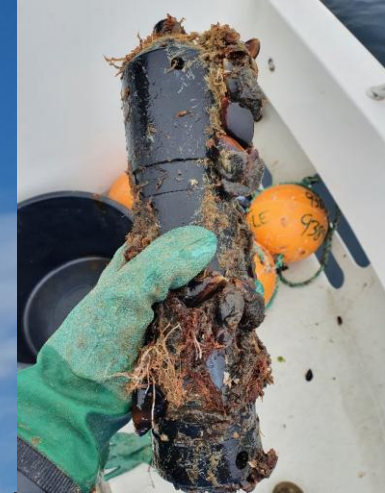
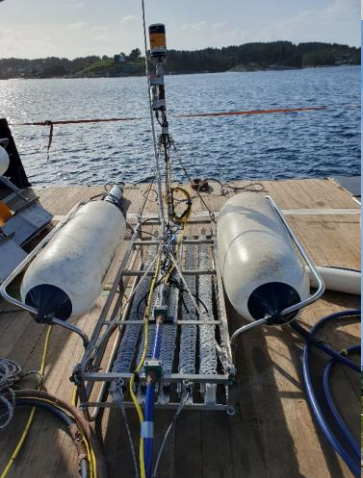


Adferdsforsøk med torsk og seismikk

Lise D. Sivle, Kate McQueen, Tonje N. Forland
Havforskningsinstituttet

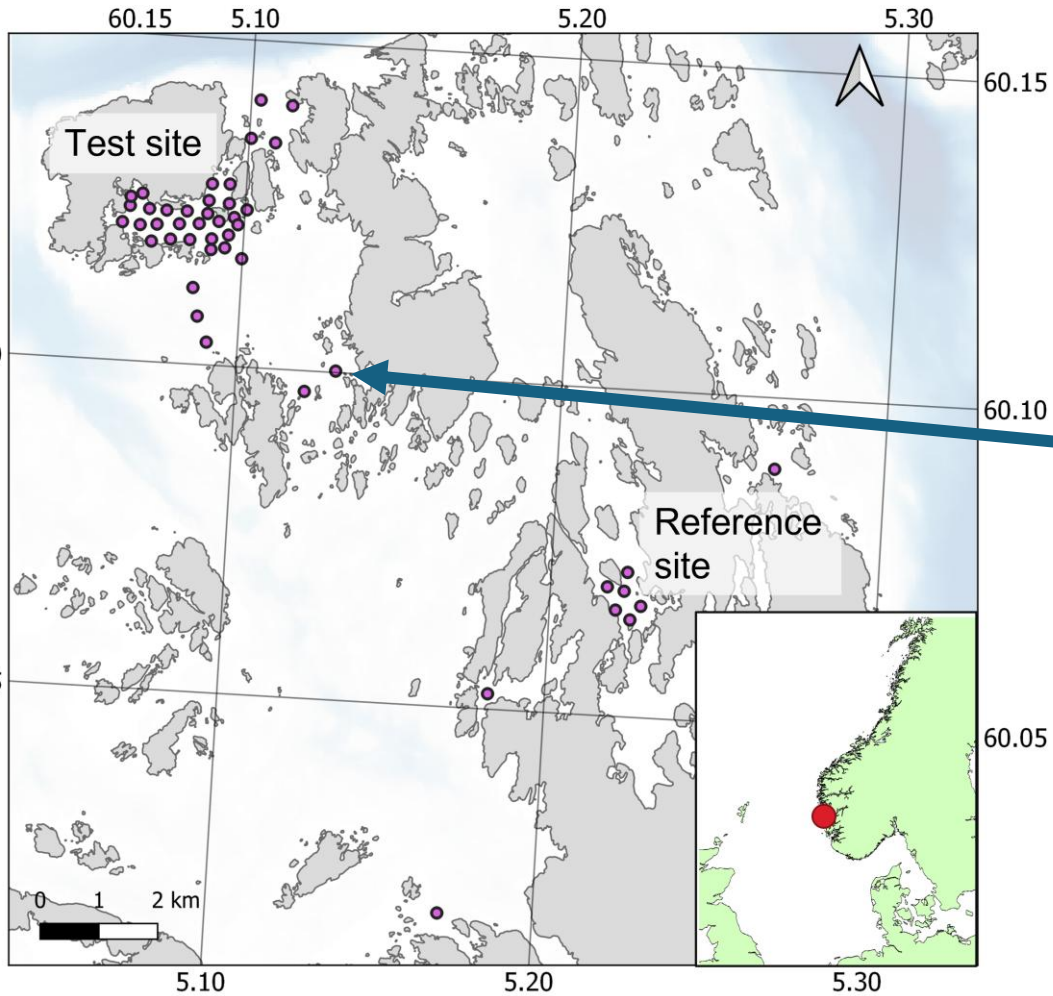


Bakgrunn

- HI fraråder seismikk i gyteområder/perioder med 20 nmi buffersone. Basert på Engås et al. 1996 som viste at torsk og hyse svømte unna seismikk opp til en avstand på minst 20 nmi.
- Seismikk kilder nå derimot mindre enn på 90 tallet.
- Usikkert hvordan gytende fisk responderer.



Akustisk telemetri



Austevoll, western Norway

Torsk (*Gadus morhua*)



Photo: K McQueen



Photos: Erlend Astad Lorentzen / Havforskningsinstituttet

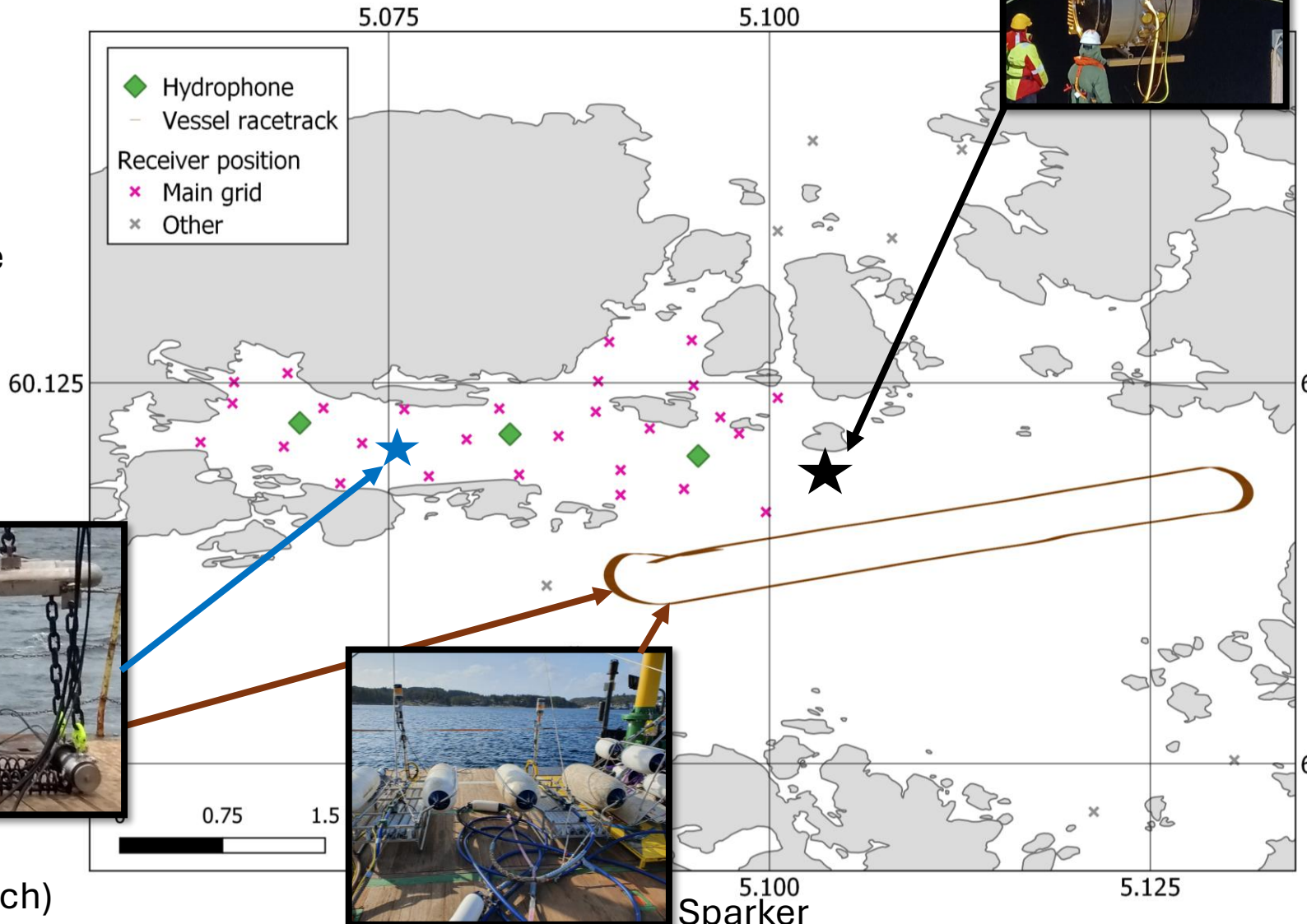


Ca. 50 torsk merket hvert år fra 2019-2025

Eksponering til reelle seismiske lydkilder

- Randomisert blokk design:
 - Lydkilde (+fartøy)
 - Fartøy
 - Stille kontroll

Tilfeldig rekkefølge



Seismiske kilder



- Luftkanon

- Impulsiv, lavfrekvent (< 100 Hz)
- Max. 10 s SEL 145 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ (forsøk 1)
- Max 10 s SEL 150 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ (forsøk 2)



