

# Overlevelse og vandringsatferd til smolt og vinterstøinger av laks gjennom minstevannføringsstrekningen til Rygene kraftverk, Nidelva





**Hovedkontor**

Økernveien 94  
0579 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Danmark**

Njalsgade 76, 4. sal  
2300 København S, Danmark  
Telefon (45) 39 17 97 33

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

Tittel Overlevelse og vandringsatferd til smolt og vinterstøinger av laks gjennom minstevannføringsstrekningen til Rygene kraftverk, Nidelva	Løpenummer 7666-2021	Dato 02.11.2021
Forfatter(e) Haraldstad, Tormod Johansen, Kurt	Fagområde Vassdragsreguleringer	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 16

Oppdragsgiver(e) Agder Energi Vannkraft AS	Kontaktperson hos oppdragsgiver Svein Haugland
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 200153

<p>Sammendrag</p> <p>Isluka ved inntaket til Rygene kraftverk blir benyttet som en trygg alternativ utvandringsrute for nedvandrende laksesmolt og vinterstøinger. Det var likevel usikkert om utvandring gjennom luka var tilstrekkelig trygg siden luka endte i en betongkanal med fossefall og utsprengt fjell. Resultatene fra denne undersøkelsen viser at utvandring gjennom isluka ikke betydelig reduserte overlevelsen eller vandringshastigheten til akustisk merket smolt (n=30) sammenliknet med en gruppe smolt satt ut nedstrøms (n=30). Tallmaterialet for vinterstøingene er svært lite, men indikerer at individer satt ut i isluka (n=5) har lavere sannsynlighet for å nå elvemunningen enn vinterstøingene som er satt ut nedstrøms (n=4). Overlevelse til smolt fra Rygene til elvemunningen var 73% og 67% for vinterstøinger i denne studien. Størst tap skjer i øvre deler av minstevannføringen og laksen bruker også svært lang på denne delstrekningen. Vi vil anbefale å fjerne den eneste gjenværende terskelen i dette området. Dette vil antagelig føre til kortere oppholdstid samt lavere dødelighet på denne delstrekningen.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Vannkraft</li> <li>Laks</li> <li>Avbøtende tiltak</li> <li>Akustisk telemetri</li> </ol>	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Hydropower</li> <li>Atlantic salmon</li> <li>Mitigation measures</li> <li>Acoustic telemetry</li> </ol>
---	---

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

*Tormod Haraldstad*  
Prosjektleder

*Trine Dale*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7402-8  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Overlevelse og vandringsatferd til smolt og  
vinterstøinger av laks gjennom  
minstevannføringsstrekningen til Rygene  
kraftverk, Nidelva**

## Forord

En kunnskapsoppsummering av fiskebiologiske forhold i Nidelva konkluderte med at vi vet for lite om overlevelsen til smolt og vinterstøinger etter utvandring gjennom isluka og til elvemunningen. På bestilling fra Agder Energi Vannkraft ved Svein Haugland, har NIVA (Norsk institutt for vannforskning) undersøkt smoltens overlevelse og atferd ved bruk av akustisk telemetri våren 2021.

Samme år søkte NIVA Statsforvalteren i Agder om støtte til å merke utvandrende vinterstøinger for å undersøke sjøoverlevelse og deres bidrag i gytebestanden. Planen var å benytte vinterstøinger som ble fanget i smoltfella i isluka på Rygene. Støtte til prosjektet ble dessverre gitt etter at vinterstøingene hadde startet sin utvandring om våren slik at det opprinnelige omsøkte prosjektet ikke kunne gjennomføres. Vi takker Fredrik Gustavsen hos Statsforvalteren for forståelse for dette samt fleksibilitet til å utforme et alternativt prosjektforslag som innebar merking av færre individer, men med en metode som gir mer data om vinterstøingenes overlevelse og vandringshastighet i elva. Prosjektet ble gjennomført på Rygene kraftverk parallelt med atferdsstudiene på smolt. Det er derfor naturlig at disse prosjektene ses i sammenheng med en felles rapport.

Vi takker Agder energi vannkraft, de ansatte på Rygene kraftverk og Statsforvalteren i Agder for et godt samarbeid.

