

Westcon Yards AS, Florø

► Mudring framfor ny turrdokk

Utføringsfase

Undervassstøy frå bergsprengingar til marint liv

Oppdragsnr.: 52402049 Dokumentnr.: AKU-01 Versjon: J01 Dato: 2024-08-15



Oppdragsgjevar: Westcon Yards AS, Florø
Oppdragsgjevares kontaktperson: Anders Myklebust
Rådgjevar Norconsult Norge AS, Regimentsvegen 158, NO-5705 Voss
Oppdragsleiar: Inge Hommedal
Fagansvarleg: Inge Hommedal
Andre nøkkelpersonar: Narve G. Skurtveit

J01	2024-08-15	Til bruk	Inge Hommedal	Narve G. Skurtveit	Inge Hommedal
A02	2024-07-05	Til gjennomsyn	Inge Hommedal		
A01	2024-05-31	Utkast	Inge Hommedal	-	-
A01	2024-05-31	Utkast	Inge Hommedal	-	-
Versjon	Dato	Omtale	Utarbeidd	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidd av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandlar. Opphavsretten tilhøyrer Norconsult. Dokumentet må berre nyttast til det formål som går fram i oppdragsavtalen, og må ikkje kopierast eller gjerast tilgjengeleg på annan måte eller i større utstrekning enn formålet tilseier.

► Samandrag

Ved Westcon Yards sitt verft i Florø er dei i ferd med å byggja ny turrdokk. Tiltaket er opplyst å innebera m.a. undervasssprenging av om lag 4.000 m³ berg over 500 m² sjøbotn, for å gjera innseglinga framfor den nye dokka djupare. Undervasssprengingane er planlagt utførte i tida januar – mars 2025.

Westcon Yards AS (org. nr. 930720313) har engasjert Norconsult Norge AS for å greia ut risiko i samband med undervassstøy til marint liv frå bergsprengingar under vatn.

Denne rapporten inngår i grunnlaget for søknad til Statsforvaltaren i Vestland. I rapporten er det presentert resultat av utrekningar av undervassstøy, saman med vurderingar av skadepotensialet frå slik støy til eit utval av marin fauna. Arbeidet er heimla i Miljødirektoratet sin rettleiar M-350.

Det er vanleg å gradera effektane av undervassstøy i fire kategoriar etter fallande skadepotensiale:

1. Daude eller alvorleg skade (direkte skade)
2. Fysiologiske skadeeffektar / vevs-effektar (direkte skade).
3. Uroa oppførsel (indirekte skade).
4. Maskering av lydar, t.d. lydar frå predatorar, for kommunikasjon mellom individ av den same arten, osv. (indirekte skade).

Gjeldande kunnskap kan tyda på at 32 kPa lydtrykk (svarande til eit lydtrykknivå på 210 dB rel. 1 µPa) kan vera ei fornuftig grense for *direkte* skader på fisk (Kvadsheim, 2017). Dette gjeld primært støy frå sprengingar og andre støykjelder som gjev impulsiv støy («slagstøy»). Denne grensa er valt i denne rapporten.

I denne rapporten er det lagt til grunn kartfesta informasjon om den marine faunaen i området, i form av ulike kartlag på internettportalen www.kystinfo.no. Karta syner gyteområde, gytefelt og oppvekst- og beiteområde nær tiltaksområdet.

Med reknemetode og føresetnader som i denne rapporten (m.a. fordemming av borehola, rett tilpassa ladningsstorleikar, intervalltenning og enkel boblegardin) vil valt grense for *direkte skade* på 32 kPa trykk gå om lag 370 m ut frå sprengingsstaden. Innanfor denne avstanden vil ein måtte rekna med direkte skader på fisk.

Om ein ynskjer å sikra seg mot *indirekte skader* lyt sprengingsarbeidet måtte gjerast utanom tider på året som er sårbare for dei aktuelle artane.

Innhald

1	Innleiing	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Føremål	5
1.3	Avgrensingar	5
1.4	Situasjon	5
1.5	Problemstilling	8
2	Offentleg føring / krav	9
3	Verknader av undervassstøy til marin fauna	10
3.1	Litt historikk og status for kunnskapsgrunnlaget	10
3.2	Drøfting av tolegrenser/grenseverdiar	11
3.2.1	<i>Innleiing</i>	11
3.2.2	<i>Fisk</i>	11
4	Tilhøvet mellom marin fauna og tiltaket	14
4.1	Kjelder for kunnskap om marin fauna	14
4.2	Gyteområde og gytefelt	14
4.3	Oppvekst- og beiteområde	15
4.4	Aktuelle avbøtande tiltak	16
5	Utrekingar og vurderingar av undervassstøyen	17
5.1	Innleiing	17
5.2	Reknemetode	17
5.3	Føresetnader	17
5.3.1	<i>Sprengingstekniske føresetnader</i>	17
5.3.2	<i>Eigne vurderingar</i>	17
5.4	Resultat	18
5.5	Vurdering	18
5.6	Andre tiltak i området	18
6	Referansar	19

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

Ved Westcon Yards sitt verft i Florø er dei i ferd med å byggja ny turrdokk. Tiltaket er opplyst å innebera m.a. undervasssprenging av om lag 4.000 m³ berg over 500 m² sjøbotn, for å gjera innseglinga framfor den nye dokka djupare. Sjøbotnen er opplyst å vera grus og stein over fast berg. Det har vore mudra før i området, sist i 2015. Sprenging og opplasting av sprengd stein er opplyst å skulle vara i om lag 20 dagar, og venteleg utført i tida januar til mars 2025. Vassdjupna før mudringa er opplyst å vera alt frå 0 til 13 m, medan ynskt djupn etter mudring er 13 m.

Tiltaket er opplyst å vera på gnr. 202 bnr. 241 i Kinn kommune. Tiltakshavaren er opplyst å vera Westcon Florø eiendom AS (org. nr. 915209637).

Undervasstøy frå innbora og fordemma bergsprengingar er eit fagfelt der det enno trengst meir kunnskap for at ein skal kunne gje gode råd. Mange aktørar er ikkje klar over at bergsprengingar under og over vatn kan føra til undervasstøy med skadepotensiale for marin fauna.

Hovudentreprenøren er opplyst å vera Consto, med Aurstad tunnel AS som underentreprenør.

Westcon Yards AS (org. nr. 930720313) har engasjert Norconsult Norge AS for å greia ut risiko i samband med undervasstøy til marint liv frå bergsprengingar under vatn.

1.2 Føremål

Rapporten inngår i grunnlaget for søknad til Statsforvaltaren i Vestland.

