

# Vurdering av overlevelsen til laksesmolt i Tysseelva ved bruk av akustisk telemetri

## Pilotstudie 2022



**NORCE**

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

# Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

**NORCE Miljø LFI**, Nygårdsgaten 112, 5008 Bergen, **Tel:** 55 58 22 28

**ISSN nr:** ISSN-2535-6623

LFI-rapport nr: 455

**Tittel:** Vurdering av overlevelsen til laksesmolt i Tysseelva ved bruk av akustisk telemetri - Pilotstudie 2022

**Dato:** 30.09.2022

**Forfattere:** Sven-Erik Gabrielsen, Saron Berhe, Erlend M. Hanssen, Cecilie I. Nilsen, Eirik S. Normann, Yngve Landro, Robert J. Lennox, Bjørnar Skår, Knut W. Vollset & Tore Wiers

**Bilder:** Fotografier er tatt av LFI

**Geografisk område:** Vestland, Hordaland, Norge

**Oppdragsgiver:** Eviny produksjon AS

Kontaktperson hos oppdragsgiver: Sissel H. Mykletun

Antall sider: 17

**Emneord:** Smoltutvandring, overlevelse, akustisk telemetri, kraftverk

Gabrielsen, S.-E., Behre, S., Hanssen, E.M., Nilsen, C.I., Normann, E.S., Landro, Y., Lennox, R.J., Skår, B., Vollset, K.W. & Wiers, T. 2022. Vurdering av overlevelsen til laksesmolt i Tysseelva ved bruk av akustisk telemetri i 2022. NORCE LFI rapport 455.

## 1. Innhold

<b>1. Bakgrunn og hensikt .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Metode .....</b>	<b>5</b>
2.1 Område .....	5
2.2 Akustisk telemetri .....	7
2.3 Fangst og merking av smolt .....	7
2.4 Dataanalyse .....	9
<b>3. Resultater.....</b>	<b>10</b>
3.1 Deteksjoner .....	10
3.2 Vandringsstidspunkt .....	10
3.3 Vandring gjennom kraftverk eller over fossen.....	14
3.4 Vandring i fjorden .....	15
3.5 Predasjon .....	15
<b>4. Diskusjon.....</b>	<b>15</b>
4.1 utfordringer med lyttebøynettverket oppstrøms inntaksdammen .....	15
<b>5. Konklusjon.....</b>	<b>16</b>
<b>5. Referanser.....</b>	<b>17</b>

## 1. Bakgrunn og hensikt

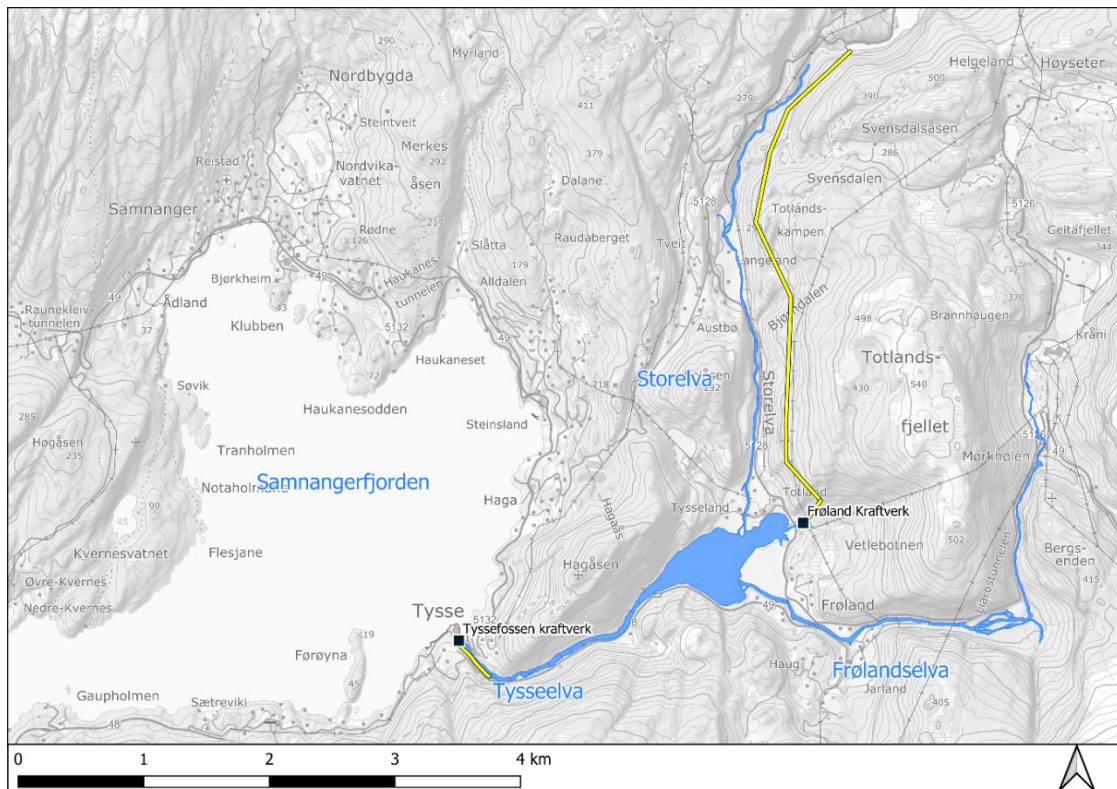
NORCE LFI fikk i mars 2022 en henvendelse fra Eviny v/Sissel H. Mykletun om å utføre undersøkelser for å prøve og avklare om laksesmolten overlever utvandringen ned Samnangervassdraget. Eviny har et elvekraftverk (Tyssefossen kraftverk) i nedre del av Tysseelva, og utformingen av dette gjør at det er mulig at mange laksesmolt vandrer ut av vassdraget gjennom dette kraftverket. NORCE LFI har fått flere bekymringsmeldinger fra lokalt hold tilknyttet denne problemstillingen. Ved å merke smolt med akustiske sendere kan man prøve å avklare spørsmålet angående smoltens overlevelse ut av vassdraget. Våren 2022 ble laksesmolt merket med akustiske merker for å redegjøre for om smolt overlever passasjen gjennom selve kraftverket eller om de vandrer forbi og ned hovedløpet, videre ned fossen og ut i fjorden. I forbindelse med smoltvandring er det også kjent at elvemunninger, altså hvor elva møter sjøen, ofte er forbundet med høy risiko for predasjon for smolten. Ved å merke et utvalg av individene med predasjonsmerker ble det forsøkt å undersøke denne problemstillingen parallelt.