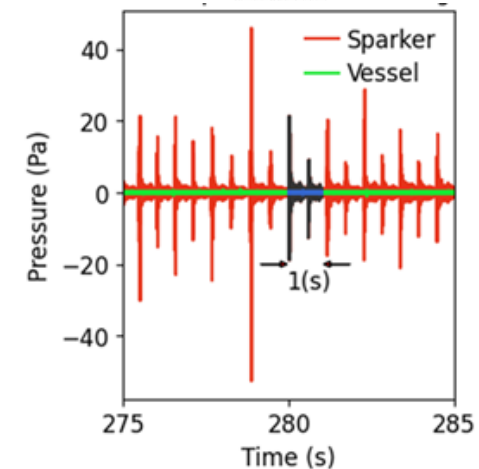
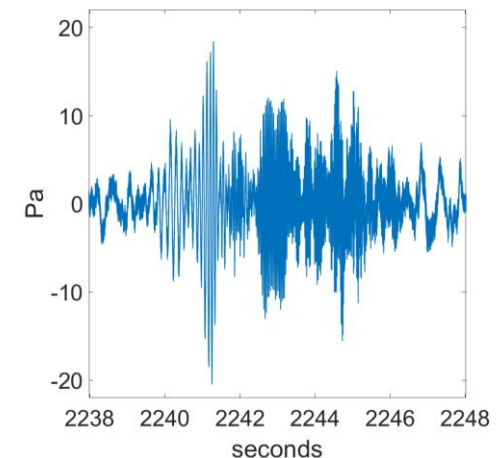
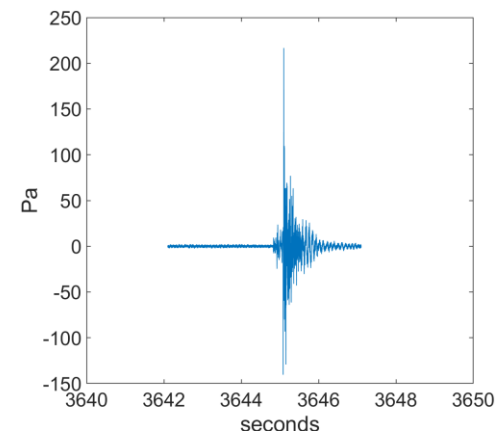
- Marin vibrator

- Kontinuerlig, lavfrekvent (< 100 Hz)
- Max. 10 s SEL 145 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$
- Brukt for å gi samme SEL både over 10 s, 3 t og 5 dager som forsøk med luftkanon



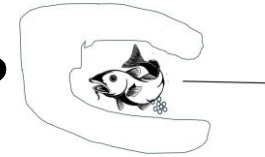
- Sparker

- Impulsiv, men avfyrt med korte intervaller (0.5 s)
- Høyere frekvens (500-1000 Hz)
- Max. 10 s SEL 130 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$
- Max nivå i forsøk tilsvarer operasjonelt nivå

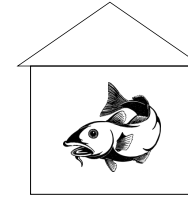


Målte adferdsresponser

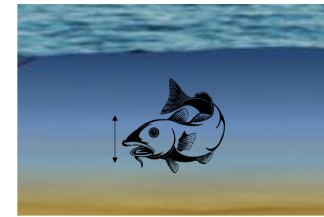
- Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?



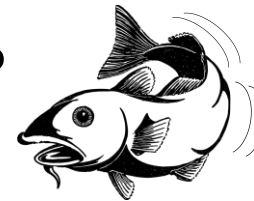
- Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?



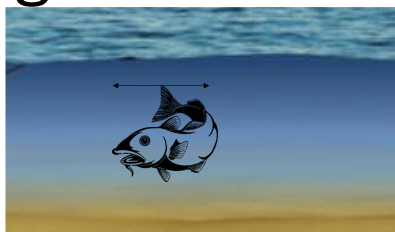
- Svømmedyp – endres fiskens svømmedyp?



- Aktivitets nivå – endres fiskens aktivitet seg?



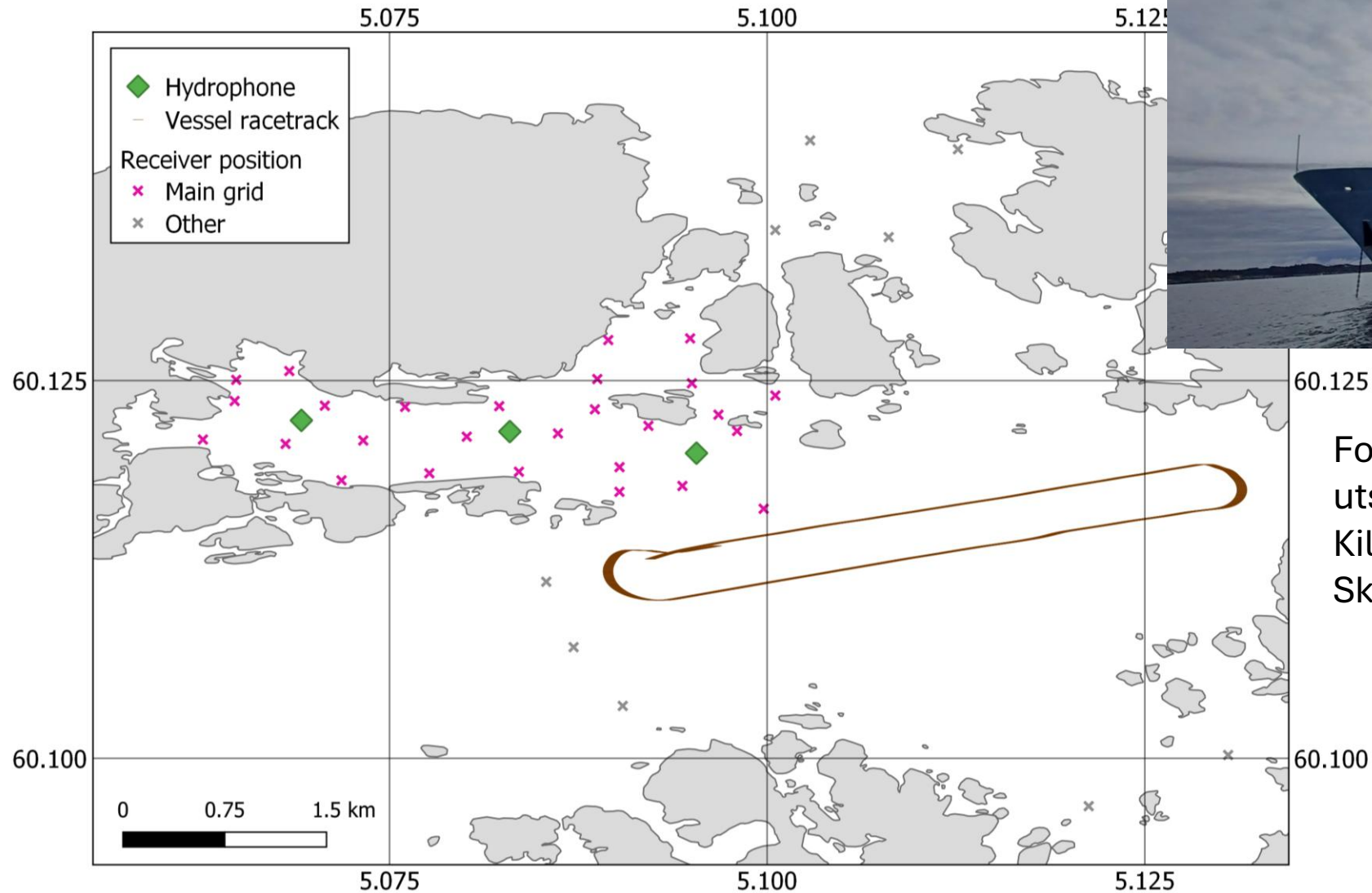
- Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?