I rapporten er det presentert resultat av utrekningar av undervasstøy, saman med vurderingar av skadepotensialet frå slik støy til eit utval av marin fauna.

Det er føresett grunnleggjande kunnskap i undervassakustikk.

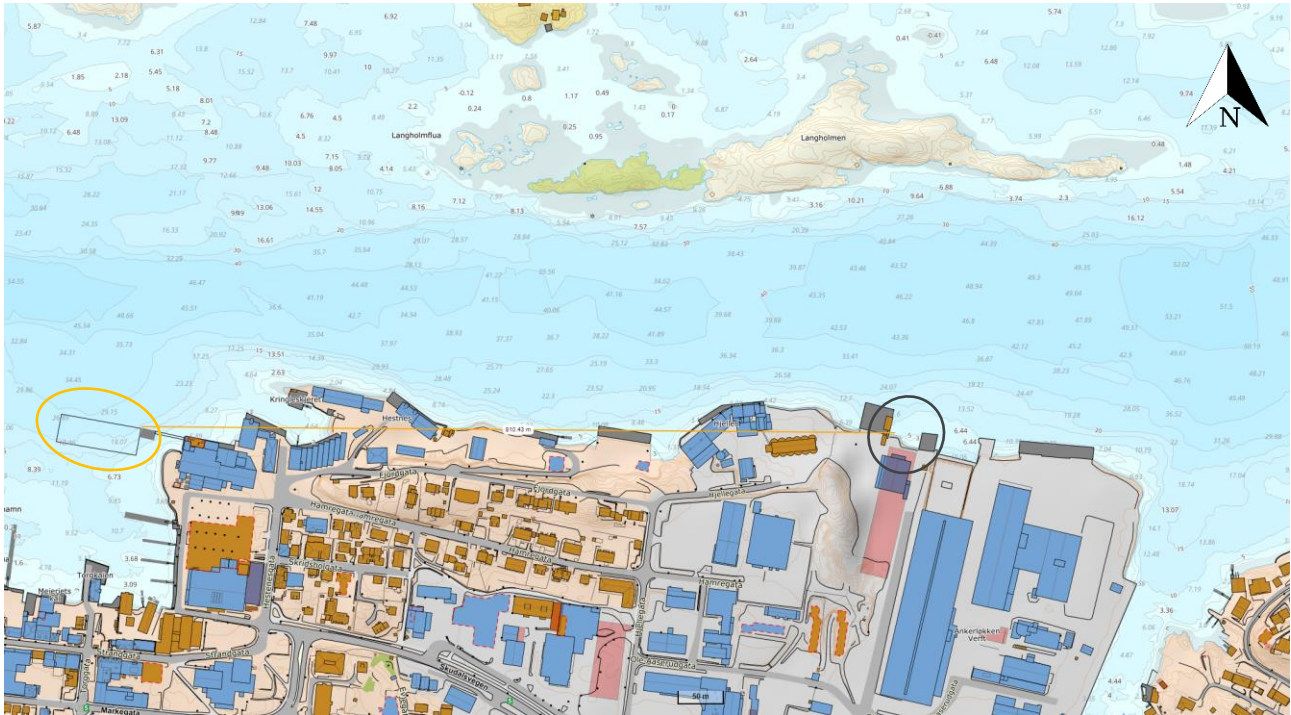
1.3 Avgrensingar

I arbeidet bak denne rapporten er det ikkje vurdert m.a. dette:

- Lyd i vatnet til sjøpattedyr.
- Lyd i lufta frå undervasssprengingane til fuglar, pattedyr og annan fauna.

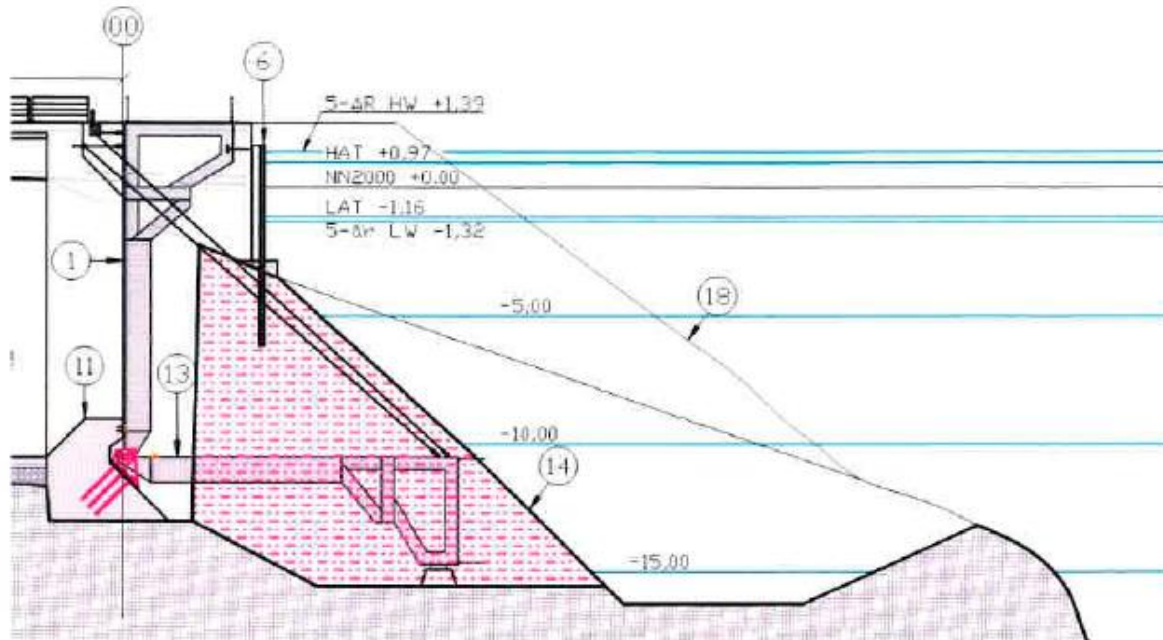
1.4 Situasjon

Ei enkel skisse som syner tiltaket er synt på rapportframsida. Plasseringsfigur for tiltaket er synt nedanfor.