Grimstad, 01.10.2021

Tormod Haraldstad

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Introduksjon.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Metode .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Diskusjon .....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>16</b>

## Sammendrag

Isluka ved kraftverksinntaket til Rygene Kraftverk er benyttet som fluktrute for nedvandrende laksesmolt og vinterstøinger siden 2008. Gjennom flere forsøk er effektiviteten til luken blitt testet og optimalisert. Frem til nå har all fisk som benytter isluka som utvandningsrute blitt fysisk fanget i en heldekkende felle (Wolf-felle). Etter fangst har smolt og vinterstøinger blitt sluppet tilbake til elva nedstrøms dammen. Det har vært et mål at fellen skal tas bort slik at smolt og vinterstøinger kan vandre uhindret ut isluka og ned i minstevannføringsstrekningen. Utvandningsruten består i dag av en betong kanal med et fall på 6 meter ned i et grunt basseng. Videre renner vannet gjennom en passasje over fjell og ned til Hydrahølen, Fabrikkhølen og terskelbassenget ved Strubru. Videre må laksen vandre gjennom en 2,7 km lang minstevannføringsstrekning til kraftverksutløpet på Helle og videre 6 km til elvemunningen. Tidligere undersøkelser har dokumentert lav vandringshastighet og høy dødelighet hos smolt på denne strekningen. I denne undersøkelsen ønsket vi å teste ut om smolt og vinterstøinger som vandret gjennom isluka har lik overlevelse og vandringshastighet som individer som blir satt ut like nedstrøms. Vi ønsket å identifisere eventuelle områder med høy dødelighet eller forsinkelser på strekningen fra Rygene til elvemunningen. I tillegg ønsket vi å undersøke om en kortvarig pulsflom kunne ha en effekt på smoltens vandringshastighet og overlevelse.

Nedvandrende smolt og vinterstøinger ble fanget i fella i isluka. 60 smolt og 9 vinterstøinger ble merket med akustiske sendere. Det ble merket smolt den 3, 7 og 11 mai og vinterstøinger den 21 mai. Halvparten av de merkede individene ble satt ut i isluka (belastning) og halvparten ble satt ut ved Smutten (kontroll), en kort strykstrekning mellom Fabrikkhølen og terskelen ved Strubru. For å følge den merkede fiskens vandring til elvemunningen ble det satt ut 12 lyttestasjoner.

Den merkede smoltens overlevelse fra Rygene til elvemunningen var 73%. Det er en liten, men ikke signifikant, forskjell i overlevelse mellom smolt sluppet i isluka og smolt sluppet nedstrøms. Resultatene fra denne undersøkelsen viser at utvandring gjennom isluka ikke betydelig reduserer overlevelsen eller vandringshastigheten til utvandrende smolt. Et større antall merket smolt ville kunne gitt en statistisk signifikant effekt, men den biologiske effekten ville likevel vært liten. For en totalutvandring av smolt over Rygene på omkring 5000 individer, ville antall utvandrende smolt i elvemunningen vært noen hundre individer høyere om smolten ble fanget og satt ut nedstrøms dammen sammenliknet med om de vandret ut isluka. Tallmaterialet for vinterstøingene er svært lite, men indikerer at individer satt ut i isluka har lavere sannsynlighet for å nå elvemunningen enn vinterstøingene som er satt ut nedstrøms. Det er ikke usannsynlig at belastningen for en stor vinterstøing er høyere enn en liten smolt ned fossen i enden av isluka. Vi vil anbefale videre studier av vinterstøingenes utvandring forbi Rygene, også i perioden etter gyting og om utvandring også kan gjøres gjennom den nyetablerte spaltetrappen.

Størst tap av smolt skjer i øvre deler av minstevannføringen og spesielt mellom Rygene og Rekevika. Smolt og vinterstøinger bruker også svært lang på denne delstrekningen. Vi vil anbefale å fjerne den eneste gjenværende terskelen i Nidelva for å øke vannhastigheten oppstrøms. Dette vil antagelig føre til kortere oppholdstid for vinterstøinger og smolt samt lavere smoltdødelighet på denne delstrekningen. Tiltaket er også foreslått i kunnskapsoppsummeringen der det i tillegg pekes på positive effekter for oppvandrende laks og ungfiskproduksjon om terskelen fjernes. Det er ingen støtte i data for en effekt av den kortvarige pulsflommen den 8. mai på smoltens vandringshastighet.

# 1 Introduksjon

Nidelva var tidligere blant Sørlandets beste lakseelver med en registrert fangst på 12,5 tonn laks i toppåret 1883. Den opprinnelige laksebestanden ble utryddet som følge av forsuring på 1970-tallet. Kalking av flere store innsjøer i nedbørfeltet siden 1996 og kalking med doserer fra 2005 har ført til en bedring i vannkjemi og en re-etablering av en ny laksestamme basert på innvandring av laks fra andre elver og utlegging av lakserogn fra donorstammen i Storelva, Tvedestrand.

Arendalsvassdraget har et nedbørfelt på 4015 km<sup>2</sup>, og er det største på Sørlandet med en årlig middelvannføring på 115 m<sup>3</sup>/s. Vassdraget er sterkt regulert med om lag 50 større og mindre magasiner i nedbørfeltet. Laksen kan vandre til Bøylefoss, 28 km fra elvemunningen. På denne strekningen finnes det i dag to elvekraftverk, Eivindstad og Rygene kraftverk. På den 2,7 km lange minstevannføringsstrekningen mellom inntaket til Rygene kraftverk og utløpet ved Helle er det pålegg om minstevannføring på 1 m<sup>3</sup>/s på vinterhalvåret og 5 m<sup>3</sup>/s på sommerhalvåret (1.5-1.10).