Eksposering med luftkanon – del 1

Februar 2020

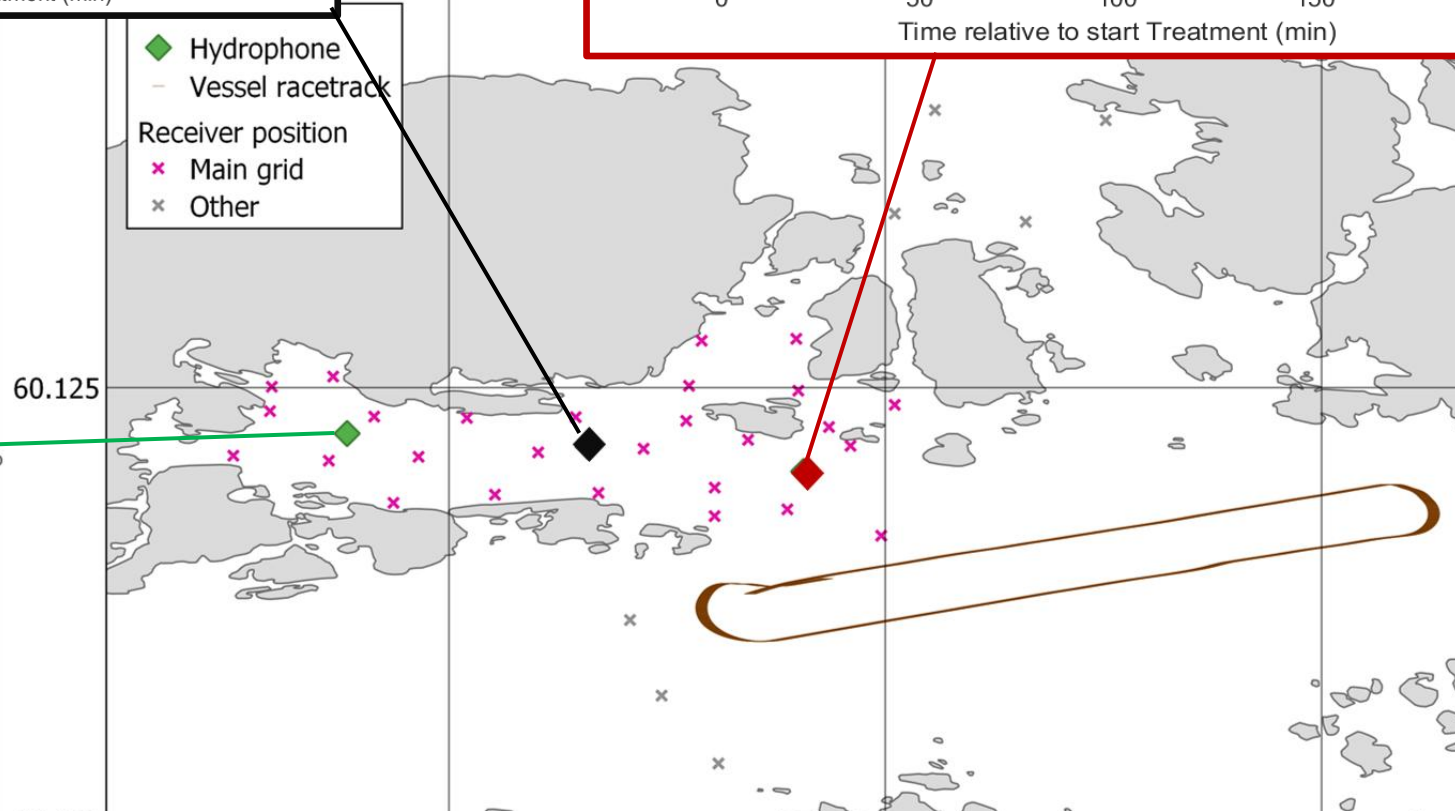
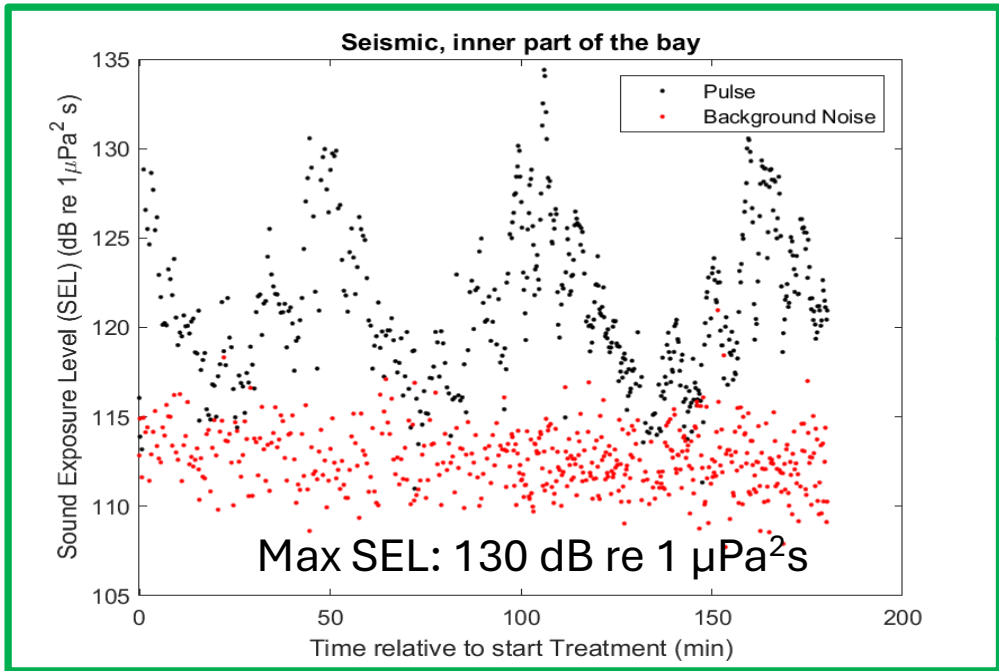
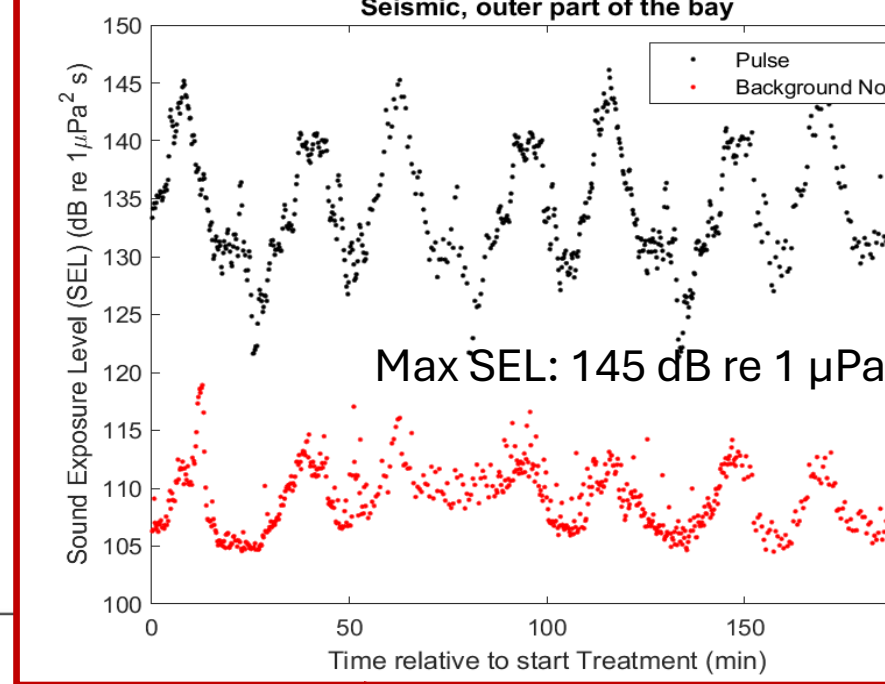
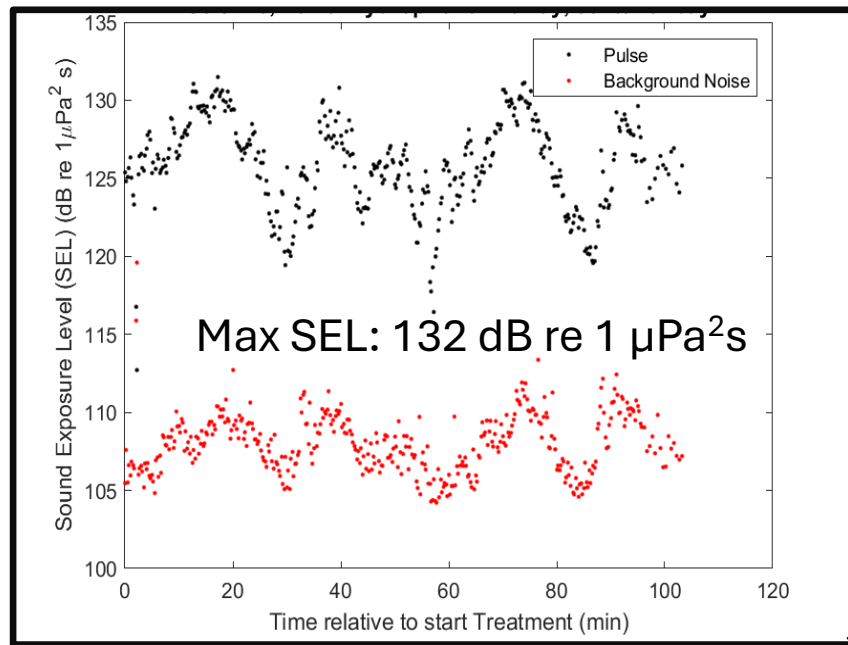
Februar 2021