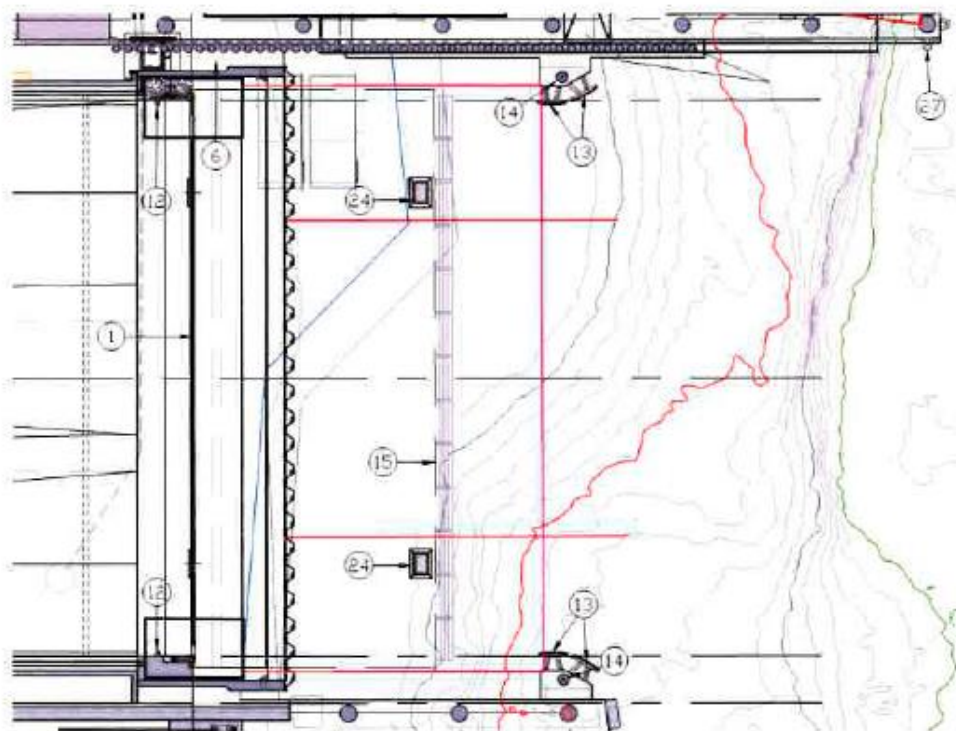


Figur 1: Tiltaksområdet ligg søraust for sentrum i Florø. Omsøkt turrdokk er synleg som rosa rektangel i kartvisinga i Norgeskart. Kjelde: Norgeskart.no, med eiga påteikning av tiltaksområdet som svart ellipse. Ventemerdar for akvakulturlokalitet 21235 Hesteneset til Slakteriet AS er synle med oransje ellipse, og ligg med ein minsteavstand på 810 m frå tiltaksområdet.

Sprenginga er for å ta bort ein bergpropp utanfor turrdokka. Bergproppen fungerer som stengsle mot sjøen medan sjølve turrdokka vert bygd. Dette er skildra i den udaterte sprengingsplanen (Consto, -) slik:



Figur 1 – Tverrsnitt av fjellpropp som sprenges fra sjø (markert rosa)



Figur 2 – Omriss av fjellpropp (markert rosa) sett ovenfra, ved innseiling i dokk

Figur 2: Utdrag fra sprengingsplanen for tiltaket. Kjelde: Consto.

1.5 Problemstilling

Ved bergsprengingar under vatn vil størstedelen av den mekaniske energien frå detonasjon av sprengstoffet gå med til å knusa berget. Det vil ogso breia seg trykkbylgjer utover i vatnet, med delar av «rest-energien» i sprengstoffet i detonasjonane – desse trykkbylgjene kan ha potensial til å skada liv i sjøen. Ein del «rest-energi» vil ogso gå inn berget ved salva og breia seg i berget vidare fram til overgangen mellom berg og sjø. I overgangen vil delar av den mekaniske energien verta reflektert inn att i berget, medan andre delar vil stråla ut i sjøen og laga trykkbylgjer der. Desse vil vera tydeleg svakare enn dei som går berre i vatnet, men kan likevel ha skadepotensiale. Lyd som går slik i berget kan nemnast seismiske bylgjer. Lydutbreiinga og -styrken vil avhenga av bergarten og kvaliteten på berget, fyrst og fremst om det er sprekker eller andre holrom i berget eller ikkje.

2 Offentleg føring / krav

I Miljødirektoratet sin rettleiar M-350 «Veileder for håndtering av sedimenter» frå 2015 og revidert 25. mai 2018 er det stilt krav om oppfylging av støy frå sprengingar, som skildra i dette utdraget frå kap. 2 «Forundersøkelser og risikovurdering»:

Undervannsstøy i forbindelse med tiltak i sedimenter, farledsutdyping og anleggsaktivitet

Sprengning og anleggsarbeid i sjø, vassdrag og innsjø (særlig pæling, spunting og boring) er kilder til undervannsstøy. Dette er en form for impulsstøy med høy energi som kan gi fysiske skader og stressreaksjoner hos dyr. Støyreducerende tiltak bør vurderes under planlegging av tiltak i sedimenter. Dette er i tråd med føre-var prinsippet i naturmangfoldloven § 9. Ved sprengning av grunner i forbindelse med farledsutdyping og andre mudretiltak, vil krav til avbøtende tiltak mot støy kunne inngå som del av tillatelsen til tiltaket. Sprengning i sjøbunn regnes som mudring og reguleres derfor av forurensningsforskriften kapittel 22, med Fylkesmannen som forurensningsmyndighet.

Norconsult legg denne føringa til grunn i arbeidet.

3 Verknader av undervassstøy til marin fauna

3.1 Litt historikk og status for kunnskapsgrunnet

Det er vanleg å rekna at vitenskapen om undervasslyd starta i år 1490, med Leonardo da Vinci. Omfattande systematisk arbeid vart gjort i samband med den fyrste verdskrigen og den andre verdskrigen, med m.a. utvikling av sonar. Militære studiar kom ogso til innan undervassstøy frå sprengingar under vatn. På den tida gjorde ein òg studiar av skadeverknader frå slik kraftig undervassstøy. Studiane innebar typisk å detonera sprengladningar i fri vassmasse og so obdusera fiskar som hadde vore i ulike avstandar frå sprenginga. Nær sprengingsstaden vart gjerne fiskane drepne spontant av sprenginga, medan det i større avstandar vart observert minkande vevs-skader i fiskane etterkvart som avstanden auka. Soleis var fokus mykje godt å dokumentera *direkte* skader som funksjon av målt *lydtrykk* i vatnet.

Langt borte frå undervassstøykjelder skal det godt gjerast at undervassstøyen gjev slike direkte skader, men støyen kan likevel gje *indirekte* skader (mellombels dårlegare høyrsel, stress, mindre føropptak, fluktresponsar, maskering av naturlege lydar, maskering av lydar som fiskane brukar i kommunikasjon, osv.).