Etter to til tre år gjennomgår laksungene i Nidelva fysiologiske og utseendemessige forandringer som en tilpasning til et liv i sjøen. Når laksen om våren svømmer nedover vassdraget kalles den smolt. Selve utvandringen trigges av økt temperatur og starter når elvetemperaturen overstiger 8 grader. Smoltstadiet er blant de mest sårbare livsstadiene i laksens liv og dødeligheten er høy. Samtidig eller like før, starter også den voksne laksen som har overlevd høstens gyting vandring mot havet. Disse har overvintret i elva og kalles vinterstøinger. De er svært avmagret etter å ha brukt mye energi på gytingen og har ikke tatt til seg næring gjennom vinteren. Overlever de sjøoppholdet vil de komme tilbake til Nidelva for å gyte en gang til. Slike flergangsgytere er viktige for gytebestanden.

Isluka ved kraftverksinntaket til Rygene kraftverk er benyttet som fluktrute for nedvandrende laksesmolt og vinterstøinger siden 2008. Gjennom flere forsøk er effektiviteten til luken blitt testet og optimalisert (Haraldstad et al. 2014, 2019). Gjennom hele undersøkelsesperioden (2013-2020) har all smolt og vinterstøinger som benyttet isluka som utvandringsrute blitt fysisk fanget i en heldekkende smoltfelle (Wolf-felle). Etter fangst har fisken blitt sluppet tilbake i elva nedstrøms dammen.

Etter prosjektperioden har det vært et mål at fella skal tas bort slik at laksesmolt og vinterstøinger kan vandre uhindret ut isluka og ned i minstevannføringsstrekningen. Utvandringsruten består i dag av en betongkanal (4m bred, 15-20m lang) med et fall på om lag 6 meter ned i et grunt basseng. Videre renner vannet gjennom en 120 meter lang passasje over fjell ned til Hydrakhølen og Fabrikkhølen. Passasjen går i naturlige fordypninger og sprekker i fjell. I tillegg er det flere steder støpt betongkanter for å lede vannet samt sprengt ut dypere kulper.

For å nå havet, må laksen vandre gjennom en 2,7 km lang minstevannføringsstrekning til kraftverksutløpet på Helle og videre 6 km til elvemunningen. På syttitallet ble tre terskler etablert på minstevannføringsstrekningen. De to nederste tersklene ble fjernet i 2007, mens terskelen ved Strubru fremdeles er intakt. Tidligere undersøkelser har dokumentert lav vandringshastighet og høy dødelighet hos smolt gjennom minstevannføringsstrekningen (Johansen 2020; Gabrielsen et al 2021). Det er spekulert i om predasjon fra gjedde kan være høy og at terskelen ved Strubru er et område som forsinker utvandringen.

I denne undersøkelsen ønsket vi å teste ut om laksesmolt og vinterstøinger som vandret gjennom isluka hadde lik overlevelse og vandringshastighet som laks som blir satt ut like nedstrøms. I tillegg ønsket vi å identifisere områder med høy dødelighet eller forsinkelser på strekningen fra Rygene til elvemunningen og om en kortvarig pulsflom vil påvirke smoltens vandringshastighet eller overlevelse.



## 2 Metode

Laksesmolt og vinterstøinger ble fanget i en heldekkende felle (Wolf-felle) i isluka ved inntaket til Rygene kraftverk. Fella var i drift i perioden 26.april - 02.juni 2021. Smolt ble merket med 6 mm akustiske merker og vinterstøinger ble merket med 16mm akustiske merker (Thelma Biotel). Merket ble implantert i bukhulen under full anestesi (Figur 1). Lenge og vekt ble notert for hvert individ.



Figur 1: Merking av laksesmolt med akustiske sendere ved Rygene kraftverk våren 2021 (Foto: Kurt Johansen).

Totalt ble det merket 60 smolt fordelt på tre dager og to utsettingslokaliteter (Tabell 1, Figur 2, 4). Det ble merket smolt den 3, 7 og 11 mai. Det ble merket 9 vinterstøinger 21 mai. Halvparten av fiskene ble satt ut i isluka (belastning) og halvparten ble satt ut ved Smutten (kontroll), strykstrekningen mellom Fabrikkhølen og terskelen ved Strubru.

Det var ikke mulig å komme ned til vannflaten når isluka var åpen. Vi måtte derfor slippe smolten gjennom et fire meter langt rør, som munnet ut like nedstrøms fella. Vi mener denne håndteringen er tilnærmet lik det en smolt ville fått om den hadde vandret ut isluka uten at fella var installert.

Tabell 1: Antall laksesmolt og vinterstøinger merket med akustiske sendere og sluppet i Isluka og Smutten i Nidelva ved fire anledninger.