Overordnet problemstilling var: Går merket smolt inn i Tysse kraftverk ved utvandring eller vandrer de ned hovedløpet? Overlever merket smolt om den vandrer gjennom kraftverket til Eviny? Hvordan er overlevelsen for smolt som vandrer fra elv til fjord?

## 2. Metode

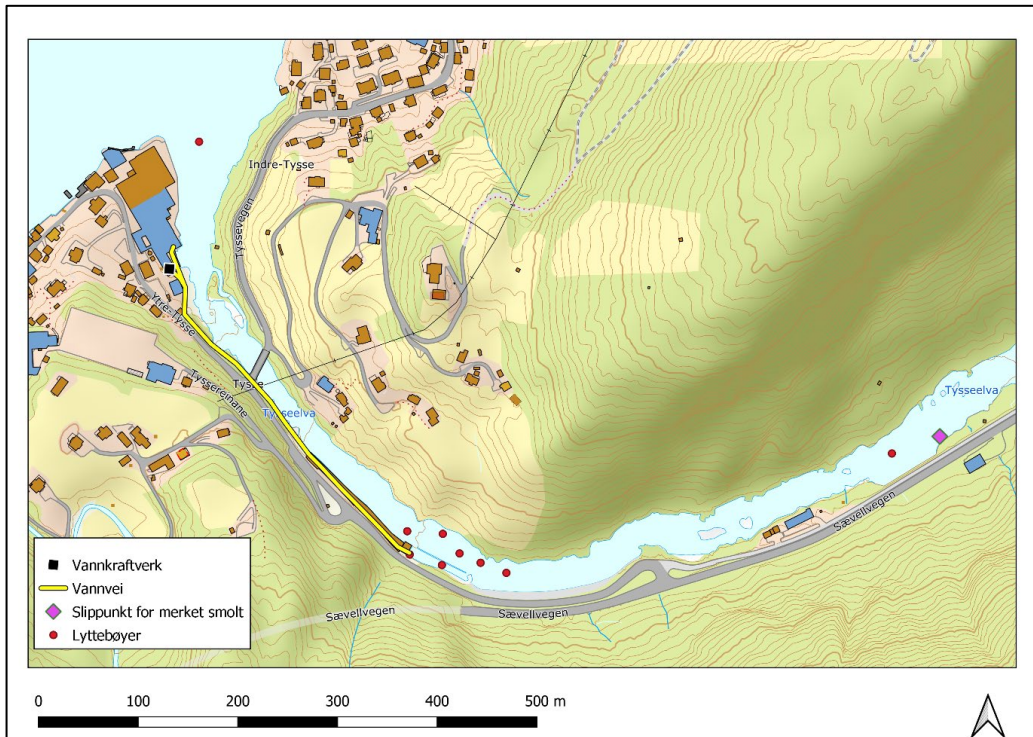
### 2.1 Område

Undersøkelsene ble gjennomført i Tysseelva, en elv i Samnanger kommune i Vestland fylke. Tysseelva er en del av Tyssevasdraget, som består av Storelva og Frølandselva som begge renner inn i Frølandsvatnet, hvorfra Tysseelva renner ut i Samnangerfjorden (se **Figur 1**). For ytterligere informasjon om habitat og utfordringer i vassdraget, se Hanssen m.fl. 2022.

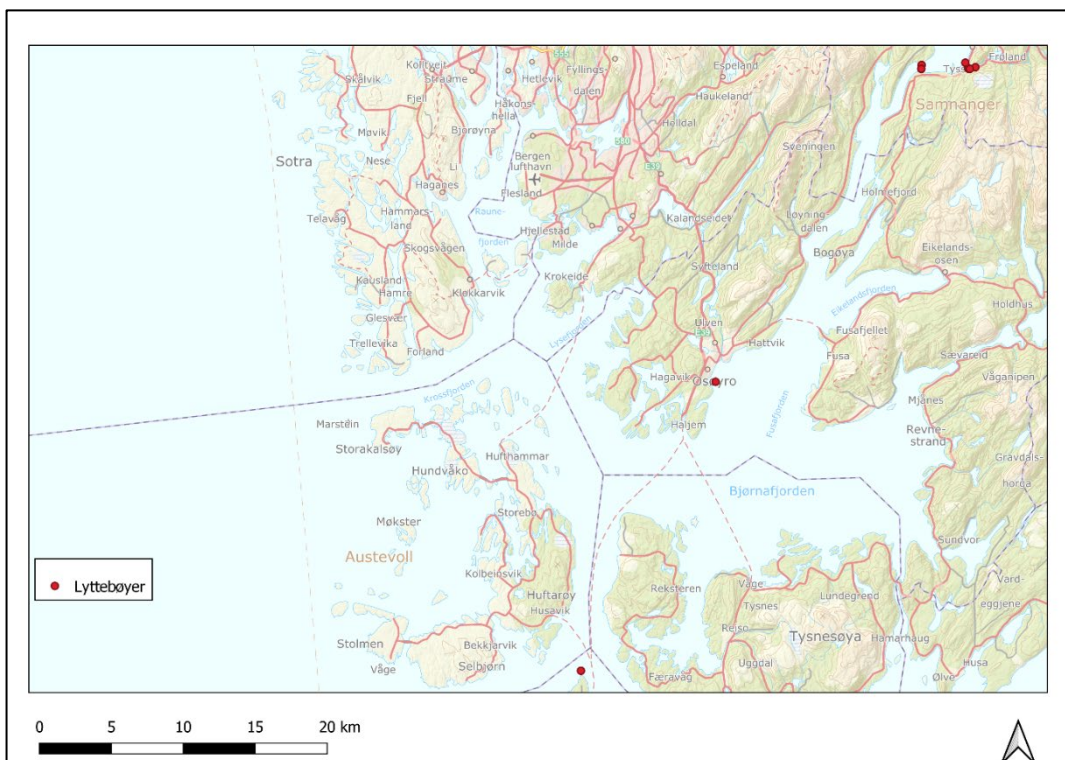


**Figur 1.** Oversiktskart over Tyssevasdraget med innløpselvene Frølandselva og Storelva inn i Frølandsvatnet, samt kraftverkene i systemet.