Det er vanleg å gradera effektane av undervassstøy i fire kategoriar (Miksis-Olds, Martin, & Tyack, 2018), etter fallande skadepotensiale:

1. Daude eller alvorleg skade.
2. Fysiologiske skadeeffektar / vevs-effektar.
3. Uroa oppførsel.
4. Maskering av lydar, t.d. lydar frå predatorar, for kommunikasjon mellom individ av den same arten, osv.

Sanseorganet for lyd hjå fiskar er *grunnleggjande ulikt* det tilsvarande sanseorganet hjå t.d. pattedyr. Fiskar manglar trommehinner og kan soleis *ikkje* sansa lydtrykk direkte, men heller rørsler i vatnet. Om ein skal studera indirekte skader frå undervassstøy hjå fisk bør ein difor måla rørslene i vatnet, sidan det er den eigenskapen som fiskane høyrer og som kan forstyrre dei. Måling av slike rørsler er vanskelegare og dyrare enn å måla lyd. Saman med det historisk forankra fokuset på direkte vevs-skader frå høge lydtrykk gjer det at lydmålingar enno dominerer fullstendig i studiar av skadeeffektar på marin fauna frå undervassstøy.

I dei seinare åra har ein ogso teke til å studera skadeeffektar frå undervassstøy for annan marin fauna enn fisk, t.d. reker og humrar. Desse dyra sansar ogso rørsler i vatnet og sjøbotnen i staden for å sansa lydtrykk.

Merknad: Marine pattedyr har øyre som liknar våre. Høyrsla deira fangar difor opp variasjonar i lydtrykk, nett som våre. For marine pattedyr er det difor fornuftig å bruka lydtrykk og lyd-dose (lydeksponering) som kriterium/grenseverdiar, både for direkte skader og for indirekte skader.

Det er store kunnskapshøl om skadeverknader frå undervassstøy på marin fauna. M.a. grunna dette skrinne kunnskapsgrunnet er det heller ikkje fastsett norske grenseverdiar for undervassstøy. Det er kjent at tolegrenser for undervassstøy varierer svært mykje mellom dei mange ti-tals tusen fiskeartane, livsstadium deira, osv. For reker, humrar og andre skaldyr er kunnskapen endå skinnare.

Det er lite data for lydkjeldestyrkar for bergsprengingar under vatn. Det er òg vanskeleg å rekna ut lydutbreiinga i sjøen, dvs. kor godt lyden breier seg utetter i sjøen, spesielt i litt større avstandar. Lydutbreiing i sjøen varierer nemleg mykje med sjødjupn, undervassstereng og sjøbotn/substrat. Romlege variasjonar i temperatur og saltinnhald i vatnet spelar òg mykje inn. Utrekningar gjorde på førehand av kor sterk anleggsstøyen vert ved ein viss stad, t.d. i eit gytefelt eller i eit akvakulturanlegg eit stykke frå anleggsstaden, vert difor svært usikre. I forvaltning og rådgjeving er det ulike måtar å handtera denne uvissa på. Ein vanleg måte er å rekna konservativt, som inneber å rekna slik at ein er nesten sikker på at den sanne

verdien for lydstyrken frå anleggsarbeidet vert lågare enn verdien som er rekna ut på førehand. Det er òg vanleg å leggja forsiktige grenseverdiar til grunn, altså eit føre-var-prinsipp. *Ein vil likevel ikkje kunne sikra seg heilt mot skadeverknader.*

3.2 Drøfting av tolegrenser/grenseverdiar

3.2.1 Innleiing

Venteleg vil ein dei næraste åra byggja seg opp monaleg betre kunnskap om kor mykje marin fauna toler av menneskeskapt undervassstøy. Slik ein kjenner situasjonen no er det ikkje venta at ein kan finna fram til allmenngyldige grenseverdiar, men må rekna med å gjera studiar frå sak til sak og frå prosjekt til prosjekt, altså relativt omfattande og dyrt arbeid.

3.2.2 Fisk

Effekt som lydbylgjer har på fisk kjem an på mange faktorar, m.a. fiskeart, storleik på fisken og livsfase til fisken. Fiskeegg, fiskelarvar og yngel tåler mindre enn vaksen fisk.

Den direkte effekten på fiskeåtferda kan vera akutt stressrespons. Stressresponsen kan medføra unnvikning og flukt, ukontrollert hopping, akutt auke i respirasjons- og hjarterytme og akutt tømning av tarm. Fysiske skadar kan omfatta mellombels eller permanent tap av høyrsel, blødning i symjeblære, og dessutan riveskadar og blødingar i milt og lever. Uavhengig av art, er symjeblæra til fisken det mest sårbare organet med omsyn til skadar frå høge spisstrykk, t.d. frå sprenging. Trykkvariasjonar vil kunna endra volumet av frie gassar, som har mest omfang i symjeblæra til fisken. Trykkvariasjon kan føra til bobledanning eller absorbering av løyste gassar i blod og kroppsvev, som igjen kan føra til dødelege skadar. Fisk med lukka symjeblære (t.d. torsk) er mykje meir utsette enn fisk med opa symjeblære (t.d. laks, aure og sild).

Sprengingar over tid kan føra til kronisk stress, med svekka immunforsvar som resultat. Eit svekka immunforsvar kan gjera fiskane meir mottakelege for sjukdom. Sistnemnde gjeld spesielt i forhold til fisk som er lukka inne og er avskore frå naturleg fluktrespons, som i fiskeoppdrett, låssetjing eller i andre fysiske avgrensa område.

Det finst mange undersøkingar der det er synt til forsøk på å setja grenseverdiar for undervassstøy med omsyn til fisk. Det er såleis kjent at det kan reknast med direkte daude ved eit lydtrykk på > 1 MPa (altså 1.000 kPa) (Kjellsby, 1993), svarande til eit lydtrykknivå på 240 dB rel. 1 μ Pa.

Det finst mykje kunnskap frå militære granskingar av sprenging av *frie ladningar* (Gaspin, 1973), (Yelverton, Richmond, Hicks, & Flecher, 1975-06-18). Dette er altså ladningar som vert sprengde i fri vassøyle, ikkje innspente/innbora i berga. Denne kunnskapen er igjen omforma til reknemodellar som vert brukte for å finna utbreiing av lyd frå undervasssprengingar i form av frie ladningar.

Granskingar syner at mindre fiskar toler lågare lydtrykk enn det større fiskar toler, sjå m.a. (Yelverton, Richmond, Hicks, & Flecher, 1975-06-18).

