble dokumentert få smolt de første årene. Dette var i en periode da elva var ukalket og vannkvaliteten var i perioder dødelig for smolt. Få smolt i denne perioden kan derfor forklares med for dårlig vannkvalitet. Første smoltutvandring fra kalket elv var i 2007, men også dette året ble det dokumentert få smolt. Dette kan forklares med forsureningsepisoder og at antall gytefisk årene forut fortsatt var på et lavt nivå i forhold til gytebestandsmålet. Fangstfella var dessuten ugunstig plassert alle disse årene; nedstrøms turbinutløpet og i turbulent vann. Fella vil ikke fungere optimalt under disse forholdene. Hvis kraftverket avlivet smolt, vil dette også ha bidratt til å redusere fangstene.

Det har vært lange tradisjoner for å igangsette tiltak for å bedre oppvandringen for laks og sjøørret i Norge. Samtidig er tradisjonen like lang for å glemme at også avkommene fra gytingen, smolten, skal vandre forbi de samme hindringene på sin vei mot havet. Effektene av manglende tiltak er behørig dokumentert internasjonalt lenge før årtusenskiftet (Aitken mfl., 1966; Ebel, 1977; Larinier & Dartiguelongue, 1989). For å opprettholde en bærekraftig vandrende fiskebestand må forholdene legges til rette for å sikre to-veis vandring (Calles, 2006; Calles & Greenberg, 2009; Kraabøl mfl., 2009; Noonan mfl., 2011). For å oppnå tilfredsstillende to-veis vandring kan fisk hverken hemmes eller ha redusert overlevelse under opp- eller nedvandring. Det er velkjent at elvekraftverk hemmer vandring og overlevelse såfremt tiltak ikke iverksettes, samtidig som at nedvandringstiltak er mulig å gjennomføre.

Nedvandrende fisk følger normalt elvas hovedstrøm. Dette innebærer at fisken vil følge vannstrømmen inn mot turbininntaket såfremt tiltak ikke er iverksatt. En turbinpassering vil avlive en andel av fisken som følge av turbinbladtreff. Prosentandelen av fisken som dør avhenger av turbin type og – karakteristika samt variere med turbinvannføring og størrelse. En andel av fisken som overlever selve turbinpasseringen vil ha en forsinket dødelighet knyttet til skader påført fisken etter turbinen hvor skadene vil være relatert til turbulens og kavitasjon, trykkforandringer med mer (Čada, 2001; Coutant & Whitney, 2000; Ferguson et al., 2006; Monten, 1985). Dødelighet knyttet til turbinbladtreff kan modelleres (Bell mfl., 1981; Deng mfl., 2007; Ferguson mfl., 2008; Monten, 1985; Ploskey & Carlson, 2004; Turnpenny mfl., 2000; von Raben, 1957). Turbinbladtreff-modellene er i nyere tid evaluert av Leonardsson (2012) som konkluderer med at de ulike modellene er basert på samme matematiske grunnlag og i prinsippet er like. Ingen av modellene er imidlertid spesielt gode, og alle tenderer til å overestimere direkte dødelighet. Samtidig inkluderer ingen av modellene indirekte eller forsinket dødelighet. Denne vil være stedsspesifikk og vil derfor være vanskelig å modellere (Calles mfl., 2013). Forsinket dødelighet kan være større enn den direkte dødeligheten og bør derfor ikke ignoreres (Kroglund et al 2010). Til tross for usikkerhetene, er det internasjonalt anerkjent at utvandring gjennom turbininntaket og dermed turbinene vil ha en bestandsregulerende effekt ved å redusere antall fisk som når havet. Bekymring for tapt produksjon reflekteres blant annet i ulike nasjonale retningslinjer for utforming av elvekraftverk (Anon., 1995; Anon., 2007; Calles et al., 2013; Irish_guidelines, 2005; Larinier, 2002; Turnpenny & O’Keeffe, 2005).

Elvekraftverk kan derfor alene, eller sammen med andre påvirkningsfaktorer innenfor et vassdrag, være tilstrekkelig til å høstbar andel av bestanden reduseres uakseptabelt mye. Dette har betydning for lokal verdiskaping. Samtidig er det velkjent at dette tapet kan reduseres hvis tiltak anbefalt i de ulike nasjonale retningslinjene iverksettes.

Selv om det internasjonalt er velkjent at tiltak er gjennomførbart, er det lite erfaring med nedvandringstiltak i Norge. Nasjonalt har fokus vært på oppvandring (DN, 2011; NVE, 2012) og på miljøbasert vannføring (Forseth & Harby, 2013). Det har hele tiden vært mer fokus på å få voksen fisk opp i vassdraget ut fra et høstingsperspektiv enn å få smolt og vinterstøing trygt tilbake til havet. Samtidig har holdningen vært at nedvandringstiltak er vanskelig å gjennomføre og at de er for kostbare. Internasjonale erfaringen tilsier at dette er feil og at det er mulig å gjennomføre tiltak også i Norge. Selv om kunnskapsnivået med hensyn til tiltak er stort internasjonalt, er det både ønskelig og nødvendig med oppfølgingsstudier for å evaluere effekten av igangsatte tiltak nasjonalt. Først når slik dokumentasjon foreligger er det mulig å optimalisere tiltaket. En optimalisering kan bety forbedret biologisk mål til redusert kostnad for regulant. Dette vil innebære en adaptiv forvaltning.

Det er utført forsøk med nedvandringstiltak ved kraftverk i Storelva i Holt, Tovdalselva og Kvina (Kristensen mfl., 2011; Kroglund mfl., 2011b; Lamberg mfl., 2012). Erfaringene fra disse forsøkene tilsier at det er mulig å lede 60-100 % av smolten og all støing utenom kraftverket hvis tiltaket (sideløpet) tilføres minst ca. 4 % av turbinvannføringen (Larinier & Marmulla, 2004; Porcher & Travade, 2002; Travade, 2005; Travade & Larinier, 2006). Hvis sideløpet tilføres mindre vann, avtar andelen fisk som bruker den trygge utvandringsruten. Resultatene fra disse Sørlandselvene er i

samsvar med erfaringer gjort i blant annet Frankrike (Larinier & Travade, 2002). Andre nasjoner kan ha andre veiledende grenser, uten at årsaken til sprik i anbefalingene er avklart (Calles et al., 2013).

Målet med studiene i 2013 var blant annet å estimere hvor stor andel av smolten som benyttet isløpet som sikker fluktrute. Isløpet er riktig plassert i forhold til varegrinda, men samlet har tiltaket vesentlige mangler basert på internasjonale råd. Varegrinda er for bredspilet og vannhastigheten inn mot varegrinda er for høy. Varegrinda står på tvers av vannstrømmen. Det var derfor usikkert om isløpet ville fungere som et tiltak, og hvor mye vann sideløpet måtte tilføres for å oppnå et godt resultat. Forsøket utført i 2013 skulle kunne angi hvor stor andel av fisken som benyttet isløpet uten ytterligere tiltak.

Det var tre definerte mål i 2012 som repeteres i 2013:

1. Utprøve enkle tiltak for å lede smolt og vinterstøing utenom kraftverket
 - a. Hvor stor andel av smolten benytter isløpet?
2. Hvor mye smolt utvandrer forbi Rygene?
 - a. Er det samsvar mellom produksjon av smolt og antall som passerer ved Rygene?
3. Når utvandrer smolten?
 - a. Periode om våren
 - b. Tidspunkt på døgnet
 - c. Hva påvirker variasjon mellom døgn og over perioden?

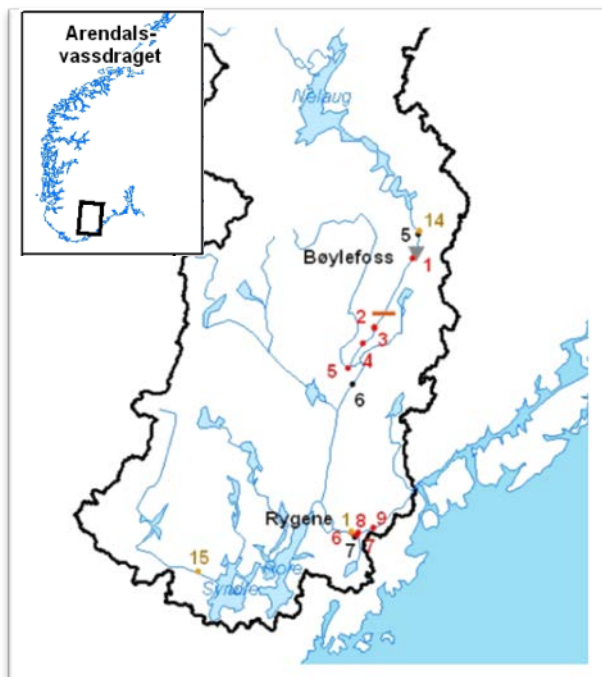
2. Områdebeskrivelse

2.1 Nidelva

Nedbørfeltet til Nidelva (REGINE nr. 019) er på 4025 km². Spesifikk avrenning er på 28,3 l/s/km² som gir en middelvannføringen på 115 m³/s. Lakseførende strekning er 36,4 km opp til Bøylefoss (**Figur 1**).

Det er to kraftverk i anadrom strekning, Rygene og Eivindstad. Det har vært kraftproduksjon ved Rygene siden 1871. Kraftverket ble sist opprustet i 1978. Kraftverk begrenser i utgangspunktet både opp- og nedvandring av fisk. Oppvandring forbi Rygene kraftverk har blitt løst med ulike trappeløsninger siden tidlig 1900-tallet (Fløystad 2011; Matzow og Simonsen, 1992). Det er ikke etablert nedvandringstiltak.

Eivindstad kraftverk ble satt i drift i 1904 og ble sist oppgradert i 1984. Kraftverket er lokalisert 29,9 km oppstrøms elvemunningen, og har inntil nylig fungert som en vandringsbarriere for laksefisk (**Tabell 1**). Det er ikke etablert nedvandringstiltak.



Figur 1. Arendalsvassdraget med nedbørfelt og stedsangivelse av kalkdoserer, vandringshinder for laksefisk og stasjonsnett for overvåking av vannkjemi, bunndyr, fisk og planteplankton (kart fra tiltaksovervåkingen 2011).

Tabell 1. Avstander fra elvemunningen til ulike punkt oppstrøms.

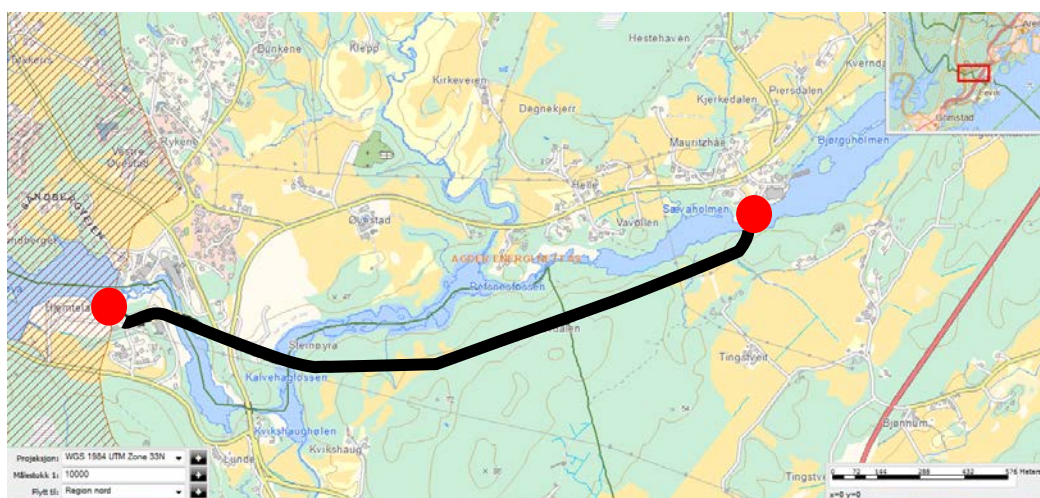
Start	Slutt	Km	Akkumulert avstand fra elvemunning
Odderkleivstrømmen	Tangen	3,2	0
Natvigstrømmen	Tangen	4,4	
Tangen	Helle (tunnelen)	4,6	7,8
Helle	Rykene	2,2	10,0
Rygene	Eivindstad	19,9	29,9
Eivindstad	Bøylefoss	6,5	36,4

2.2 Rygene kraftverk

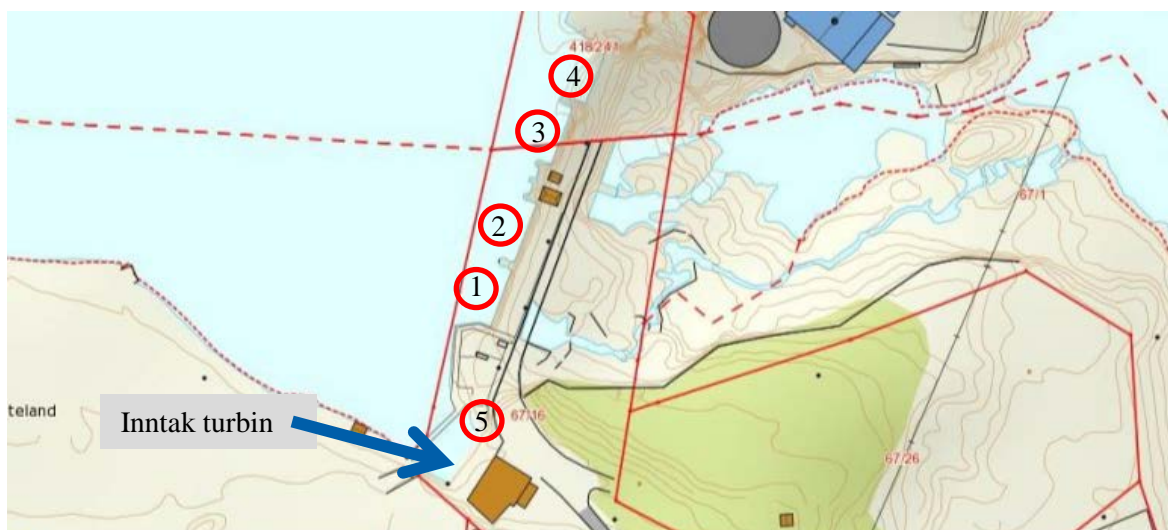
2.2.1 Tekniske data

Kraftverket utnytter et fall på 38 m. Inntaket til turbinløpet er ved Rygene, mens utløpet er ved Helle, 2,3 km lengre nede i vassdraget (**Figur 2**). Tunnelen har et tverrsnitt på 57 m² før turbinen og et tverrsnitt på 100 m² etter turbinen (Ingeniør Berdal A/S, 1979). Elvestrekningen mellom Rygene og Helle omtales her som minstevannføringsstrekningen.

Kraftverket har en slukeevne på 170 m³/s. Minstevannføringsstrekningen (MVF) mellom Rygene og Helle tilføres normalt 1 m³/s i tidsrommet 1. oktober til 30. april og 5 m³/s resten av året. Av dette slippes 1 m³/s gjennom et minikraftverk. Resten slippes ut fra segmentluke 3 inntil vannføringen blir så stor at flere luker må benyttes (**Figur 3**, **Figur 4**). Hvis vannføringen i elva overstiger kraftverkets slukeevne, vil det resterende vannet renne over damkronen og ut i MVF-strekningen.



Figur 2. Kart som viser Rygene kraftverk (venstre rød prikk), tunnelen (svart strek) og utløpet ved Helle (høyre røde prikk). Minstevannføringsstrekningen (MVF) er mellom de to røde prikkene. Kart fra NVE-Atlas.



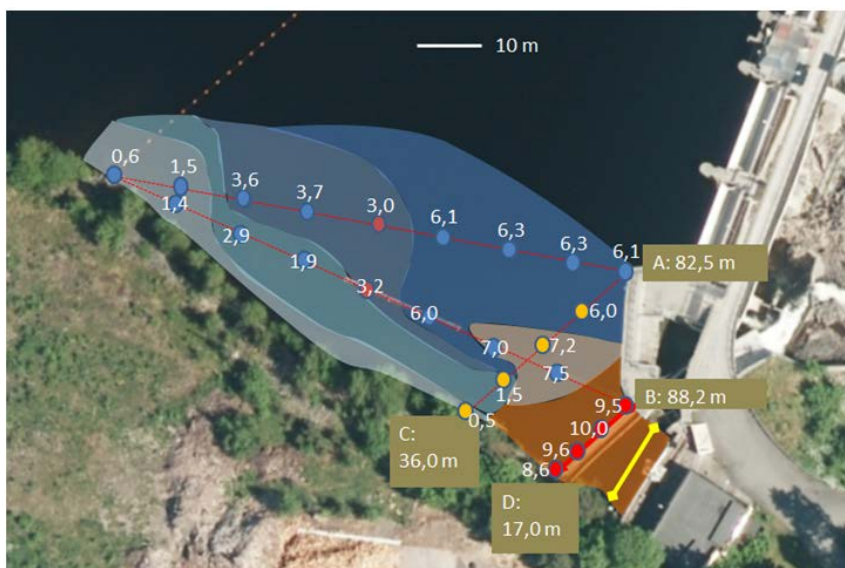
Figur 3. Kart som viser damområdet ved Rygene kraftverk. Inntak turbin samt segmentluke 1 til 3 og klappluke 4 er markert. Isluka er angitt som punkt 5. Laksetrappa fremgår som tynn blå "elva" nedstrøms kraftverket. Kart fra Kystverket.no.



Figur 4. Vannslipp ut segmentluke 3. Foto tatt 18. mai 2013.

2.2.2 Inntaksområdet

Inntaksområdet (>15 m fra varegrinda) har variabel dybde og hovedsakelig dybder innenfor intervallet 0,5 til 7m. De siste 15 m før varegrinda er dybdene mer homogen og i området 9,5 til 10 m. Vi har ikke målt dybder utenfor områdene fargelagt i figuren. Vi benytter 9,5 m som en snittverdi i videre beregninger. Bredden på inntaksområdet er 15,5 m målt ved varegrinda eller 17 m målt ved gangbru over inntaksområdet (**Figur 5**).

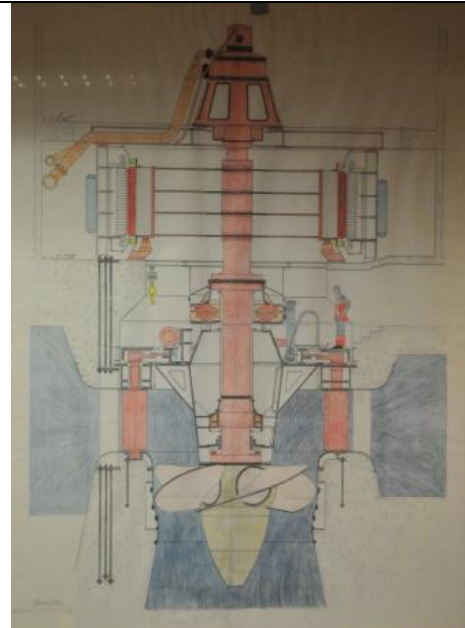


Figur 5. Vanndybder målt langs fire tverrsnitt plassert i inntaksområdet foran Rygene kraftverk. Vanndybdene er deretter illustrert med bruk av fargegradier.

2.2.3 Turbin

Det er installert en [Kaplanturbin](#) med effekt på 56,3 MW som gir en midlere årsproduksjon på 280 GWh (**Figur 6**). Kaplanturbinen har en slukeevne på $170 \text{ m}^3/\text{s}$ og en rotasjonshastighet på 167 rpm.

Turbinen har 5 turbinblader, med en ytterdiameter på 4,56 m og en navdiameter på 2 m. Dette er alle mål som inngår i en analyse av sannsynlighet for turbinblad treffskader på fisk i Nidelva.

		Enhet
	Slukeevne	170 m ³ /s
	Fallhøyde	38 m
	Lysåpning Varegrinda	80 mm
	Turbintype	Kaplan
	Antall blad	5
	Diameter	4,56 m
	Navdiameter	2,05 m
	Omdreining	167 rpm

Figur 6. Illustrasjon av Kaplan-turbin ved Rygene kraftverk og turbinkarakteristika.

2.3 Forventet størrelse på smoltutvandringen

For å kunne vurdere smoltfangst i forhold til en forventet produksjon var det ønskelig å etablere en antatt naturtilstand. Når en forventet naturtilstand for smoltproduksjon er definert, kan det vurderes om antall smolt som passerte Rygene er som forventet eller avviker fra forventet nivå. Et sprik mellom produksjons- og utvandringsestimat kan antyde at produksjonsestimatet er galt, eller at dødeligheten før og under utvandring har vært forskjellig fra et forventet nivå. Det mest nærliggende er å anta at antall utvandrende smolt vil være lavere enn forventet produksjon.

Antall nedvandrende smolt vil være en funksjon av antall gytende voksne og av overlevelse fra gyting til smolt (smoltproduksjon) og deretter overlevelsen under nedvandring. For å kunne gjøre en slik vurdering må man ha en idé om smoltalder, produksjonspotensialet (egnet habitat) og om det er nok gytefisk til å kunne nå dette gytebestandsmålet.

2.3.1 Smoltlengde og -alder

Smoltlengde har variert omkring 14 og 15 cm (årene 2005 til 2008) til omkring 12 cm (årene 2010 og 2011). Reduksjonen i vekst knyttes til økende tetthet som igjen var et resultat av habitatforbedringene. Redusert tilvekst kan også forklare at midlere smoltalder har vært økende (Gabrielsen et al., 2012). Det foreligger ikke smoltdata fra området Rygene til Eivindstad.

Aldersanalysene utført på smolt fra områdene nedenfor Rygene tilsier at de aller fleste laksene smoltfiserer og utvandrer som 2 år gammel smolt (Barlaup mfl., 2006). Basert på dette kan vi anta at smolt som utvandret i 2013 også var 2-åringer. Disse vil da stamme fra voksen fisk som innvandret i 2010, eller fra rogn utlagt som øyerogn i januar/februar 2011.

2.3.2 Produksjonsgrunnlag

Basert på Ugedal mfl (2001) og Gabrielsen mfl. (2012) anslås det at ca. 80 % av fisken i vassdraget blir produsert oppstrøms Rykene. Smoltproduksjon ovenfor Rygene kan estimeres ut fra ulike typer data. Vi har her benyttet; (1) gytebestandsmål, (2) antall laks sluppet forbi slusa ved Rygene, (3) estimerer basert på tilgjengelig habitat (Gabrielsen mfl., (2012), (4) ungfiskdata (DN 2013) og (5) data fra rognutlegging.

1. Beregnet fra gytebestandsmål (GBM). Gytebestandsmålet for Nidelva ble revidert i 2013. Det er nå på 1574 (852-2361) kg hunnfisk frem til Eivindstad (Anon. 2013). Dersom gytebestandsmålet krav oppfylles, kan man forvente en eggdeponering i vassdraget på 2.2 mill. egg (se årsrapporter fra Vitenskapsrådet for laks). Det er da lagt til grunn en eggtetthet på 1 egg/m² eller en tetthet som er halvparten av det som er benyttet til GBM fastsettelse i Tovdalsleva, Otra, Mandalselva, Lygna og Kvina. Årsak til redusert eggtetthet i Nidelva knyttes til dårlige produksjonsforhold. Antas det en overlevelse fra egg til smolt på 3 %, skal det produseres 68 tusen smolt i elva (**Tabell 2**).