Dato for slipp	Stadium	Utsettingslokalitet	
		Isluka (belastning)	Smutten (kontroll)
03.05.2021	Smolt	10	10
07.05.2021	Smolt	10	10
11.05.2021	Smolt	10	10
21.05.2021	Vinterstøing	5	4

For å følge den merkede fiskens vandring til elvemunningen ble det satt ut 12 mottakere/lyttestasjoner (Figur 2). Mottakere i Fabrikkhølen og Hydrakhølen hadde svært lav deteksjon grunnet støy fra fossen, og er ikke benyttet i den videre analysen.

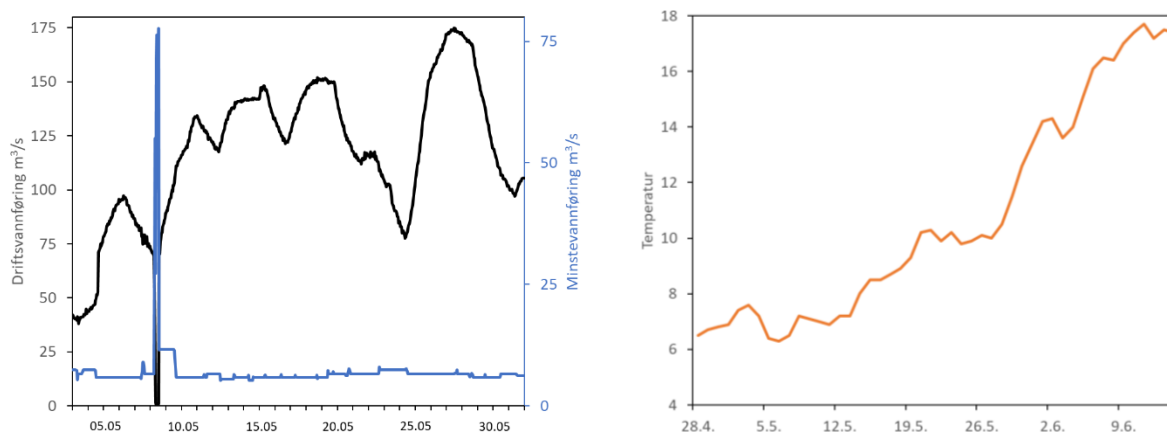
For å undersøke hva som påvirker overlevelse og vandringshastighet til smolten på ulike elveavsnitt ble det benyttet generaliserte lineære modeller (GLM). Modellutvelgelse var basert på AIC. Forklaringsvariablene; utsettingssted (isluka eller Smutten), lengde, k-faktor, utsettingsperiode (3, 7 eller 11 mai) og vannføring (normal eller høy) ble benyttet. Det ble ikke gjennomført statistiske analyser av vinterstøingene grunnet et for lavt antall individer.

Totalvannføring i Nidelv steg fra rundt 50 til 150 m<sup>3</sup>/s gjennom utvandringsperioden (Figur 3). Vannføring i minstevannføringsstrekningen skal etter konsesjonen være over 5 m<sup>3</sup>/s etter 01.mai. Det var driftsstans i kraftverket 8 mai og alt vann rant ut i minstevannføringen. Dette sammenfalt med den andre utsettingsgruppen av smolt (7. mai) og gav mulighet for å teste effekten av en kortvarig pulsflom på vandringshastighet og overlevelse til denne utsettingsgruppen, sammenliknet med de to andre utsettingsgruppene (3. og 11. mai).

Mottakerne ble samlet inn i august 2021 og data overført. Tidspunkt for først og siste deteksjon ble hentet for hvert individ og benyttet i videre analyse. Vi antar at laksen på dette tidspunktet er på vandring nedstrøms mot elvemunningen. Individer med positiv deteksjon på enten, Klauva, Natvig eller Hølen defineres som overlevende til elvemunning. For smolt som ikke ankom elvemunning, definerer vi område for død på elvestrekning nedstrøms siste deteksjon. For estimering av tidsbruk til sjøen brukes mottakerne på Vippa og Hølen som siste mottaker.



Figur 2: Utsettingssted like nedstrøms Wolf-fella i isluka (venstre) og utsettingssted «Smutten», like oppstrøms terskelbassenget ved Strubru (høyre) (Foto: Tormod Haraldstad).