Forskningsfartøy seilte transekt på utsiden av bukten.
Kildestørrelse: 80 kubikktommer
Skudd hvert 10 sekund

Totalt 20 blokker
Seismikk-stille-fartøy

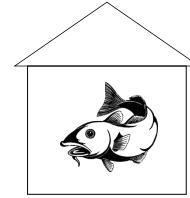
Lydnivå



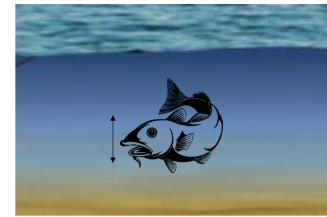
Målte adferdsresponser

• ~~Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?~~

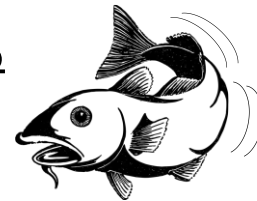
• ~~Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?~~



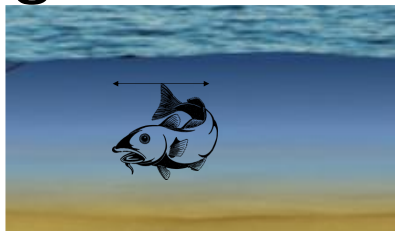
• Svømmedyp – endres fiskens svømmedyp?



• ~~Aktivitets nivå – endres fiskens aktivitet seg?~~



• ~~Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?~~



Målte adferdsrespons

~~• Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?~~

~~• Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?~~



• Svømmedyp – torsk svømte noe dypere under eksponering sammenliknet med fartøy/stille kontroll (kort tidseffekt).



~~• Aktivitets nivå – endres fiskens aktivitet seg?~~



~~• Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?~~



- Lydnivå opp til SEL (10 s) = 145 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ansees som trygt, men vet ikke hvilke lydnivåer som faktisk igangsetter uønsket adferdsendring.
- Videreføring av seismikkforsøk gjennomført i samarbeid med Aker BP og Fugro.

Eksposering med luftkanon – del 2

April/Mai 2025

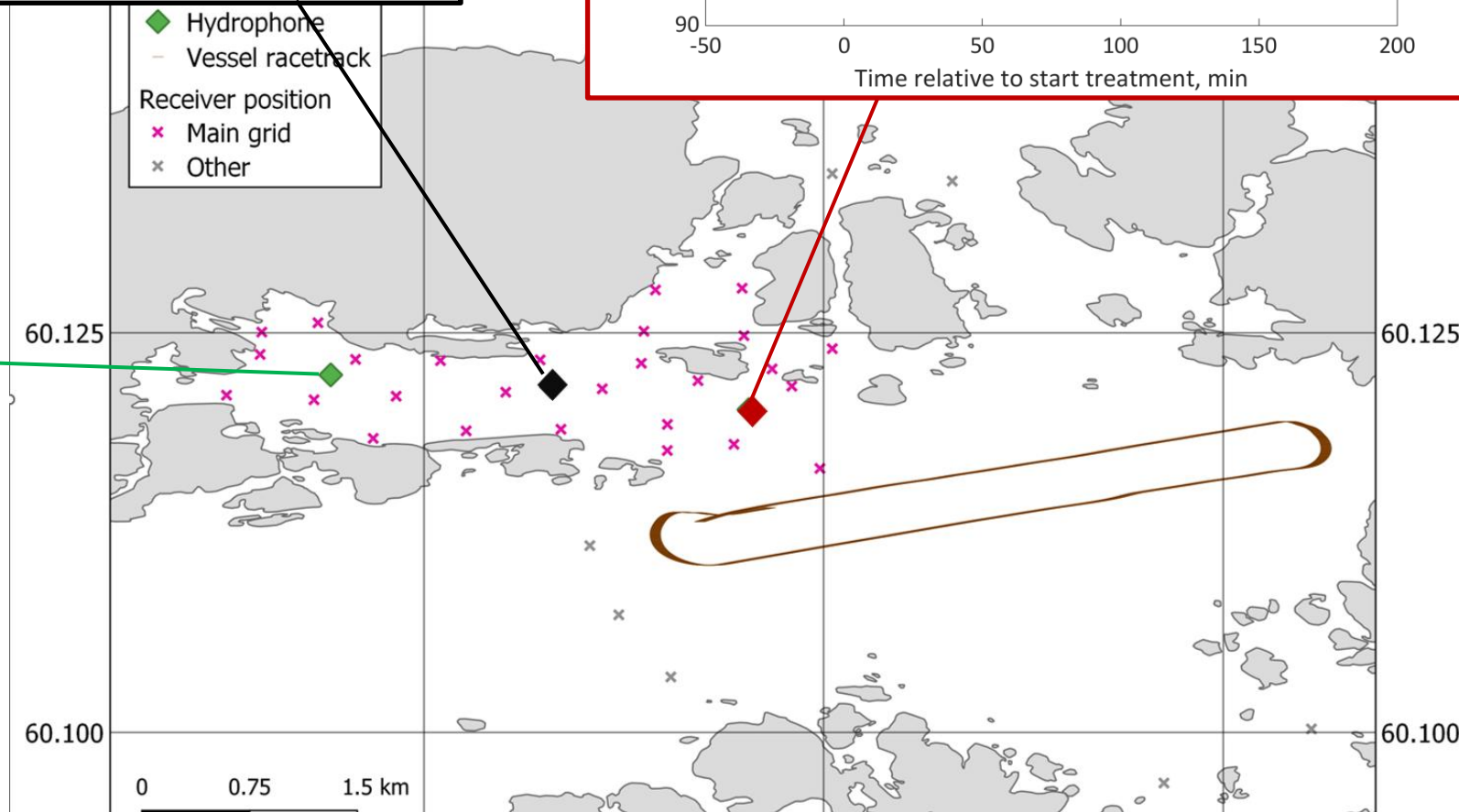
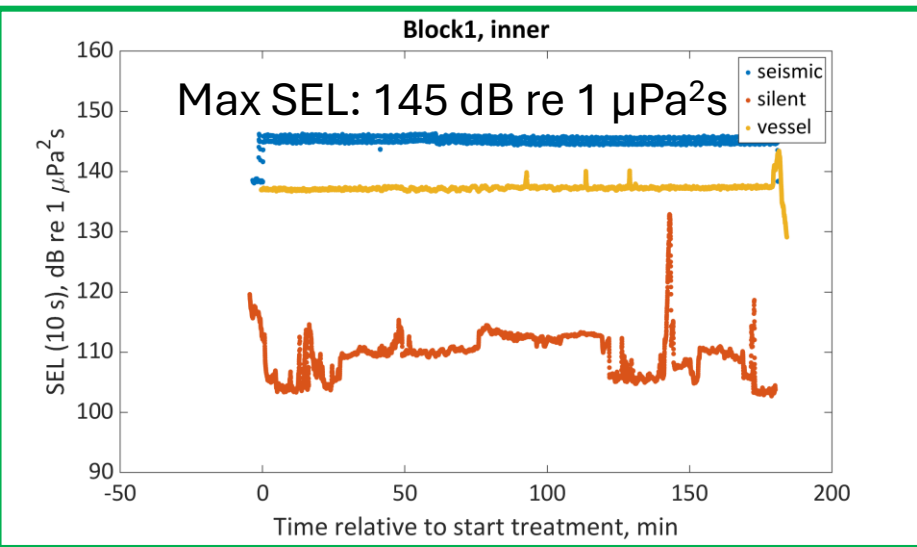
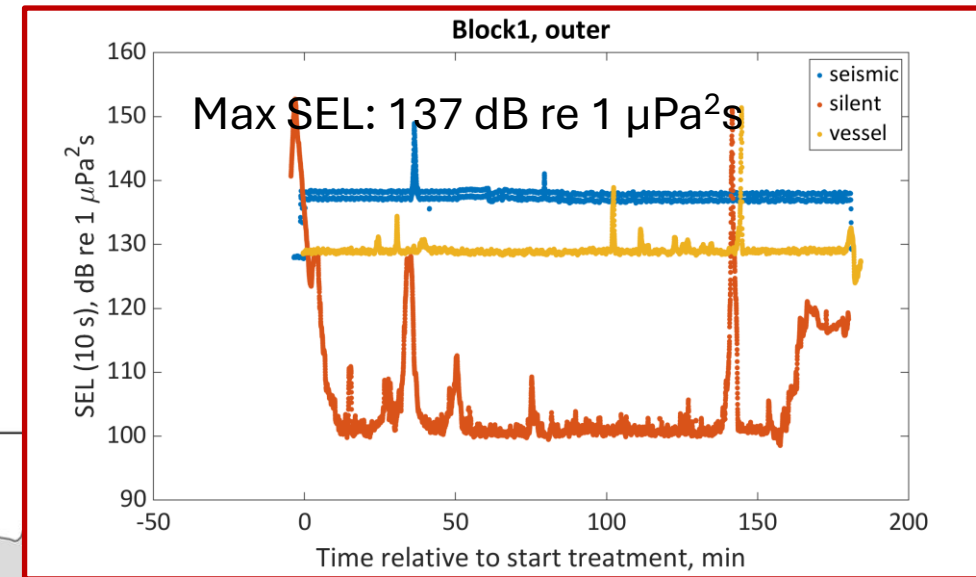
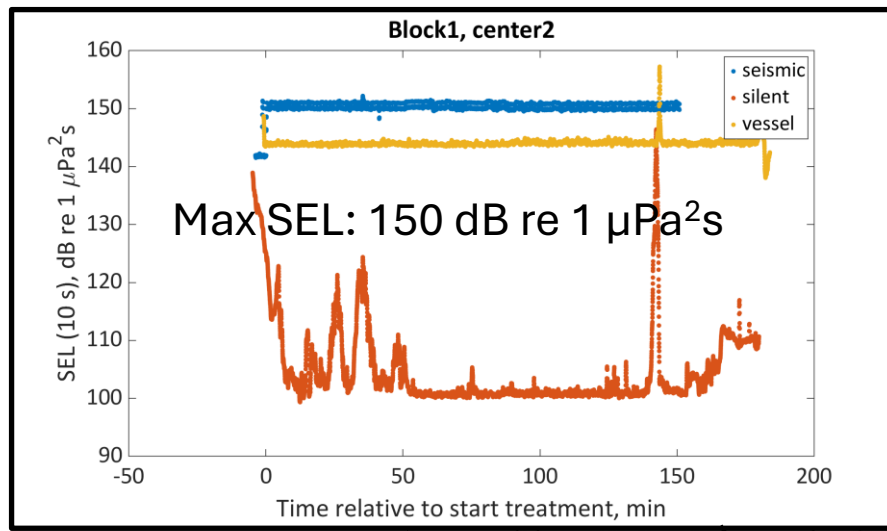
April/Mai 2026