For å undersøke problemstillingen rundt smoltvandring og kraftverket ble det plassert ut 11 lyttebøyer i systemet. Én av disse var ved slippunktet hvor smolten ble sluppet ut etter merking, seks i et nettverk av lyttebøyer oppstrøms inntaket til Tyssefossen kraftverk, én i elva nedstrøms kraftverket, én i elvemunningen i Samnangerfjorden og to lyttebøyer ved Straumsneset og Gaupholmen (**Figur 2** og **Figur 3**). I tillegg er det i forbindelse med andre telemetristudier, en rekke andre lyttebøyer i fjordene rundt Bergen. NORCE LFI samarbeider med andre aktører og utveksler data fra alle lyttebøyer i systemet, slik at vi til sammen hadde 13 lyttestasjoner for å følge smoltvandringen konkret i denne sammenheng (**Figur 3**).

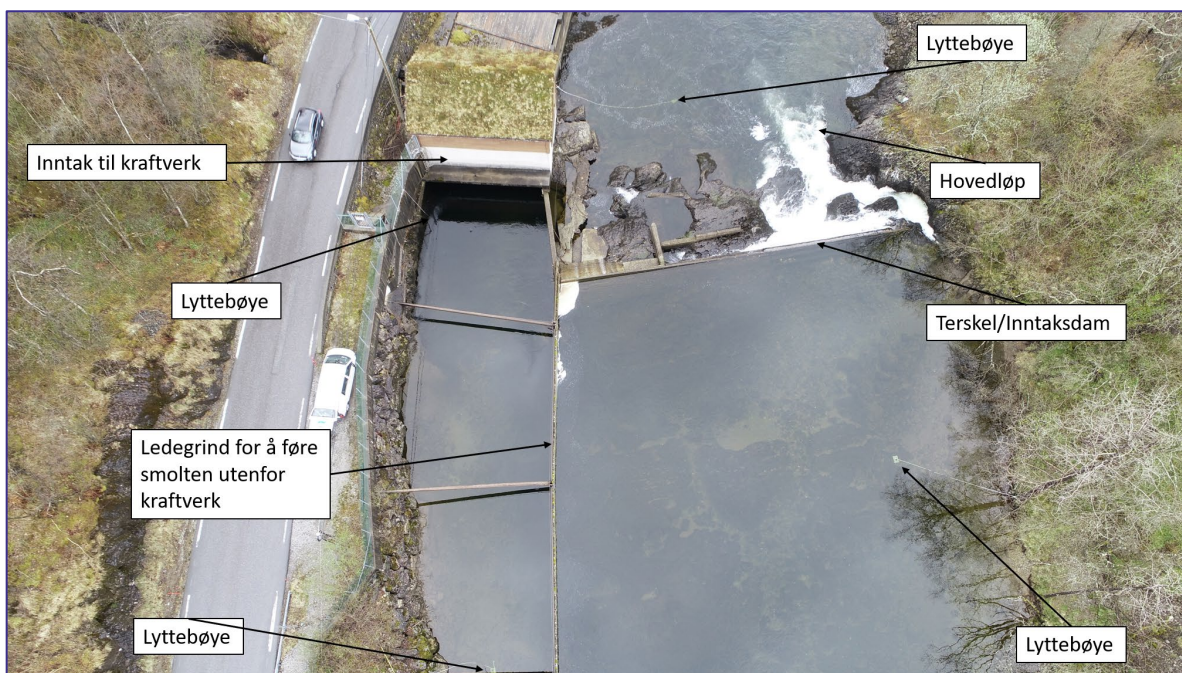


**Figur 2.** Kart over nedre del av Tysseelva som viser hvor de merkede laksesmoltene ble sluppet ut (rosa firkant) og hvor de ulike lyttebøylene var plassert (røde sirkler).



**Figur 3.** Kart over utvandningsruten til smolten med lyttebøyer i elv, Samnangerfjorden, Bjørnafjorden og Selbjørnsfjorden. Lyttebøylene i ytre fjord er røktet av INAQ i forbindelse med et merkeforsøk i Os.

Området av størst interesse i denne pilotstudien var ved inntaksdammen til Tyssefossen kraftverk (**Figur 4**). Her er det plassert en ledegrind i tre som skal hindre fisk fra å vandre inn i kraftverket og gjennom kraftverksturbinen, men tidligere undersøkelser har vist at det er flere områder hvor fisk kan komme forbi denne ledegrinden (Hanssen m.fl. 2022). Inntaksdammen (terskelen) framstår noe utfordrende for smolt å forsere på lav vannføring, og disse to i kombinasjon gjør at det er stilt spørsmål rundt smoltvandring i dette området av Tysseelva. Som **Figur 4** viser var det plassert ut lyttebøyer ved inntaket til kraftverket, nedenfor inntaksdammen i hovedløpet, ovenfor inntaksdammen samt flere som man ikke ser på bildet.



**Figur 4.** Inntaksdammen til Tyssefossen kraftverk, med noen av lyttebøyene, ledegrinda og kraftverksinntaket.

## 2.2 Akustisk telemetri

Akustisk telemetri er en metode hvor man følger atferden til fisk ved hjelp av små elektroniske sendere. Disse senderne, kalt merker, sender ut et høyfrekvent lydsignal unikt for hvert enkelt merke. Merkene sender signal i et intervall mellom 30 og 90 sekunder. Disse signalene plukkes opp av lyttebøyer som plasseres ut i vannet. Ut ifra hvordan man plasserer lyttebøyene kan man da følge den merkede fisken på dens vandring, følge med på atferden og overlevelsen.