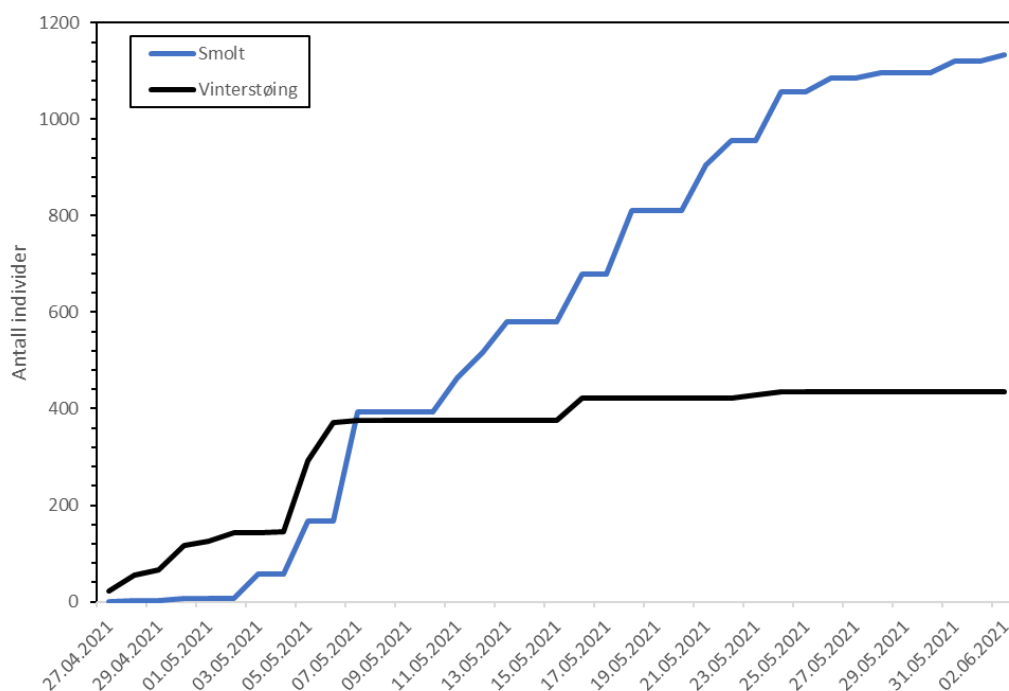
Figur 3: Vannføring gjennom kraftverksturbinen ved Rygene (svart linje) og i minstevannføringsløpet (blå) (Venstre panel). Temperatur i Nidelva ved Helle (2m dyp) under smoltutvandingsperioden 2021 (Høyre panel).



Figur 4: Nedre deler av Nidelva fra Rygene kraftverk (utsettingslokaliteter for akustisk merket laks) til elvemunningen med utplasserte lyttestasjoner (røde sirkler).

### 3 Resultater

Det ble fanget total 1133 laksesmolt og 435 vinterstøinger i fella i isluka ved Rygene kraftverk under utvandningsperioden 2021 (Figur 5). Hovedutvandringen av vinterstøinger inntraff tidligere enn laksesmolten og dato for 50 % utvandring skiller en uke. Det ble tatt ut 60 smolt med lengde fra 14 – 20 cm og 9 vinterstøinger med lengde fra 69 – 88 cm for akustisk merking.

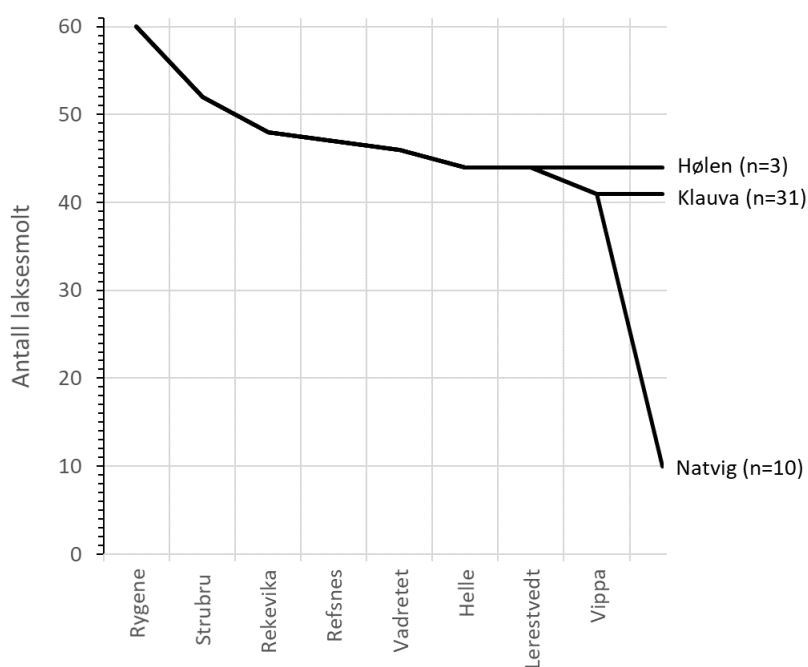


Figur 5: Akkumulert antall utvandrende smolt og vinterstøing registrert i den heldekkende fella i isluka ved inntaket til Rygene kraftverk våren 2021.