Seismikkfartøy i ro midt i bukten
Kildestørrelse: 10 kubikktommer
Skudd hvert 3 sekund

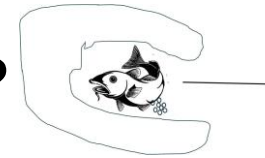
Gjennomført 10 blokker (2025)
Planlegger 10 blokker i 2026
Seismikk-stille-fartøy

Lydnivå

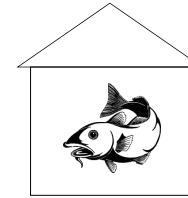


Adferdsresponser

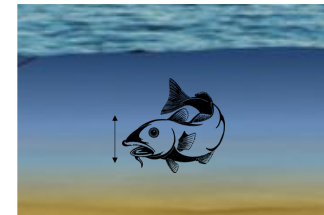
- Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?



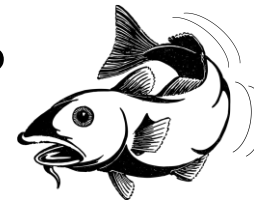
- Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?



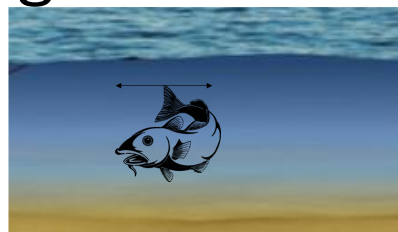
- Svømmedyp – endres fiskens svømmedyp?



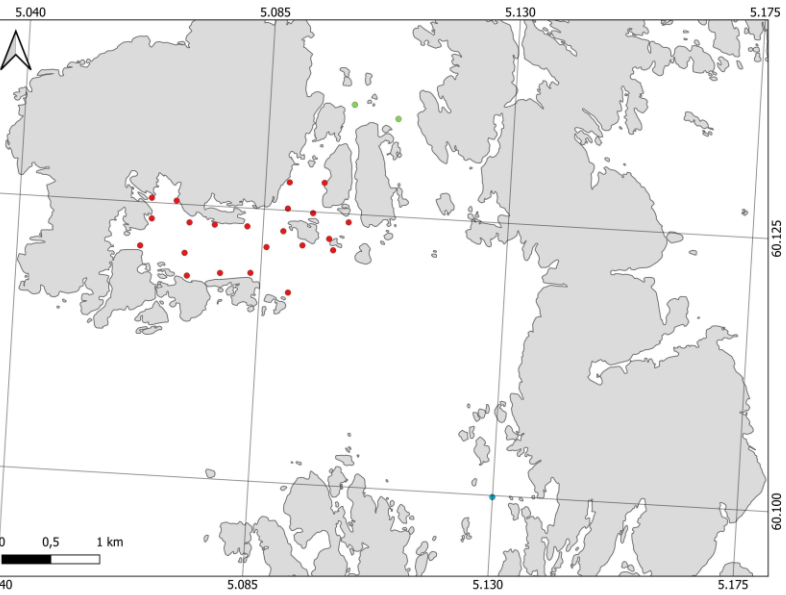
- Aktivitets nivå – endres fiskens aktivitet seg?



- Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?