GBM inkludert områdene mellom Eivindstad og Bøylefoss er på 2014 kg. Inkluderes arealene ovenfor Eivindstad økes antall smolt med 19100. Samlet produksjon blir da på ca. 88000 smolt (**Tabell 2**). Dersom sjøoverlevelsen er på henholdsvis 3, 5 eller 7 % blir dette 2630, 4380 eller 6130 returnerende laks. Avhengig av snittvekta til laksen betyr dette et innsig i størrelsesorden 7 til 20 tonn.

Tabell 2. Gytebestandsmål for strekningene elvemunning til Eivindstad og fra Eivindstad til Bøylefoss i Rygene. I Tabellen er det oppgitt eggtetthet, areal, antall egg som må deponeres for å nå målet, totalvekt på hunnlaks som trengs for å nå målet samt et smoltestimat basert på 3 % egg til smoltoverlevelse.

Elv	GBM (egg/m ²)	Areal (m ³)	Antall egg for å møte GBM (1450egg/kg)	Totalvekt hunnlaks for å møte GBM (kg)	Nedre GBM	Øvre GBM	Smoltestimat fra egg
Til Eivindstad	1	2000200	2282200	1574	787	2361	68500
Ovenfor Eivindstad	1	559200	638000	440			19100
Sum	1	2559400	2920200	2014			87600

2. Beregnet fra oppvandring av gytefisk forbi Rygene. Basert på gytefisktellinger i laksetrappa ved Rygene har det oppvandret i størrelsesorden 600 til 800 gytelaks hvert år siden 2006 (**Figur 7**). Antas en snittvekt på 2,4 kg, 50:50 % kjønnsfordeling og 3 % overlevelse fra egg til smolt skal det kunne produseres i størrelsesorden 30 til 40 tusen smolt. I 2010 oppvandret 882 laks forbi Rygene. Dette gir grunnlag for en produksjon på 46 000 smolt. Vi har ikke korrigert for sportsfiskerfangst ovenfor Rygene og fisk transportert forbi Eivindstad dam. Dette vil redusere smoltestimatet noe, men ikke så vesentlig at beregningene blir feil.



Figur 7. Oppgang av laks og sjøørret basert på fangst i fiskeslusa på Rygene for årene 1990 til 2012. Data fra Tore Mo.

- Beregnet fra bonitering.** Smoltproduksjon er tidligere estimert på bakgrunn av bonitering av Simonsen mfl. (1995) og av Ugedal mfl. (2001). Disse antyder en produksjon på henholdsvis 32 og 8 tusen smolt. UniMiljø har utførte nye beregninger. De vurderer at det mest sannsynlige er et smoltproduksjonspotensiale i området 14 til 27 tusen smolt mellom Rygene til Eivindstad (Gabrielsen mfl., 2012).
- Beregnet fra ungfiskundersøkelsene.** Det ville vært mulig å estimere en smoltproduksjon ut fra ungfiskundersøkelsene hvis det var oppgitt informasjon om hvor representative de ulike overfiskeområdene er i forhold til samlet produksjonsareal. Ungfiskundersøkelsene gjennomføres nå kun hvert andre år. Data fra 2011 mangler. De siste tre årene med data antyder en tetthet av eldre lakseunger i størrelsesorden 2 til 5 smolt/100 m². Tettheten av 0+ var meget lav i 2010, men høye i 2012. Tettheten av eldre lakseunger var i 2012 innenfor nivåene som benyttes i bonitering/produksjonsestimater til UniMiljø (Gabrielsen mfl., 2012). Ungfiskundersøkelsene motsier ikke estimatene utført på bakgrunn av bonitering.
- Beregnet fra rognplanting ovenfor Eivindstad.** Hvis det nedvandrer 2-årig smolt, vil rogn utlagt som øyerogn i 2011 gi opphav til smolt i 2013. Rognutlegging seinvinteren 2011 kan ha bidratt med i overkant av 6000 smolt i 2013.

Samlet vurdering Det er store sprik mellom smoltproduksjonsestimatene (**Tabell 3**). Antall basert på Gabrielsen mfl. (2012) er sannsynligvis riktigst gitt dagens habitat, samtidig som dagens habitat kan være forringet i forhold til historiske gytemuligheter. Samlet burde det i 2013 kunne forvente en smoltnedvandring på mellom 14 og 27000 smolt. Antall som ankommer Rygene vil være lavere enn selve produksjonen som følge av faktorer som påvirker overlevelse innenfor elva, samt dødelighet under vandring. Slike vurderinger gjøres først i diskusjonen.

Tabell 3. Samlet smoltproduksjonsestimater for Nidelva

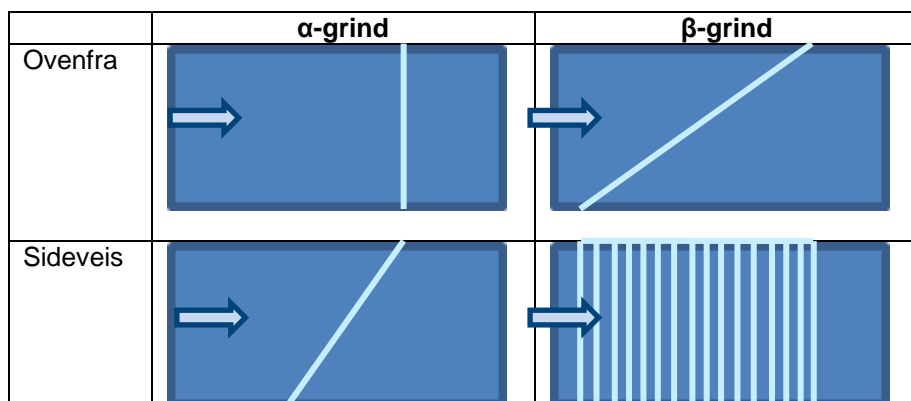
	Smoltproduksjon (tusen)
1. Gytebestandsmål	88
2. Voksen oppvandring	46
3a. Bonitering (Simonsen)	32
3b. Bonitering (Ugedal)	10
3c. Bonitering (Gabrielsen)	14-27
4. Yngeltetthet	14-27
5. Rognplanting	6

3. Metoder

3.1 Tiltaket

Tiltak for å lede fisk forbi kraftverk bygger på noen grunnleggende prinsipper (Calles et al., 2013; DWA, 2005; Larinier & Travade, 2002). Fisken må, uten å skades, hindres fra å komme inn i området assosiert med økende risiko for skade, f.eks. et turbininntak. Her er varegrinda avgjørende. Denne kan, men trenger ikke ha egenskaper som hindrer utvandring. Hvis spileavstanden er mindre enn fiskens bredde, vil fisken være fysisk hindret fra å passere. Hvis varegrinda har større lysåpning enn fiskens bredde, vil den fungere som en atferdssperre, inntil avstanden blir så stor at fisken i økende grad ignorerer varegrinda. Vannhastigheten inn mot varegrinda må heller ikke være så høy at fisken suges fast (se kap. 3.1.3). Kritisk vannhastighet er ikke bestemt for villsmolt av Atlantisk laks, men angis ofte til å være i området 20 til 50 cm/s (Larinier & Travade, 2002; Turnpenny mfl., 1998) og vil variere med fiskeart, størrelse og vanntemperatur (se kap. 3.1.3). Grensene over er strengere enn det som antydes for smolt i kulverter (Peake, 2008). Dette kan være unødvendig strenge grenser fordi fisk i inntaksområdet til et kraftverk vil ha større muligheter til å utnytte lokale variasjoner i vannhastigheter enn det fisk i en kulvert vil ha.

Varegrinda, sammen med de hydrauliske forholdene som etableres, har som formål at fisken oppkonsentreres i ett avgrenset område. Anadrom fisk vil samles i overflaten av vannsøylen og ofte på den ene siden av inntakskanalen hvis denne er vinklet. Ved å vinkle varegrinda genereres en vannstrømvektor ("sweep" eller "transport" velocity) som går på tvers av hovedvannstrømmen. Fisk vil da bevege seg langs varegrinda og mot sideløpet (Turnpenny et al., 1998). Hvis varegrinda skrå oppover defineres dette som en α -grind. Hvis den står på skrå i forhold til inntakskanalen, er det en β -grind (**Figur 10**). Varegrinda ved Rygene er en α -grind. Det er mulig å kombinere α - og β - i samme varegrind.



Figur 8. Forskjellene mellom α - og β -varegrinder. Vannstrømretning er indikert med pil. Varegrindene er illustrert med lyse streker.

Neste trinn er å lede fisken bort fra problemområdet. Fisken må enten tvinges eller tiltrekkes inn mot-, og deretter gjennom en struktur som leder den uhindret/uskadet forbi problemområdet. Dette vil ved Rygene være isløpet sammen med vandringsgruten videre ned til minstevannføringsløpet og hovedelva (se kap 3.1.1).

For at et nedvandringstiltak skal fungere optimalt, må alle del-elementene fungere. Hvis et av delelementene er mindre optimalt løst, vil andelen fisk som benytter tiltaket bli kraftig redusert. En "liten" feil ved tiltaket vil kunne medføre at det ikke gir forventet økologisk effekt (Coutant

&Whitney, 2000; Gosset &Travade, 1999; Larinier &Marmulla, 2004). Hvis et av deelementene er mangelfullt, kan dette delvis bøtes på ved å optimalisere de andre faktorene. Økt vannslipp ut isløpet vil her være en mulighet.

Tiltaket ved Rygene slik dette ble prøvd i 2013 vil ikke være optimalt i henhold til dagens internasjonale råd. Tiltaket besto i å benytte de eksisterende del-elementene og å få disse til å fungere så godt som mulig i forhold til smolt og vinterstøing. Selve tiltaket ved Rygene inkluderer varegrinda (hemmer utvandring), sideløpet (isluka), vannføring ut sideløpet og de hydrauliske forholdene omkring varegrinda (**Figur 10**). Vi har ikke utført egne hydrauliske målinger i inntaksbassenget for å validere de ulike beregningene.



Figur 9. Tiltaket benyttet ved Rygene innbefatter bruk av varegrinda (atferdssperre), og isløpet.

3.1.1 Isløpet (sideløpet)

Inngangen til isløpet sperres normalt av en klappluke (isluka). Isløpet er plassert vinkelrett på, men ca. 1 m foran varegrinda. Åpningen inn til isløpet er ca. 4 m bredt og ca. 1.6 m dypt når luka senkes maksimalt (**Figur 11**). Vannføringen skal da være i området 10 m³/s (AEV opplysning). Mengde vann ut isløpet vil avhenge av hvor mye isluka senkes. I tiltaksperioden ble isluka senket slik at vanddybden var ca. 60 cm. Fra isluka faller isløpet svakt inntil vannet faller over to høye trinn og ned i laksetrappa.

3.1.2 Varegrinda

Varegrinda er ca. 15,5 m lang og høyden er ca. 8,9 m. Den dekker dermed et areal på ca. 138m². Grinda står på en grunn såle og er dykket ca. 62 cm under vannoverflata. Grinda er bygd opp av 10 mm stålspiler. Disse synes å være svakt spydformet (undervannsfoto). Dette kan skyldes slitasje i kantene forårsaket av grindrenseren. Senter til senter avstand mellom spilene er på 90 mm. Avstanden mellom spilene (lysåpningen) er på 80 mm. Varegrinda har en α -vinkel målt til å være omkring 70°.

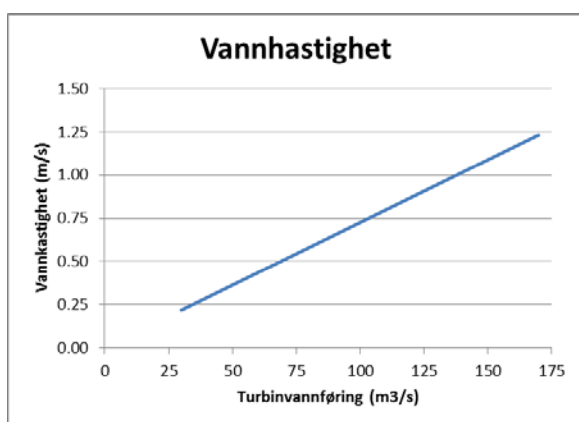


Figur 10. Isluka delvis senka 10. mai. 2011 for å slippe ut smolt. Varegrinda og inntaket til turbinen er til høyre i bildet.

3.1.3 Vannhastigheter mot og langs varegrinda

Vannhastigheten i inntakskanalen foran varegrinda vil variere med turbinvannføringen. Når kraftverket går for full produksjon ($170 \text{ m}^3/\text{s}$), vil en midlere vannhastighet foran varegrinda være på ca. $1,2 \text{ m/s}$ (**Figur 11**). Denne avtar til hastigheter under 50 cm/s når vannføringen blir lavere enn $70 \text{ m}^3/\text{s}$. I praksis vil det være en mer komplisert sammensetning av hastigheter i og omkring grinda knyttet til turbulens forårsaket av vegger og bunn i inntaksområdet, samt det at grinda er dykket. Mye driv som setter seg på varegrinda vil også påvirke vannhastighetene ved å redusere effektivt areal. Forenklet er det en lineær sammenheng mellom vannføring og vannhastighet (**Figur 11**). Hvis vannhastighetene blir for høye vil fisk kunne suges fast i varegrinda. Dette skjedde med minst en vinterstøing (**Figur 12**). Her sees avtrykk fra stavene i siden av fisken.

Vannhastigheten i inntaksområdet ca. 15-20 m ovenfor varegrinda er betydelig høyere enn det hastigheten er foran varegrinda. Dette skyldes variasjoner i vanddybde i inntaksområdet, samt hvor den dominerende vannstrøm går. Denne går langs damkrona. Vannhastigheten er ikke målt i dette området, men er synlig mye høyere enn foran varegrinda.



Figur 11. Sammenheng mellom turbinvannføring og vannhastighet foran varegrinda ved Rygene.



Figur 12. Vinterstøing som har tydelige trykkskader etter å ha vært sugd fast til varegrinda. Foto tatt 29. april.

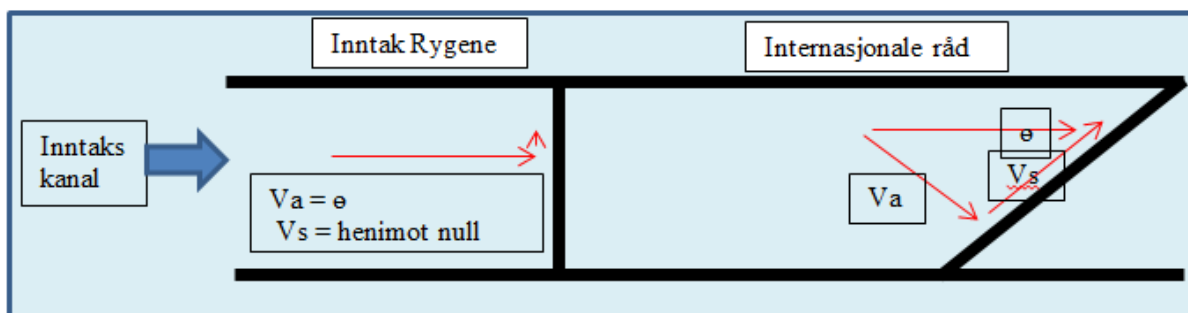
3.1.4 Svømmekapasitet smolt

Vannhastighet (V_h) foran varegrinda kan brytes opp i vektorer. Disse angis ofte som V_a (approach velocity) og V_s (sweep eller transport velocity) (**Figur 13**). " V_a " angir vannhastighet loddrett på varegrinda. " V_s " angir en hastighet til en vektor som går på tvers av varegrinda. Denne vil bidra til å føre fisken langs varegrinda og i retning av et sideløp (her: isløpet). V_s skal være minst $2x V_a$ for å tilfredsstille dagens internasjonale krav til fiskepassasjer for nedvandrende fisk. Denne transportkomponenten kan manipuleres ved å endre varegrindas vinkel på vannstrømmen.

V_a må være lavere enn fiskens svømmekapasitet. Svømmekapasitet kan deles i tre kategorier; vedvarende, langvarig og flukt (Beamish, 1978). Fisk kan opprettholde vedvarende hastighet i > 200 minutter, langvarig fra sekunder til 200 minutter og flukt i < 20 sekunder. En av de mer praktiske anvendelsene av slike målinger er i tilknytning til fiskevandringstiltak ved kraftverk (Jones mfl., 1974). Svømmekapasitet måles oftest med bruk av svømmerespirometer og angis da som U_{crit} (Brett, 1964). En innvending mot U_{crit} er at den underestimerer svømmekapasitet som følge av at fisken ikke får utnyttet alle sine energibesparende egenskaper (atferd) i et forsøkskammer. Fisk kan derfor tåle høyere vannhastigheter i inntaksområdet enn det forsøk antyder.

Det foreligger lite data på svømmekapasitet til vill laksesmolt foran en varegrind. De data som foreligger er etablert for smolt nedvandring i kulverter og fisketrapper (Peake, 2008). Svømmekapasitet for smolt angis her til en middelhastighet på $101,5 \text{ cm/s}$ (range: $41,6$ til $162,0 \text{ cm/s}$) for smolt som er $16,5 \text{ cm}$ (range: $12,0$ til $21,7 \text{ cm}$) ved midlere temperatur på $11,9 \text{ °C}$ (range: $5,0$ til $19,0 \text{ °C}$). En vannhastighet på 65 cm eller lavere klassifiseres som tilfredsstillende for nedvandrende fisk, uavhengig av størrelse. Maksimum kapasitet til smolt synes å være $200,0 \text{ cm/s}$. Akseptabel hastighet vil avta med avtagende temperatur. Selv om dette ikke er målt for atlantisk laks, oppfører alle andre fiskearter seg slik.

Det er etablert en α -varegrind som står vinkelrett på vannstrømmen ved Rygene. Svephastigheten (V_s) vil være "null" horisontalt og vil variere mellom $0,2$ og $0,4 \text{ m/s}$ vertikalt avhengig av turbinvannføring eller vannhastighet i inntakskanalen (**Tabell 4**).



Figur 13. Skisse over varegrinda ved Rygene (sett ovenfra) i forhold til vannstrømretning og hvordan dette anbefales løst internasjonalt. $V_a = V \sin \theta$ og $V_s = V \cos \theta$.

Tabell 4. Beregning av Vh (hastighet i inntakskanal), Va (ankomsthastighet) og Vs (svephastighet) foran varegrinda ved Rygene.

Vinkel	Retning	Vh m/s	Va m/s	Vs m/s
90	Horisontalt	1,1	1,10	0,00
90		0,5	0,5	0,00
70	Vertikalt	1,2	1,13	0,41
70		0,9	0,85	0,31
70		0,7	0,66	0,24

3.1.5 Vannføring inn mot turbin (turbinløp)

Vannføring inn mot Rygene kraftverk er hentet fra NVE basen Hydra, stasjon 19.127.0. For å få turbinvannføringen må man vite hvor mye vann som benyttes av kraftverket og hvor mye vann som går til minstevannføringsløpet. Fram til 1. mai skal det slippes minst 1 m³/s til minstevannføringsløpet og fra 1. mai til 1. oktober 5 m³/s. Når vannføringen overstiger 170 m³/s (+ det som går pålagt til minstevannføringsløpet) går overskuddsvannet i segmentluke 3. Vannføring Rygene total angir alt vann som tilføres oppstrøms kraftverket. Vi har deretter trukket fra vann som går lovpålagt til minstevannføringsløpet. Differansen blir da vann som kan gå turbinløpet. Når produksjonskapasiteten ved kraftverket er begrenset oppad til 170 m³/s, er turbinvannføringen trunkert ved 170 m³/s ettersom overskytende vann slippes ut segmentluke 3.

3.1.6 Ratio vannføring tiltaksløp og turbinløp

I undersøkelsene i Storelva (Kroglund mfl., 2012) kunne vi forklare variasjon i bruk av sideløpet med ratio mellom vannføring sideløp og turbinløp. Vannføring i sideløpet kan måles, men også estimeres. I Nidelva ble det målt. Når vannføring sideløpet og vannføring inn mot turbinløpet er kjent, kan ratio beregnes

$$Q_s/Q_t \quad (\text{vannføring sideløp/vannføring turbinløp}) \quad (1)$$

3.1.7 Vannføring i sideløpet (isløpet)

Vannføring i sideløpet ble målt med saltmetoden. Denne bygger på måling av vannets ledningsevne, som er lineær i forhold til saltkonsentrasjonen. En kjent mengde salt tilføres vannet i et område saltet blandes godt inn i vannet. Det er essensielt at blandingen blir homogen. Nedstrøms blandestrekningen utplasseres sensorer som måler ledningsevnen. Målingen igangsettes før saltet tilføres for å definere opprinnelig ledningsevne. Når saltbølgen når frem til sensorene stiger ledningsevnen. Idet saltbølgen passerer synker ledningsevnen igjen, og målingen avsluttes når ledningsevnen er nede på det opprinnelige nivået. På bakgrunn av endringene i ledningsevne over tid og en kjent mengde salt, kan vannføringen beregnes. Saltmåling er godt egnet i turbulente og bratte elver med grovt bunnmateriale. Saltmetoden er således godt egnet til måling av vannføring i sideløpet. Konduktivitet ble målt hvert 5 sekund med bruk av WTW 3310 konduktivitetmåler påkopleet en TetraCon 325 elektrode.

Salt ble sluppet fra gangbrua over sideløpet. Herifra ble saltet blandet først i to små fosser, deretter over en turbulent strekning (laksetrappa) på ca. 130 m.

3.1.8 Slagsansynlighet ved turbinpassering

Basert på turbintype, størrelse (diameter, navdiameter, antall blader) og rotasjonshastighet er det mulig å modellere tap av fisk under en turbinpassering. Dødelighet vil variere med turbinvannføring samt fiskens lengde. Det er benyttet en simuleringsmodell utviklet i Sverige til denne modelleringen. Modellen baserer seg på eldre kjente modeller og er blant annet validert i forhold til nyere Franske data (Leonardsson, 2012).

3.1.9 Hvilke arter skal tiltak bygges for?

Nidelva har flere fiskearter. Selv om fokus her er på nedvandring til laks, inkluderes data på alle nedvandrende arter som ble påvist i 2013. Hvilke arter tiltaket skal forholde seg til vil avhenge av forvaltningskrav. Slike krav er ikke definert i Norge, men angis internasjonalt til alle vandrende arter. Av migrerende arter vil man ha laks, ørret, ål, sørv, sik og gjedde. Vi har her kun evaluert tiltaket i forhold til laks og ørret. Tiltak bør også evalueres i forhold til ål. Prinsippene for ål vil være like som for laksefiskene, med det unntak at fluktåpningen helst bør være plassert mot bunnen av inntaksbassenget.

3.1.10 Hvor vandrer smolten ved Rygene?

Smolt følger hovedvannstrømmen ned vassdraget. Vi vet ikke hvor nedvandrende fisk vil bevege seg i inntaksbassenget mellom Krossen og Rygene dam. Fisk kan nedvandre langs østre bredd og nå damkrona lengst vekk fra varegrinda, vandre midt i elva og treffe damkrona mellom segmentluke 3 og varegrinda eller følge vannstrømmen hele veien inn mot varegrinda. Hvor fisken vandrer kan også variere med vannføringen i elva. Når vannføringen er lavere enn slukeevnen til kraftverket vil hovedstrømmen kun gå mot varegrinda. Når vannføringen øker forbi slukeevnen vil en økende andel av vannet gå mot segmentluke 3. Terskelbunn av segmentluka er på kote 33,60. Vannstanden målt ved dam er på kote 38,17. Vann slippes da ut ca. 4,6 m under overflata.