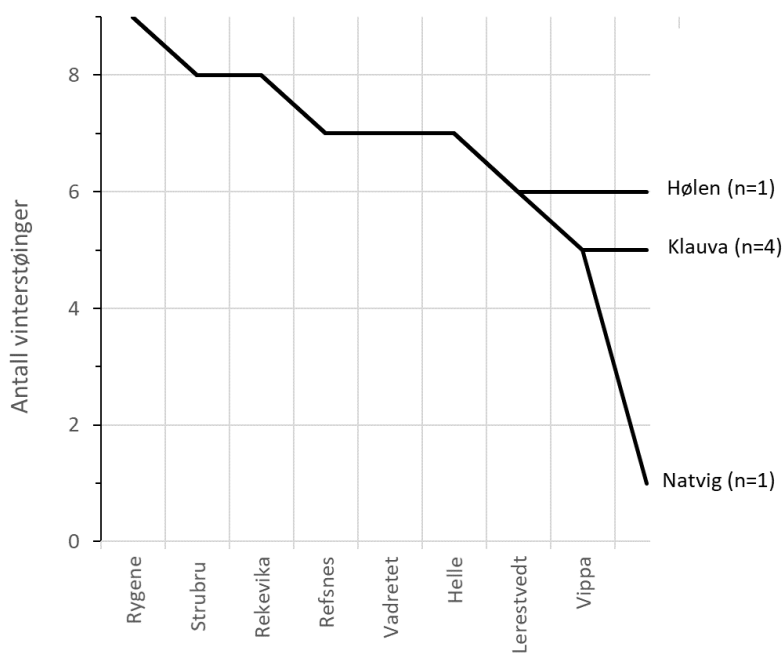
Av 30 smolt som ble sluppet i isluka kom 23 individer seg til terskelbassenget ved Strubru, 21 til kraftverksutløpet ved Helle og videre ut elvemunningen (70 % overlevelse). Tilsvarende tall for smolt som ble sluppet ved Smutten var 26 til terskelbassenget, 23 til Helle og elvemunningen (77 % overlevelse). Vi observerer kun dødelighet på smolt i minstevannføringsstrekningen (27 %) og ingen dødelighet fra Helle og ut til elvemunningen (Figur 6). Flest smolt brukte utløpet ved Klauva (70 %), men også utløpet ved Natvig (23 %) og Hølen ble benyttet (7 %).

Den beste modellen for å forklare variasjon i overlevelse for smolt til terskelbassenget ved Strubru inkluderer en effekt av utsettingssted. Modellen predikerer høyere overlevelse for smolt satt ut i Smutten (kontroll) enn smolt satt ut i isluka (belastning), men effekten er ikke signifikant. Hvis vi ser på hele utvandningsforløpet (Rygene til elvemunningen) er det mindre forskjell i overlevelse mellom de to gruppene og modellen som inkluderer en effekt av lengde (positiv) kommer best ut, men heller ikke denne effekten er signifikant. Det er ingen støtte i data for en effekt av pulsflommen den 8. mai på overlevelse i deler eller hele utvandningsruten.

Overlevelsen for vinterstøingene fra Rygene til elvemunningen var 66 % (Figur 7). Alle (n=4) som ble sluppet ved Smutten var registrert i elvemunningen, mens to av fem individer sluppet fra isluka var registrert i elvemunningen.



Figur 6: Antall overlevende akustisk merket laksesmolt i ulike elveavsnitt fra slipp ved Rygene (n=60) til Helle (n=44) og fordeling av smolt i de tre ulike elveløpene (Hølen, Klauva og Natvig).



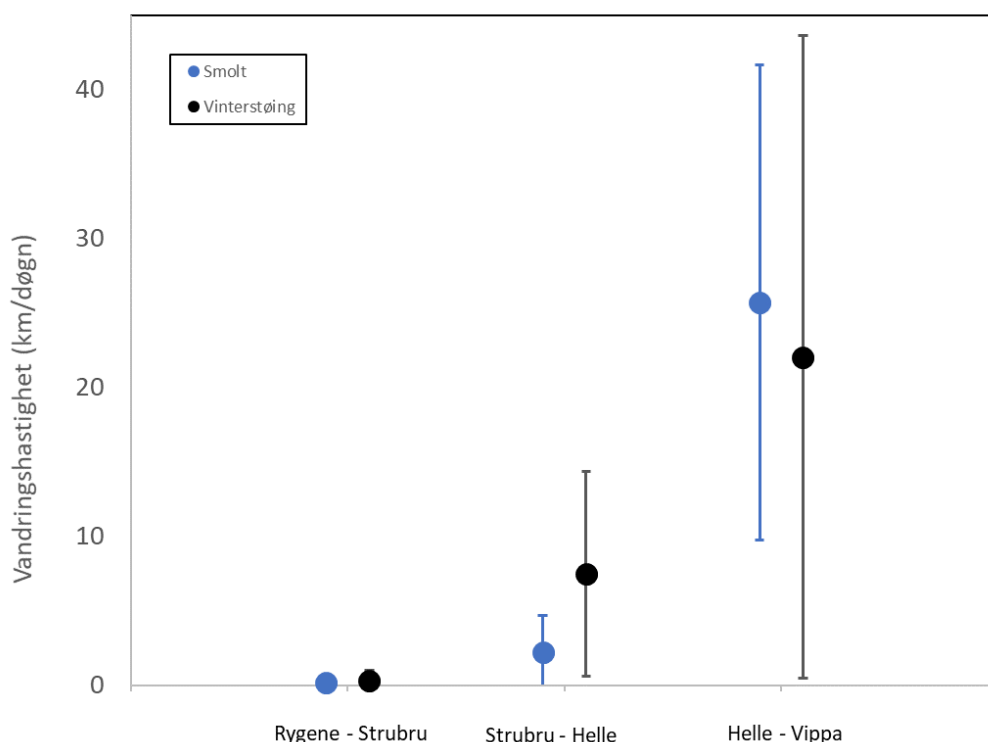
Figur 7: Antall overlevende akustisk merket vinterstøinger i ulike elveavsnitt fra slipp ved Rygene (n=9) til Lerestvedt (n=6) og fordeling av vinterstøinger i de tre ulike elveløpene (Hølen, Klauva og Natvig).