## 2.3 Fangst og merking av smolt

Laksesmolt (N=145) ble fanget med et elektrisk fiske 28. april 2022. Samtlige laksesmolt ble fanget oppstrøms inntaket til Tysse kraftstasjon (**Figur 1**), hvorav 119 i Tysseelva og 26 i

Storelva. Smolten ble transportert i bøtter til spesialtilpassa smoltbur som var plassert i elven med god gjennomstrømming av vann. Deretter ble 49 av smoltene merket, mens de resterende ble lengdemålt og satt ut igjen. Alle smoltene som ble merket ble holdt minst én time i smoltbur etter fangst.

For den smolten som ble merket, ble hver enkelt overført til et bedøvelsesbad, og holdt der til orienteringsevnen var tapt. Deretter ble fiskelengde og vekt registrert før merket ble operert inn i smolten. I løpet av operasjonen ble vann tilsatt en halv dose bedøvelse ledet over gjellene til smolten via spesialtilpasset plastslange, slik at den fikk nok oksygen og samtidig tilstrekkelig bedøvelse for å ikke oppleve smerter under operasjonen. Thelma LP6-merker (lengde=14,5 mm) ble brukt til å merke 35 av smoltene, mens de resterende 14 ble merket med Thelma LP6-P-merker (lengde=21 mm) som har en predasjonssensor for tilleggsinformasjon knyttet til predasjon. Predasjonsmerkene har en sensor som registrerer orientering på merket i forhold til en gjennomsnittsorientering, og dette er gjennom flere studier vist å være en effektiv måte å detektere predasjon på laksesmolt. Merkene ble operert inn i bukhulen til fisken ved at man lager et lite kutt like til siden for bukens midtlinje (linea alba), setter merket inn og syr igjen med to kirurgsting. Operasjonssekvensen avsluttes ved at man tilfører desinfeksjonsmiddel (jod) på sårstedet og fører fisken til et gjenoppvåkingskar med friskt vann. Smolten blir da overvåket for å se at den er i fin form før den settes ut igjen i smoltburene i elva. Der blir de holdt til kveldstid før de blir sluppet ut igjen i elva når det er mørkt. Forsøket ble gjennomført med tillatelse fra Mattilsynet (FOTS ID 29461) og operasjonene ble gjennomført etter interne standardprosedyrer av sertifiserte ansatte.



*Merket blir operert inn i bukhulen og operasjonssåret sydd igjen med to kirurgsting. To typer merker ble benyttet. Den største registrerer om fisken blir spist (predasjonsmerke).*





## 2.4 Dataanalyse

Lyttebøyene ble hentet inn og dataen lastet ned i august 2022. Dataanalysene ble gjennomført i R-studio. Ved å plassere lyttebøyene i et tett nettverk oppstrøms kraftverksinntaket var tanken at man skulle kalkulere rutene til smolten ved hjelp av «multiateralization» noe som på norsk ofte kalles triangulering, altså en kalkulering av posisjonen basert på at merket blir hørt av minst tre lyttebøyer samtidig, og man kan da bruke tidsforskjellen i deteksjoner til å kalkulere en nøyaktig rute. Dessverre virket ikke dette etter hensikten, da store mengder vann og mye turbulens gjorde at det var svært krevende deteksjonsforhold oppstrøms kraftverket. Smoltvandringen ble derfor undersøkt ved individuelle deteksjoner på lyttebøyer, ikke ved å skape nøyaktige spor ut ifra flere lyttebøyer samtidig. En rekke antakelser ble gjort for å tolke smoltens vandring ut Tysseelva til Samnangerfjorden:

1. Dersom en smolt ikke ble oppdaget på noen av lyttebøyene i hverken elv eller fjord ble disse utelatt fra analysen.
2. Dersom en smolt ble detektert på lyttebøyen på innsiden av ledegrinden som siste deteksjon i elven, altså lyttebøyen nærmest kraftverksinntaket, ble det antatt at denne smolten vandret gjennom kraftverket.
3. Dersom en smolt sist ble detektert på en av lyttebøyene på utsiden av ledegrinden, eller på lyttebøyen mellom inntaksdammen og fjorden, ble det antatt at denne smolten vandret ned fossen.
4. Dersom en smolt ble detektert på en lyttebøye over lang tid, altså at den ikke vist tegn til noe vandring, ble det antatt at denne smolten var død.
5. Dersom en smolt hadde predasjonsmerke og denne sensoren indikerte predasjon, ble det antatt at denne smolten ble spist.

En logistisk regresjon ble brukt til å teste om det var en signifikant effekt av lengde og Fultons K-faktor på overlevelse av smolt fra elv til sjø.

### 3. Resultater

#### 3.1 Deteksjoner

Av de 49 laksesmoltene som ble merket, ble 46 detektert minst én gang (**Tabell 1**). Kun 21 av disse ble oppdaget på lyttebøyen ved slippunktet, noe som indikerer at denne var plassert på en ugunstig plass med tanke på rekkevidde og deteksjonseffektivitet. Dermed ble det også krevende å avdekke tidspunktet smolten starter vandringa ut av vassdraget. Tre av smoltene ble ikke registrert på lyttebøyen før juni, noe som indikerer at flere av smoltene ikke var klare til å vandre på tidspunktet ved merking.