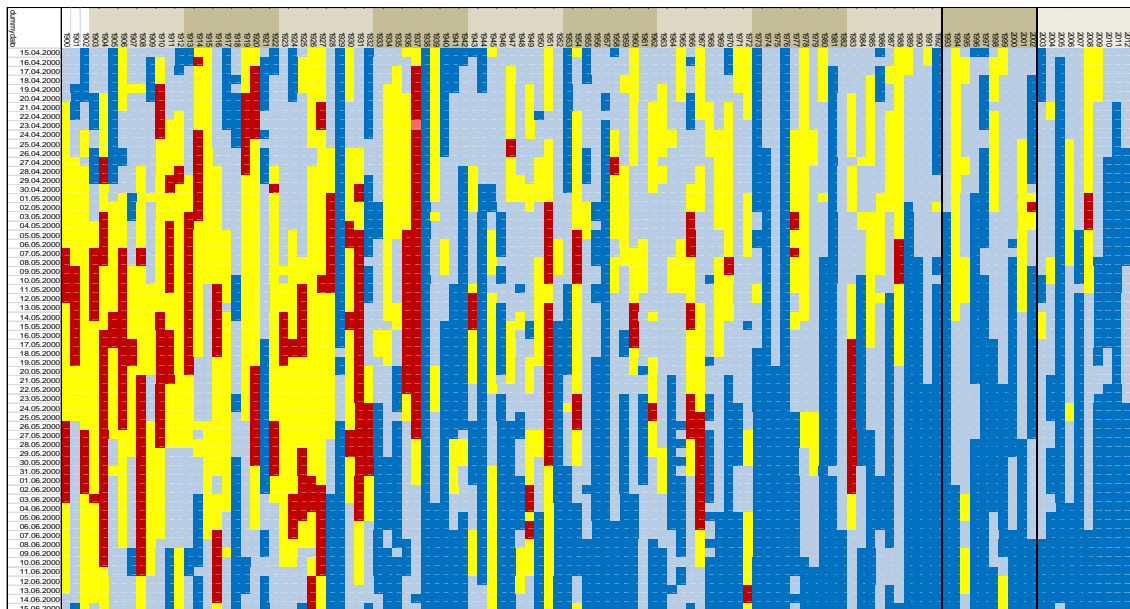
Vi tror ikke segmentluke 3 framstår som et attraktivt utløp. Vannstrømmene i området domineres av tydelige overflatevirvler og mye turbulens (**Figur 14**). Dette er forhold smolt ikke finner attraktive og hvor man heller opplever unnvikelsesatferd (Larinier & Travade, 2002). Vi antar derfor at smolt vil unngå dette området og søke alternativer. Dette vil innebære å bevege seg langs damkrona for deretter å ankomme varegrinda.



Figur 14. Bilde av turbulens ved segmentluke 3.

Hvis smolten ankommer damkrona langs østre bredd, kan det likevel tenkes at utvandring forbi segmentluke 3 oppleves som eneste alternativ, hvis turbulensen i området oppleves som en vandringsbarriere. Smolten kan da "tvinges" til å bevege seg mellom østre bredd og de turbulente strømmene. For at dette skal være en reel situasjon må vannføringen være betydelig høyere enn slukeevnen til kraftverket. Vi kan ikke angi noe nivå, men antyder at stor utvandring gjennom segmentluke 3 først vil oppstå når vannføringen nærmer seg eller har passerer 2x slukeevnen (=340

m^3/s). Det har sjelden vært så høye vannføringer om våren de siste 20 årene. Vannføring mellom 170 og $340 \text{ m}^3/\text{s}$ har forkommet i seks av de siste 20 årene, deriblant i 2013 (**Figur 15**). Høy vannføring om våren var mer vanlig tidligere enn det er nå. Vi går ikke her inn på noen forklaring, men endringene kan ha betydning for smoltutvandringen.



Figur 15. Vannføringer målt årene 1900 til 2013 (x-akse) ved Rygene for perioden 15. april til 15. juni (y-akse). Vannføringer $< 85 \text{ m}^3/\text{s}$ er fargelagt mørk blå, mellom 85 og $170 \text{ m}^3/\text{s}$ som lys blå, 170 til $240 \text{ m}^3/\text{s}$ som gul og $> 340 \text{ m}^3/\text{s}$ som rød. Slukeevnen til kraftverket er $170 \text{ m}^3/\text{s}$. Fargene representerer således $< 0,5$ slukeevne, $0,5-1$ slukeevne, $1-2$ slukeevner og > 2 slukeevner. Grupper å 10-år er markert med farge i første linje (årstallene).

3.2 Fangst av smolt

3.2.1 Wolf-felle ved Rygene

En Wolf-felle ble satt i drift 30. april og driftet til 6. juni 2013. Fella var klar for fangst da det fremdeles var isgang i elva. Basert på fangsttall er vi sikre på at fella kom ut i tide. Sideløpet var stengt fra 16. mai kveld til 18. mai morgen.

Fisk som benyttet sideløpet ble fanget med bruk av en Wolf-felle. En Wolf-felle er en vannavskiller. Selve fella var bygd opp av 2,5 m lange, 2,5 cm tykke og 0,5 cm brede aluminiumsspiler plassert med 1 cm mellomrom. Fella dekte hele isløpets bredde. Vannet ble skilt av raskt og fella kunne med fordel ha vært bygd noe kortere (jfr. **Figur 16** venstre). Vannet rant av under fella, mens fisken skled på felloverflata fram til en oppsamlingsrenne (4 m langt, 40 cm bredt og 20 cm høyt) og deretter i rør (200 mm) fram til et oppsamlingskar (ca. $1 \times 1 \times 3 \text{ m}$ stort). Det ble plassert inn egne vanntilførselsrør til transportrøret for å sikre vann til fisken i røret samt i fangstkarret. Wolf-fella og fangstkarret ble normalt røktet hver morgen og kveld.

Wolf-fella sto ca. 61,5 cm lavere enn vannstanden i inntaksbassenget. Toppen av Wolf-fella definerte hvor mye isluka kunne senkes. Hvis denne ble senka dypere enn toppen av Wolf-fella, ville vann og fisk ha gått under fella.

Under selve vårflommen måtte Wolf-fella etterses opptil 3 ganger daglig på grunn av mye driv. Fra ca. 17. mai kunne det gå inntil tre dager mellom hver rensing. For å renske fella måtte isluka stenges og

sikres. Deretter kunne man klatre ned til og gå på selve fella. Rensing av fella tok normalt mindre enn 15 min. Samlet vurdert fungerte Wolf-fella etter intensjonen. Den ble tilført ca. 5,5 m³/s (se resultat kap.). Dette nivået var relativt konstant hele perioden.

3.2.2 Oppsamlingskar for fisk nedstrøms Wolf fella

Fisk som utvandret isløpet ble samlet opp i et kar for telling (**Figur 17**). Oppsamlingskaret ble normalt røktet hver morgen og kveld. I perioder med mye krypsiv og gress kunne avløpet fra karet gå tett og vannet rant over toppen av karet. Ettersom tetting var et problem før selve fiskeutvandringen kom i gang, har ikke dette noen betydning for resultatet.

Karet fikk vann fra et 200 mm rør. For å få arbeidsforhold i selve karet under røkting måtte dette røret tas vekk fra karet. Denne løsningen fungerte, men var ikke tilfredsstillende. En bedre løsning kunne ha blitt etablert hvis det ble satt en vannavskiller mellom røret og karet. Vanntilførselen til karet ville da ha blitt mer kontrollert og driv kunne ha blitt tatt bort før karet.

Hvis tiltaket skal overvåkes også fremover bør støing og smolt skilles. Dette kan lett lages hvis man har to fangstkar.

3.2.3 Videre slipp av fisk

Fisk fanget i fangstkaret ble sluppet videre ut i laksetrappa med bruk av et rør. Denne løsningen var ikke optimal fordi røret var for kort. Det må etableres et lengre transportrør slik at fisk enten slippes i kulp like nedenfor isløpet, alternativt transporteres ned til selve minstevannføringsstrekningen. Dette siste vil være å foretrekke for å unngå skader på nedvandrende fisk i trappa.

3.2.4 Smolthjul ved Fuglefjell

Det var ønskelig også å kunne fange fisk nedstrøms Rygene. Hensikten med denne fangsten var todelt. Det primære målet var å beregne utvandring fra minstevannføringsløpet. Likeledes var det ønskelig å kunne benytte smolt fanget her som et alternativ til å PIT merke smolt som utvandret sideløpet. Hvis sideløpet ikke fungerte kunne fisk herifra settes ut ovenfor kraftverket for således kunne bekrefte at få fisk i sideløpet skyldtes at dette ikke var attraktivt og ikke at det faktisk var få fisk som utvandret forbi Rygene.

Fangst i MVF-strekningen ble gjennomført med bruk av smolthjul. Flere lokaliteter ble vurdert. Det ville ikke være mulig å drifte smolthjulet oppstrøms tunnelutslaget ved Helle. Her var strømbildet for rotete, turbulent og dannet en bakevje. Et motorisert smolthjul ville ha fungert her. Terskelen mellom Helle og Fuglefjell ble også vurdert. Her ville det ha vært mulig å plassere hjulet, men elvas bredde ville ha gjort det ønskelig med ledegarn. Ledegarn ville ikke uten videre ha fungert med de varslede flommene i 2013. Valget falt på Fuglefjell (**Figur 18**). Her var løpet trangt, det var en god og konsentrert vannstrøm og god fart i vannet. Lokaliteten syntes ideell. Eneste ulempe vi kunne observere var at elva var dyp.

Smolthjulet lot seg ikke utplassere tidlig i sesongen på grunn av flom i minstevannføringsløpet. Når forholdene var gode første gang omkring 16. mai ble det varslet ekstra stor tapping av vann fra Nelaug som flombegrensende tiltak. Smolthjulet ble derfor først satt i drift 21. mai og driftet til 6. juni.

Smolthjulet ble tømt en til to ganger daglig. Ettersom fangsten var lav, ble innsatsen etterhvert redusert. Hjulet fungerte driftsmessig hele perioden med unntak av at det ene tauet som holdt hjulet inn i strømmen ble slitt av ved to anledninger. Her vil vi ha mistet fra et halvt til ett døgn fangst. Det var svært lite driv inn i fangstkammeret. Dette er overraskende, gitt mengden driv som passerte Rygene.



Flere bilder neste side

Figur 16. Øverst venstre. Isluken er lukket. Wolf-fella henger fra kjettinger i isløpet. Oppsamlingsrenne er montert nederst på fella. Herfra ledes fisken til fangstkar. **Øverst høyre.** Selve Wolf-fella med spilene. **Nederst venstre.** Wolf-fella slik den står når isluken er lukket. **Nederst midten.** Slik fella her står ville det snarest bli behov for å rense vekk trepinner mm. Når disse begynte å samle seg ble det raskt flere. Tilslutt kunne fella gå nær tett. **Nederst høyre.** Isløpet med felle sett nedenfra.



Figur 17. Oppsamlingskaret. Her ble all utvandrende fisk som benyttet sideløpet fanget. Fisken ble artsbestemt og lengdemålt (all fisk) og PIT merket (smolt).



Figur 18. Smolthjul lokalitet ved Fuglefjell. Det nederste bildet viser hølen oppstrøms smolthjulet.

3.3 Merkeprogram

3.3.1 Merkemethode og utsettingslokaliteter

Det ble kun merket fisk fanget ut sideløpet. Etter merking ble fisken satt ut oppstrøms Rygene.

Formålet med merkingen var:

1. Hvilken utvandringsrute benytter fisken
2. Smoltestimat
3. Hva er sjøoverlevelse til fisk som har utvandret henholdsvis turbinløp og sideløp

Ideelt sett ville det ha vært mest robust å fanget og merket før de ankom kraftverket første gang sammenliknet med merking av fisk som allerede har vandret ut sideløpet. Fangst av smolt oppstrøms Rygene var ikke gjennomførbart i 2013 på grunn av økonomiske begrensinger. Det ble i Storelva gjennomført et forsøk hvor smolt som allerede hadde utvandret en gang (enten turbinløp eller sideløp) måtte gjennomføre samme valg en gang til. Det var tendenser i resultatet på at samme fisk prefererte samme utvandringsrute også andre gang. Samtidig var ikke preferansen for det ene eller andre løpet så kraftig at det hadde noen bestemmende effekt på sluttresultatet (Nerland 2013). Valg av fangstlokalitet vil ikke ha noen avgjørende betydning for resultatet.

Laksesmolt ble merket med passive integrerte transpondere (PIT) merker (Oregon RFID/Biomark, 23mm lengde, 3,85mm diameter). Et PIT-merke benytter seg av radiofrekvent identifikasjon, der hvert merke har en 64 bit unik kode som er ISO 11784/11785 sertifisert. Før merking ble fisken bedøvd i MS222. Dosen varierte omkring 0,5 g/l vann. Den måtte økes noe når vanntemperaturen økte utover våren. PIT-merkene ble satt inn i buken på smolten. Selve operasjonen består av at det lages et lite snitt på snaut 4 mm ovenfor bukfinnene. Merket føres så inn og såret lukkes. Fisken ble holdt til restituering i 6 til 12 timer før utsetting. Fisk merket om morgenen (kl. 9-12) ble normalt satt ut samme kveld (kl. 20-21). Fisk merket om ettermiddagen ble satt ut påfølgende morgen.

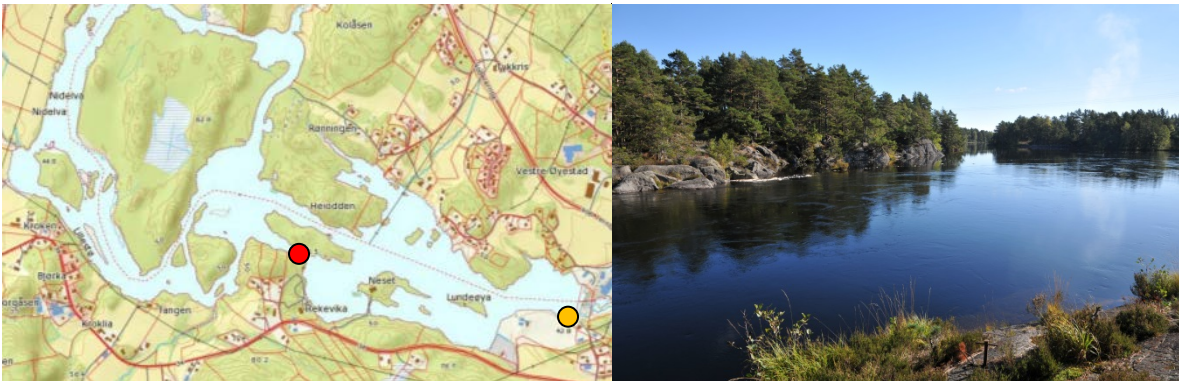
Fisken ble sluppet på tre ulike steder. Disse var ved damkrona (DAM), ved lensa (vestre side) og ved Krossen. Disse lokalitetene er henholdsvis 32, 100 og ca. 1000 m oppstrøms varegrinda (**Figur 20**, **Figur 21**).

Det ble satt ut PIT-merket smolt oppstrøms kraftverket syv ganger i løpet av utvandringsperioden. På grunn av lite smolt var det ikke mulig å sette ut smolt på alle fire planlagte lokaliteter samme dag.

Vi hadde ingen tidligere erfaring med hvor fisk som ble satt ut på de ulike lokalitetene ville vandre. Utsettingene i 2013 representerte således en pilot. Det ble forventet at smolt sluppet langs damkrona ville bli ført rett til isløpet med vannstrømmen, mens fisk satt ut langs vestre bredd ville ankomme varegrinda lengst vekk fra isluka. Vi kunne dermed risikere at gjenfangst var bestemt av utsettingslokalitet og at vi fanget mer fisk satt ut ved DAM enn vestre bredd. Smolt satt ut ved Krossen var forventet å reflektere en mer "normal atferd", ettersom denne fisken hadde en lang vandringsrute og ville ankomme varegrinda med vannstrømmen. Samtidig var det uklart om gjeddepredasjon ville påvirke «Krossen»-gruppa.



Figur 19. Utsettingslokalitet ved Rygene. Fra rød prikk er det ca. 100 m til varegrinda, mens det er ca. 32 m fra oransje prikk. Varegrinda er antydnet med rød strek og isluka med blå prikk. Det avlange streket i inntaksområdet er PIT antenna før denne fikk sin endelige plass (foto fra Norge i bilder).



Figur 20. Utsettingslokalitet ved Krossen, ca. 1 km oppstrøms Rygene kraftverk. Fisken ble satt ut i et område med relativt sterk og veldefinert strøm. Kraftverket er antydnet med oransje prikk.

3.3.2 Gjenfangstlokaliteter; PIT antenner

Ved å kjenne antall smolt som innvandret inn mot inntaksområdet og antall som benyttet isløpet ville det ha vært mulig å beregne antall som benyttet turbinløpet. Det ble etablert to PIT-antenner oppstrøms inntaksområdet til turbinen (**Figur 21**).

En PIT-antenne er en mangetrådet kobbertråd som går i en loop. For å fungere optimalt bør formen på antennetråden holdes stabil i vannmassen. Dette krever forankring i begge ender og en form for ramme. Antennen er svært følsom for metall så det må brukes andre materialer. Vi testet en treramme i 2012, men falt ned på en glassfiberramme i 2013. Det viste seg vanskelig å drifte en PIT antenne i hovedstrømmen til inntaket på grunn av svært høy vannhastighet. Vi etablerte i 2013 to 10m lang antenner. Den ene av disse ble knust når den ble fløtet inn i den sterke vannstrømmen, eller over området som var dypest. Den andre antenne fungerte hele perioden. Dette ville gi oss svar på hvor mye smolt som benyttet den vestre siden av løpet, eller det området som var grunnest.



Figur 21. Lokalisering av den PIT-antennene ved Rygene i 2013. Mens den ene skulle forbli stående der de er avbildet, skulle den andre fløtes til å stå på linje mellom antenne 1 og damkrona. Denne ble tatt av vannstrømmen og knust.

3.3.3 Gjenfangstlokaliteter; Wolf-fella og smolthjulet

All fisk som utvandret og som ble gjenfanget i Wolf-fella ble undersøkt for PIT-merker. En gjenfanget PIT-merket smolt ble undersøkt for merkeskader. Klokkeslett og PIT-nummer ble notert. Nær halvparten av laksestøingene ble undersøkt for PIT-merker, for å undersøke om støying predatorer merket smolt. Hvis det her hadde blitt påvist PIT, må dette skyldes predasjon. Ingen laksestøying hadde PIT-merker i magen. All smolt fanget i smolthjulet ble avlest som over.

Smolt talt opp fra fangstkaret om morgenen (mellom 08 og ca. 10) tilordnes nattevandrere. Smolt fanget i løpet av dagen og frem til tømning av karet på kvelden (mellom 18 og ca. 21) benevnes dagvandrere. Metoden er ikke sikker, men gir en antydning av fordeling mellom dag- og nattevandrende fisk

3.3.4 Fangsteffektivitet til Wolf-felle

Det er svært lite sannsynlig at en smolt som vandrer ut isluka vil unnsnippe Wolf-fella. Vi antar derfor 100 % fangsteffektivitet.

3.3.5 Bruk av sideløpet

Effektivitet av isløpet ble beregnet ut fra gjenfangst av PIT-merket smolt. Vi antar ingen vesentlig forskjell i effektivitet mellom merket og umerket fisk slik at gjenfangst- % angir andelen som brukte sideløpet framfor turbinløpet. Det kan være en endring i effektivitet over tid, hvor effektivitet kan variere med størrelse på fisken, vannføring og temperatur. Effektivitet gjelder derfor for fisk og de fysiske forholdene som rådet i 2013. Fra disse dataene kan andre situasjoner sannsynliggjøres. Dødelighet etter utsetting vil medføre at gjenfangst- % underestimeres, denne er erfaringsmessig lav og videre redusert ved å holde merket fisk i kar i 12 timer før utsetting.

Hvis usikkerhetene ovenfor aksepteres, kan bestandsstørrelse beregnes ut fra effektivitet til sideløpet, men også ut fra merke-gjenfangst.

3.3.6 Bestands estimat

Når fangsteffektivitet (bruk av sideløpet) er kjent er det mulig å beregne antall smolt som passerte Rygene. Fangsteffektivitet når fisk først hadde innvandret isløpet var på 100 %. Brukssannsynlighet (andel av fisken som benyttet sideløpet) kan beregnes som gjenfangst i forhold til antall satt ut

(gjenfangst- %). Når gjenfangst- % er rimelig uforandret over tid, kan den benyttes direkte til å beregne utvandrende populasjon.

Ut fra merke-gjenfangst er det også mulig å beregne størrelse på den utvandrende bestanden med et Peterson estimat. Dette kan gjøres for bestanden ovenfor Rygene samt for bestand mellom Rygene og Fuglefjell. Ricker (1975) har diskutert de grunnleggende elementene i merke gjenfangstestimer. Bruk av merke gjenfangst til å angi effektivitet og bestandsstørrelse har noen forutsetninger. Disse er omtalt fylldig i Ugedal mfl. (2013).

Hvis gjenfangst gjøres spredt over tid, vil det være usikkert hvilke dager utvandring skal beregnes i forhold til. Tid fra utsetting til gjenfangst blir da en viktig faktor. Nær all smolt ble gjenfanget første døgn etter utsetting. Første døgns fangst av umerket smolt etter utsetting benyttes derfor her for å angi total fangst på tidspunkt 2.

I et Peterson estimat kan summert fangst og gjenfangst i Wolf fella over hele perioden benyttes i estimatet, eller bestandsstørrelse beregnes for hver av utsetningsdatoene (Schwarz & Seber, 1999; Schwarz & Taylor, 1998). Denne siste metoden vil ikke inkludere utvandring av smolt de dagene det ikke er merket smolt i systemet. For å korrigere for dette ble summert utvandring første døgn etter utsetting relatert til estimert utvandring de dagene dette var mulig. Utvandring ble kun aggregert over tidsperioder på ett døgn fordi 88 % (range 73 til 100 %) av fiskene brukte under ett døgn fra utsetting til gjenfangst (se resultat).

Hvis vi antar at fangstsannsynligheten er konstant gjennom hele perioden, kan smoltproduksjonen ovenfor Rygene estimeres med Petersens metode

$$N = \frac{(M+1)(C+1)}{R+1} \quad (1)$$

$$\text{Variansen til } N = \frac{(M+1)^2(C+1)(C-R)}{(C+1)^2(R+2)} \quad (2)$$

$$\text{Standard error} = \sqrt{\text{Variance til } N} \quad (3)$$

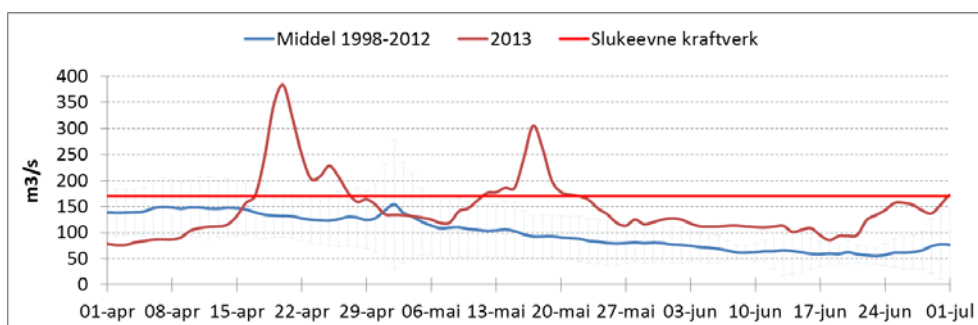
C= total fangst av fisk ved andre fangsttidspunkt
M=antall fiske fanget, merket og sluppet på tidspunkt én
N=bestandsestimert
R=antall gjenfangster i andre fangsttidspunkt
t=Student t for C-1 frihetsgrader

4. Resultat

4.1.1 Fysiske forhold

4.1.2 Vannføring Rygene total

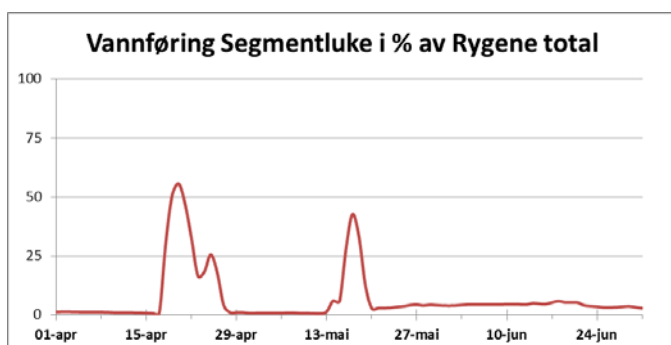
Vannføringen i Nidelva var høy og høyere enn normalt våren 2013. Vannføringen var høyere enn slukeevnen til kraftverket i periodene 17. til 27. april og 12. til 21. mai. Middelvannføring i perioden mellom de to flomtoppene (18.-27. april og 14.-19. mai) i 2013 og fra og med 22. mai 2013 var omkring 130 m³/s (**Figur 22**).