Laksesmolten som ble satt ut i isluka brukte i gjennomsnitt 4,7 (+-4,4) døgn fra slipp til den var registrert i terskelbassenget ved Strubru, mens den som ble satt ut i Smutten brukte 3,7 (+-4,0) døgn. Smolten satt ut i isluka oppholdt seg i gjennomsnitt 3,2 (+-8,2) døgn i terskelbassenget, mens smolten satt ut i Smutten oppholdt seg der 1,1 (+-1,0) døgn i gjennomsnitt. Smolten brukte betydelig kortere tid på den videre vandringen mot elvemunningen. Fra Strubru til Helle brukte smolten 2,3 (+-2,5) døgn og fra Helle til elvemunningen (Vippa) brukte den 0,4 (+-0,4) døgn.

Den beste modellen for å forklare variasjon i oppholdstid (fra utsetting til terskelbassenget ved Strubru, i terskelbassenget og fra Strubru til elvemunningen) inkluderer en effekt av utsettingstidspunkt, der oppholdstiden minker desto seinere på sesongen smolten er satt ut, men effekten er ikke signifikant. Som et eksempel øker oppholdstiden i terskelen i Strubru fra 0,7 til 1,8 og videre til 3,4 døgn fra utsettingene 3, 7 og 11 mai. Det er ingen støtte i data for en effekt av utsettingssted eller pulsflom den 8. mai på oppholdstid i deler eller hele utvandringruten.

Både smolt og vinterstøinger har en økende vandringshastighet ettersom de kommer lengre nedover i vassdraget (Figur 8). Laveste vandringshastighet observerer vi i øvre deler, fra utsetting til de forlater terskelen ved Strubru. Hastigheten er høyest på de siste 6 km til elvemunningen. På den siste elvestrekningen observerer vi også store individuelle variasjoner i vandringshastighet.



Figur 8: Gjennomsnittlig vandringshastighet (+SD) for utvandrende smolt og vinterstøinger av laks i ulike elvestrekninger våren 2021.

## 4 Diskusjon

Det er ingen signifikant forskjell i overlevelse mellom smolt sluppet i isluka og smolt sluppet nedstrøms. Resultatene fra denne undersøkelsen viser at utvandring gjennom isluka ikke betydelig reduserer overlevelsen eller vandringshastigheten til utvandrende smolt. Et større antall merket smolt kunne gitt en statistisk signifikant effekt. Forskjellen mellom gruppene er likevel så liten at den utgjør en liten biologisk effekt. Gitt en utvandring på 5000 smolt forbi Rygene ville 3500 ha kommet seg til havet om de vandret ut isluka, mens tilsvarende tall for en tryggere utvandring ville ligget i område 3800. Man skal være forsiktig med oppskalering av dødelighetsestimater, basert på et tynt tallgrunnlag, men indikerer likevel mulige effekter på smoltbestanden vi her diskuterer. Vi anser dette tapet som minimalt sammenlikner med de mange andre truslene smolten står overfor på sin vandring ut i havet. Samtidig kan man fortsette å fange og sette ut smolt nedstrøms, alternativt etablere en mer skånsom utvandringsrute for smolten ved Rygene.