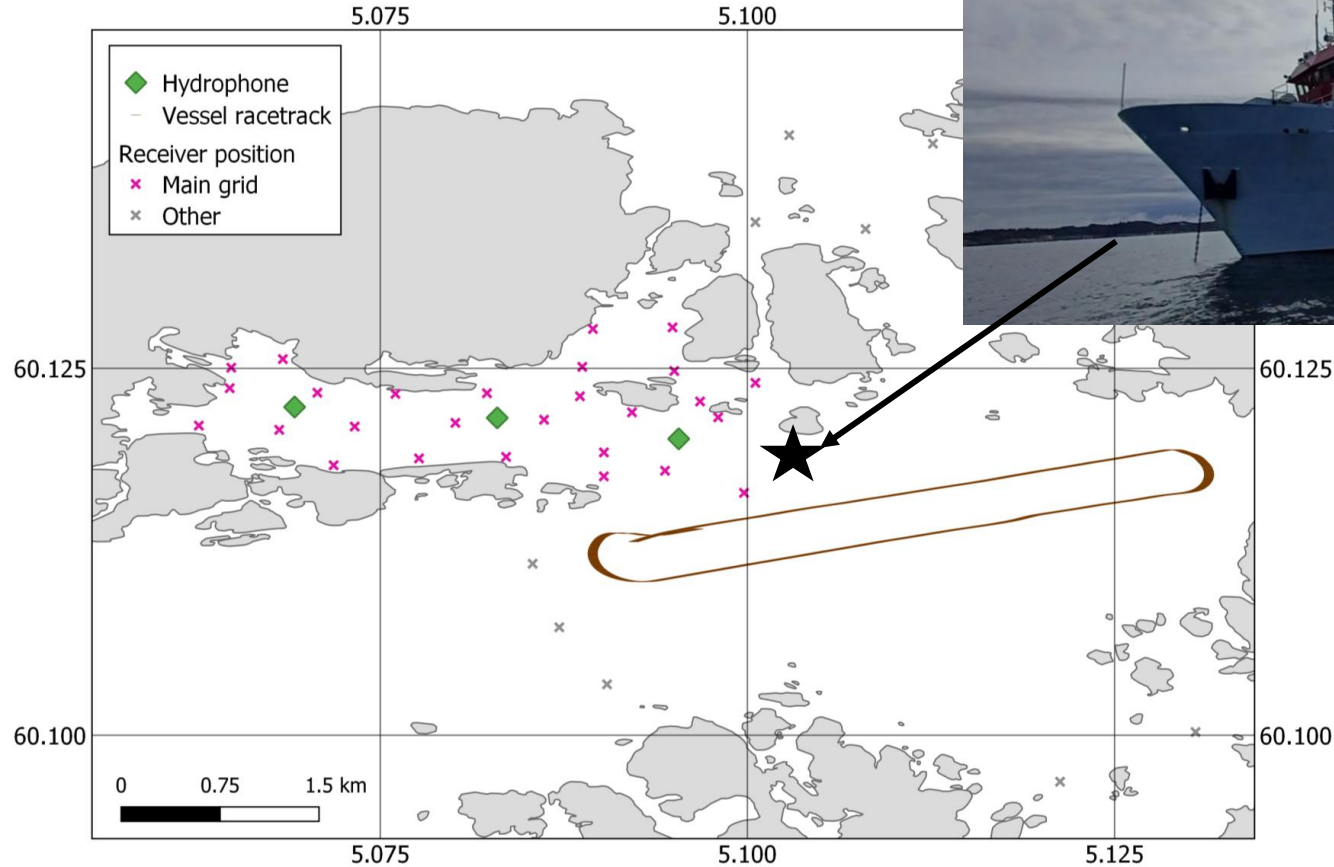


Tilstedeværelse av fisk



Eksposering med Marin vibrator

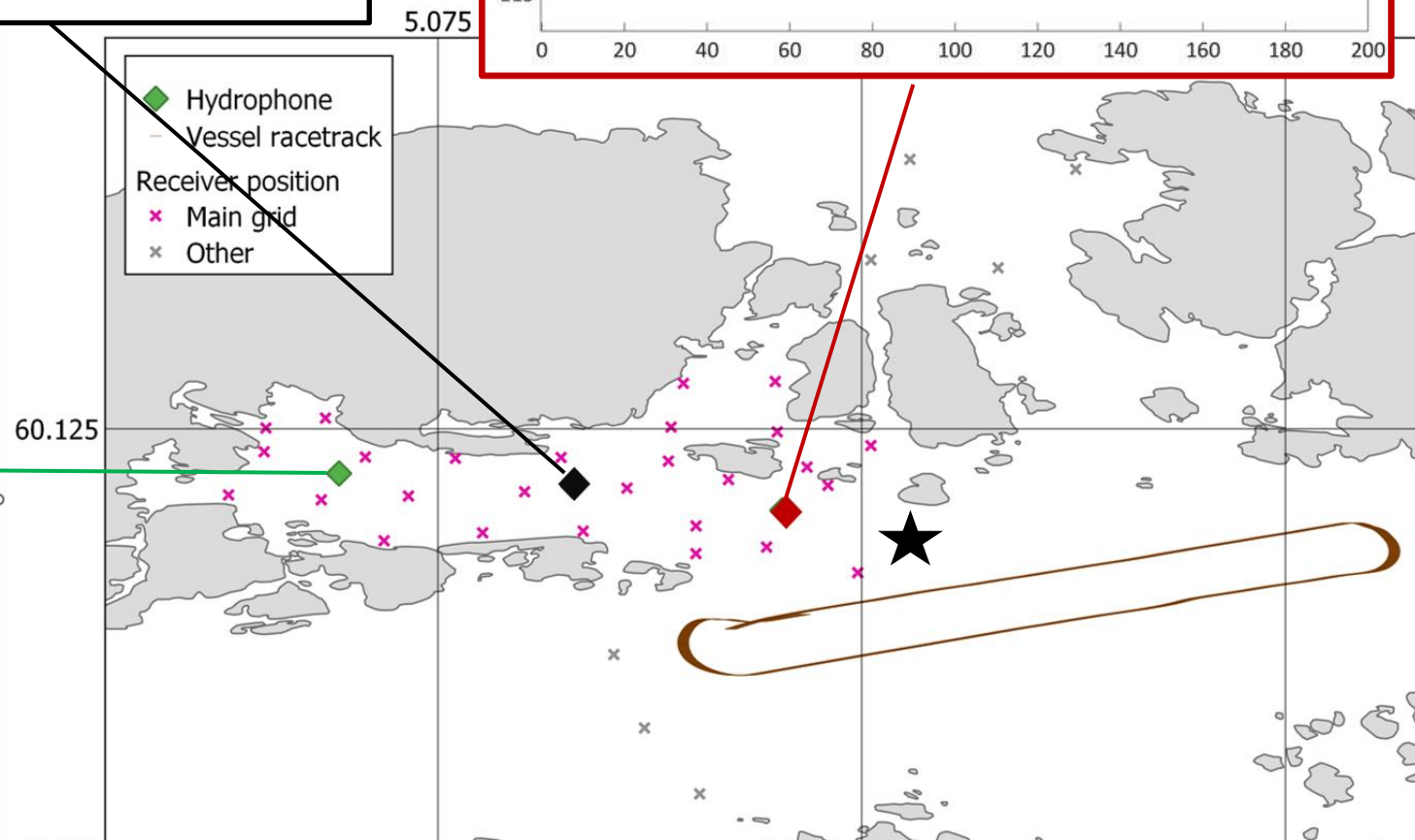
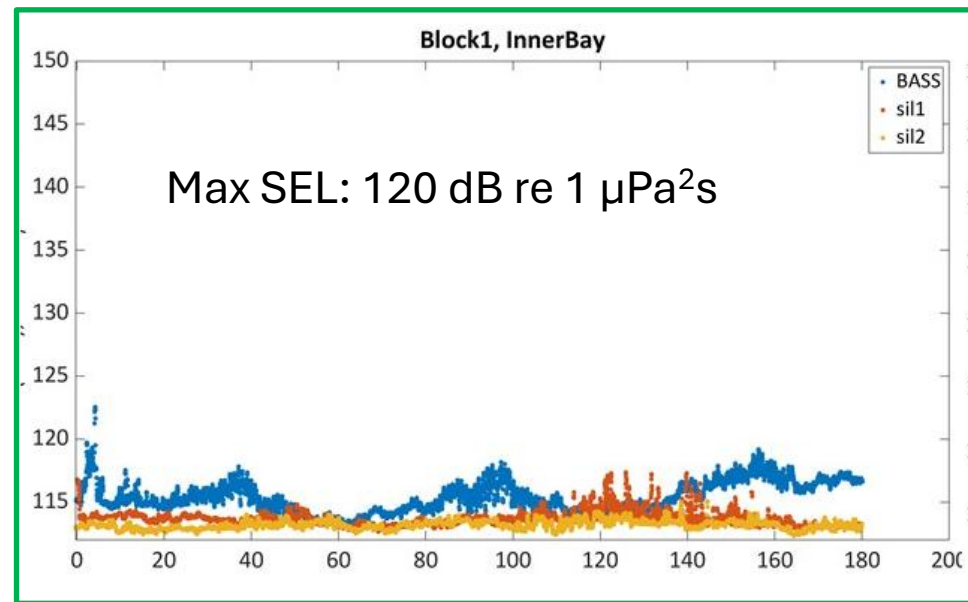
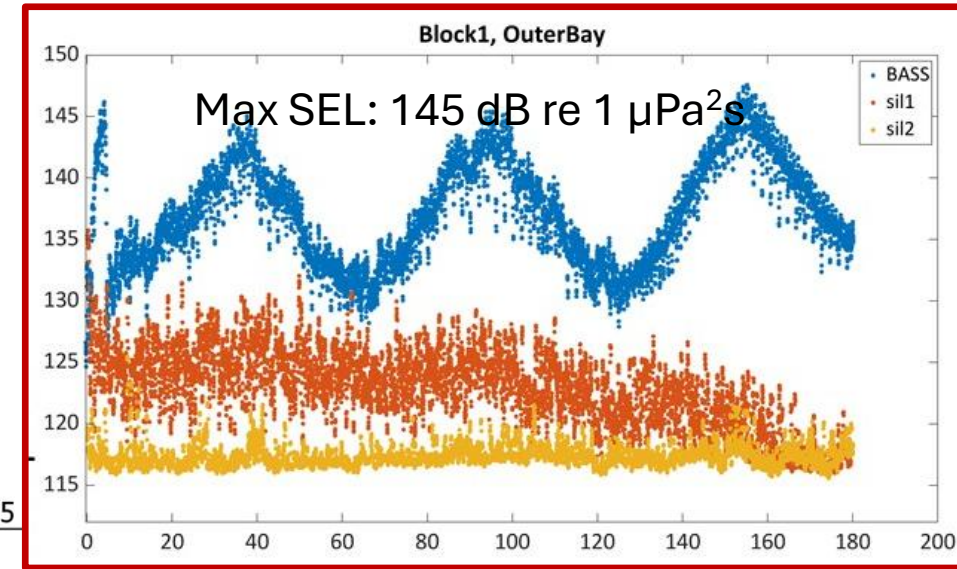
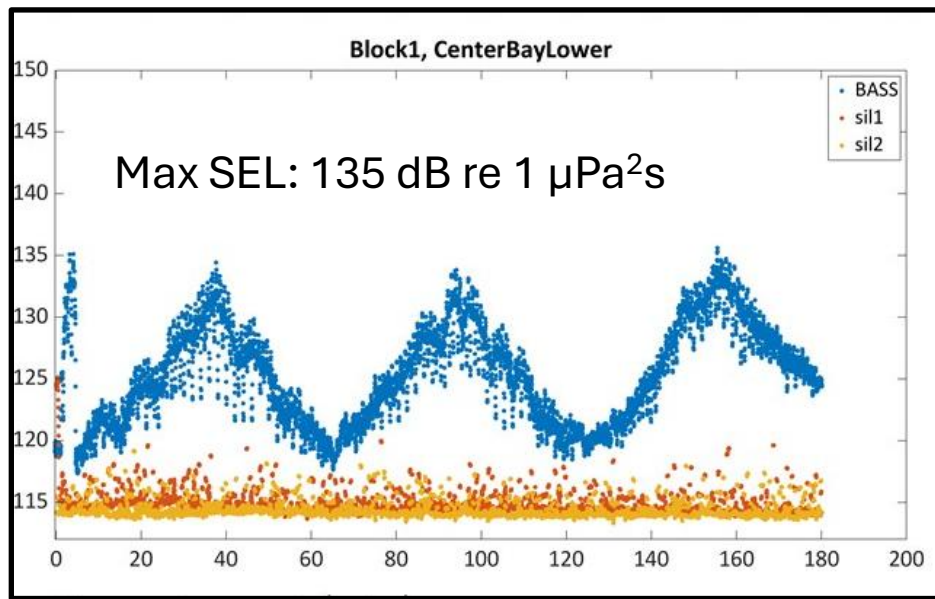
Februar 2022