I ei norsk studie av påverknad på torsk (*Gadus morhua*) ved sprenging (Larsen *et al.* 1993), vart det målt effekt på torsk i avstandar på 20 m, 80 m og 200 m. Ladningen var 10 kg fritthengande TNT i ≈ 5 m djupne. Registrert daude var høvesvis 92,8 %, 0,7% og 0,7 % ved eit spisstrykk på høvesvis 6,8 MPa i 20 m avstand, 1,2 MPa i 80 m avstand og 490 kPa i 200 m avstand. Tilsvarende trykk ved bruk av dynamitt var 1,05 MPa i 80 m avstand, 470 kPa ved 200 m og 75 kPa ved 1 km. Resultata var elles at frå 80 til 200 m avstand minka skadane markant. I tillegg viste ei eksponering av 200 smålaks plasserte i fjernsonen (avstand på 1 km) at 34 % hadde vatn i symjeblæra og 41 % hadde små blødingar i symjeblæreveggen etter 7 sprengingar med eit midlare spisstrykk på 75 kPa. Effektane synte seg *ikkje* å vera dødelege.

I retningsliner for sprenging i sjø for Canada (Wright & Hopky 1998) kjem det fram konkrete tilrådingar om at sprengingsarbeid som gjev større spisstrykk enn 100 kPa nær «fiskehabitat» ikkje skal gjennomførast. Tilsvarende er det ikkje rådd til sprenging som kan skape vasspartikkelfart større enn 13 mm/s nær gyteområde i rognklekketida (Wright 1982). Wright (1982) viste også at lydtrykk på > 100 kPa kan medføre dødelege skader for rogn og fiskelarvar.

Under i Tabell 1 fylgjer ei oppsummering av ulike lydtrykk og observert effekt på fisk, i hovudsak laks og torsk. På bakgrunn av ei rekkje ulike studie oppsummerte i Kjellsby (1993) er den samanhengen ein kan venta mellom lydtrykk frå sprengingar og tilhøyrande effektar på fisk vist.

Tabell 1 Oversikt over effektar på fisk (torsk og laks) relatert til lydtrykk (modifisert etter Kjellsby, 1993). Fargekodinga indikerer skadepotensial.

Lydtrykk	Effektar på fisk
10 MPa til 1 MPa	Stor risiko for spontan daude etter ei einiskild sprenging. Fisk med lukka symjeblære (t.d. torsk) vil vera meir utsette enn fisk med opa symjeblære (t.d. laksefisk).
1 MPa til 100 kPa	Indre skader med usikker utgang. Risiko for daude ved oppatteknne sprengingar. Sterke endringar i åtferd.
100 kPa til 1 kPa	Mindre eller ingen fysiske/direkte skader, men stress-belastning ved oppatteknne sprengingar. Middels sterke endringar i åtferd.
1 kPa til 100 Pa	Vaksen fisk venjer seg til støybelastningen ved oppatteknne sprengingar. Dette kan vera annleis for larver/yngel.
100 Pa til 1 Pa	Fisk høyrer sprenginga, men reagerer ikkje. Store variasjonar mellom artar og livsstadium.
< 1 Pa	Fisk høyrer ikkje sprengingar.

3.2.2.1 Toleranse for direkte skader

Det finst altso mange undersøkingar der det er synt til forsøk på å setja grenseverdiar for direkte skader frå undervassstøy til fisk. Det er soleis kjent at det kan reknast med *direkte daude* ved eit lydtrykk på > 1 MPa (Kjellsby, 1993), svarande til eit lydtrykknivå på 240 dB rel. 1 µPa. Gjeldande kunnskap kan tyda på at 32 kPa lydtrykk (svarande til eit lydtrykknivå på 210 dB rel. 1 µPa) kan vera ei fornuftig grense for *direkte* skader på fisk (Kvadsheim, 2017). Dette gjeld primært støy frå sprengingar og andre støykjelder som gjev impulsiv støy («slagstøy»). Eit kjenneteikn på slik støy er kort stigetid for dei einiskilde pulsane i støyen.

Vidare er det vanleg å rekna med at egg, larvar, yngel og småfisk toler mindre lydtrykk enn det som vaksen fisk gjer.

3.2.2.2 Toleranse for indirekte skader

Som nemnt er det **vanskeleg å fastsetja** tolegrensar/grenseverdiar for *indirekte* skader. Indirekte skader/stress kan i alle fall oppstå ved monaleg lågare lydtrykk enn 32 kPa, og eit nyare vitenskapleg arbeid (Forsvarets forskningsinstitutt, 2022) kan tyda på at 100 Pa (svarande til eit lydtryknivå på 160 dB rel. 1 μ Pa) er ein grenseverdi for lydtrykk som sikrar ogso mot indirekte skader/stress hjå *laksefisk* frå *gjentekne sprengingar*, som t.d. ved fleire sprengingssalver som i denne saka.