#### 3.2 Vandringstidspunkt

Etter merking var det i hovedsak to utvandrigsgrupper i vassdraget. Den første gruppa som vandret ut ble observert å vandre fra inntaksdammen i starten av mai (median 03.05.22), og ble observert ved de to lyttebøyene ute i Samnangerfjorden omtrent en uke etterpå (median 10.05.22) (**Figur 6**). Den første gruppa var også den største, og av de 31 individene som totalt ble observert i Samnangerfjorden ved Gaupholmen og Straumsneset var 24 stk i denne gruppen. Den andre utvandrigsgruppen ble værende lengre i vassdraget, og ble observert å vandre fra inntaksdammen i starten/midten av juni (median 8.06.22) og ble observert ved de to lyttebøyene ute i Samnangerfjorden et par dager etterpå (10.06.22) (**Figur 6**). Siden dette er median, vil det ikke gi all informasjon. For inngående bevegelser av smoltene kan man se på **Tabell 1**, som viser første og siste deteksjon på de ulike lyttebøyene i utvandrigsruta. En oversikt over vannføringen på de to utvandrigstidspunktene er vist i **Figur 5**.



*Sølvblank laksesmolt på vandring ut fjorden.*

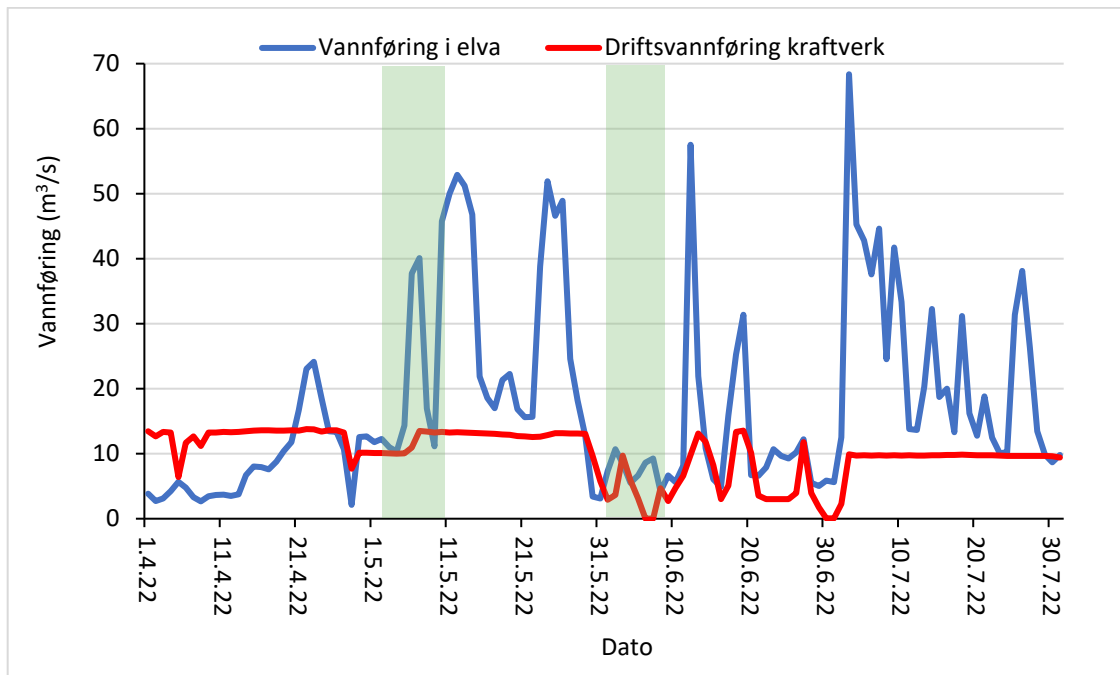
**Tabell 1.** Deteksjoner av merka laksesmolt på ulike lyttbøyer i Tyssevasdraget og i fjordområdet utenfor 2022. Grå kolonne er utslippslokalitet i elv oppstrøms kraftverket, grønn er inntaksdam til kraftverket, rosa er hovedløp nedstrøms inntak, turkis er i elvemunningen og gråblå er ute i fjorden.

Fisk ID	Utslippslokasjon i elv		Inntaksdam		I hovedløpet nedenfor inntaksdam		Elvemunningen		Fjorden Gaupholmen/Straumsneset	
	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon
5596									07.05.2022 03:56	07.05.2022 04:58
5597									14.05.2022 23:38	14.05.2022 23:54
5598	12.06.2022 07:38	12.06.2022 07:38							14.06.2022 03:02	14.06.2022 03:13
5599									22.05.2022 11:26	23.05.2022 00:02
5600	04.05.2022 00:13	04.05.2022 00:26							07.05.2022 10:34	07.05.2022 11:35
5601			05.06.2022 12:57	06.06.2022 15:29					07.06.2022 11:40	07.06.2022 11:40
5602									11.05.2022 19:29	28.06.2022 04:55
5604										
5605			11.06.2022 12:08	12.06.2022 00:41					14.06.2022 13:18	16.06.2022 00:08
5606							29.05.2022 02:02	09.06.2022 03:54		
5607			30.04.2022 13:13	30.04.2022 13:15						
5608									16.05.2022 23:37	17.05.2022 00:26
5609			09.06.2022 15:16	09.06.2022 15:38			10.06.2022 23:08	10.06.2022 23:08		
5610	09.06.2022 10:15	09.06.2022 10:17	09.06.2022 18:43	09.06.2022 18:57			10.06.2022 07:16	10.06.2022 07:25		
5612			09.06.2022 12:24	09.06.2022 12:36			10.06.2022 09:48	10.06.2022 09:49	10.06.2022 18:30	10.06.2022 18:59
5613	14.05.2022 03:27	14.05.2022 03:27					01.06.2022 13:43	28.06.2022 05:38		
5614									07.05.2022 18:39	11.05.2022 23:31
5615	02.05.2022 04:00	01.06.2022 16:48	02.06.2022 16:01	02.06.2022 23:47					04.06.2022 12:35	04.06.2022 12:40
5616	29.04.2022 22:42	23.05.2022 21:50								
5617			05.05.2022 23:39	05.05.2022 23:55			06.05.2022 00:56	06.05.2022 00:56	09.05.2022 00:31	09.05.2022 00:46
5618	06.05.2022 18:31	07.05.2022 07:30							15.05.2022 04:23	15.05.2022 04:52
5619	29.04.2022 06:17	29.04.2022 06:20					01.06.2022 13:17	01.06.2022 13:17	08.05.2022 01:03	08.05.2022 01:46
5620	30.04.2022 15:15	30.04.2022 17:33	06.05.2022 23:15	06.05.2022 23:18			30.05.2022 21:11	17.06.2022 03:41		
5621	28.04.2022 22:11	28.04.2022 22:49	03.05.2022 23:21	03.05.2022 23:40					08.05.2022 01:20	08.05.2022 01:28
5622			05.05.2022 00:38	05.05.2022 04:55	05.05.2022 23:47	05.05.2022 2 23:48			06.05.2022 07:19	08.05.2022 16:33
5623									09.05.2022 21:46	11.05.2022 17:58
5624	29.04.2022 00:05	29.04.2022 00:52								
5625									14.05.2022 13:32	15.05.2022 00:47