Figur 22. Vannføring ved Rygene våren 2013. I figuren er slukeevnen til kraftverket angitt som rød horisontal strek. Daglige middelvannføringer (± 1 SD) målt for perioden 1998 til 2012 er angitt som blå strek.

4.1.3 Segmentluke

Det var høy vannføring ut segmentluke 3 i periodene 18.-27. april og 14.-19. mai. Resten av perioden gikk det kun vann for å dekke minstevannføringskravet ut segmentluka og i minikraftverket. Stort vannslipp ut segmentluke 3 kan påvirke fiskens bruk av isløpet ved å påvirke den dominerende vannføringsstrømmen. Fra mai dominerte vannføringen ut segmentluka dagene 16.-18. mai. Resten av perioden dominerte turbinløpet.



Figur 23. Prosentandel av vannføringen målt ved Rygene som gikk ut segmentluke 3 (+miniaggregatet). Vannføring her er beregnet ut fra vannføring angitt som "Rygene total" fratrukket 170 m³/s (slukeevnen til turbinen) og 5 m³/s (vann brukt sideløpet).

4.1.4 Vannføring sideløp(Qs)/turbinløp(Qt)

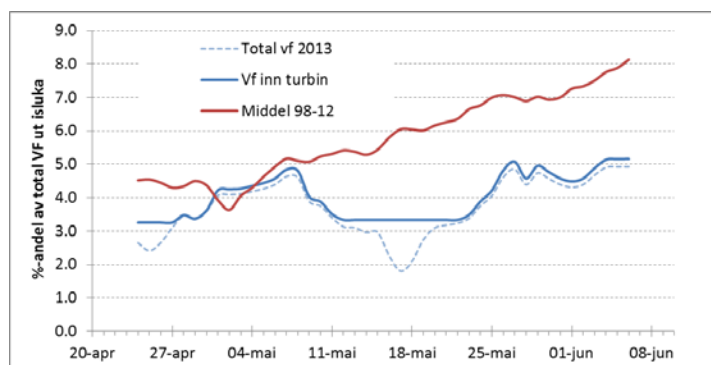
Sideløpet ble tilført ca. 5,8 m³/s. Det vil ha vært noe mer variasjon enn det vi har dokumentert. Noe variasjon vil skyldes at når isluka ble senket, ble ikke denne senket nøyaktig like mye hver gang. Forskjeller i vannhøyde vil innvirke på vannslipp ut isløpet. I tillegg til vann som ble sluppet isløpet, ble også noe vann ført til fangstkaret for fisk. Vannvolum hit var 3. juni på ca. 0,4 m³/s. Samlet ble sideløpet da tilført ca. 5,5 m³/s (**Tabell 5**).

Tabell 5. Vannføring målt i isløpet samt til fiskekaret og i innhoppsslusa øverst i laksetrappa.

	Enhet	20 mai 2013	03.jun.13	03.jun.13 lakseluse
Mengde salt	kilo	5	15	4
Vannføring	m ³ /s	5,1±0,2	5,1±0,7	1,5±0,3
Fiskekar	m ³ /s		0,4	

Sideløpet ble tilført ca 3,4±0,2 % av turbinvannføringen i perioden 24. til 30. april og fra 10. til 24. mai (**Figur 23**). I perioden mellom og fra 24. mai ble sideløpet tilført ca 4,6±0,3 % av turbinvannføringen. Sideløpet ble tilført nær konstant 5,5 m³/s, mens turbinvannføringen varierte gjennom perioden. Variasjon i turbinvannføringen gir dag til dag variasjon i Qs/Qt.

Forholdet mellom Qs/Qt avvek våren 2013 fra det som har vært mer normalt forekommende basert på vannføringer for perioden 1998 til 2012 (**Figur 23**). Under mer "normale" forhold vil en vannføring på 5,5 m³/s ut isløpet ha gitt en Qs/Qt på 4 til 7 %.



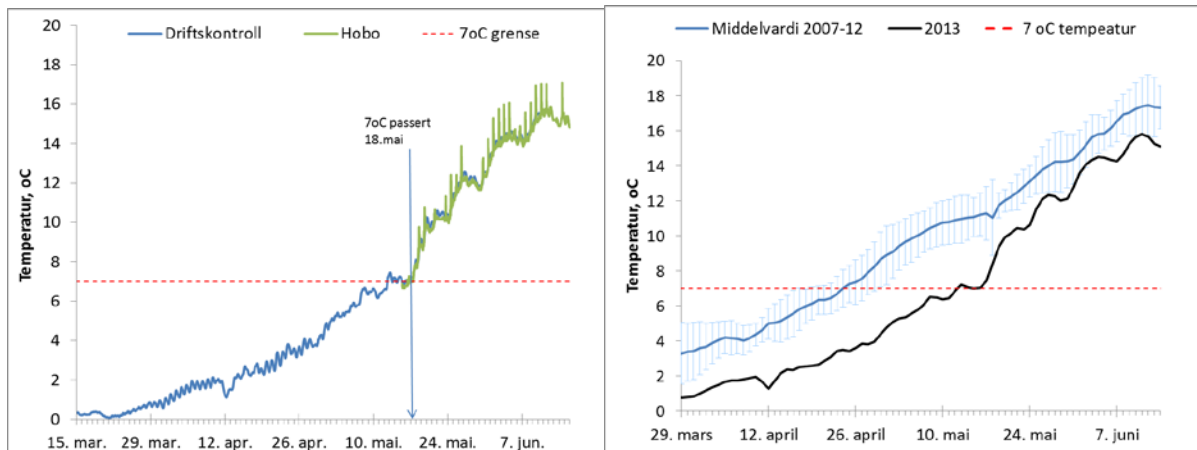
Figur 24. Forholdet mellom vannføring i isløpet (Qs) og turbinløpet (Qt) målt i 2013 (blå strek). Dersom man ikke trunkerer ved 170 m³/s (slukeevnen) vil stiplet blå linje antyde variasjonen. Tilsvarende beregning av basert på 5,5 m³/s i isløpet og middelvannføring for årene 1998 til 2012 er vist som rød strek.

4.1.5 Temperatur

Temperatur ble målt to steder i elva i 2013. Driftskontrollen for kalkdoseringsanlegget i Nidelva har kontinuerlig logging (REF). I tillegg la vi ut en logger på 0,2 m dyp ovenfor kraftverket (HOBO) (**Figur 24a**). Det var ingen forskjell i temperaturutvikling mellom driftskontrolldataene og HOBO, men HOBOen påviste større døgnvariasjon. Denne forskjellen skyldes mest sannsynlig at HOBO målte svært nær overflata og var derfor påvirket av solinnstråling. Driftskontrollen måler vanntemperaturen ca. 3 m under vannoverflata. Smolt som utvandrer nær overflata vil midt på dagen

oppleve noe høyere temperatur enn det driftskontrollen har logget. Forskjellen mellom de to målingene var små fram til ca. 23. mai og omkring 2°C i starten av juni.

Det foreligger temperaturdata fra 2007 ved Rygene (**Figur 24b**). Temperaturene målt i april og mai var betydelig lavere i 2013 enn det som er målt de forutgående årene. Hvis 7 °C benyttes som en temperaturgrense som har betydning for start av smoltvandring ble denne passert omkring 18. mai i 2013, mens tilsvarende grense ble passert 24. april ±6 dager de andre årene. Syv graders grensen ble passert tidlig i 2007 og 2011.



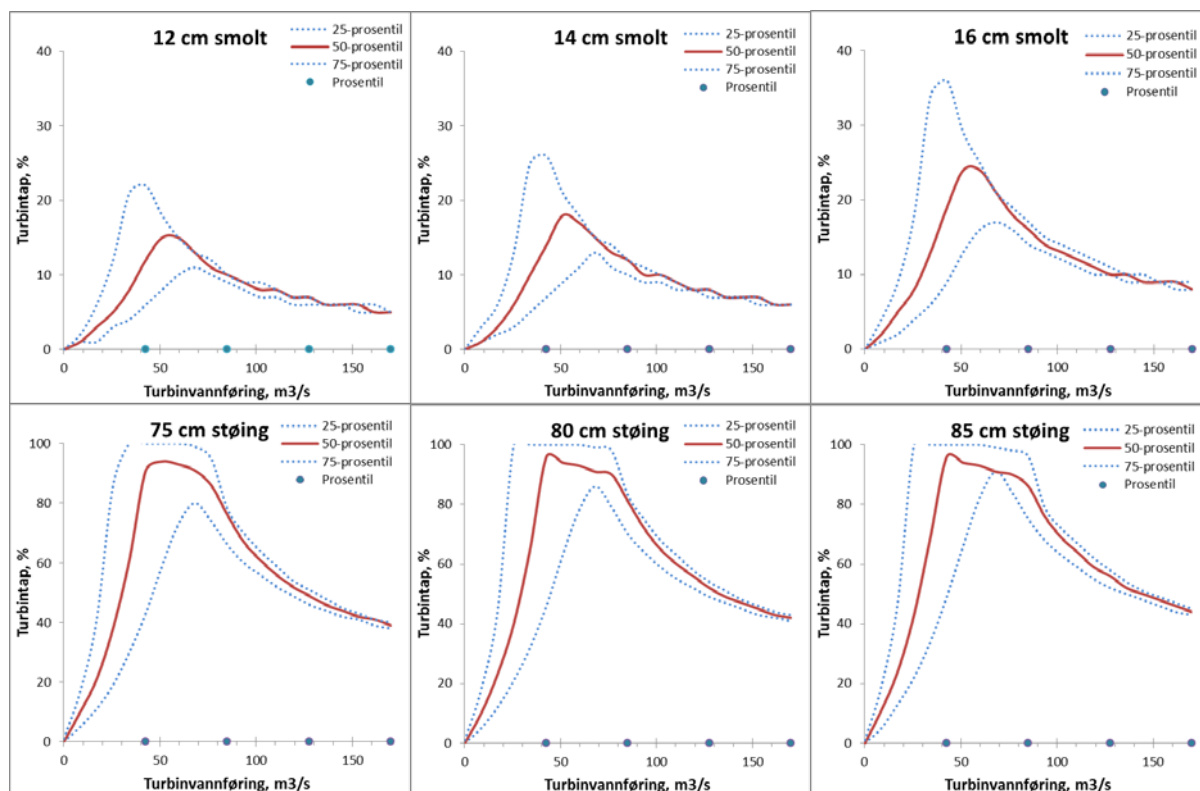
Figur 25. a) Temperaturutvikling våren 2013 (HOB0 og driftskontroll) og b) for årene 2007 til 2012.

5. Resultat, fisk

5.1 Forventet tap av smolt uten tiltak

Basert på turbintype, størrelse (diameter, navdiameter, antall blader) og rotasjonshastighet er det mulig å modellere nivået på tap av fisk ved en turbinpassering. Mens turbin karakteristika vil være konstant, vil dødelighet variere med turbinvannføring samt fiskens lengde (**Figur 27**). Når fiskens lengde økes fra 12 til 16 cm, øker maksimalnivået for median tapssannsynlighet fra ca. 15 til 25 % (**Figur 27**). Maksimalnivået for median tap av vinterstøing vil være i underkant av 100 %. Medianverdien for tap avtar hvis turbinvannføringen er høyere eller lavere enn ca. 1/3 av slukeevnen, uavhengig av fiskelengde.

Samlet kan man anta at et sted mellom 10 og 30 % av smolten som passerer via turbinløpet vil dø, hvor det vil være år til år forskjeller knyttet til vannføring i elva. Tilsvarende vil > 50 % av vinterstøingen som passerer dø. Vinterstøing > 80 cm vil ikke passere kraftverket og vil også etter hvert dø.



Figur 26. Analyse av tap av nedvandrende fisk forbi Rygene kraftverk. Tapet er beregnet ut fra turbin karakteristika, fiskestørrelsene 12, 14 og 16 cm (smolt) og 75, 80 og 85 cm vinterstøing. Dette er vanlig forekommende fiskelengder i Nidelva. Modellen angir dødelighet knyttet til turbinbladtreff. Andre forhold i og omkring turbinene og utløpet kan bidra til å øke dødeligheten (Leonardsson, 2012).

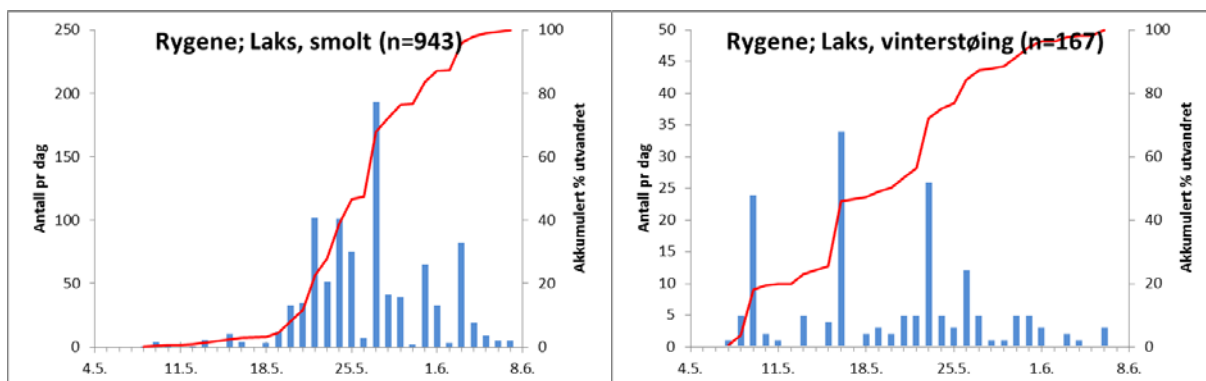
5.2 Fangst i Wolf-felle ved Rygene

Det ble fanget laks (n=1110) ørret (n=42), sik (n=9), abbor (n=11), gjedde (n=54) og sørv (n=297) i Wolf-fella på Rygene.

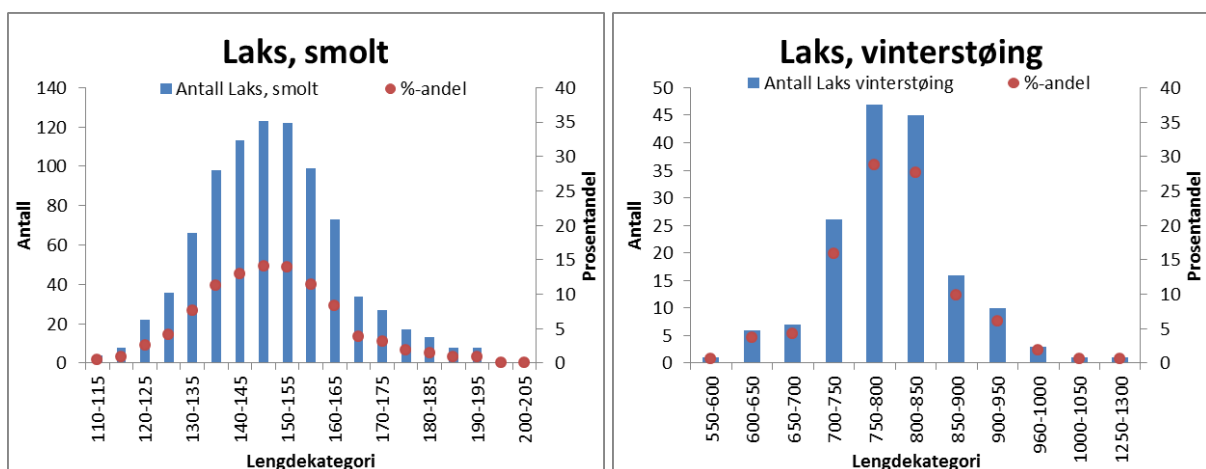
5.2.1 Laks

Det ble fanget til sammen 943 laksesmolt ut isløpet (**Figur 28a**). Av disse var 5 usikre smolt og kan ha vært parr. Den første smolten ble påvist 8. mai. En prosent utvandring ble passert 9. mai og 3 % nivået 15. mai. Hovedutvandringa (økning fra 10 til 90 prosentilen) foregikk innenfor 14 dagers perioden fra 20. mai til 2. juni. I underkant av 60 % av all smolt utvandret mellom 22. til 27. mai. Den lave fangsten 26. mai med påfølgende høy fangst 27. mai var reell, og skyldes ikke røkting av fella. Fangsten i Wolf-fella var lavere enn forventet basert på produksjonsestimatene. Lav fangst kan skyldes at det var lite smolt i elva, alternativt at få benyttet sideløpet. Dette vurderes senere i rapporten, under sannsynlighet for gjenfangst. Majoriteten (64 %) av smolten i fangsten var mellom 13,0 og 16,0 cm (**Figur 29a**). Av samlet fangst var 20 % > 16 cm, mens 16 % var < 13 cm.

Det utvandret til sammen 170 vinterstøinger av laks ut isløpet (**Figur 28b**). I underkant av 60 % av utvandringen skjedde over fire enkeltdager (9. 16. 23. og 26. mai). Det var ingen dager med null fangst før 2. juni (sideløpet var stengt fra 16. mai kveld til 18. mai morgen). Lengdegruppene 70 til 75, 75 til 80 og 80 til 85 cm dominerte blant vinterstøingene (**Figur 29b**).



Figur 27. Daglig utvandring og akkumulert prosentandel av total fangst for a) laksesmolt og b) vinterstøing ut isløpet ved Rygene.



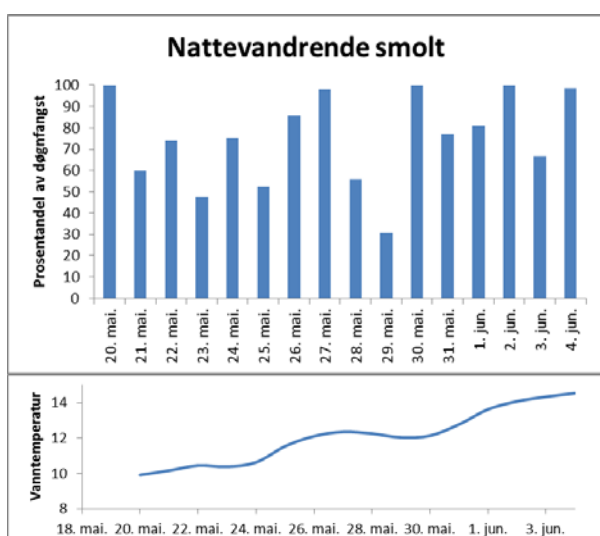
Figur 28. Lengdefordeling til a) smolt og b) vinterstøing som utvandret sideløpet ved Rygene.

5.2.2 Smoltalder

Alder ble bestemt ut fra otolitter på 33 laksesmolt fanget våren 2013. Av disse ble 31 bestemt til å være 2+, mens det var en 1+ og en 3+. Smolten som var 1+ var 126 mm lang, men den som var 3+ var 182 mm lang. Resten av materialet besto av smolt med som var 148 ± 13 mm og veide $30,4 \pm 8,7$ g. Lengdene varierte fra 125 til 172 mm mens vekt varierte fra 16,7 til 47,8 g.

5.2.3 Prosent utvandring fordelt på natt og dag

Beregnet for hele perioden utvandret 76 % om natta (**Figur 28**). En tilsvarende beregning ble gjort for vinterstøing. Her var i størrelsesorden 83 % nattevandrende. Det var ingen opplagt sammenheng mellom tidspunkt for vandring og temperatur. Dette kan dels skyldes at inndelingen i natt og dag blir for grov til å fange opp nyanser i utvandring.



Figur 29. Prosentandel av smolt tatt om morgenen i forhold til antall fanget morgen + kveld samme dag. Temperaturutviklingen er inkludert nedenfor.

5.2.4 Lengdefordeling hos vinterstøing i forhold til lengde ved oppvandring

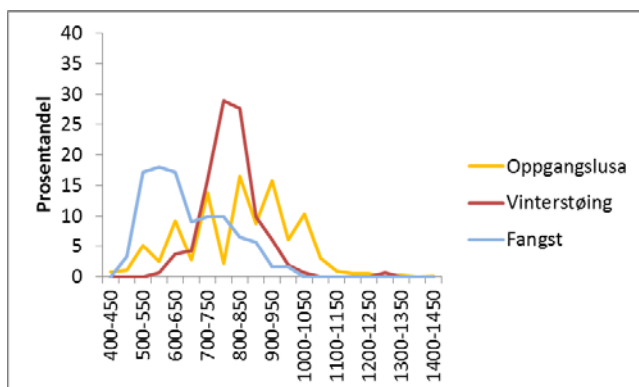
Det har lenge vært usikkert om lengdene til laks estimert i fangstslusa ved Rygene har vært riktig. Fisken observert her har vært lengre enn fisk fanget under sportsfisket i elva.

Lendefordelingen til vinterstøing som utvandret våren 2013 avvek fra lendefordelingen til laks fanget under sportsfisket i 2012 (**Figur 30**). Laks > 75 cm dominerte i nedvandringsmaterialet, mens sportsfiskematerialet var dominert av laks < 65 cm. Lakselengder estimert i oppgangsslusa i 2012 og lengde målt på nedvandrende vinterstøing var derimot mer lik. I nedvandringsmaterialet mangler imidlertid mye "små" og "stor" laks.

Det er ingen grunn til å anta at vi fanget all nedvandrende utgytt laks. Sideløpet ble åpnet flere ganger i løpet av senhøsten/vinteren for å slippe forbi utgytt fisk. Det kan også ha utvandret laks gjennom turbinløpet før isløpet ble åpnet 30. april. En laks som er < 80 cm vil kunne passere varegrinda, mens laks > 80 cm vil med økende lengde i økende grad være fysisk forhindret fra å passere varegrinda. Små laks kan derfor ha utvandret turbinløpet. I nedvandringsmaterialet mangler også mye stor laks. Disse vil ikke kunne ha passert varegrinda, så disse må ha utvandret på et tidspunkt sideløpet ikke ble overvåket, alternativt at de døde etter gyting eller ikke hadde utvandret når fangsten ble avsluttet.

Lengder på laks estimert i oppvandringslusa synes å være representative for oppvandrende bestand. Hvorfor sportsfiskerne får mest små laks er imidlertid uavklart.