Størst tap av smolt skjer i øvre deler av minstevannføringen og spesielt mellom Rygene og Rekevika. Dette sammenfaller med at smolt også bruker svært lang tid i dette området. Forsinkelser kan utsette smolten for høyere predasjonsrisiko fra for eksempel gjedde (Jepsen et al 2000). Lav vannhastighet i terskelbassenget kan føre til at smolten mister et av sine viktigste ledetråder nedover vassdraget. Det er vist i andre studier et kunstige innsjøer betydelig reduserer smoltens vandringshastighet (Hansen et al. 1984; Thorpe et al. 1981; Thorstad et al. 2012). I tillegg kan den lave vannhøyden over hele terskelen gjøre smolten skeptisk til å vandre over. Det er vist i andre studier at smolt og vinterstøinger trenger en viss vannhøyde for å slippe seg gjennom overflateluker (Kroglund et al 2013; Haraldstad et al 2019). Ved normal «smoltvannføring» på  $5\text{m}^3/\text{s}$  er vannhøyden over terskelen under 10 cm og selv med en betydelig vannføringsøkning vil vannhøyden over den brede terskelen være relativt liten. Det beste tiltaket vil være å fjerne terskelen. Dette vil kunne minimere smoltens tidsbruk i dette område og antagelig føre til lavere dødelighet. Tiltaket er også foreslått i kunnskapsoppsummeringen der det i tillegg pekes på positive effekter for oppvandrende laks og ungfiskproduksjon om terskelen fjernes (Gabrielsen et al 2021). Hvis dette ikke lar seg gjøre bør terskelen delvis fjernes eller det bør lages passasjer slik at vannhøyden blir større i noen definerte områder.

Vi kan ikke utelukke en viss effekt av håndtering og merking på den utvandrende smolten vi har undersøkt i denne studien. Overlevelsen til en umerket smolt vil kunne være høyere enn en merket smolt. Noe av den observerte dødeligheten (27%) og den lange oppholdstiden i terskelbassenget kan skyldes dette.

Tallmaterialet for vinterstøingene er svært lite, men indikerer at individer satt ut i isluka har lavere sannsynlighet for å nå elvemunningen enn vinterstøingene som er satt ut nedstrøms. Det er ikke usannsynlig at belastningen for en stor vinterstøing er høyere enn en liten smolt ned fossen i enden av isluka og at sannsynligheten for slag blir større når vannvolumet er såpass begrenset. Vi vil anbefale videre studier av vinterstøingenes utvandring forbi Rygene, også i perioden etter gyting og om utvandring også kan gjøres gjennom den nyetablerte spaltetrappen.

Vandringshastigheten til vinterstøingene på de ulike elvestrekkningene ser ut til å være tilsvarende lik som smolt. Også for vinterstøinger ser terskelbassenget ut til å forsinke utvandringen. Vinterstøingene som ble merket i denne studien var blant de sist utvandrende. Studier fra Altaelva og egne observasjoner fra Nidelva indikerer at vinterstøinger i best kondisjon venter lengst med å

forlate elva (Halttunen et al 2013). En sen merking som i dette forsøket representerer antagelig atferd og overlevelse til individer med kondisjon over gjennomsnittet av bestanden.

## 5 Referanser

- Gabrielsen, S., Haraldstad, T. & A. Lamberg. 2021. Nidelva. Kunnskapsoppsummering av fiskebiologiske forhold. NORCE Miljø LFI rapport 406.
- Halttunen, E., Jensen, J. L. A., Næsje, T. F., Davidsen, J. G., Thorstad, E. B., Chittenden, C. M., ... & Rikardsen, A. H. 2013. State-dependent migratory timing of postspawned Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70(7), 1063-1071.
- Hansen, L., B. Jonsson & K. Døving. 1984. Migration of wild and hatchery reared smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., through lakes. *Journal of Fish Biology* 25(5):617-623.
- Haraldstad, T., Guttrup, J., & Haugen, T. O. 2014. Smoltutvandring i Nidelva 2014-Utprøving av tiltak for nedvandrende smolt ved Rygene kraftverk.
- Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Haugen, T. O., Forseth, T. 2018. Common mechanisms for guidance efficiency of descending Atlantic salmon smolts in small and large hydroelectric power plants. *River research and applications* 1-7
- Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Lamberg, A., Olsen, E. M., & Haugen, T. O. 2018. Condition-dependent skipped spawning in anadromous brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 75(12), 2313-2319.
- Kroglund, F., Haraldstad, T. & J. Guttrup. 2013. Utvandring av anadrom fisk i Storelva 2012; datarapport. NIVA-rapport.
- Jepsen, N., S. Pedersen & E. B. Thorstad. 2000. Behavioural interactions between prey (trout smolts) and predators (pike and pikeperch) in an impounded river. *Regulated Rivers Research & Management*, 16(2) :189-198
- Thorpe, J., L. Ross, G. Struthers & W. Watts, 1981. Tracking Atlantic salmon smolts, *Salmo salar* L., through Loch Voil, Scotland. *Journal of Fish Biology* 19(5):519-537.
- Thorstad, E. B., F. Whoriskey, I. Uglem, A. Moore, A. H. Rikardsen & B. Finstad, 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *Journal of Fish Biology* 81(2):500-542 doi:10.1111/j.1095-8649.2012.03370.x.

## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)