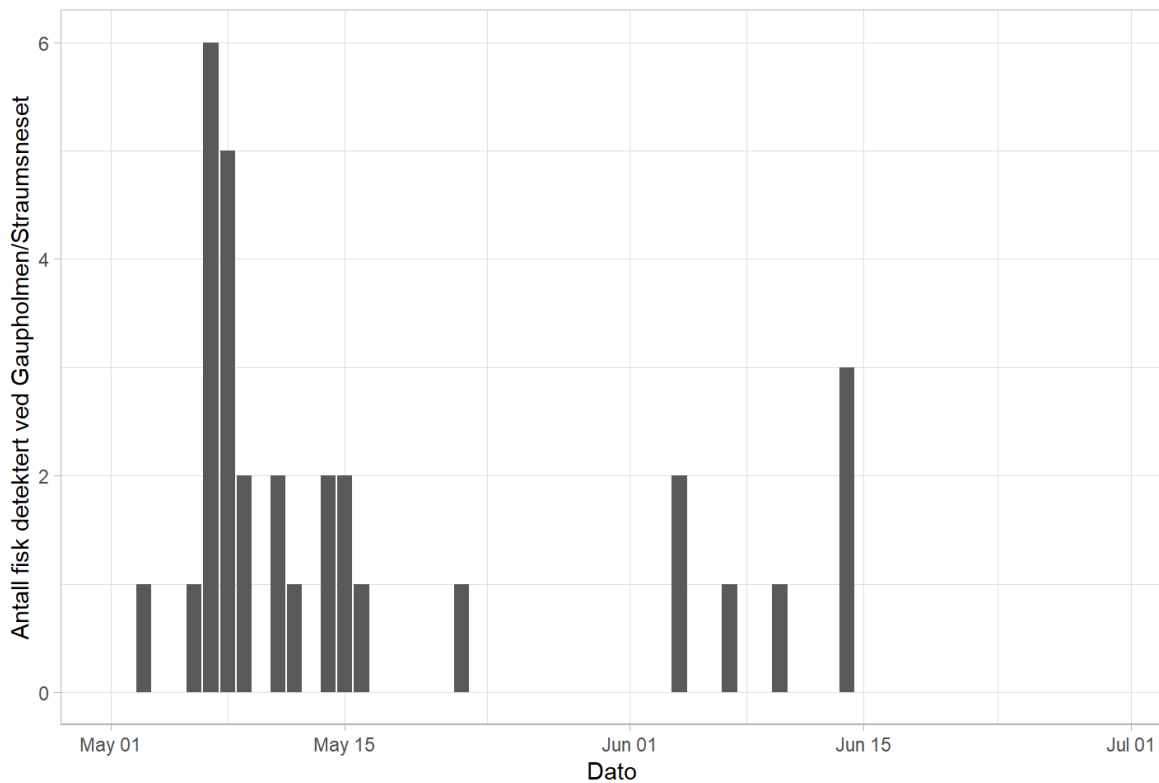
**Fortsettelse Tabell 1.** Deteksjoner av merka laksesmolt på ulike lyttebøyer i Tyssevasdraget og i fjordområdet utenfor 2022. Grå kolonne er utslippslokalisering i elv oppstrøms kraftverket, grønn er inntaksdam til kraftverket, rosa er hovedløp nedstrøms inntak, turkis er i elvemunningen og gråblå er ute i fjorden.

ID	Utslippslokasjon i elv		Inntaksdam		I hovedløpet nedenfor inntaksdam		Elvemunningen		Fjorden Gaupholmen/Straumsneset	
	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon	Første deteksjon	Siste deteksjon
5626	28.04.2022 22:56	28.04.2022 22:56	29.04.2022 01:59	29.04.2022 02:25					12.05.2022 22:46	15.05.2022 02:41
5627			29.04.2022 04:37	30.04.2022 09:19						
5628			04.06.2022 19:18	04.06.2022 23:23	04.06.2022 23:25	04.06.2022 23:41	07.06.2022 20:40	09.06.2022 01:16		
5630			07.06.2022 08:52	07.06.2022 09:02	07.06.2022 09:23	07.06.2022 12:44	09.06.2022 23:23	21.06.2022 23:39		
7159			08.05.2022 23:20	10.05.2022 01:02					11.05.2022 20:33	11.05.2022 20:38
7161	28.04.2022 19:15	28.04.2022 19:15	29.04.2022 05:13	29.04.2022 05:26					15.05.2022 21:57	15.05.2022 22:13
7163	28.04.2022 19:32	28.04.2022 19:35								
7165	01.05.2022 13:04	01.05.2022 13:04							07.05.2022 09:04	07.05.2022 11:06
7167	29.04.2022 08:42	29.04.2022 08:42	04.05.2022 00:00	06.05.2022 06:39					08.05.2022 23:38	08.05.2022 23:48
7169	07.06.2022 07:45	07.06.2022 08:32							14.06.2022 02:59	15.06.2022 05:13
7171									08.05.2022 00:55	08.05.2022 01:06
7173							31.05.2022 21:11	02.06.2022 15:43	04.06.2022 05:35	04.06.2022 05:39
7175	30.04.2022 00:33	30.04.2022 00:38							07.05.2022 04:45	07.05.2022 05:10
7179	28.04.2022 22:43	28.04.2022 23:03					04.06.2022 13:48	17.06.2022 04:45		
7181									07.05.2022 21:30	07.05.2022 21:42
7183			28.04.2022 22:27	28.04.2022 22:41			01.06.2022 13:35	16.06.2022 22:50		
7185	28.04.2022 19:14	28.04.2022 22:47	04.05.2022 00:16	04.05.2022 02:18					08.05.2022 05:12	08.05.2022 06:01
7187	28.04.2022 19:33	28.04.2022 19:35	29.04.2022 05:45	29.04.2022 06:14					03.05.2022 12:40	03.05.2022 12:58