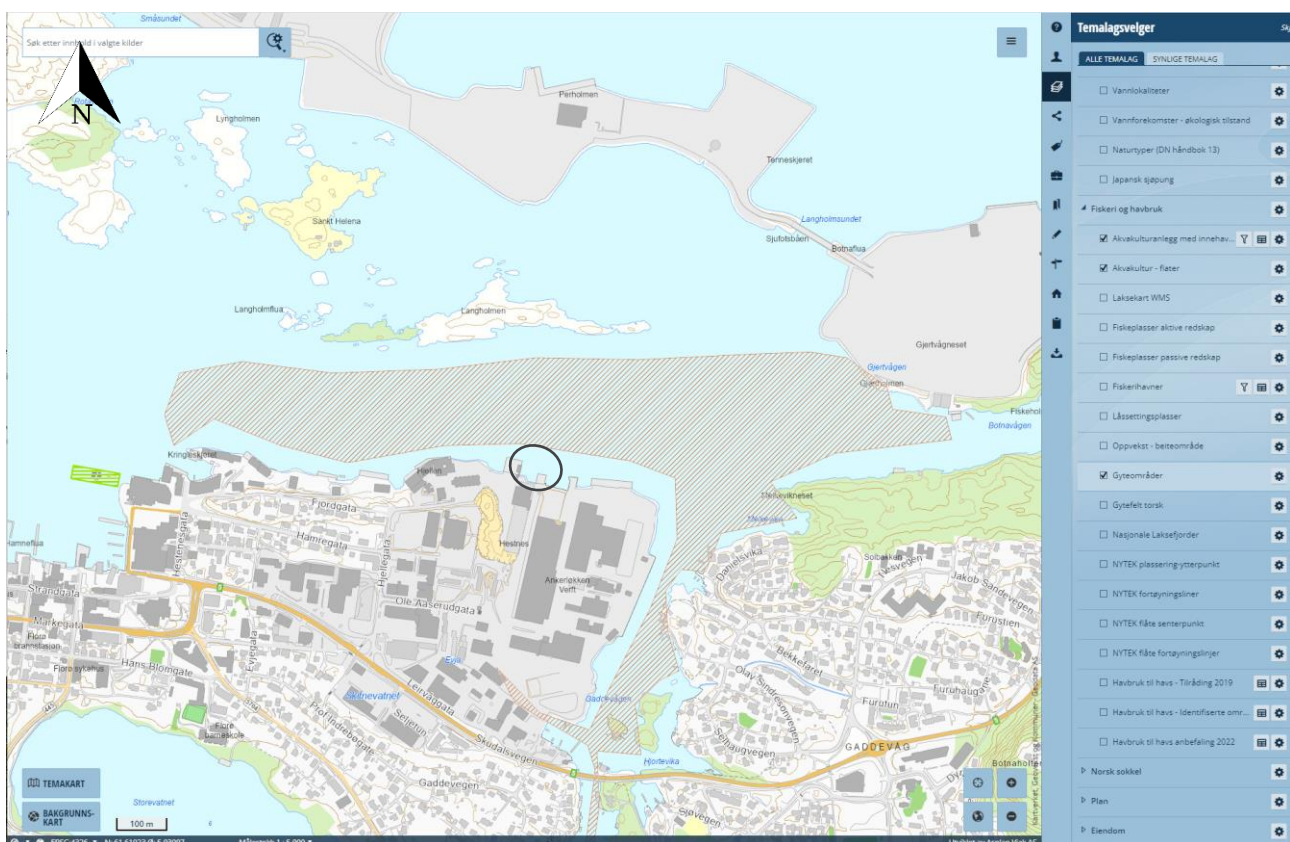
4 Tilhøvet mellom marin fauna og tiltaket

4.1 Kjelder for kunnskap om marin fauna

I dette oppdraget er det lagt til grunn kartfesta informasjon om den marine faunaen i området, i form av ulike kartlag på internettportalen www.kystinfo.no.

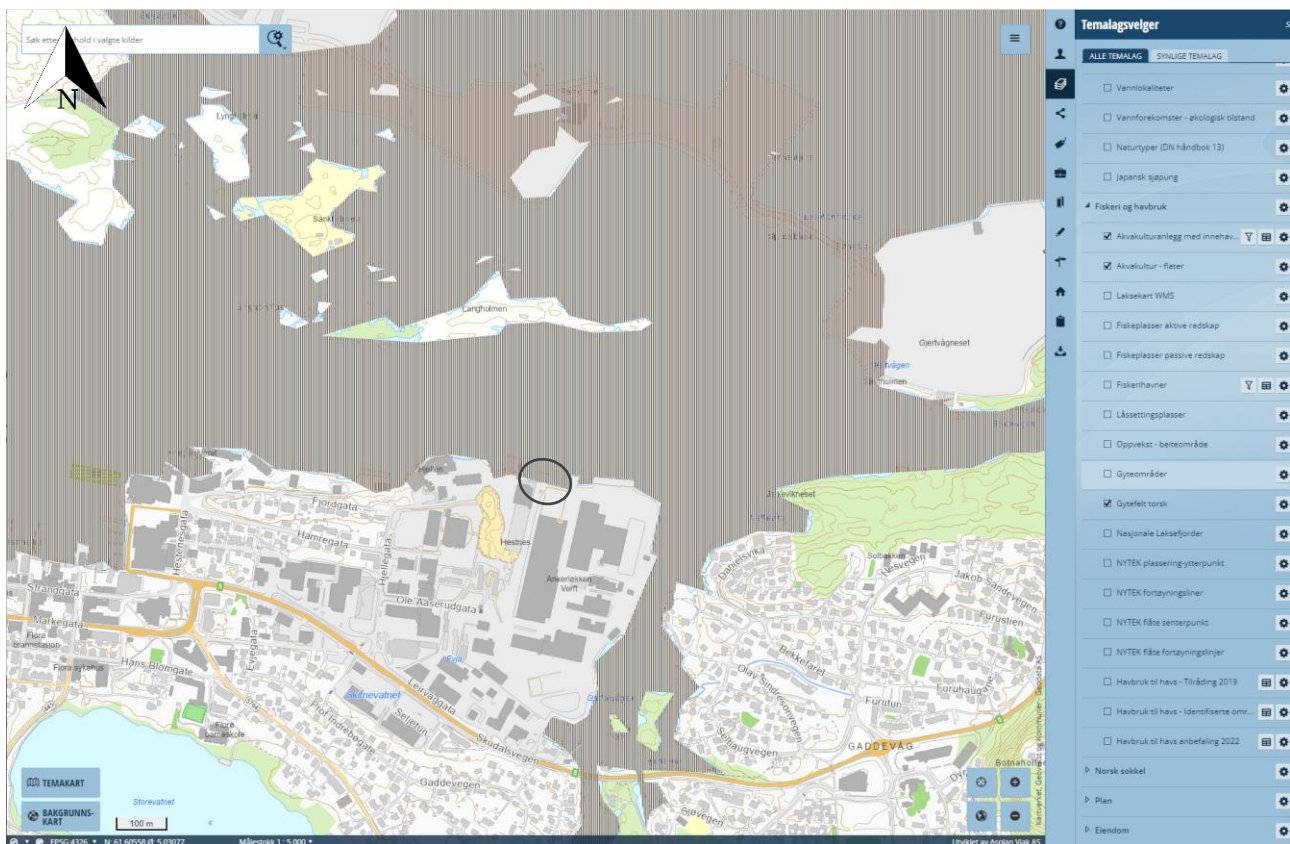
4.2 Gyteområde og gytefelt

Kystinfo.no gjev kartfesta informasjonen om gyteområde generelt som synt i figuren nedanfor.



Figur 3: Gyteområde (skravert område) som kartfesta på internettportalen www.kystinfo.no, med eiga påteikning av tiltaksområdet som svart ellipse. Lest 5. juli 2024.