Stasjonær kilde på utsiden av bukten
Kildenivå satt til å tilsvare første seismikk forsøk
Kontinuerlig lyd

Totalt 10 blokker

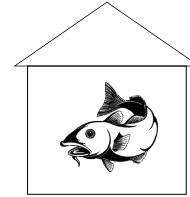
Lydnivå



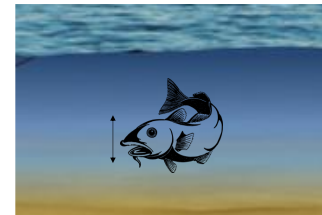
Adferdsresponser

~~• Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?~~

~~• Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?~~



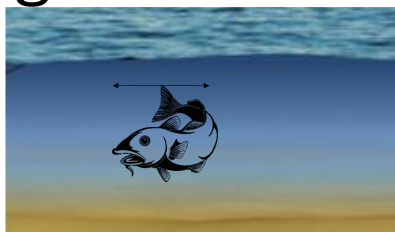
• Svømmedyp – endres fiskens svømmedyp?



• Aktivitets nivå – endres fiskens aktivitet seg?



~~• Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?~~



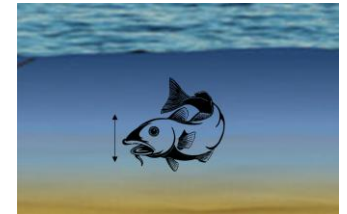
Adferdsresponser

~~• Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?~~

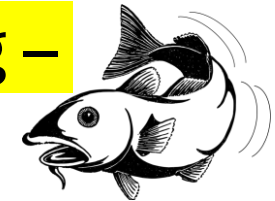
~~• Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?~~



• Svømmedyp – torsk svømte dypere under hele eksponeringsperioden sammenliknet tilsvarende periode før og etter (lang tidseffekt).



• Aktivitets nivå – Lavere aktivitetsnivå under eksponering – særlig for hunn fisk (både lang og kort tidseffekt)



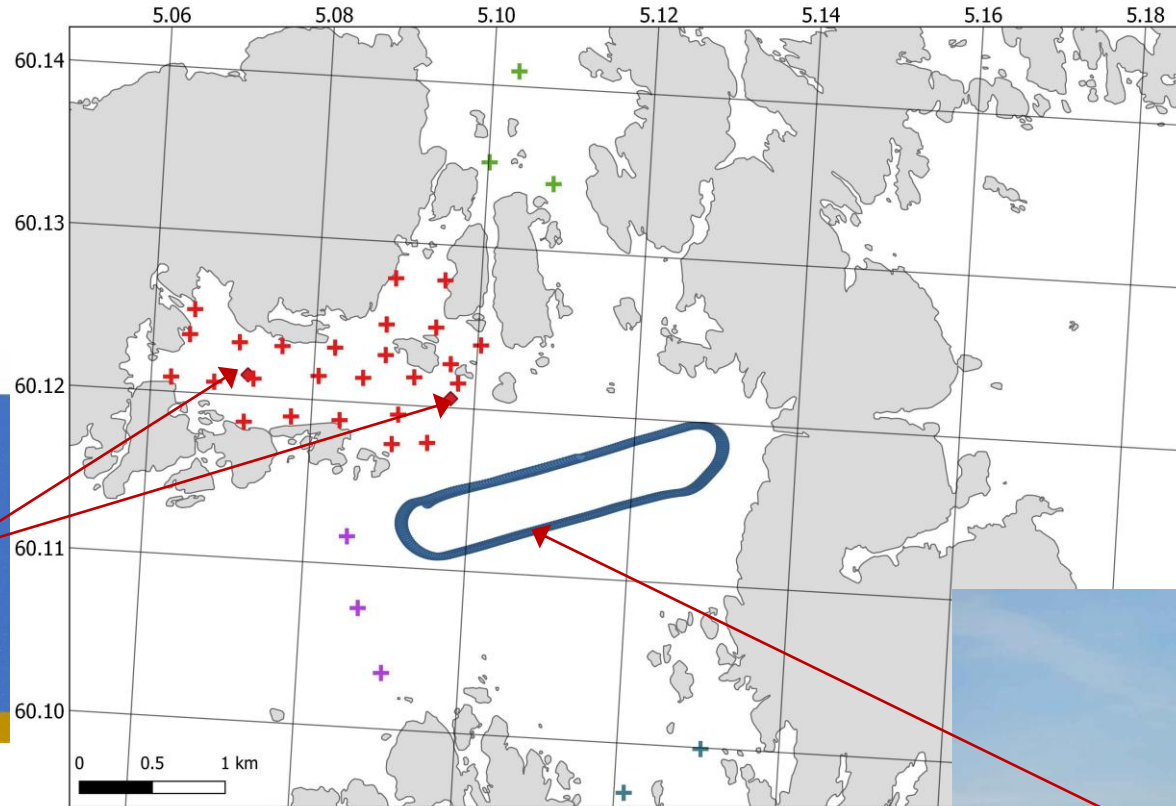
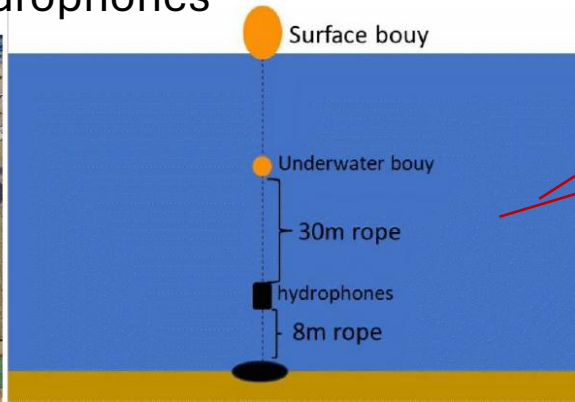
~~• Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?~~



Eksposering med Sparker kilde

Mai 2023

Hydrophones



Source vessel and source



Kildefartøy seilte langs transekt på utsiden av bukten.

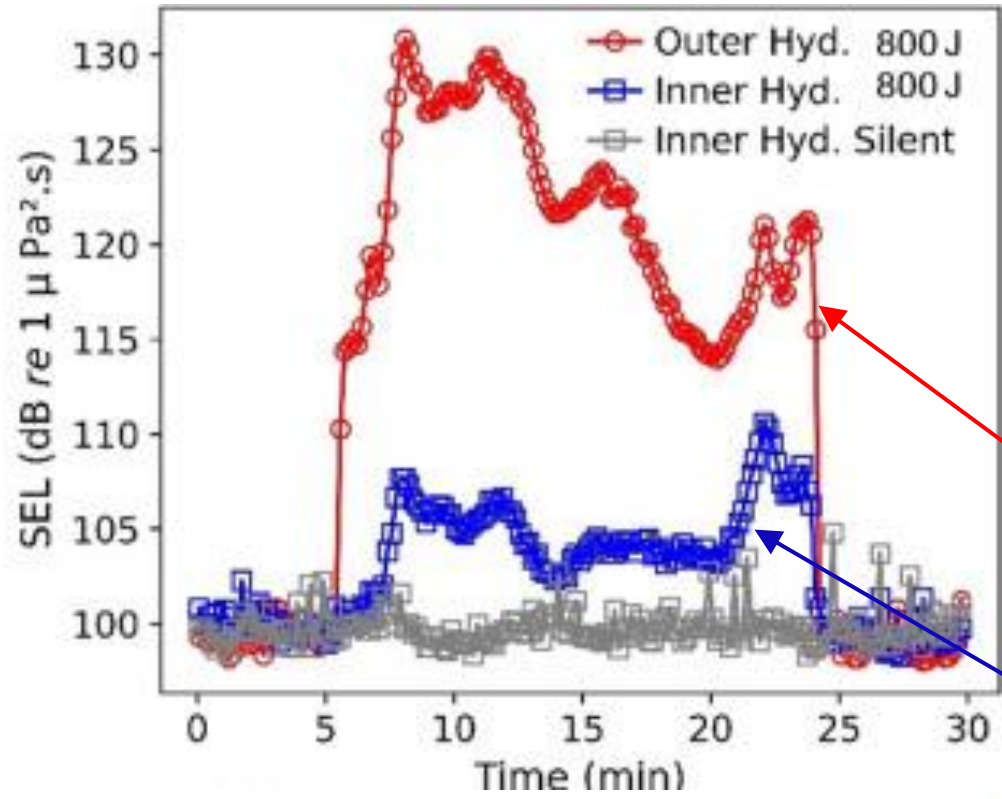
Tre ulike kildenivå, høyeste tilsvarte det som brukes i ordinære operasjoner.