Ved den første utvandningsperioden med sterkt økende vannføring, gikk det meste av vannet ned hovedløpet og ikke gjennom kraftverket. Imidlertid var det tilnærmet full drift i kraftverket hele tiden i denne perioden (ca. 14 m<sup>3</sup>/s), mens vannføringen i hovedløpet økte fra 10 til over 45 m<sup>3</sup>/s i løpet av 6 dager (**Figur 5**). I den andre utvandningsperioden, var det større variasjon i vannføringen i hovedelven og i driftsvannføringen, med bl.a. en stans i kraftverket 6. og 7. juni slik at alt vannet rant ned i hovedløpet. Dette vil trolig påvirke laksesmoltens valg av utvandningsrute mye, spesielt vil dette gjelde i situasjoner når det er lite vann i hovedelven og mye vann inn i kraftverket og vice versa.



**Figur 5.** Gjennomsnittlig døgnavannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) målt i elva (blå linje) nedstrøms inntaksdammen til Tyssefossen kraftverk og driftsvannføringen i kraftverket (rød linje) i Samnangervassdraget i perioden 1. april 2022-31. juli 2022. Vannføringsdataene i elva er ikke nøyaktige for vannføringer over ca.  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , men figuren indikerer endringer i vannføring i perioden. Driftsvannføringen i kraftverket er beregnet gjennom en simuleringsmodell. De grønne stolpene angir de to utvandringstidspunktene hvor de fleste smoltene trolig vandret ut av vassdraget. Data fra EVINY.



**Figur 6.** Deteksjoner av merket laksesmolt i fjorden ved Gaupholmen/Straumsneset.

### 3.3 Vandring gjennom kraftverk eller over fossen

Basert på deteksjonsmønstre, ble vandringen til smolten rundt kraftverket avgjort. Det var lav deteksjonseffektivitet til tross for de mange lyttebøyene på det lille område ovenfor inntaksdammen, trolig grunnet mye turbulens og høy vannføring. Allikevel fikk man til en viss grad tolket bevegelsene til 17 av smoltene i dette området. Av disse 17 vandret trolig 15 av smoltene over inntaksdammen og ned fossen, mens 2 trolig kom inn i kraftverket. Av de 15 som ble tolket til å vandre over inntaksdammen, ble 3 individer detektert på lyttebøyen som var plassert i elven nedstrøms inntaksdammen. Denne var plassert på et svært turbulent område med mye støy og var ikke forventet å plukke opp mange signaler, men det bekrefter imidlertid at smolt kan gå over dammen og ned fossen. De to smoltene som kom inn i kraftverket ble ikke detektert igjen og døde trolig som følge av passasjen gjennom kraftverket.

### 3.4 Vandring i fjorden

Av de 49 merkede smoltene, ble 39 (80 %) detektert i fjorden, hvorav 30 (61 %) av disse ble detektert på lyttebøyene plassert ved Straumsneset og Gaupholmen. To av disse ble registrert på lyttebøyenettverket lenger ute i Bjørnafjorden og Selbjørnsfjorden. Overlevelse for vandrende smolt var ikke relatert til lengde ( $z = -0.61$ ,  $P = 0.54$ ) eller k-faktor ( $z = -0.36$ ,  $P = 0.72$ ) til fisken, selv om den statistiske styrken var lav for å oppdage små effekter.

### 3.5 Predasjon

14 smolt ble merket med predasjonsmerker, hvorav tretten av disse ble detektert på det akustiske lyttebøyenettverket. Tre av disse ble registrert som spist (predasjon = 23 %) selv om signalene fra det ene merket var noe vanskelig å tolke. Disse laksesmoltene ble trolig spist i elvemunningen eller i områdene like utenfor, men siden det er få registreringer på lyttebøyene i elven, er det vanskelig å konkludere med hvor de ble spist og vi kan ikke utelukke at brunare i elven har spist laksesmolt og f.eks. sluppet seg ned og ut av vassdraget. Forsøkene viser at nesten 1 av fire laksesmolt blir spist basert på resultatene fra predasjonsmerkene.

## 4. Diskusjon

### 4.1 utfordringer med lyttebøyenettverket oppstrøms inntaksdammen

Nettverket av seks lyttestasjoner ovenfor inntaksdammen ved kraftverksinntaket var forventet å yte gode resultater med tanke på deteksjonseffektivitet. Disse lyttebøyene kan i f.eks. innsjøer ha rekkevidder på flere hundre meter, mens de her stod kun 20-40 meter fra hverandre. Disse lyttebøyene har også kraftige synkroniseringsmerker (altså enda kraftigere signal enn merkene i smolten) som sender ut signal hvert tiende minutt. På denne måten kommuniserer lyttebøyene med hverandre, og målet var å bruke deteksjoner på flere lyttebøyer samtidig til å få nøyaktige spor av smoltens bevegelser. Dessverre var deteksjonseffektiviteten svært dårlig grunnet bakgrunnsstøy, trolig grunnet høy vannføring og mye turbulens. Dette gjorde at til og med de kraftige signalene mellom lyttebøyene i store perioder ikke ble detektert. Da dette var en ny metode (triangulering) for å undersøke en slik problemstilling, og det aldri er gjort lignende studier i vassdraget, var dette en mulighet man ikke kunne utelukke at ville forekomme. Det framkommer tydelig at et forsøk på triangulering i elvefasen av vandringen i dette vassdraget ikke vil være mulig. En ny studie kan innebære flere modifikasjoner som å øke frekvensen på hvor ofte merkene sender ut signal, flere lyttebøyer og å sette lyttebøyer tett på linje like ved inntaksdammen. På denne måten økes sannsynligheten for å avgjøre om smolten går over inntaksdammen eller gjennom kraftverket. Det er også et alternativ å benytte radiomerker, en teknologi som er

mye mer effektiv i støyrike områder, men som ofte er mer belastende for smolten og krever mer aktiv overvåking under selve studien grunnet behov for manuelt peilearbeid.