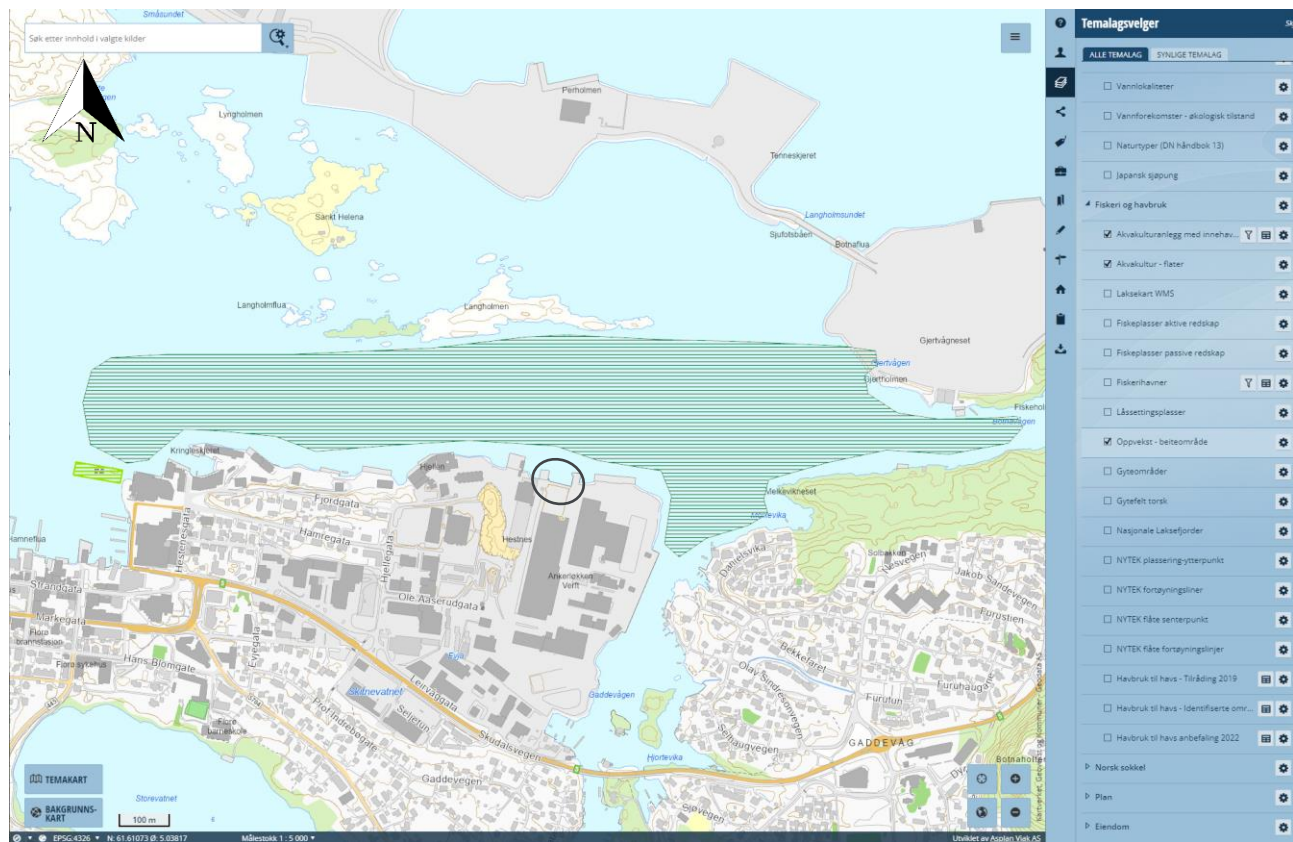
Vidare er gytefelt for torsk kartfesta som synt i figuren nedanfor.



Figur 4: Gytefelt for torsk (skravert område, heile havområdet i bilete) som kartfesta på internettportalen www.kystinfo.no, med eiga påteikning av tiltaksområdet som svart ellipse. Lest 5. juli 2024.

4.3 Oppvekst- og beiteområde

Kystinfo.no gjev kartfesta informasjonen om oppvekst- og beiteområde som synt i figuren nedanfor



Figur 5: Oppvekst- og beiteområde for fisk (skravert område) som kartfesta på internettportalen www.kystinfo.no, med eiga påteikning av tiltaksområdet som svart ellipse. Lest 5. juli 2024.

4.4 Aktuelle avbøtende tiltak

Om ein vil minska potensialet for skade på marin fauna frå undervasssprengingar er det to hovudtypar avbøtende tiltak som peikar seg ut i denne saka:

1. **Administrative tiltak.** Det kan vera å sprenga utanfor tider på året som er sårbare for dei aktuelle marine artane.
2. **Tekniske tiltak.** *Kjelderetta* tiltak som verkar mot trykkbylgjer i vatnet kan vera t.d.: varsam sprenging (små einiskildladningar, høvande tidsintervall mellom detonasjon av einiskildladningane, små salver og fullfordemma borehol). Tiltak retta mot *utbreiing* av trykkbylgjer i vatnet kan vera t.d.: Boblegardin, sprenging ved store dønningar og/eller bylgjer, skjerming (t.d. ved å etablere ein mellombels vegg eller fylling i vatnet). Avfyring av små skremmeladningar kan også vera aktuelt, i alle fall om ein er temmeleg sikker på at fiskane sym bort frå detonasjonsstaden som følgje av skremmeladningane.

5 Utrekningar og vurderingar av undervasstøyen

5.1 Innleiing

Som nemnt ovanfor er det gjort mange undersøkingar av trykkbylgjer frå detonasjon av sprengladningar i fri vassmasse. For sprengladningar innspente i berg under vatn er kunnskapen skinnare. Det er likevel vanleg praksis i faget å ta utgangspunkt i metodar for frie ladningar, og deretter leggja inn dempefaktorar for innspenning, eventuell fordemming (topping av boreholet med lausmassar, over sprengstoffet), eventuelle boblegardiner (sjå nedanfor), eventuell skjerming frå undervassterreng, osv.

5.2 Reknemetode

I denne rapporten er det lagt til grunn ein svært enkel reknemetode for kjeldestyrke og demping av trykkbylgjer frå innspente sprengladningar, nemleg Arons formel, sjå (Arons, 1954). Her er det valt denne forma:

$$p = A \left(\frac{d}{\sqrt[3]{Q}} \right)^{-b}$$

Her er:

p lydtrykket, A ein materialkonstant (sprengstoffavhengig), d er avstanden til detonasjonen, Q er massen til sprengstoffet (kg sprengstoff til kvar einskilddetonasjon) og b er ein reduksjonsekspONENT (avhengig av demping frå sjøbotnen, overflata, terrengskjerming, osv.).