125

Totalt 6 blokker
Sparker-Stille-Fartøy

Lydnivå

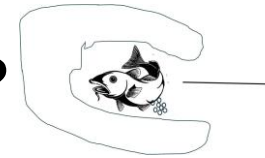


Max SEL: 130 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$

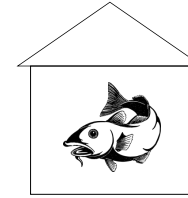


Adferdsresponser

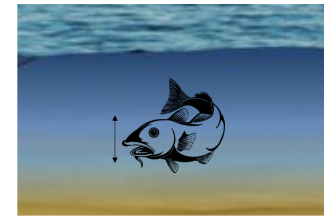
- Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?



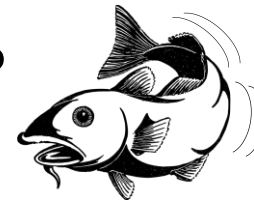
- Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?



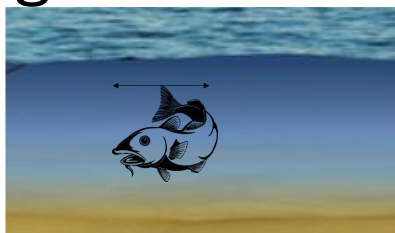
- Svømmedyp – endres fiskens svømmedyp?



- Aktivitets nivå – endres fiskens aktivitet seg?

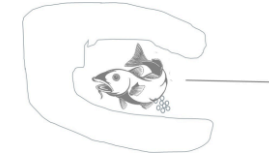


- Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?



Målte adferdsrespons

- ~~Tilstedeværelse – svømmer de bort fra området?~~



- ~~Områdebruk – endrer de «hjemmeområder»?~~

Ingen endring i noen av adferdsparamererne når sparker kilden opererte ved 800 J (normalt operasjonsnivå) max lydeksponeringsnivå (SEL over

- ~~10 sek) på 130 dB re 1µPa²s.~~

~~sammenliknet med fartøy/stille kontroll (kort tidseffekt).~~

- ~~Aktivitets nivå – endres fiskens aktivitet seg?~~



- ~~Forflytning – endres fiskens bevegelsesmønster innad på området seg?~~



Adferdstype	Luftkanon (max SEL 145 dBre 1 μ Pa ² s)	Luftkanon (max SEL 150 dBre 1 μ Pa ² s)	Marin Vibrator (max SEL 145 dBre 1 μ Pa ² s)	Sparker (max SEL 130 dB re 1 μ Pa ² s)
Forlater gyteområde				
Aktivitetsnivå			Lavere aktivitetsnivå kort og lang sikt	
Svømmedyp	Svømmer dypere, korttidseffekt (timer)		Svømmer dypere, langtidseffekt (dager)	
Forflytning på området				
Hjemmeområde				
Referanse	<p>McQueen <i>et al.</i> (2022) Spawning Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i> L.) exposed to noise from seismic airguns do not abandon their spawning site. <i>ICES J Mar Sci</i> 79 https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac203</p> <p>McQueen <i>et al.</i> (2023) Behavioural responses of wild, spawning Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i> L.) to seismic airgun exposure. <i>ICES J Mar Sci</i> 80 https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad032</p> <p>Toktrapport: Sivle <i>et al.</i> 2021 https://www.hi.no/hi/publikasjoner/toktrapper/2021/spawnseis-seismic-exposure-experiment-on-free-ranging-spawning-cod-nr.-9-2021</p>	<p>Toktrapport: Sivle <i>et al.</i> (2026) https://www.hi.no/hi/nettrapper/toktrapport-en-2026-9</p>	<p>McQueen <i>et al.</i> (2024) Continuous sound from a marine vibrator causes behavioural responses of free-ranging, spawning Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i>). <i>Env Poll</i> 123322. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123322</p> <p>Toktrapport: Sivle <i>et al.</i> 2023 https://www.hi.no/hi/nettrapper/toktrapport-en-2023-4</p>	<p>McQueen <i>et al.</i> Free-ranging Atlantic cod did not change their behaviour in response to a sparker seismic sound source. <i>Mar Env Res</i> 210 https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107254</p> <p>Toktrapport: Sivle <i>et al.</i> 2024 https://www.hi.no/hi/nettrapper/toktrapport-en-2024-16</p>

Konklusjoner og veien videre

- Målte adferdsrespons hos torsk vært relativt subtile.
- Torsk synes å være noe mer reaktiv til kontinuerlig sammenliknet med pulset lyd ved samme lydnivå.
- Reagerer torsken likt på samme eksponering til ulike tider på året? (gyting vs ikke-gyting)
- Hvilke lydnivå vil igangsette responser med større konsekvens? (eks å forlate området)
- Kan kunnskapen om torsk generaliseres til andre fiskearter?

Pågående arbeid

Reagerer torsken likt på samme eksponering til ulike tider på året (gyting vs ikke gyting)?



Sommer (ikke gyting) **Vinter (gyting)**

Juni 2023

Februar 2024

Juni 2025

Februar 2026



Hvilke lydnivå vil igangsette responser med større konsekvens? (eks å forlate området)



Forsøk med kraftigere lyd inne i bukten.

Kan kunnskapen om torsk generaliseres til andre fiskearter?

17. April 2026 merket lyr, rødspette, havabbor i tillegg til torsk



Takk for oppmerksomheten!

Published papers

1. McQueen, K., Meager, J., et al., 2022. Spawning Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) exposed to noise from seismic airguns do not abandon their spawning site. ICES Journal of Marine Science, 10.1093/icesjms/fsac203
2. McQueen, K., Skjæraasen, J.E., et al., 2023. Behavioural responses of wild, spawning Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) to seismic airgun exposure. ICES Journal of Marine Science, 10.1093/icesjms/fsad032
3. McQueen, K., Sivle, L.D., et al., 2024. Continuous sound from a marine vibrator causes behavioural responses of free-ranging, spawning Atlantic cod (*Gadus morhua*). Environmental Pollution, 10.1016/j.envpol.2024.123322
4. McQueen, K., Sivle, L.D., et al., 2025. Free-ranging Atlantic cod did not change their behaviour in response to a sparker seismic sound source. Marine Environmental Research, 10.1016/j.marenvres.2025.107254

Survey reports

1. Sivle, L.D., Forland, T.N., Handegard, N.O., Kvadsheim, P.H., Ektvedt, K.W., Schuster, E. and McQueen, K. (2021). SpawnSeis seismic exposure experiment on free-ranging, spawning cod. Toktrapport Nr 9-2021. ISSN: 1503-6294.
2. Sivle, L.D., McQueen, K. and Khodabandeloo, B. Survey report for testing a sparker sound source on cod behaviour (SpawnSeis Sparker). [Toktrapport 2024-16](#) ISSN: 1503-6294.
3. Sivle, L.D., Forland, T.N., deJong, K., McQueen, K., Schuster, E., Kvadsheim, P., Ektvedt, K.W., Aune, H., Laws, R. (2022). SpawnSeis MV exposure experiment – Survey Report – IMR survey number 2022812. Report series: [Toktrapport 2023-4](#) ISSN: 1503-6294.
4. Sivle, L.D., Forland, T.N., Handegard, N.O., Kvadsheim, P.H., Ektvedt, K.W., Schuster, E. and McQueen, K. (2021). SpawnSeis seismic exposure experiment on free-ranging, spawning cod. Toktrapport Nr 9-2021. ISSN

Book chapters

1. McQueen, K. and Sivle, L.D. (2023). *Investigating behavioural responses of marine fish to anthropogenic noise: use of acoustic telemetry*. In: Popper et al. (Eds.), The Effects of Noise on Aquatic Life (pp. 1-15). Springer Link. DOI: 10.1007/978-3-031-10417-6_105-1
2. McQueen, K., Forland, T.N., Khodabandeloo, B., Sivle, L.D. (2026). *Comparison of Behavioral Responses of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) to Three Types of Seismic Survey Source*. In: Popper, A.N., Sisneros, J.A., Lepper, P.A., Vigness-Raposa, K.J. (eds) The Effects of Noise on Aquatic Life IV. Springer.. https://doi.org/10.1007/978-3-031-94229-7_95-1