Til tross for utfordringene med vanskelige forhold i elven, ble en stor andel av smolten oppdaget i fjorden. Bedre deteksjonsforhold her gjorde at man med relativt stor sikkerhet kunne svare på generell overlevelse for smolten fra elv til sjø. Denne var god, hvor 80 % av smoltene ble detektert i fjorden ved Tysse, og 61 % på lyttebøyene tre kilometer fra elvemunningen. Bjerck m.fl. 2021 observerte kun 38 % overlevelse fra elv til fjord, mens 40 % av smoltene i en elv i England kom seg ut til fjorden (Lothian m.fl. 2018). Dette tyder på at en god andel av smolten overlever vandringen ut elven, men problemstillingen knyttet til kraftverket er vanskeligere å avklare. Dersom 12 % av smolten går gjennom kraftverket på f.eks. lav til moderat vannføring og disse dør vil det være en betydelig flaskehals for overlevelse i elvefasen for smolten i Tyssevassdraget. Uten a priori estimater av hva som er akseptable nivåer for overlevelse gjennom kraftverket er det vanskelig å evaluere hva våre resultater i kontekst av vannkraftreguleringen og forvaltning av bestanden betyr.

Resultatene burde tolkes i lyset av at dette er et pilotforsøk for å prøve å forstå påvirkningene fra Tyssefossen kraftverk på laksesmolten i vassdraget. For det første var de vanskelige deteksjonsforholdene begrensende i form av hvor sterke konklusjoner vi kan trekke fra pilotforsøket. For det andre vil et slikt forsøk, som kun gjøres ett år, ikke kunne gjenspeile variasjonen mellom år, noe som kan være betydelig, f.eks. med tanke på relative vannføring i hovedelva sammenlignet med driftsvannføringer i kraftverket i smoltutvandringsperioden. For det tredje ble det kun merket 49 smolt, noe som statistisk sett gir lav statistisk styrke når man skal undersøke signifikante effekter og mekanismer i et vassdrag. Det er klart at dersom vi hadde bedre deteksjonsstyrke i elvefasen ville det vært bedre grunnlag for analyser, men når dette ikke var tilfelle blir det krevende. Allikevel var vi i stand til å svare på flere av målene med prosjektet, inkludert overlevelse av smolt ut av vassdraget til fjorden samt et estimat på hvor mange smolt som går inn i kraftstasjonen, selv om sistnevnte har noe usikkerhet knyttet til seg.

## 5. Konklusjon

Overlevelsen for smolten fra elv til sjø var god, hvor 80 % av smoltene ble detektert i fjorden ved Tysse, og 61 % på lyttebøyene tre kilometer fra elvemunningen. Dette tyder på at en god andel av smolten overlever vandringen ut elven. Videre viser resultatene for laksesmolt merket med predasjonsmerker, at 3 av 13 smolt ble spist. Dette tilsvarende 23 %. Predasjon utgjør derfor trolig en større dødelighet for laksesmoltene enn kraftverket, men problemstillingen knyttet til kraftverket er vanskeligere å avklare. I våre forsøk ser det ut til at det meste av de merka laksesmoltene vandret ut ved relativt høye eller stigende



vannføringer i elva. I en periode var det heller ikke drift av kraftverket og dette problematiserer hovedformålet med forsøket. Dersom 12 % av smolten går gjennom kraftverket på f.eks. lav til moderat vannføring og disse dør vil det være en betydelig flaskehals for overlevelse i *elvefasen* for smolten i Tyssevassdraget, mens predasjon kanskje kan være et større problem i *sjøfasen*. Uten a priori estimater av hva som er akseptable nivåer for overlevelse gjennom kraftverket er det vanskelig å evaluere hva våre resultater i kontekst av vannkraftreguleringen og forvaltning av bestanden betyr. Resultatene burde tolkes i lyset av at dette er et pilotforsøk for å prøve å forstå påvirkningene fra Tyssefossen kraftverk på laksesmolten i vassdraget. Vanskelige deteksjonsforhold og med de ovenfornevnte resultater, begrenser hvor sterke konklusjoner vi kan trekke fra pilotforsøket. Derfor vil et slikt forsøk, som kun gjøres ett år, ikke kunne gjenspeile variasjonen mellom år, noe som kan være betydelig, f.eks. med tanke på relativ vannføring i hovedelva sammenlignet med driftsvannføringer i kraftverket i smoltutvandringsperioden. Økt innsats med flere merkede smolt og et bedre designoppsett basert på erfaringene fra denne piloten, vil trolig kunne styrke vurderingen av om laksesmolt vandrer inn i Tysse kraftverk eller ikke og om de eventuelt overlever om de går inn i kraftverket.

## 5. Referanser

Bjerck, H. B., Urke, H. A., Haugen, T. O., Alfredsen, J. A., Ulvund, J. B., & Kristensen, T. (2021). Synchrony and multimodality in the timing of Atlantic salmon smolt migration in two Norwegian fjords. *Scientific reports*, *11*(1), 1-14.

Lothian, A. J., Newton, M., Barry, J., Walters, M., Miller, R. C., & Adams, C. E. (2018). Migration pathways, speed and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in a Scottish river and the near-shore coastal marine environment. *Ecology of Freshwater Fish*, *27*(2), 549-558.