5.3 Føresetnader

5.3.1 Sprengingstekniske føresetnader

Underentreprenøren Aurstad tunnel AS opplyste 4. juni 2024 at det venteleg kjem til å verta brukt patronisert dynamitt med diameter 50-60 mm, vidare at den største holdjupna vil vera om lag 15 m, og at dei legg opp til ei fordemming på om lag 2 m, noko som gjev ei ladelengd på om lag 13 m. Største sprengstoffmasse per einskilddetonasjon er vidare oppgjeve til 37-50 kg, avhengig av dimensjonen på dynamitten.

5.3.2 Eigne vurderingar

I denne saka har me gjort konservative val for parametrane i likninga ovanfor:

- A er opplyst å typisk variera mellom 50 og 60 MPa, me har valt å bruka 52,4 MPa.
- $b = 1$ svarar til sylindrisk utbreiing av trykkbylgja, medan $b = 2$ svarar til sfærisk (kule-) utbreiing, som gjerne svarar til ytterpunktta i korleis trykket minkar med avstanden. Me har valt å bruka $b = 1,13$.
- $Q = 50$ kg (som altså er den kraftigaste aktuell ladningsmassen, i fylgje den aktuelle underentreprenøren).

Vidare har me lagt til grunn:

1. Intervallsprenging av einskildladningane i salvene, med intervall på 20 – 30 ms.
2. Ingen «flash-over» mellom borehola, dvs. at ingen borehol går av samstundes via «trykksmitte» som set av ladningen i andre hol enn det som vert tent med intervalltennarane.

3. At innspenning i berget gjer at berre 20 % av energien i detonasjonane går ut i vatnet, og dermed at 80 % av energien går med til å knusa berget. Denne føresetnaden gjeld for alle salvene i sprengingsarbeidet - ein lyt dermed gjerne bruka mykje mindre einskildladningar i dei fyrste salvene, fram til ein har etablert ein rein bergkant og funne **bergkonstanten** (dvs. kor mykje sprengstoff som trengst for å knusa eit visst volum berg) som gjeld for berget her.
4. Velfungerande boblegardin sett opp slik at ho skjermar heile tiltaksområdet ut mot sjøen. Boblegardiner gjev lita demping av lågfrekvent støy/trykkbylgjer, men dempar høgfrekvent støy betre. Me har lagt til grunn enkeltgardin med 5 dB demping.

5.4 Resultat

Med reknemetode og føresetnader som lista ovanfor vil valt grense for *direkte skade* på 32 kPa trykk gå om lag 370 m ut frå sprengingsstaden. Innanfor denne avstanden vil ein måtte rekna med direkte skader på fisk.

For *indirekte skader* er det *ikkje* råd å gje estimat for trygg avstand utan nærare kjennskap til undervasssterrenget i eit stort område kring tiltaksområdet, saman med andre føresetnader¹. Grensa for indirekte skader vert venteleg overskriden i hamneområdet innanfor Kringleskjeret.

5.5 Vurdering

Kartfesta gyteområde, gytefelt og oppvekst- og beiteområde ligg nær og til dels kloss opp til tiltaksområdet, som synt ovanfor. Westcon Yards opplyser at det er relativt stor båttrafikk her, og at det venteleg er lite egg, yngel og fisk rett utanfor tiltaksområdet, ogso som ei fylgje av at botnen stort sett er grus og stein etter tidlegare utført mudring.

For å vurdere omfanget av *direkte skader* må ein altso vita kor mange fisk og kva fiskeartar som er nærare sprengingsstaden enn 370 m på tidspunkta for sprengingane.

Kysttorsken er ein sårbar art, og det kan ogso vera andre sårbare artar som gyt og som beiter og veks opp i dei kartfesta områda. Om ein ynskjer å sikra seg mot *indirekte skader* lyt sprengingsarbeidet måtte gjerast utanom tider på året som er sårbare for dei aktuelle artane.

5.6 Andre tiltak i området

Me har fått opplysningar om at Kystverket utdjuvar innseglinga til Florø no sommaren 2024, og at *det* tiltaket inkluderer mudring i form av kraftigare sprengingar enn i tiltaket med mudring framfor ny dokk for Westcon Yard, planlagt til januar – mars 2025.

¹ I fritt og ope hav og med reknemetoden og føresetnader som lista ovanfor vil den omtala grensa for indirekte skader (100 Pa trykk) gå heile 61 km ut frå sprengingsstaden.

6 Referansar

- Andersson, M., Andersson, S., Ahlsén, J., Andersson, B., Hammar, J., Persson, L., . . . Wikström, A. (2016-08). *Underlag för reglering av undervattensljud vid pålning, Vindval-rapport 6723*. Naturvårdsverket.
- Arons, A. B. (1954). Underwater Explosion Shock Wave Parameters at Large Distances from the Charge. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 26(3), 343-346.
- California department of transportation, division of environmental analysis, environmental engineering hazardous waste, air, noise paleontology office (Caltrans). (Oktober 2020). *Technical guidance for the assessment of hydroacoustic effects of pile driving on fish*. Sacramento: California department of transportation.
- Consto. (-, -). Sprengingsplan: Sprenging i sjø - Westcon Dokk Vest.
- Forsvarets forskningsinstitutt. (2022). *Risiko for skade på laksefisk i omkringliggende oppdrettsanlegg ved etablering av undervanns-skytefelt på Korsnes Fort, rapport 22/00814*. Forsvarets forskningsinstitutt.
- Gaspin, J. B. (1973). *Experimental investigations of the effects of underwater explosions on swimbladder fish, I. 1973 Chesapeake Bay test : final report*.
- Havforskningsinstituttet. (2023-02-01). *Havforskningsinstituttets rådgivning for menneskeskapt støy i havet, kunnskapsgrunnlag, vurderinger og råd for 2023. Rapport nr. 2023-2*. Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Kjellsby, E. (1993). *Akustisk eksponering av fisk ved undervannssprenginger, Forsvarets forskningsinstitutt, FFI/rapport-93/2004*.
- Kvadsheim, P. H. (2017). *Effekter av menneskapt støy på havmiljø, rapport 17/00075 / Miljødirektoratet M-690*. Kjeller: Forsvarets forskningsinstitutt.
- Miksis-Olds, J. L., Martin, B., & Tyack, P. L. (2018). Exploring the ocean through soundscapes. *Acoustics today*, 14(1), 26-34.
- Yelverton, J. T., Richmond, D. R., Hicks, W., & Flecher, E. R. (1975-06-18). *The Relationship between Fish Size and Their Response to Underwater Blast*. Fort Belvoir, USA: Defense technical information center.