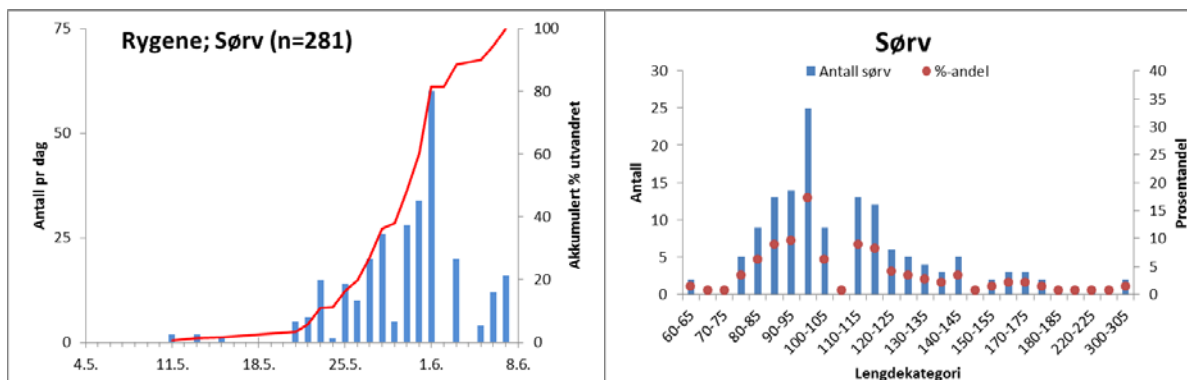
Basert på lengde-vekt relasjon til innvandrende fisk (vedlegg D; skjellanalyser) kan oppvandringsvekta til den nedvandrende fisken estimeres. Det antas da at fisken ikke endrer lengde gjennom vinteren. Vinterstøingene som benyttet sideløpet i 2013 representerte 680 kg oppvandrende laks. I tillegg kommer de vi ikke har påvist, som utvandret utenom den perioden vi overvåket utvandringen.



Figur 30. Lengdefordeling (%) til laks tatt i sportsfiskerfangstene (fangst) eller i oppgangsslusa i 2012, eller målt på nedvandrende vinterstøing våren 2013.

5.2.5 Andre arter

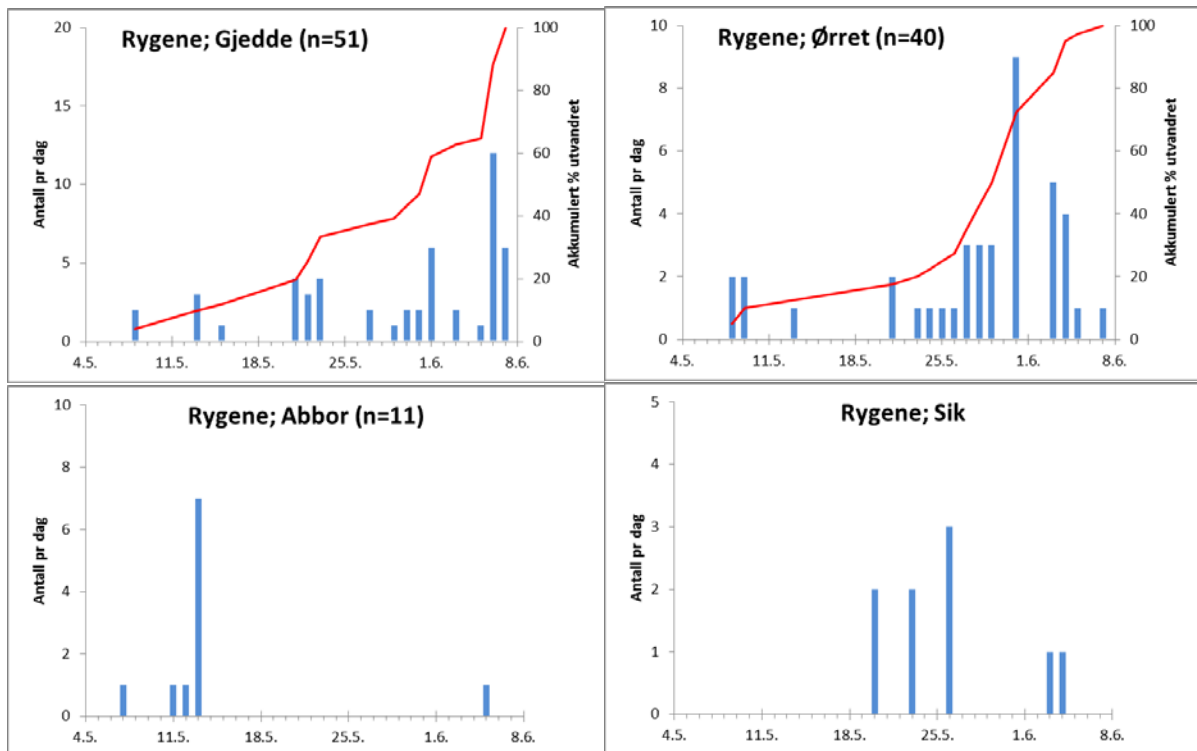
Utvandringen av sørv tiltok fra ca. 23. mai og hadde et utvandringsforløp som var relativt likt forløpet til smolt (**Figur 31**). Sørv mindre enn 10 cm dominerte i materialet (48 %). Ca. 11 % var > 15 cm. Det at mye små sørv utvandret isløpet var ikke forventet da disse har en størrelse og kroppsfasong som ikke begunstiger bruk av isløpet. Mens smolt er mer torpedoformet, er sørv mer flatklemt.



Figur 31. a) daglig utvandring og akkumulert prosentandel av sørv og b) lengdefordeling ut isløpet ved Rygene.

Det utvandret et beskjedent antall gjedder, ørret, abbor og sik (**Figur 32a**). De fleste gjeddene var < 12,5 cm. Til sammen 8 var mellom 20 og 32 cm, mens en var 56 og en 80 cm. Sistnevnte var en hunn tatt 27. mai med rogn i magen. Denne hadde spist til sammen 8 laksesmolt, sannsynligvis fanget og

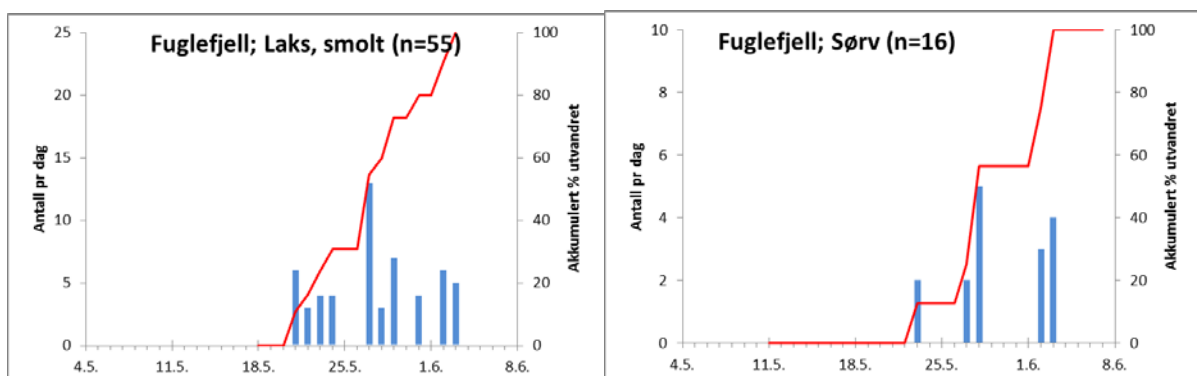
spist i fangstkaret. I gjeddemagene (noen få undersøkt) dominerte abbor. Det ble tatt et lavt antall ørret, abbor og sik (**Figur 32b-d**)



Figur 32. Daglig utvandring og akkumulert prosentandel av total fangst for a) gjedde og b) ørret, c) abbor og d) sik i isløpet ved Rygene.

5.3 Fangst i smolthjulet

Det ble tatt laksesmolt (n=55) og sørv (n=16) i smolthjulet ved Fuglefjell. De første ble tatt allerede første fangstnatt. 50 % fangst ble passert 27. mai. Det ble tatt færre fisk en forventet.



Figur 33. Daglig utvandring og akkumulert prosentandel av total fangst for a) laksesmolt b) sørv ved Fuglefjell.

5.4 Gjenfangst av PIT-merket smolt

5.4.1 Gjenfangst i PIT antenna

PIT-antenna som sto mest utsatt for vannhastighet ble knust. Den andre fungerte tilfredsstillende. Til sammen ble 4 smolt gjenfanget på PIT-antenna. Dette var to fra utsettinger ved vestre bredd og to fra Krossen. En signalgiver som testet antenna for funksjonalitet hele perioden fungerte uten opphold. Få fisk skyldes derfor at få fisk passerte antenna og kan tyde på at den innvandrende fisken i hovedsak innvandret der vannhastigheten var høyest. Dette vil være nærmest damkrona og dermed nærmest isløpet

5.4.2 Gjenfangstprosent i Wolf-fella

Det ble satt ut PIT-merket smolt oppstrøms kraftverket syv ganger i løpet av utvandningsperioden (**Tabell 6**). På grunn av lite smolt, var det ikke mulig å sette ut smolt på alle fire planlagte lokaliteter samme dag.

Av fisk satt ut på Dam hadde vi en gjenfangst fra 4 til 9 % (3 datoer), mens gjenfangstprosenten var på 28 til 63 % (5 datoer) for smolt satt ut langs vestre bredd. Dette var motsatt av det vi hadde antatt på forhånd. Forskjellen i gjenfangst mellom de to utsettingsområdene kan forklares ut fra fiskens atferd. Fisk satt ut ved Dam dykket umiddelbart, ble tatt av vannstrømmen og sannsynligvis ført mot og forbi varegrinda før de rakk å gjenvinne normal svømmeadferd. Vannhastigheten langs damkrona var høyere (synlig høy, men ikke målt) enn det vannhastigheten var langs Vestre bredd. Langs Vestre bredd var denne lav. Dette kan belegges ut fra at det her er slam på steinene og til dels mye mudder, mens det lengre utpå kun var stein. Forskjellene i vannhastighet kan knyttes til forskjeller i vanddybde i området samt til utformingen av selve området. Gjenfangstnivåene for grupper av smolt satt ut ved Dam vurderes som lite representative og diskuteres derfor ikke videre her.

Gjenfangstprosent for smolt satt ut ved Kroken (29. og 31. mai) var på henholdsvis 36 og 42 %. Denne er så høy at gjeddepredasjonen antagelig ikke er betydelig. Vi kan ikke utelukke tap av smolt til gjedde, men finner ikke belegg i disse dataene for å antyde stort tap. Det ble satt ut en gruppe med tidligere gjenfanget smolt 31. mai (gruppe gjenbruk). Av disse hadde vi en gjenfangst på 56 %, en høyere gjenfangst enn ved første gangs bruk. Vi kan ut fra dataene påpeke at den generelle gjenfangst-% var stabil og i området 40 % for all fisk satt ut før juni. Lite variasjon i nivå mellom datoer i mai styrker sannsynligheten for at nivået er riktig satt.

Økt gjenfangst-% den 3. juni kan skyldes flere forhold. En mulig forklaring er temperaturøkningen som inntraff fra 1. juni. Temperaturen fra 3. juni og utover var $> 14\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens den før 1. juni var $< 13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Samtidig var vannføringen i elva avtagende og Q_s/Q_t var økende.

5.5 Bestandsestimater

5.5.1 Tidsbruk fra utsetting til gjenfangst ved Rygene

Tilnærmet all smolt satt ut ved Dam som ble gjenfangst benyttet isløpet i løpet av minutter etter utsetting. Dette underbygger konklusjonen om at dette var en uheldig utsettingslokalitet.

Smolt satt ut ved Vestre bredd brukte $0,8 \pm 0,3$ dager i snitt fra utsetting til gjenfangst (**Tabell 8**). Medianverdien var 0,9 dager. 25-prosentilen var på 12 til 15 timer mens 75-prosentilen var på 21-22 timer. Av 99 smolt, ankom 5 i løpet av minutter, 21 i løpet av 12 til 15 timer, 69 i løpet av 21-22 til 24 timer og 4 brukte fra 1,5 til 2,5 dager. Røkting av fella kun to ganger daglig begrenser presisjonen i disse estimatene. Det synes likevel klart at smolt fra denne utsettingslokaliteten ikke ble ført rett mot varegrinda, og at den brukte betydelig mer tid enn smolt satt ut på lokalitet Dam.

Smolt satt ut ved Kroken brukte $1,3 \pm 1,4$ dager i snitt fra utsetting til gjenfangst (**Tabell 8**). Medianverdien var 0,6 dager. 25-prosentilen var på 12 til 15 timer mens 75-prosentilen var på ca. 30 timer. Av 36 smolt, ankom 25 i løpet av 12 til 15 timer, 2 i løpet av 15 til 24 timer mens 9 brukte fra 1,5 til 5,5 dager. Smolt fra denne utsettingslokaliteten brukte litt mer tid på å ankomme turbininntaket enn fisk satt ut på vestre bredd. Forskjellen var mindre enn ventet gitt forskjellene i avstand (100 vs. 1000 m). Det forventes at denne fisken hadde tilstrekkelig med tid til at normal smoltatferd ved turbininntaket var etablert.

Smolt satt ut nedstrøms kraftverket brukte $2,0 \pm 1,8$ dager i snitt fra utsetting til gjenfangst. Av 18 smolt ble 8 gjenfangst innen 1 døgn, 4 innen 2 døgn, 3 innen 4 døgn og 3 innen 6 døgn.

Når smolten i hovedsak ble gjenfanget i løpet av første døgn etter utsetting kan man forsvare å beregne bestandsstørrelse basert på fangst av umerket smolt samme tidsperiode.

Tabell 6. Antall PIT-merka smolt satt ut ved Dam, vestre side og ved Krossen samt antall gjenfangst fra hver enkelt utsetting i Wolf-fella og gjenfangst- %. Smolt som nedvandret fra Krossen ble gjenutsatt henholdsvis på vestre bredd og ved Krossen. Gjenfangst her vil være 3. gang denne smolten utvandrer isløpet.

Satt ut		20.05.2013	21.05.2013	22.05.2013	23.05.2013	24.05.2013	25.05.2013	26.05.2013	27.05.2013	28.05.2013	29.05.2013	30.05.2013	31.05.2013	01.06.2013	02.06.2013	03.06.2013	04.06.2013	Hele perioden	
Dam	# utsatt			54	20	49												123	
	GF-isløp			5	1	2													8
	Prosent GF			9	5	4													7
Vestside	# utsatt	26		37	25	33											81	202	
	GF-isløp	11		15	7	12											51	96	
	Prosent GF	42		41	28	36											63	48	
Kroken	# utsatt									38		53						91	
	GF-isløp									16		19						35	
	Prosent GF									42		36						39	
Kroken GF Vestside gjenbruk	# utsatt											27						27	
	GF-isløp											15						15	
	Prosent GF											56						56	
Kroken GF Kroken gjenbruk	# utsatt											11						11	
	GF-isløp											6						6	
	Prosent GF											55						55	
All utsett		26	37	25	33					38		80				81		320	
All GF		11	15	7	12					16		34				51		146	
	Prosent GF	42	41	28	36					42		44				63		46	

5.5.2 Antall smolt forbi Rygene

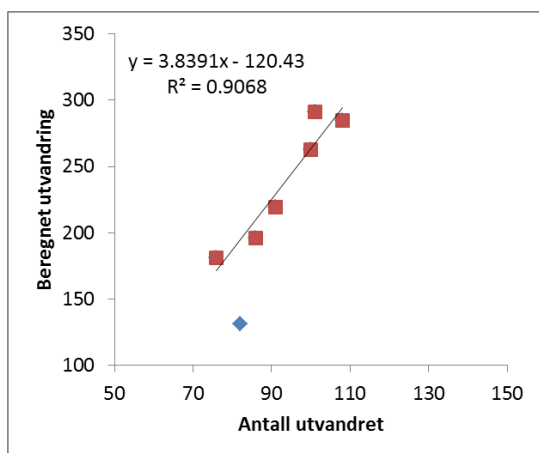
Midlere gjenfangst i Wolf-fella var i mai på 40 % (**Tabell 7**). Benyttes denne faktoren på hele materialet (n=943), var utvandringen forbi Rygene i størrelsesorden 2360 smolt (**Tabell 7**).

Basert på data fra seks av utsettingene var det en klar sammenheng mellom målt og estimert utvandring. Det ene avvikende punktet (utsetting 7) var for smolt satt ut 3. juni. Gjenfangst- % var for denne dagen var betydelig høyere enn beregnet for de andre datoene. Utelates denne datoen fra beregningene var beregnet bestand 2,55 ganger høyere enn målt bestand (hhv 1435 og 562 smolt).

Dersom daglig fangst korrigeres med denne faktoren utvandret det 2407 smolt forbi Rygene (**Tabell 7**). Dette tallet vil være litt lavere hvis man inkluderer gjenfangstnivået i juni i estimatet.

Hvis vi antar at fangstsannsynligheten er konstant gjennom hele perioden, kan smoltproduksjonen ovenfor Rygene estimeres med Petersens metode (**Tabell 7**). Basert på all utvandring, merking og gjenfangst utvandret det 2399 smolt forbi Rygene (Petersens metode), eller 2032-2832 med 95 % konfidensintervall.

Alle tre beregningene gir tilnærmet samme antall (2360, 2407 og 2399). Tallet bør bli lik ettersom fangsteffektiviteten synes å ha vært lik over tid (**Tabell 7**). Denne likheten i estimatene antyder også at usikkerheter knyttet til bruk av erfarne vandrere (smolt som allerede hadde brukt sideløpet én gang) ikke kunne ha hatt avgjørende betydning for resultatet. Ratio mellom erfarne og uerfarne (tidligere utvandret – nyvandret) burde ha variert mer hvis merking av fisk fra Wolf-fella hadde hatt en avgjørende betydning.



Figur 34. Sammenheng mellom antall utvandret innenfor et tidsintervall på 24 timer fra utsetting av PIT-merka smoltgrupper og Peterson-estimat beregnet for de samme fiskene. Det ene avvikende punktet (blå prikk) stammer fra smolt satt ut 3. juni.

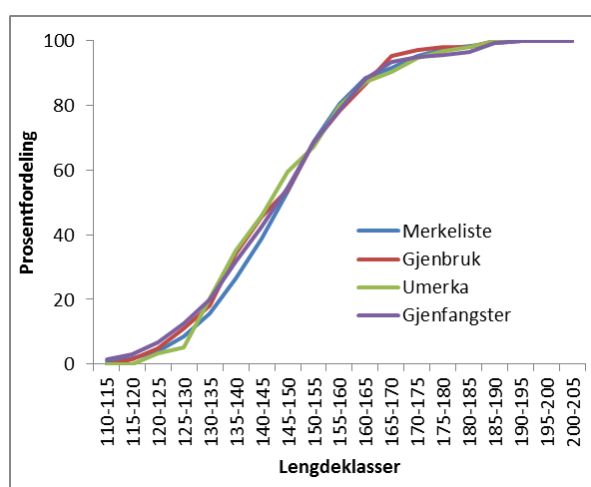
Tabell 7. Daglig fangst av smolt, antall satt ut oppstrøms kraftverket, antall gjenfanget i isløpet, antall dager mellom utsetting og gjenfangst. Grupper smolt som ble fanget første døgn etter utsetting er markert med grå bakgrunn. Utvandrende bestand er i tillegg beregnet ut fra en sammenheng mellom målt og estimert daglig nedvandring & gjenfangst samt ut fra gjenfangst- %.

	Fangst	Satt ut	GF	0-1 dag	1-2 dag	2-3 dag	> 3 dager	Samlet angst T=2	Estimert bestand	Målt beregnet ratio	Beregnet ut fra Fangst- %
08.05.2013 08:00	1									3	3
09.05.2013 08:45	2									5	5
09.05.2013 20:00	2									5	5
10.05.2013 07:30	2									5	5
12.05.2013 09:00	1									3	3
13.05.2013 08:00	6									15	15
15.05.2013 08:00	10									26	25
16.05.2013 09:00	4									10	10
18.05.2013 19:00	3									8	8
19.05.2013 10:00	3									8	8
19.05.2013 16:15	9									23	23
20.05.2013 09:00	30									77	75
20.05.2013 18:00		26	11	8	3			86	196 (113-329)		
21.05.2013 08:30	62									158	155
21.05.2013 19:00	13									33	33
22.05.2013 09:00	64									163	160
22.05.2013 18:30	12									31	30
22.05.2013 18:30		37	15	14	1			91	219 (136-347)		
23.05.2013 09:00	36									92	90
23.05.2013 19:00	40									102	100
23.05.2013 19:00		25	9	9				100	263 (145-459)		
24.05.2013 09:00	70									179	175
24.05.2013 19:00	21									54	53
24.05.2013 19:00		33	12	11	1			108	285 (169-472)		
25.05.2013 08:00	69									176	173
25.05.2013 19:00	27									69	68
26.05.2013 10:00	57									145	143
26.05.2013 19:00	9									23	23
27.05.2013 09:00	98									250	245
27.05.2013 19:00	1									3	3
28.05.2013 09:00	39									99	98
28.05.2013 19:00	28									71	70
29.05.2013 19:00	9									23	23
29.05.2013 19:00		39	16	11	2	1	2	76	181 (114-284)	71	70
30.05.2013 10:00	28									82	80
31.05.2013 10:00	32									23	23
31.05.2013 19:00	9									71	70
31.05.2013 19:00		59	20	27	4	2	3	101	291 (192-439)		
01.06.2013 10:00	64									163	160
01.06.2013 19:00	17									43	43
02.06.2013 10:00	15									38	38
03.06.2013 10:00	13									33	33
03.06.2013 10:00		86	54	54				82	131 (101-170)		
04.06.2013 09:00	19									48	48
05.06.2013 09:00	9									23	23
06.06.2013 09:00	5									13	13
07.06.2013 09:00	5									13	13
	944	305	137						2399 (2032-2832)	2407	2360

5.5.3 Sammenhengen mellom lengdefordeling på merketidspunktet og i gjenfangstene

Det var ingen tydelig forskjell i fordeling mellom lengde på merketidspunktet i forhold til lengde på gjenfangsttidspunktet (**Figur 36**). Gjenfangst ut isluka var ikke knytta til fiskens lengde. Hvis små fisk i større grad hadde utvandret turbinløpet skulle små fisk ha blitt underrepresentert i gjenfangstmaterialet. Dette kan tyde på at bruk av isløpet ikke var knyttet til varegrindas hemmende effekt alene, men at det hydrauliske miljøet som ble etablert foran varegrinda og omkring sideluka var avgjørende.

Samme konklusjon som over kan også trekkes ut fra lengdefordeling til sørv som utvandret isløpet. Hvis det hydrauliske miljøet ikke hadde virket positivt inn på bruk av isløpet, vil vi ha antatt at små sørv (< 10 cm) i større grad ville ha gått gjennom varegrinda. Vi har ikke noe mål for størrelsen på sørvutvandringen så dette kan ikke testes, men finner det likevel positivt at så mange små faktisk gikk isløpet.



Figur 35. Fordeling mellom lengde på merketidspunktet i forhold til lengde på gjenfangsttidspunktet

5.5.4 Antall smolt forbi Fuglefjell

Det ble til sammen satt ut 269 PIT-merka smolt i minstevannføringsløpet. Av disse fikk vi en gjenfangst på 7 % (range: 5 til 15 %, **Tabell 8**). Dette var mindre enn forventet ut fra felleplassering. Enten fanga fella dårligere enn forventet, alternativt var det få smolt som overlevde fram til smolthjulet.

Det ble satt ut 269 PIT-merket smolt i minstevannføringsløpet (MVF). Det primære formålet med disse var å sette ut smolt for senere å kunne estimere sjøoverlevelse (basert på returnerende voksne laks). En andel av disse ble gjenfanget i smolthjulet plassert ved Fuglefjell. Her varierte gjenfangstprosenten mellom 5 og 15 % (3 datoer) med et snitt på 7 % for hele perioden.

Vi forutsetter at fangstsannsynlighet var konstant hele perioden. Vannføringen var forholdsvis konstant på ca. 10 m³/s fra ca. 22. mai, når vannføringen ved Rygene ble lavere enn slukeevnen ved kraftverket. Minstevannføringsløpet ble i 2013 tilført pålagt minstevannføring + vann vi slapp ut isløpet. Den viktigste endringen over tid var da temperaturøkningen. Et estimat for utvandrende smolt mellom Rygene og Fuglefjell blir på 952 smolt med 95- % konfidensintervall innenfor 614-1462. Konfidensintervallet var stort på grunn av få gjenfangster. Antall kan også beregnes ut fra felleeffektivitet. Denne var på 7 % i snitt, men med stor spredning. Hvis 7 % fangsteffektivitet var et

representativt nivå, passerte det 686 smolt. Reduseres fangsteffektivitet til 5 % passerte det 960 smolt og hvis fangsteffektivitet økes til 15 % avtar utvandringen til 320 smolt.

Tabell 8. Antall PIT-merka smolt satt ut ved i minstevannføringsløpet samt antall gjenfangst fra hver enkelt utsetting i smolthjulet ved Fuglefjell og gjenfangst-%.

Satt ut	20.05.2013	21.05.2013	22.05.2013	23.05.2013	24.05.2013	25.05.2013	26.05.2013	27.05.2013	28.05.2013	29.05.2013	30.05.2013	31.05.2013	01.06.2013	02.06.2013	03.06.2013	04.06.2013	Hele perioden
124 MVF						66		169	34								269
						5		8	5								18
						8		5	15								7

6. Diskusjon

6.1 Bruk av isløpet

6.1.1 Laksesmolt

Isløpet, samt varegrinda ved Rygene er ikke bygd som et utvandringstiltak for smolt, men kan benyttes som tiltak. I forhold til internasjonale råd er isløpet riktig plassert, mens varegrinda har en uheldig utforming. Et utvandringstiltak innebærer et samspill mellom varegrind (hemme innvandring til turbinløpet), vannhastighet (forhindre at fisken ufrivillig føres gjennom varegrinda) samt en alternativ utvandningsrute. Mens vannhastighet og varegrinda ved Rygene er ugunstig, er plasseringen av den alternative utvandningsruten gunstig. Dagens muligheter ble evaluert i 2013. Ca. 40 % av laksesmoltene og 170 vinterstønger av laks benyttet isløpet som utvandningsrute.

Det er installert en α -varegrind foran inntaket til turbinen. Varegrinda er breispilet (80 mm) og står ikke på skrå mot vannstrømmen. Internasjonalt anbefales det at transporthastighet (V_s) skal være 2x ankomsthastighet (V_a). Ved Rygene vil V_s være lik "null". Fisken får dermed ingen ekstra hjelp til å finne sideløpet. Her kan det være gunstig at varegrinda ved Rygene er dykket i forhold til plassering av isløpet. Dette kan gjøre at det settes opp en vannstrøm mot sideløpet til tross for at varegrinda står vinkelrett på vannstrømmen.

En bredspilet varegrind vil ikke hemme smolt fra å passere. En varegrind med lysåpning $< 1/10$ av fiskens lengde vil fungere som en fysisk sperre. Hvis lysåpningen er $>$ enn $1/10$ av fiskens lengde vil den fungere som en atferdssperre inntil forholdet mellom de to blir så stort at fisk ignorerer varegrinda og passerer. Fisk som hemmes vil oppholde seg foran varegrinda. Når vannhastigheten her er høy vil fisken raskt utmattes og føres gjennom varegrinda når denne er breispilet, eller at den setter seg fast på varegrinda når denne er smalspilet. Vannhastigheten i inntakskanalen ved Rygene er høyt. Fisken vil kunne oppholde seg her en stund, uten at vi vet hvor lenge den vil kunne holde posisjonen når vannhastigheten klart overstiger 1 m/s. Kritisk vannhastighet vil både variere med fiskeart, lengde samt vanntemperatur. Vanntemperaturen vil være lav og dermed mest ugunstig tidlig i utvandningsperioden.

Selve isløpet (sideløpet) ved Rygene er riktig plassert. Det står vinkelrett på varegrinda. Hvis isløpet hadde stått lengre bakover vil det ikke ha fungert som isløp, ei heller som fisketiltak.

Når ca. 40 % av smoltene benyttet isløpet til tross for manglene, må dette skyldes et gunstig samspill mellom flere faktorer. Varegrinda ved Rygene vil ikke i seg selv hemme utvandring. Det skal likevel ikke utelukkes at en andel av smoltene likevel "stanser" opp foran varegrinda og kan holde en posisjon der tilstrekkelig lenge til at de tiltrekkes av vannstrømmen ut isløpet. Det er da rimelig å anta at smolt som ankommer varegrinda nær isløpet har større sannsynlighet for å utvandre isløpet enn fisk som ankommer lengst vekk fra isløpet. Når fravær av gjenfangster i PIT-antenna kan tyde på at smolt i stor grad ikke ankom inntaksområdet langs vestsiden (der inntaksområdet er grunt), men ankom på østsiden og dermed nær isluka. Her er også vannhastigheten høyest. Sannsynligvis er det gunstig at varegrinda er dykket ca. 60 cm under vannoverflata. Dette kan bidra til å gi bedre hydraulisk forhold nær overflata og dermed større bruk av isløpet. Varegrinda ved Rygene står også med en α -vinkel på ca. 70° . Så lenge varegrinda står skrått vil smolt vil ledes opp mot overflata. Fravær av en β -vinkel gir derimot ingen positiv gevinst i forhold til V_s . Hvis man skal få mer klarhet i hvordan fisken oppfører seg i nærområdet til varegrinda må man benytte andre metoder, for eksempel 3-D akustikk. Bruk av 3-D kan gi informasjon om hvor fisken er innenfor inntaksområdet med en oppløselighet på $< 0,5$ m.

Isløpet ble tilført i størrelsesorden $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$, eller i overkant av 3,2 % av turbinvannføringen i starten av smoltutvandningsperioden. Dette nivået økte til å være i området 4,5 - 5 % av turbinvannføringen mot

slutten av utvandringsperioden. Erfaringsmessig skal en økende andel av fisken utvandre et sideløp når Q_s/Q_t øker og når temperatur øker. Ofte benyttes en Q_s/Q_t på 5 % av turbinvannføringen som veiledende i forhold til å etablere et godt sideløp, hvor sideløpet gjerne overdimensjoneres for å ta høyde for ugunstige hydrauliske forhold. Hvis de hydrauliske forholdene er gode kan Q_s/Q_t reduseres. Isløpet ved Rygene kan ikke klassifiseres som godt når 60 % av fisken ikke brukte dette løpet. For å oppnå høyere bruk av isløpet uten at andre tiltak iverksettes, må enten Q_s/Q_t økes og da sannsynligvis til et sted mellom 8 og 10 % av turbinvannføringen. Selv om vi ikke har vist at høyere Q_s/Q_t vil øke bruk av isløpet i Nidelva, tilsier internasjonale erfaringer at så vil bli tilfellet (Calles et al., 2013; Larinier, 1998; Larinier & Marmulla, 2004; Travade & Larinier, 2006). Samme resultat er oppnådd også i Storelva (Kroglund mfl., 2011b). Økt Q_s/Q_t i Nidelva over tid kan være forklaringen på at gjenfangst- % økte fra mai til juni. Man vil kunne oppnå høyere bruk av isløpet hvis varegrinda var mer smalspilet (20 til 40 mm lysåpning), og helst sto skrått ($<35^\circ$) i forhold til vannstrømmen. En smalspilet varegrind vil fungere som en atferdssperre for smolt. En skråstilt ($<35^\circ$ vinkel) varegrind vil gi en transportvektor (V_s) som er $> 2x$ ankomstvektoren og generere en horisontal vektor på tvers av vannstrømmen som vil lede fisken til isløpet (Calles et al., 2013).

Vannhastigheten inn mot varegrinda ved Rygene er for høy. Kritisk svømmekapasitet for smolt er dårlig undersøkt, og er oppgitt til 101,5 cm/s for 16,5 cm lang smolt ved ca. 12°C (Peake, 2008). Selv om kritisk vannhastighet ikke er bestemt for villsmolt av Atlantisk laks, angis denne av andre til å være i området 20 til 50 cm/s (Larinier & Travade, 2002; Turnpenny et al., 1998). Benyttes internasjonale veiledere for nedvandringstiltak for smolt, overskrids vannhastigheten lenge før turbinvannføringen ved Rygene har passert $50\text{ m}^3/\text{s}$. Kritisk hastighet vil være lavere ved lavere temperaturer og for kortere smolt. Selv gitt usikkerhetene knyttet til Ucrit vil det være gunstig i forhold til et tiltak ved Rygene at vannhastighet ble redusert. Det er to muligheter for å redusere vannhastigheten ved Rygene. Enten kan produksjonen reduseres, alternativt kan innløpskanalen lages større. Ingen av disse forslagene vurderes som hensiktsmessige. Et tredje alternativ vil være å flytte eller bygge om varegrinda. Hvis den flyttes lengre ut fra dagens inntak har man et stort areal disponibelt. Vanndybdene i området er samtidig beskjedne ($< 7\text{ m}$). Hvis varegrinda samtidig ble bygd om fra en α - til en β -varegrind, eller til en kombinasjon av de to, vil endringer i det hydrauliske bildet medføre av fisken også vil ledes mot sideløpet. Man kunne med en ombygging av varegrinda sannsynligvis oppnå økt bruk av sideløpet med en reduksjon i vannforbruk. Hvis en slik ombygging av varegrinda blir aktuell, bør også plassering av sideløpet vurderes. Dagens varegrind er 15,5 m lang og 8,9 m dyp. Dette gir et areal på 138 m^2 . Hvis det ved Rygene bygges en varegrind med β -vinkel på 35° vil varegrinda bli 27 m lang. Vanndybden vil imidlertid bli lavere fordi mye av en ny varegrinda vil bli stående i områder hvor vanndybden i inntaksområdet er lavt. Uten å ha prosjektert en ny varegrind i detalj, vil en varegrind som er 27 m lang og som har en middeldybde på 5 m, ha et areal på 135 m^2 . Ettersom lysåpningen samtidig må reduseres fra 80 til 25 mm for smolt (18 mm for ål), vil redusert lysåpning gi økt falltap. Dette falltapet kan elimineres hvis arealet på varegrinda økes. Lengden på varegrinda kan økes for å kompensere for dette. Økt lengde vil gi økt areal. β -vinkel vil samtidig økes til verdier $<35^\circ$. Dette vil være gunstig for fisk fordi V_s samtidig øker.

Det er ikke tilstrekkelig å lede fisken inn i sideløpet. Den må også ledes trygt ned til selve hovedelva. I dag vil laksetrappa fungere som nedvandringstrase. Hvis laksetrappa tilføres $5\text{ m}^3/\text{s}$ kan den sannsynligvis påføre smolt skade som følge av mye turbulens og kavitasjon i hvert trappetrinn. Nedvandringstrasen fra isløpet til minstevannføringsstrekningen bør derfor bygges om. Det vil sannsynligvis begunstige både smolt og vinterstøing å bli innsamlet i Wolf-fella og transportert derifra i rør fram til roligere vann. Dette vil være både rimelig og lett å etablere.

6.1.2 Vinterstøing

Vi kan ikke anslå hvilken andel av vinterstøingen som benyttet isløpet, men all vinterstøing $> 80\text{ cm}$ vil være fysisk hindret fra å passere varegrinda. Varegrinda vil virke som adferdssperre for støing $< 80\text{ cm}$, hvor graden av sperring vil avta med avtagende fiskelengde. Små vinterstøing er underrepresentert

i materialet sammenlignet til størrelsen på oppvandrende fisk som ble sluppet forbi slusa i dammen. Disse kan være underrepresentert fordi de ikke hemmes fra å passere varegrinda under nedvandring. Andre årsaker skal imidlertid ikke utelukkes. Høy vannhastighet i inntaksområdet kan medføre at vinterstøing presses inn mot varegrinda og dør. Det ble funnet en død vinterstøing på varegrinda før isløpet ble åpnet. Vi kan ikke utelukke at flere døde.

Det har lenge vært kjent at det har vært et misforhold mellom lengder til laks målt fra sportsfiskerfangsten og lengder estimert til fisk sluppet forbi slusa. Lengden til nedvandrende støing samsvarer ikke med lengdefordelinga i sportsfiskerfangstene. Stor laks mangler i sportsfiskerfangstene. Lengdefordeling til laks estimert fra observasjoner i oppgangsslusa kan være mer representativ for laks i elva enn sportsfiskermaterialet. Det er mulig å kombinere de ulike datasettene, for å etablere en størrelsesfordeling som er mer representativ for Nidelva enn det dagens sportsfiskerfangst antyder.

6.1.3 Andre arter

Det utvandret et begrenset antall ørret, gjedde, abbor og sik. Det utvandret mye små sørv via isløpet. Vi kjenner ikke til svømmekapasitet til små sørv, men antar disse ikke er svømmesterke og at de har betydelig lavere svømmekapasitet en smolt. Det at det utvandret små sørv kan tyde på at det hydrauliske miljøet virket positivt inn på bruk av isløpet og støtter antagelsen av at dagens tiltak fungerer bedre enn det man kunne forvente ut fra dimensjonering av varegrinda, vannhastigheter mm.

6.1.4 Andre data fra Rygene

Anders Lamberg gjennomførte en videovervåking i 2011 (urapportert materiale, AEV). Det ble da registrert 83 smolt som utvandret isløpet i perioden 4.–25. mai i 2011. Totalt ble det registrert 147 vinterstøing som passerte luka det året. Det ble observert at smolt som vandret mot isløpet og som kom i kontakt med islukas øvre del, returnerte til inntaksområdet. Samme atferd ble sett hos vinterstøing. Stimer vandret ned mot luka for å returnere oppstrøms igjen når de traff kanten av isluka. Denne atferden skyldtes sannsynligvis at vanndybden over isluka var for lav, noe som medførte at fisken ikke fant isløpet attraktivt. Internasjonalt antydes det at vanndybde i et sideløp ikke må være mindre enn 40 cm. Sideløpet skal ikke avsluttes med skarpe kanter samtidig som vannhastighet ikke må akselereres hurtig.

Smoltutvandringen i 2013 var primært om natta. I 2011 utvandret smolten hele døgnet, men prefererte formiddagen. Registreringene i 2011 ble startet først når elvetemperaturen hadde passert 11 °C. I 2011 passerte elvetemperaturen 7°C 20. april. Vannføringen i elva var på 29,7±3,5 m³/s. Vannføringen i isløpet var på 1,9±0,1 m³/s (tall oppgitt fra regulant). Qs/Qt var da på 6,7 ±1,1 %. Vi vet ikke ut fra ett års overvåking når smoltutvandring normalt inntreffer i Nidelva, men antyder likevel at overvåkingen i 2011 ble startet for seint til at den kan benyttes til å angi bestandsstørrelse. Det at hovedutvandringen inntraff på dagtid stemmer med det som er observert i Storelva og i elva From (UK). Begge steder observeres et atferdsskifte når elvetemperaturen passerer ca. 12 °C (Ibbotson mfl., 2006) Kroglund mfl., 2011b). Når fisken i 2013 primært utvandret på "natta" skyldes dette mest sannsynlig at vanntemperaturen var lav, samtidig som grupperingen mellom natt og dag blir for grov når fangstfellene røktes kun to ganger daglig.

6.2 Antall smolt som ankom Rygene

Det ble fanget til sammen 943 laksesmolt og 170 vinterstøing ut isløpet i 2013. Antall smolt påvist i isløpet var lavere enn forventet basert på smoltproduksjonspotensialet. Fangstene vil ha vært lave hvis smolt utvandret andre steder enn isløpet. Andre steder vil kunne være ut segmentluke 3 og ut turbinløpet.

Smolt vil kunne utvandre segmentluke 3, selv om dette synes lite sannsynlig. Smolt følger hovedvannstrømmen under nedvandring. Vannføringen var lavere enn slukeevnen til kraftverket med unntak av 3 dager omkring 17. mai. Hovedvannstrømmen gikk mot turbinløpet med unntak av disse 3 dagene hvor vannstrømmen fordelte seg ca. 50:50 mellom turbinløpet og segmentluka. Disse dagene ble det påvist mye overflatedriv som havnet ut Wolf-fella. Det ble ikke sett driv på overflata utenfor segmentluke 3. Dette tyder på at overflatestrømmen var mot turbinløpet og ikke mot segmentluka. Hvis smolt utvandret segmentluka de 3 dagene med høy vannføring burde vi ha sett mer driv her, men burde også ha sett mer smolt i isløpet før 15. mai og de første dagene etter 18. mai enn det vi gjorde. Både før og etter denne perioden dominerte vannstrømmen inn mot turbininntaket og det gikk kun minstevannføring i segmentluka. Det er urimelig å anta at det utvandret flere tusen smolt via segmentluka 16. til 18. mai uten at fisk samtidig vandret mot turbinløpet. Den gradvise økningen i fangst fra 18. mai og utover tyder heller på at smoltutvandringen tiltok i omfang først når elvetemperaturen økte forbi 7°C. Ut fra disse vurderingene vurderer vi turbininntaket som den mest sannsynlige utvandringsruten for smolt ved Rygene.

I turbininntaksområdet vil en andel av fisken kunne benytte isløpet når dette er tilgjengelig. Fordeling mellom turbinutvandrere og isløpvandrere kan estimeres ut fra merke-gjenfangst. Fangsteffektiviteten til selve Wolf-fella var på 100 %. Andelen av smolten som ble gjenfanget ut isløpet varierte lite over tid, og var på ca. 40 % i mai. Såfremt fisken som ble gjenfanget ikke hadde en preferanse for isløpet, angir denne prosentatsen andel av bestanden som benyttet isløpet. Vi skal imidlertid ikke utelukke at noe smolt døde mellom utsetting og gjenfangst. Hvis dette skjedde, vil gjenfangst- % være underestimert. Hvis predasjon mellom utsetting og gjenfangst var en dominerende tapsfaktor burde ikke gjenfangst- % ha vært så stabil over tid og rom som den var. Derfor antar vi at tapet her ikke var stort. Gjenfangst- % kan da benyttes til å beregne størrelse på den utvandrende bestand såfremt sannsynlighet for fangst og gjenfangst ikke endres over tid som følge av endringer i for eksempel vannføring, temperatur mm. Basert på gjenfangst-% utvandret det i størrelsesorden 2360 smolt forbi Rygene.

Størrelsen på den utvandrende bestanden kan også beregnes ut fra et Peterson-estimatet. Dette kan beregnes for hver enkelt utsettingsgruppe så lenge man vet tid fra utsetting til gjenfangst og antall umerka som ble fanga i samme tidsperiode, eller på hele materialet samlet. Et Petersens estimat antyder 2399 smolt med 95 % konfidensintervall 2032-2832. Konfidensintervallene var små, og begge estimatene gir samme svar; det var få smolt i Nidelva.

Det foreligger en rekke produksjonsestimat for smolt for Nidelva. Gabrielsen mfl. (2012) estimerte at smoltproduksjonen kunne være i størrelsesorden 12 til 27 tusen smolt. Når det utvandret i størrelsesorden 2,4 tusen smolt, er spriket mellom estimert produksjon og estimert utvandring urimelig stort. Misforholdet kan skyldes at produksjonsestimatene er feil, at det er et betydelig tap av smolt mellom produksjon og fangst, at fangstestimatene er feil, eller at det faktisk var få smolt. Samtidig var det nok gytefisk i 2010 og yngeltetthetene i 2012 tyder på at tetthet var høy nok til at produksjonsnivået burde ha vært oppnådd.

Bestandsestimatene for utvandrende smolt blir feil hvis mye PIT-merket fisk døde etter utsetting og før gjenfangst, hvis merket fisk ikke blander seg i den utvandrende bestanden, eller hvis merket fisk hadde en preferanse for isløpet. Det var ingen vesentlig forskjell i gjenfangst- % mellom fisk satt ut på vestre bredd eller ved Krossen, ei heller over tid. Det kan ikke utelukkes at fisk satt ved vestre bredd er underrepresentert i materialet fordi disse ble satt ut lengst vekk fra isløpet. Smolt satt ut ved Krossen kan ha vært mer utsatt for predasjon enn fisk satt ut ved vestre bredd. Gjenfangst- % er beregnet ut fra antall smolt som ble satt ut. Økt antall gjenfangster vil bidra til å redusere estimatet for utvandrende bestand, ikke øke denne.

Forsøksfisken som ble benyttet i merkeprogrammet hadde utvandret allerede én gang. Hvis denne fisken hadde en preferanse for isløpet vil gjenfangst- % bli forhøyet. Det foreligger få, om noen

studier, som viser at det er klart uheldig å benytte fisk som allerede har gjennomført valget én gang. Som en illustrasjon kan man likevel tenke seg at antall gjenfangster ble doblet i forhold til hva tilfellet hadde vært hvis man hadde benyttet uerfaren fisk.

Benyttet på Nidelva vil et Peterson-estimat for utvandringen ha blitt på 4492 med 95% konfidensintervall 3555-5673. Selv med denne store justeringen, utvandret det færre smolt enn forventet. Inntil det foreligger data som tyder på at estimatene er feil, konkluderer vi her med at det utvandret færre smolt forbi Rygene enn forventet. Det må da være andre årsaker til lav utvandring forbi Rygene.

Et estimat for utvandrende smolt mellom Rygene og Fuglefjell blir på 952 smolt med 95% konfidensintervall 614- 1462. Konfidensintervallet var stort på grunn av få gjenfangster. Produksjonsestimatet for området antyder 2000-4000 smolt. Her ble det også fanget færre smolt enn forventet, men avviket var mindre enn avviket for produksjonsområdene ovenfor Rygene.

6.3 Årsaker til lite smolt

Det kan være betydelige faglige utfordringer knyttet til det å angi spesifikke årsaker til diffuse responser som lavt antall utvandrende smolt eller fangst av voksen laks. Årsakene kan være komplekse og inntreffe på ulike tidspunkt fra gyting til utvandring, hvor bestandstapet kan inntreffe forsinket i forhold til når belastningen inntraff (Ross mfl., 2013). Årsaken til få smolt kan i Nidelva skyldes habitatødeleggelse, predasjon, forurensinger og kraftverk, samt faktorer vi ikke kjenner til. Mangel på data og kunnskap om lokale påvirkningsfaktorer kan hver for seg medføre at faktorer som har avgjørende betydning for smoltutvandringen ikke inkluderes i trusselsbildet.

Nidelva er bonitert i nyere tid (Gabrielsen mfl., 2012). De ulike elveavsnittene ble evaluert og klassifisert ut fra egnethet. Det er mulig at 40-50 år med lite gyteaktivitet har forringet kvaliteten på gyteområdene, for eksempel hvis det har sedimentert mye finmasse ned i gytegrusen. Det fremkommer ikke i rapporten fra boniteringen om gytegrusen var egnet også i dypet, eller om de kun utført en overflateundersøkelse. For å lære mer om hvor gyteområdene er, hadde det vært ønskelig å kunne radiomerke gytefisk for å se hvilke områder de fant egnet for gyting. Når slik data foreligger, kan man vurdere om det er forskjeller i kvalitet mellom benyttet og ubenyttet områder.

Ungfiskundersøkelsene antyder at smoltproduksjonen burde være stor. Ungfiskundersøkelsene dekker kun grunne deler av elva og er ikke nødvendigvis representative for elva som helhet. Både antall stasjoner og praktiske metodeproblemer gjør at el-fiske ikke alltid er egnet til å beregne produksjon. El-fiske utføres normalt fra bredden og ikke på dypere vann. Produksjonen bør undersøkes med bruk av for eksempel el-fiskebåt for å dekke områder som ikke dekkes av et tradisjonelt el-fiske.

Vannkjemien i Nidelva er periodevis dårligere enn vannkjemi-målet. Selv om det påvises enkelte kritiske episoder, har ingen av episodene en varighet som tilsier betydelig tap av fisk. Vannkjemi kan innvirke på produksjon enkelte år og bør inngå som forklaringsvariabel.

Sidebakkene til Nidelva er fortsatt forsuret. Det er mindre sannsynlig at en betydelig andel av smoltproduksjonen skal foregå her, men dårlig vannkjemi kan bidra til å redusere produksjonen.

I Nidelva har det vært gjedde lenge, og det var gjedde i vassdraget også den gang laksefangstene var gode. Gjedda kan påvirke produksjon og størrelse på den utvandrende bestanden ved at den predatorer yngel, men også nedvandrende smolt. I Storelva ble det konkludert med at gjedde spiste ca. 4000 smolt i løpet av våren, uavhengig av om det utvandret lite eller mye smolt (Kristensen mfl., 2010; Kroglund mfl., 2011a). Det er mer gjeddehabitat i Nidelva enn i Storelva. Gjedda kan ta et betydelig antall smolt under nedvandring. Det er likevel uklart hvorfor gjedda tar mer smolt nå enn før. Det er

minst to mulige forklaringsmodeller som kan benyttes her. Reguleringene kan ha økt mengde habitat egnet for gjedde. Områder som før var mer elvepreget har blitt mer innsjøpreget. Det vil være mulig å evaluere dette som mulig forklaring ved å knytte reguleringene til vannstandsendringer oppstrøms Rygene. Innvandring av sørv kan ha økt mattilgangen for- og dermed produksjon av gjedde. Hvis samtidig egent habitat har økt kan "predatorbeltet" være større i dag enn det var historisk. Redusert vannføring om våren kan også gjøre større deler av elva egnet for gjedde.

Foruten at det er en mismatch mellom antatt produksjon og smoltutvandring er det samtidig en mismatch mellom smoltutvandring og innvandring av laks til elva. Hvis det utvandrer drøyt 3000 smolt fra Nidelva, vil det ikke være å forvente at disse skal kunne gi grunnlag for en innvandring av >500 laks. Hvis så var tilfellet vil sjøoverlevelse være oppunder 15 %. Dette trenger ikke være en urimelig situasjon historisk, men antyder en sjøoverlevelse man ikke har observert i nasjonal overvåking på mange år. For å avklare dette vil det være hensiktsmessig med PIT-merking av utvandrende smolt, men også systematisk innsamling av vevsprøver fra smolt og voksne.

7. Referanser

- Aitken, P.L., Dickerson, L.H., Menzies, W.J.M. & Menzies, M., 1966. Fish passes and screens at water power works, ICE Proceedings. Ice Virtual Library, pp. 29-57.
- Anon., 1995. Fish Passage Technologies: Protection at Hydropower Facilities, TA-ENV-641 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, September).
- Anon., 2007. Guidelines on the Planning, Design, Construction & Operation of Small-Scale Hydro-Electric Schemes and Fisheries. Central & Regional fisheries boards & engineering division, Department of Agriculture, Fisheries & Food. : 52pp.
- Anon., 2013. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. . Rapport fra Vitenskaplig råd for lakseforvaltning, 5b: 670s.
- Barlaup, B.T., Kroglund, F., Kleiven, E. & Moen, V., 2006. Smoltundersøkelser; Undersøkelse av smoltutgangen i Tovdalselva, Otra, Nidelva og Storelva i 2005. side 38-50.
- . Hesthagen, T.(red.). 2006. Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2005. DN-utredning 2006-4.: 84 s.
- Beamish, F.W.H., 1978. Swimming capacity. Fish Physiology, vol. 7 Academic Press Inc, New York:
- Bell, M.C., Delacy, A., Paulik, G., Bruya, K. & Scott, C., 1981. Updated compendium on the success of passage of small fish through turbines.
- Brett, J., 1964. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. Journal of the Fisheries Board of Canada, 21(5): 1183-1226.
- Čada, G.F., 1990. A review of studies relating to the effects of propeller-type turbine passage on fish early life stages. North American Journal of Fisheries Management, 10(4): 418-426.
- Čada, G.F., 2001. The development of advanced hydroelectric turbines to improve fish passage survival. Fisheries, 26(9): 14-23.
- Calles, O., 2006. Re-establishment of connectivity for fish populations in regulated rivers. Karlstads universitet.
- Calles, O., Degerman, E., Wickström, H., Christiansson, J., Gustafsson, S. & Näslund, I., 2013. Anordningar for opp- og nedstrømspassage av fisk ved vattenanleggninger. Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013: 14. : 114 s.
- Calles, O. & Greenberg, L., 2009. Connectivity is a two-way street - the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers. River Research And Applications, 25(10): 1268-1286.
- Coutant, C.C. & Whitney, R.R., 2000. Fish behavior in relation to passage through hydropower turbines: a review. Transactions of the American Fisheries Society, 129(2): 351-380.
- Deng, Z., Carlson, T.J., Ploskey, G.R., Richmond, M.C. & Dauble, D.D., 2007. Evaluation of blade-strike models for estimating the biological performance of Kaplan turbines. Ecological Modelling, 208(2-4): 165-176.
- DN, 2010. Reetablering av laks på Sørlandet. Etablering av nye laksestammer i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking – En syntese. DN-utredning 7-2010: 116s.
- DN, 2011. Handlingsplan for restaurering av fisketrapper for anadrome laksefisk (2011-2015). DN-rapport 7 - 2011: 44s.
- DN, 2012. Arendalsvassdraget (koordinator A. Hindar) i: Kalking i laksevassdrag, Tiltaksovervåking 2011. DN-notat 1-2012: 339s.
- DWA, 2005. Fish Protection Technologies and Downstream Fishways. Dimensioning, Design, Effectiveness Inspection. German Association for Water, Wastewater and Waste (DWA), Hennef.
- Ebel, W.J., 1977. Fish Passage Problems and Solutions Major Passage Problems. Report of the National Marine Fisheries Service. 7pp.

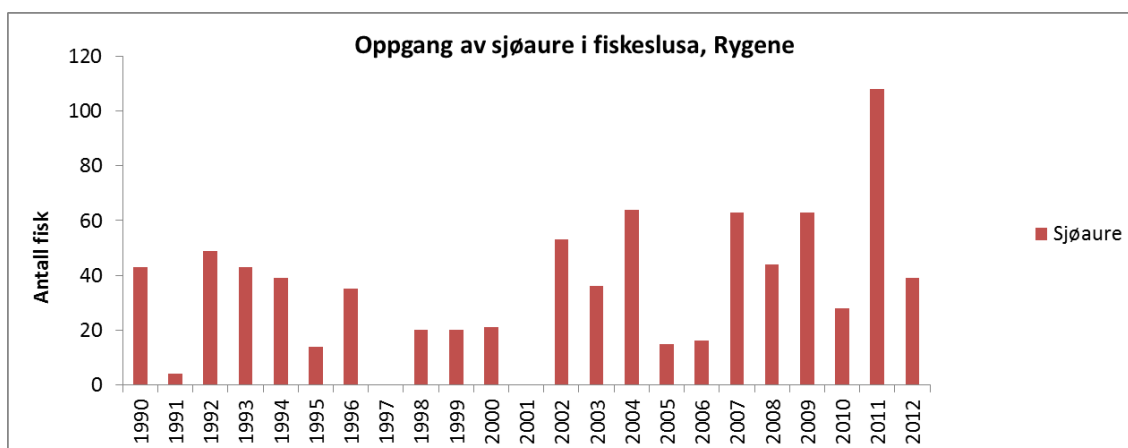
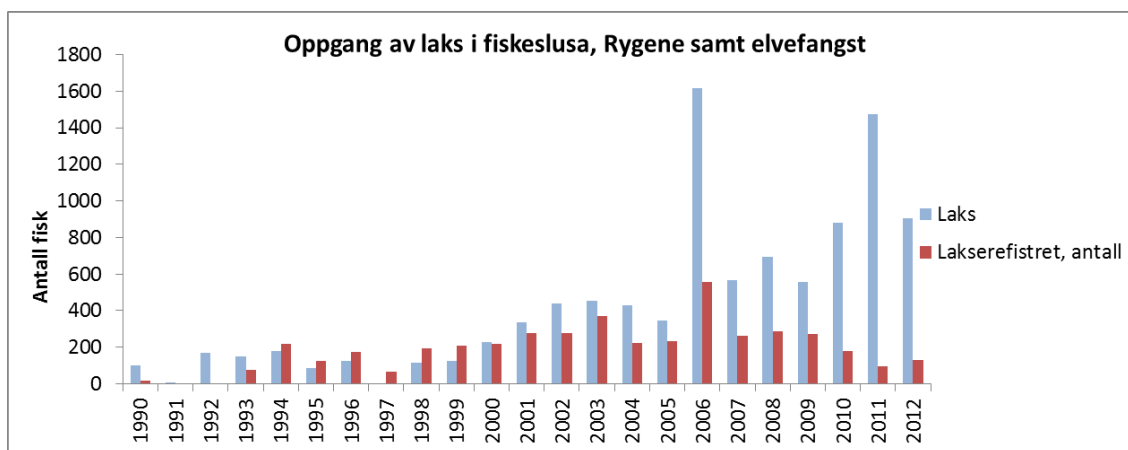
- Ferguson, J.W., Absolon, R.F., Carlson, T.J. & Sandford, B.P., 2006. Evidence of delayed mortality on juvenile Pacific salmon passing through turbines at Columbia River dams. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135(1): 139-150.
- Ferguson, J.W.F.J.W., Ploskey, G.R.P.G.R., Leonardsson, K.L.K., Zabel, R.W.Z.R.W. & Lundqvist, H.L.H., 2008. Combining turbine blade-strike and life cycle models to assess mitigation strategies for fish passing dams. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 65(8): 1568-1585.
- Fjeldstad, H.-P., Uglem, I., Diserud, O.H., Fiske, P., Forseth, T., Kvingedal, E., Hvidsten, N.A., Økland, F. & Järnegren, J., 2012. A concept for improving Atlantic salmon *Salmo salar* smolt migration past hydro power intakes. *Journal of Fish Biology*.
- Forseth, T. & Harby, A.r., 2013. Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag. NINA Temahefte 52. 1-90 s.
- Gabrielsen, S.-E., Barlaup, B., Lehmann, G.B., Pulg, U., Skoglund, H., Skår, B., Wiers, T. & Sandven, O., 2012. Tiltak for å øke produksjon av laks i Nidelva i perioden 2002 til 2012. UniMiljø rapport 201: 50s.
- Gosset, C. & Travade, F., 1999. Devices to aid downstream salmonid migration: Behavioral barriers. *Cybiurn*, 23(1): 45-66.
- Ibbotson, A., Beaumont, W., Pinder, A., Welton, S. & Ladle, M., 2006. Diel migration patterns of Atlantic salmon smolts with particular reference to the absence of crepuscular migration. *Ecology of Freshwater Fish*, 15(4): 544-551.
- Irish_guidelines, 2005. Guidelines on the Construction & Operation of Small- Scale Hydro-Electric Schemes and Fisheries. Central and regional fisheries board and engineering division. 60pp.
- Jones, D.R., Kiceniuk, J. & Bamford, O., 1974. Evaluation of the swimming performance of several fish species from the Mackenzie River. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 31(10): 1641-1647.
- Kraabøl, M., Johnsen, S., Museth, J. & Sandlund, O., 2009. Conserving iteroparous fish stocks in regulated rivers: the need for a broader perspective! *Fisheries Management And Ecology*, 16(4): 337-340.
- Kristensen, T., Hawley, K., Guttrup, J., Johannesen, Å. & Kroglund, F., 2011. Uttesting av teknisk løsning for å hindre vandring av laksefisk via turbiner ved Trælandsfoss kraftverk, Kvina. . NIVA. Rapport 1. nr OR-6258. 28 s.
- Kristensen, T., Rustadbakken, A., Kroglund, F., Guttrup, J., Johansen, Å., Hawley, K., Rosten, C. & Kjøsnes, A.-J., 2010. Gjeddas betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder. NIVA. Rapport OR-6085.: 31s.
- Kroglund, F., Guttrup, J., Haugen, T., Hawley, K., Johansen, Å., Karlsson, A., Kristensen, T., Lund, E. & Rosten, C., 2011a. Samvirkning mellom ulike trusler på oppnåelse av gytebestandsmål for laks. Storelva i Holt som eksempel. NIVA. Rapport 1. nr OR-6148: 71s.
- Kroglund, F., Haugen, T., Guttrup, J., Hawley, K., Johansen, Å., Rosten, C., Kristensen, T. & Tormodsgard, L., 2011b. Effekter av å passere en kraftverksturbin på smoltoverlevelse og atferd. Betydningen av tiltak. . NIVA. Rapport OR-6139: 35s.
- Kroglund, F. & Teien, H.-C.U., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, Jim., Johansen, Åsmund, Høgberget, R., Kristensen, T., Tjomsland, T., Haugen, T., 2011. Betydning av kraftverk og predasjon fra gjedde for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse. NIVA-rapport 6084: 103pp.
- Lamberg, A., Strand, R., Bjørnbet, S. & Kroglund, F., 2012. Videoovervåking av kraftverksinntaket i Boenfoss i 2011 -Test av en ny vandringsvei for smolt utenom turbinene. VFI-rapport 02/2012. 29 s.
- Larinier, M., 1998. Small-scale hydropower schemes and migratory fish passage. *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau*, 53(8): 46-51.
- Larinier, M., 2002. Fishways - General considerations. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*(364): 21-27.

- Larinier, M. & Dartiguelongue, J., 1989. The movement of migratory fish: Transit through turbines of hydroelectric installations. . *Bulletin francais de la peche et de la pisciculture*. (312-13): 1-90.
- Larinier, M. & Marmulla, G., 2004. Fish passes: types, principles and geographical distribution-an overview.
- Larinier, M. & Travade, F., 2002. Chapter 13. Downstream migration: Problems and facilities. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*(364): 181-207.
- Leonardsson, K., 2012. Modellverktyg för beräkning av ålförluster vid vattenkraftverk. ELFORSK-rapport. Finns att hämta på ELFORSK:s hemsida.
- Matzow, D., 1995. Rygene kraftverk i Nidelva, Aust-Agder. Vurdering av gassovermetning, minstevannføring og fisketrapp. - Fylkesmannen i Aust-Agder, Miljøvernavdelingen. Notat 1-1995. 16 s.
- Monten, E., 1985. Fish and turbines. Fish injuries during passage through power station turbines. Vattenfall, Stockholm, Sweden.
- Noonan, M.J., Grant, J.W.A. & Jackson, C.D., 2011. A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries*.
- NVE, 2012. Forfattere: Brian Glover, B., Brabrand, Å., Brittain, J., Gregersen, F., Holmen, J. Saltveit, S.J. 2012. Avbøtende tiltak i regulerte vassdrag. Rapport fra FoU-programmet: Miljøbasert vannføring. NVE Rapport 10. 78 sider.
- Peake, S.J., 2008. Swimming performance and behaviour of fish species endemic to Newfoundland and Labrador: A literature review for the purpose of establishing design and water velocity criteria for fishways and culverts. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2843: v + 52p.
- Ploskey, G. & Carlson, T., 2004. Comparison of blade-strike modeling results with empirical data. Battelle Pacific Northwest National Laboratory Rep. No. PNNL-14603 to US Army Corps of Engineers, Portland, Oreg. Available from http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-14603.pdf.
- Porcher, J.P. & Travade, F., 2002. Fishways: Biological basis, limits and legal considerations. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*(364): 9-20.
- Schwarz, C.J. & Seber, G.A., 1999. Estimating animal abundance: review III. *Statistical Science*: 427-456.
- Schwarz, C.J. & Taylor, C.G., 1998. Use of the stratified-Petersen estimator in fisheries management: estimating the number of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) spawners in the Fraser River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(2): 281-296.
- Thorstad, E.B., Okland, F., Kroglund, F. & Jepsen, N., 2003. Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management And Ecology*, 10(3): 139-146.
- Travade, F., 2005. Migratory fish passage at hydroelectric facilities: EDF experience. *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau*(3): 60-68.
- Travade, F. & Larinier, M., 2006. French experience in downstream migration devices.
- Turnpenny, A.W.H., Clough, S.C., Hanson, K.P., Ramsay, R. & McEwan, D., 2000. Risk assessment for fish passage through small, low-head turbines. . Contractors report to the Energy Technology Support Unit, Harwell, Project No ETSU H/06/00054/RP, 55pp.
- Turnpenny, A.W.H. & O'Keeffe, N., 2005. Screening for Intake and Outfalls: a best practice guide. Environment Agency, Science Report SC030231.
- Turnpenny, A.W.H., Struthers, G. & Hanson, K.P., 1998. A UK guide to intake fish-screening regulations, policy and best practice. Contractors report to the Energy Technology Support Unit, Harwell. ETSU H/00052/00/00.
- von Raben, K., 1957. Zur Frage der Beschädigung von Fischen durch Turbinen. *Die Wasserwirtschaft*, 4: 97-100.

Vedlegg A. Antall laks fanget og sluppet forbi oppgangsslusa ved Rygene (1990-2012)

Det foreligger tall fra fangstslusa fra 1990. Medianantall fanget i oppgangsslusa de siste 5 årene (2008-12) var på 882 laks. For 5-års periodene forut var antallet på 452 (2003-07) og 226 laks (1998-02). For perioden 1990 til 1997 var medianverdien på 127 laks. Mens det var stor likhet i antall som passerte slusa og sportsfiskerfangst tidlig i perioden, har forholdet mellom disse endret seg de siste årene. Det fanges nå mindre enn oppvandringen tilsier kan fanges.

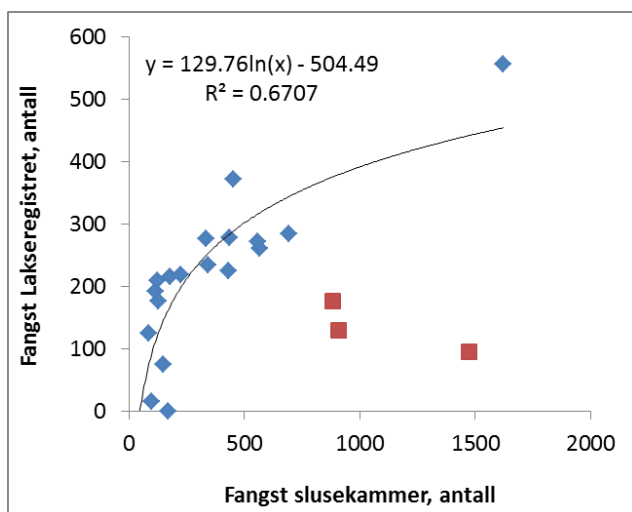
Det fanges noen får sjøørreter årlig. Man vet ikke om disse er produsert lokalt, eller er fisk fra andre vassdrag som har et midlertidig opphold i Nidelva.



Vedlegg B. Sammenheng mellom fangst av laks og antall som passerte oppgangsslusa (1990-2012)

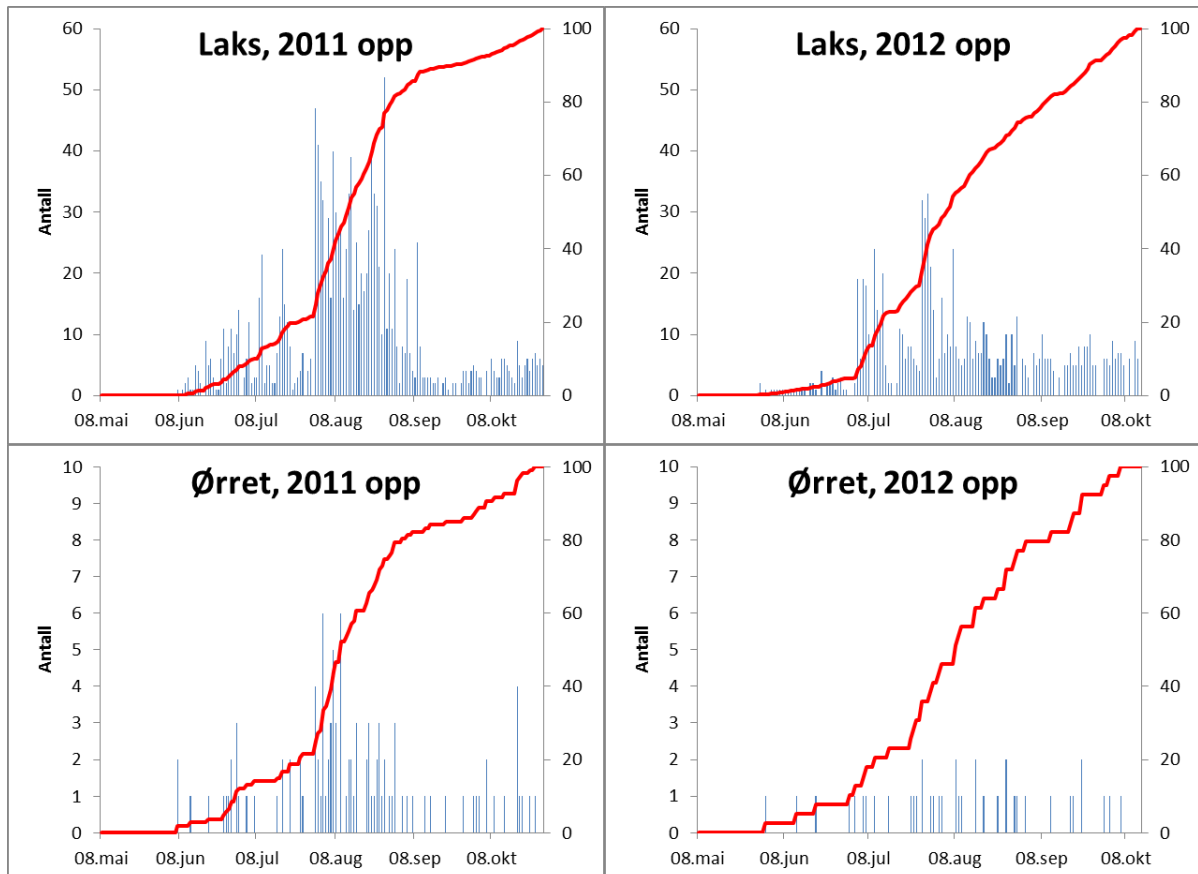
Fangst av laks var i henhold til lakseregistret på nivå med antallet sluppet forbi slusa fram til ca. 2003. Fra 2004 har andelen fanget i forhold til andelen som passert slusa avtatt. Mens det fram til og med 2009 var en sammenheng mellom fangst i slusa og oppgitt i lakseregistret, er denne sammenhengen endret fra og med 2010. De tre siste årene har mye mer laks passert slusa og færre laks er fanget. Dette har vært en ønsket utvikling for å sikre at det er nok gytefisk i elva til oppnå gytebestandsmålet.

Sammenhenger mellom innsig av laks til Nidelva, sportsfiskerfangst i forhold til antall som passerte slusa, fangst ovenfor Rygene og antall laks som ankommer Eivindstad samt bruk av blant annet gyteområdene bør systematiseres og utredes for bruk til evaluering av måloppnåelser.



Vedlegg C. Slipp av fisk forbi Rygene (2011 og 2012)

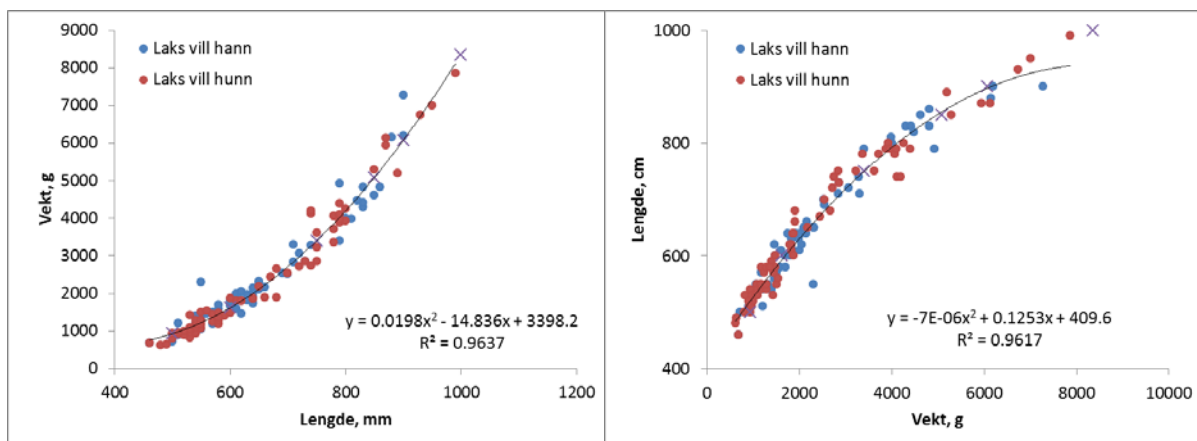
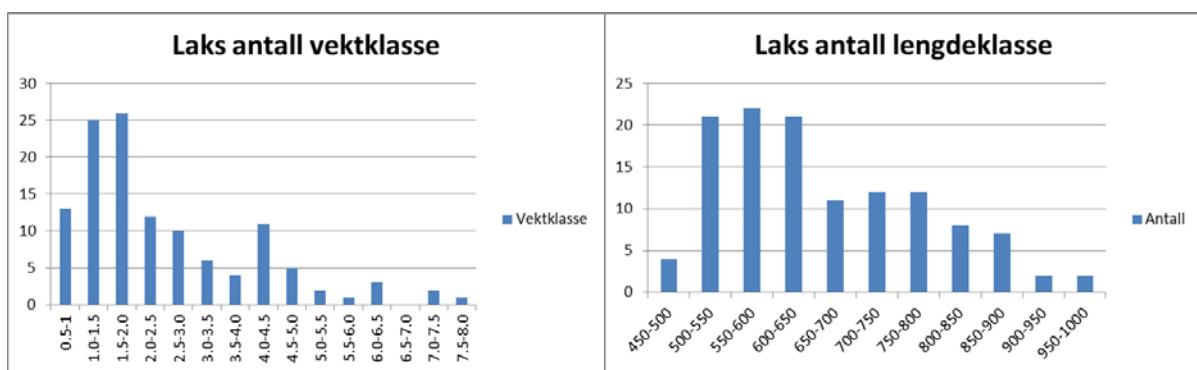
Slipp av laks og ørret forbi oppgangsslusa i 2011 og 2012 hadde relativt likt forløp med hensyn til akkumulert % sluppet, men antall fisk var klart forskjellig. I 2011 ble det sluppet 1409 laks og 107 sjøørret, mens det i 2012 ble sluppet 841 laks og 39 sjøørret. Det bør avklares om dette er en naturlig variasjon og et resultat knyttet til at vassdraget fortsatt er under reetablering eller et signal om at en eller flere påvirkningsfaktorer overstyrer naturlig vandring i elva. Lav fangst i slusa i 2012 kan både skyldes lav smoltutvandring i 2010 og 2011, men også redusert sjøoverlevelse og faktorer som først innvirket etter at fisken tilbakevandret.



Vedlegg D. Skjellanalyser, 2012

Lengde- og vektfordeling til laks fra skjellanalysene utført i 2012. Materialet domineres av små laks, hvor 63 % var < 2,5 kg. Det finnes et tilsvarende materiale fra Scanatura, men dette skiller ikke mellom villaks og oppdrettslaks og laks av ukjent opphav. Skjellanalysene gir således det mest robuste analysegrunnlaget.

Det var en tydelig sammenheng mellom lengde og vekt. Denne var lik for begge kjønn. Denne sammenhengen kan benyttes til å beregne størrelsen til laks i elva man kun har lengde fra. Denne relasjonen benyttes blant annet til å estimere oppgangsvekta til nedvandrende vinterstøing i 2013.



Vedlegg E. Smoltalder

Smoltalder til villfisk i skjellprøvene analysert i 2012 var dominert av 2-årig smolt (78 %). Resten var 3-årig smolt. Prøver tatt i 2013 hadde færre 3+ smolt enn det skjellanalysene angir. Dette kan skyldes at det er ulike smoltårganger, men også at ikke all fisk fanget i Nidelva er produsert i Nidelva.

Smoltalder	Smoltalder 1	Smoltalder 2	Smoltalder 3	Sum
Antall		89	25	114
Prosentandel	0.0	78.1	21.9	100
2013-smolt	3	94	3	100

Vedlegg F. Sjøalder

1-sjøvinter laks dominerte fangstene (56 %). Tilsammen hadde 8,2 % av fisken 3 eller flere år i sjø.

	<i>Sjøalder 1</i>	<i>Sjøalder 2</i>	<i>Sjøalder 3</i>	<i>Sjøalder 4</i>	<i>Sjøalder 5</i>	<i>Sum</i>
Antall	62	39	6	2	1	110
Prosentandel	56	35	5	2	1	

Det var en nær 50:50 prosentfordeling mellom kjønnene, med en svak overvekt av hanner i villfiskmaterialet fra skjellanalysene utført i 2012.

<i>Lengdeklasse mm</i>	<i>Hann</i>	<i>Hunn</i>	<i>Sum</i>	<i>Prosentandel hunner</i>
450-500	1	3	4	75
500-550	6	15	21	71
550-600	10	12	22	55
600-650	15	6	21	29
650-700	5	5	10	50
700-750	6	6	12	50
750-800	2	10	12	83
800-850	6	2	8	25
850-900	3	4	7	57
900-950	2		2	0
950-1000		2	2	100
(ikke oppgitt)	1		1	
Sum	57	65	122	53
Prosentandel	46,7	53,3		

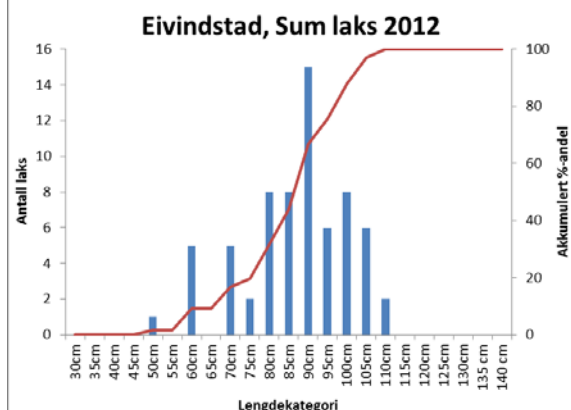
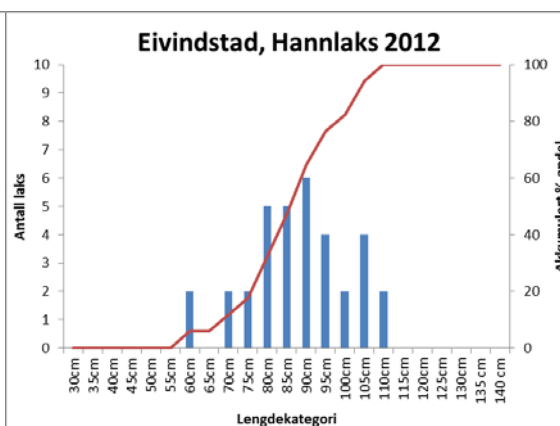
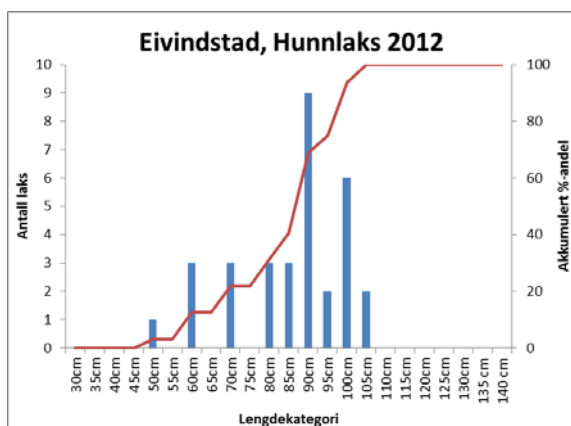
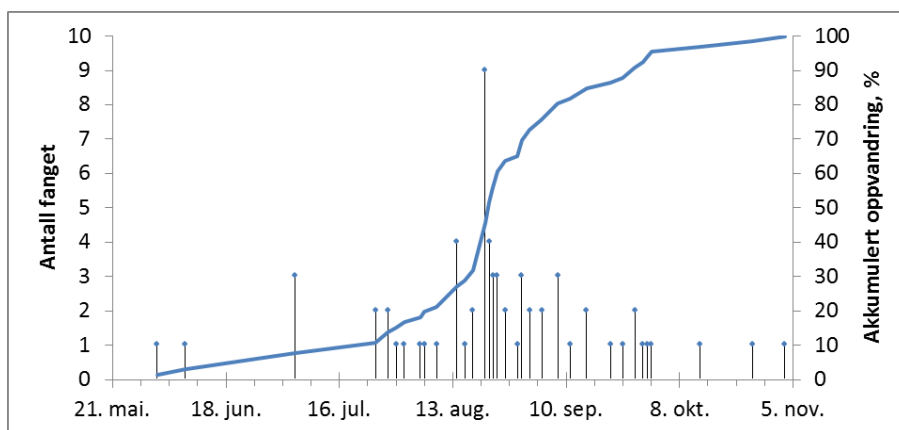
Selv om det var klare sammenhenger mellom lengde og sjøalder, var det samtidig betydelig overlapp.

<i>Row Labels</i>	<i>Vekt</i>	<i>Sjøalder 1</i>	<i>Sjøalder 2</i>	<i>Sjøalder 3</i>	<i>Sjøalder 4</i>	<i>Sjøalder 5</i>	<i>(ukjent)</i>	<i>Sum</i>
450-500	<3 kg	4						4
500-550		14	3					17
550-600		18	4					22
600-650		17	2				1	20
650-700		8	2	1				11
700-750	3-7 kg	1	9					10
750-800			8	1			2	11
800-850			8					8
850-900			1	2	2		1	6
900-950			1	1				2
950-1000	>7 kg			1		1		2
(blank)			1					1
Grand Total		62	39	6	2	1	4	114

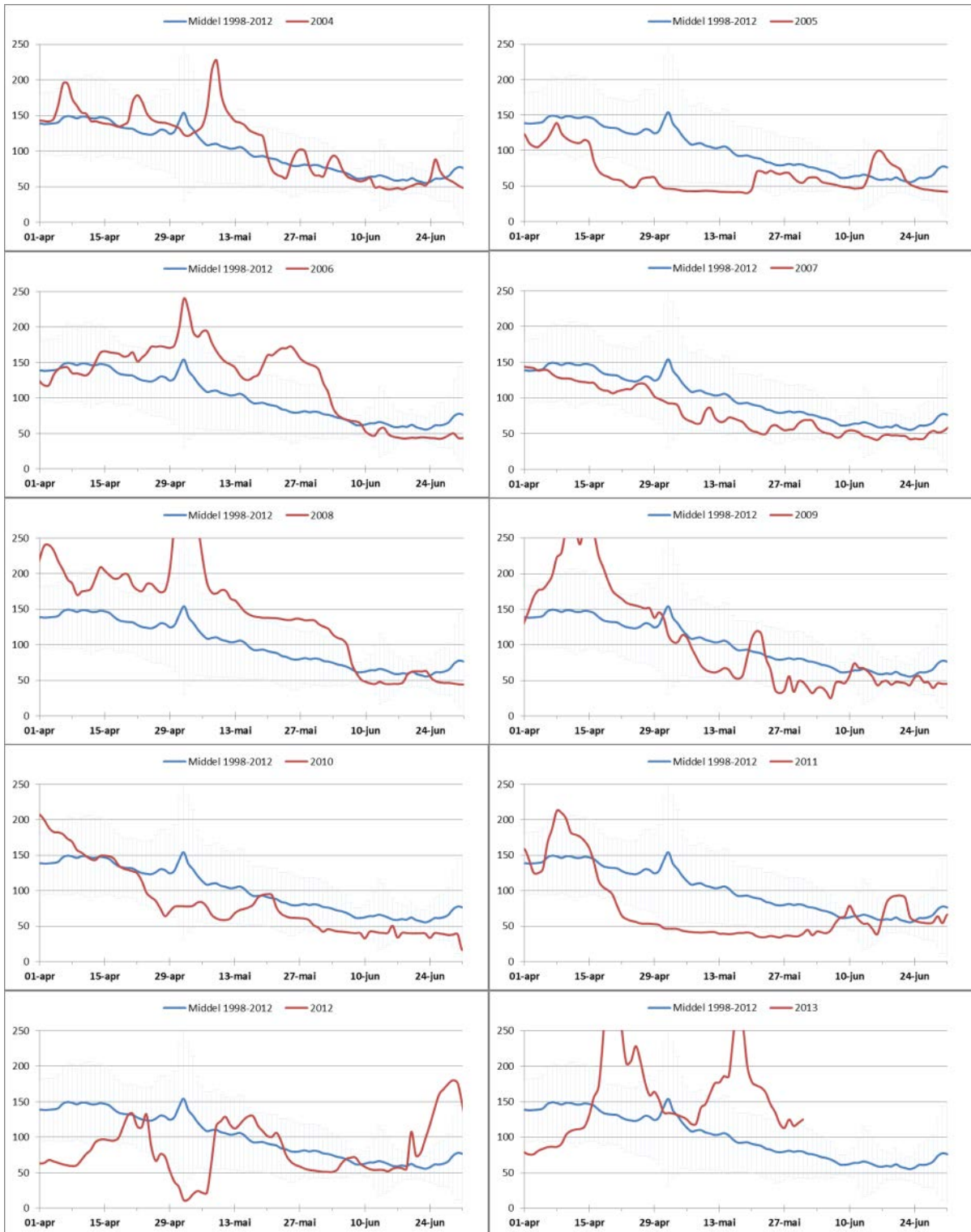
Vedlegg G. Laks sluppet ved Eivindstad 2012

Oppgangen ved Eivindstad var elendig i 2011. 9 laks og 1 sjø-ørret ble kjørt over dammen. Det ble også drept 3 laks i innhoppet til fella.

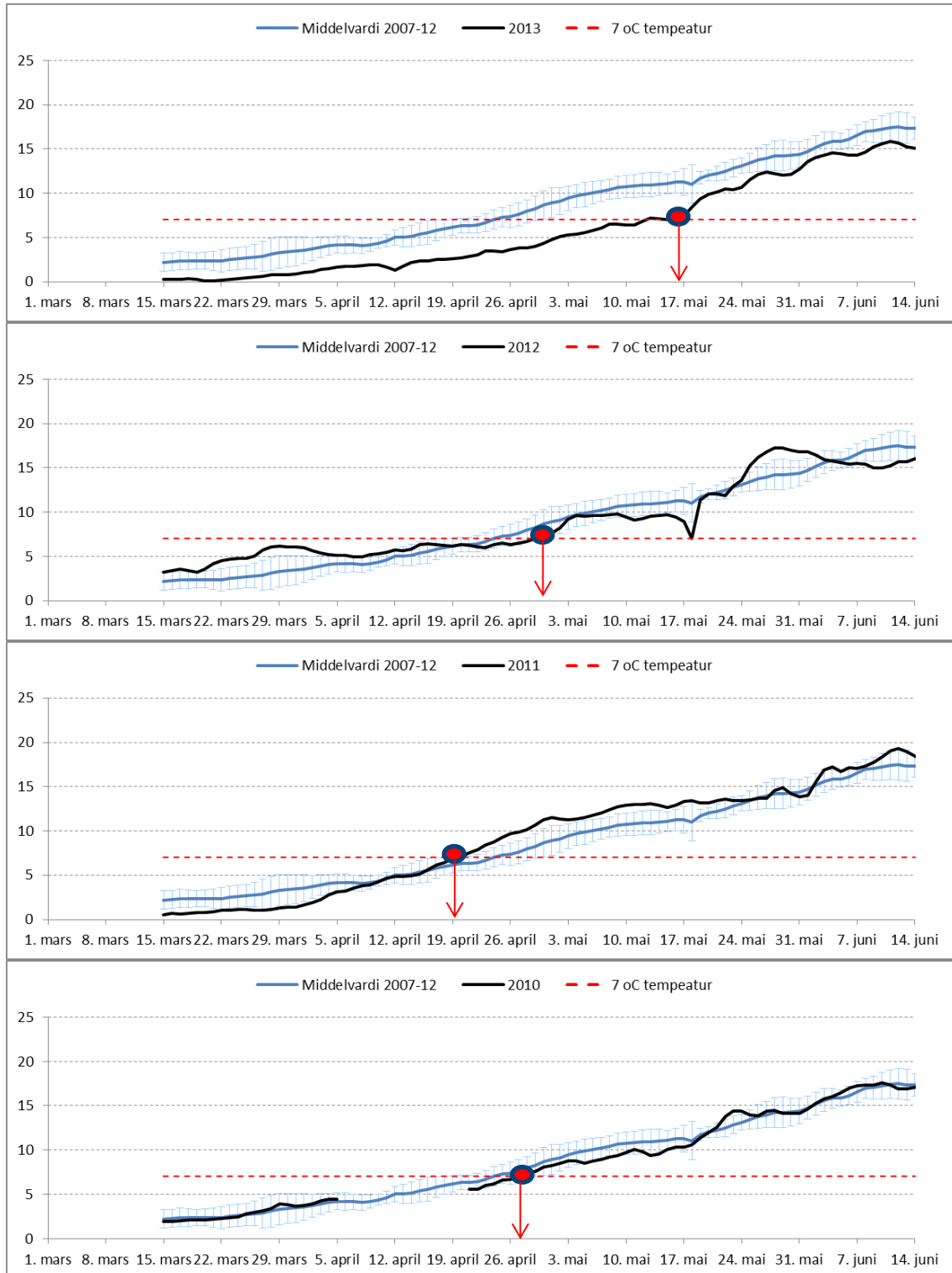
Det ble påvist 63 laks ved Eivindstad i 2012 (notat fra Tore Moe). I dataskjemaet er det 66 laks. Formålet med denne fangsten er å transportere fisken forbi demningen. Viktigste fangstperiode var fra starten av august til ca. midt i september. Ca. 50 % ble fanget før 22. august. Det var tilnærmet 50:50 kjønnsfordeling (32 hunn og 64 hann). Laks i størrelsesintervallet 80 til 110 cm dominerte. Medianlengden var på 90 cm med 80 og 95cm som henholdsvis 25 og 75 prosentilene.

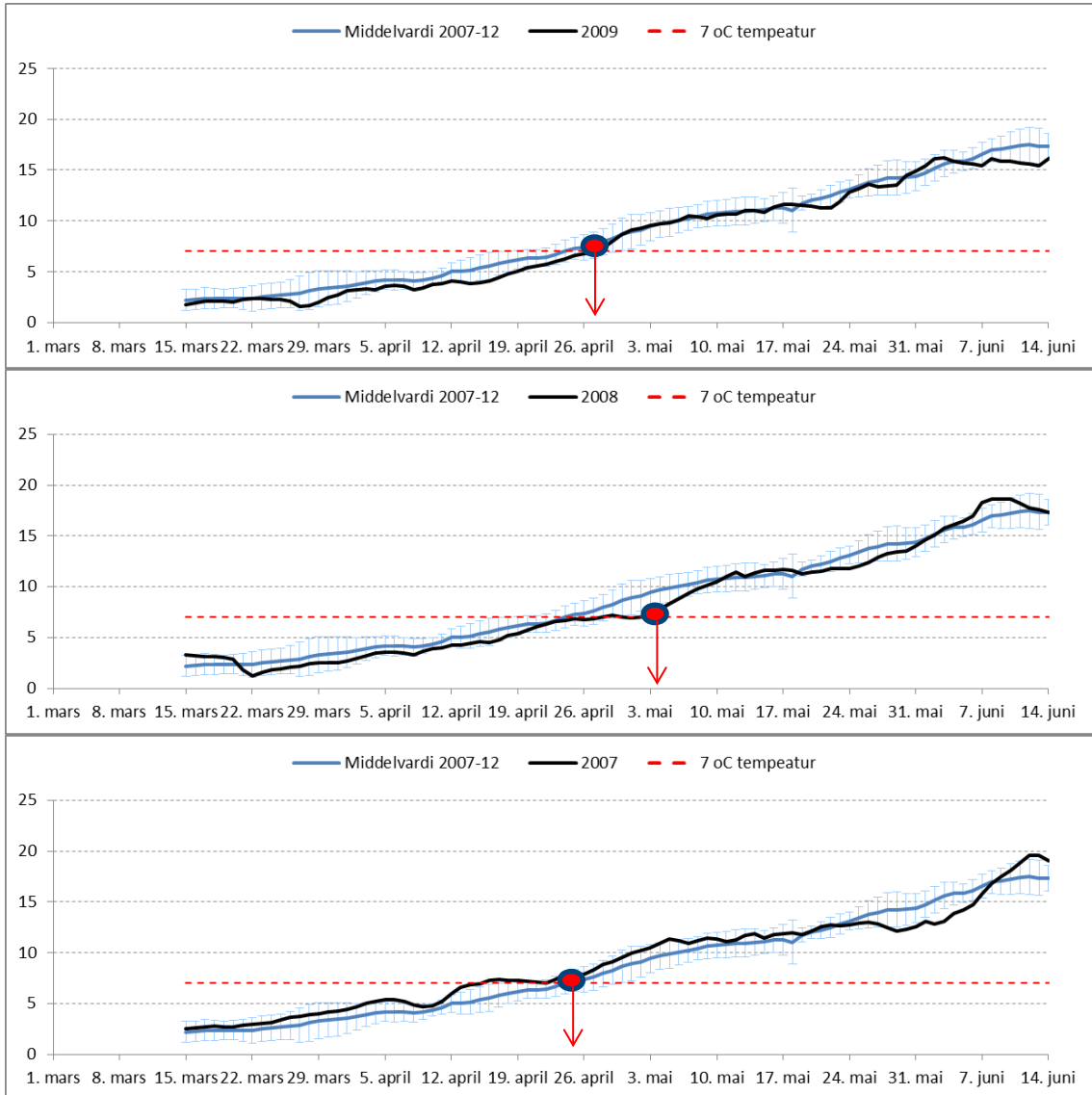


Vedlegg H. Vannføring



Vedlegg I. Temperatur 2006-2013





NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no