



RÅD OG KUNNSKAPSBIDRAG FRA HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Miljødirektoratet
Postboks 5672, Torgarden
7485 Trondheim
post@miljodir.no

Deres ref:
2013/2348

Vår ref:
23/01903

Bergen, 21/11/2023

Høring av søknad om endring av vilkår i tillatelse og anmodning om merknader til arbeider i gyteperiode for kysttorsk – Innseiling Borg Havn.

Viser til brev fra Miljødirektoratet datert 06/10/2023 – ref 2013/2348.
Vedlagt oversendes svar fra Havforskningsinstituttet.

Vennlig hilsen

Geir Huse
Forskningsdirektør

Even Moland
Programleder

Brevet er godkjent elektronisk og sendes uten underskrift. Innholdet er godkjent faglig gjennom prosess for rådgivning



HØRING AV SØKNAD OM ENDRING AV VILKÅR I TILLATELSE OG ANMODNING OM
MERKNADER TIL ARBEIDER I GYTEPERIODE FOR KYSTTORSK – INNSEILING BORG
HAVN.

Terje van der Meeren, Jon Albretsen og Sigurd Heiberg Espeland

Havforskningsinstituttet
2023



Høring av søknad om endring av vilkår i tillatelse og anmodning om merknader til arbeider i gyteperiode for kysttorsk - Innseiling Borg Havn.

Sammendrag

Havforskningsinstituttet fraråder tiltak som mudring, sprengning og deponering i gyte- og larveperioden for torsk i tiltaksområdet, fra 1. januar til 15. juni. Kysttorsken i området er på et historisk lavt nivå, og tiltaksområdet er omfattet av flere vernetiltak rettet mot gjenoppbygging av torskebestanden.

Utredningene har vesentlige svakheter knyttet til vurderingene av effekter som tiltaket kan ha på fiskeegg og larver. Partikkelpåvirkning er utelukkende gjort ut fra hydrodynamiske simuleringer som vurderer om partikler fra mudrings- og deponiområder kan nå fastlagte og kartfestede grenser for gytefelt. Transport av egg og larver fra gytefeltene til tiltaksområdene er ikke hydrodynamisk simulert i grunnlagsrapportene. Det er imidlertid gjennomført en tilnærming til dette ved å beregne distanse et egg kan drive innen egget klekker, men denne beregningen er beheftet med en betydelig regnefeil. For å belyse disse manglene har vi kommet med supplerende beregninger vedrørende hydrodynamisk transport av egg. Våre beregninger viser stor sannsynlighet for at egg og larver vil komme i kontakt med vannmasser som vil være påvirket av mudring og deponering.

Det er også uklart hvor stort og omfattende tiltaket vil være. Dette vil være av betydning for å vurdere partikkeltettheter i vannmassene. Et annet problem er at utredningene mangler en detaljert beskrivelse av et overvåkningsprogram. Prøvemudring og deponering i november 2022 ble gjennomført ved å måle turbiditet, men dette er en høyst usikker metode for å vurdere effekter på fiskeegg og larver mot grenseverdier som oppgis i ppm (mg/L).

Bakgrunn

Vi viser til brev av 06.10.2023 fra Miljødirektoratet (MD) der Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet (HI) blir anmodet om å komme med en uttalelse vedrørende dokumentasjon av påvirkning på kysttorsk i gyteperioden i forbindelse med utvidelse av farled inn til Borg havn ved Fredrikstad. Det er angitt at utvidelsen av farleden skal skje gjennom mudring, sprengning og deponering av masser i sjø. Brevet henviser til fem rapporter (SINTEF 2018, DNV GL 2021, NGI 2022, NGI 2023 og SINTEF 2023) som Miljødirektoratet ønsker vurdert med hensyn til å verifisere om Kystverket kan gjennomføre arbeid i gyteperioden for kysttorsk.

Med utgangspunkt i de fem rapportene virker det å være en betydelig usikkerhet om hvor stort omfanget av tiltaket vil være. NGI angir at tillatelsen fra MD for tiltaket omfatter 3 300 000 m³ med masser, men at det ut fra vedtak for Nasjonal Transportplan (NTP) medfører et betydelig mindre masseuttak tilsvarende omtrent 700 000 m³ der 225 000 m³ vil være i så dårlig tilstandsklasse at det må deponeres på land. NGI angir miljøeffekter for deponering av masser i sjø, men ikke for sprengning av grunner. Videre angir DNV-GL to delprosjekter, Borg 1 og Borg 2, som begge innebærer mudring av sedimenter og sprengning av fjell. Borg 1 omfatter området nær havnen like sør for Fredrikstad og Borg 2 omfatter farleden videre sørover ut til havs. DNV GL oppgir opprinnelig



søkt volum på totalt 2 959 650 m³ hvor 817 001 m³ er forurensede masser som skal deponeres på land og 248 725 m³ er sprengt fjell. Videre viser DNV GL til et masseskjema for nåværende tiltak på 1 762 307 m³ der 557 144 m³ er forurensede masser som skal deponeres på land og 87 901 m³ er sprengt fjell. Planlagte deponiområder i sjø for mudrede masser er angitt i to områder i fjordområdet nord for Hvaler: ved Svaleskjær og ved Møkkalasset med dypeste punkt på henholdsvis 52 og 56 m.

HI sin tidligere høringsuttalelse fra 2018

Torskebestanden i Oslofjorden med tilstøtende kystområder er i kritisk dårlig forfatning (Knutsen m.fl. 2022), og alt farvann innenfor grunnlinjen fra og med Svenskegrensen til og med Telemark er etter forskrift angitt som forbudssone med hensyn til fiske etter torsk ([§40a Høstingsforskriften](#)). I tillegg er det etter forskrift forbud mot alt fiske i et større område mellom Hvaler og fastlandet (Torgautgrunnen, Flyndregrunnen, Løperen og Singlefjorden) under gytetiden for torsk fra og med 1. januar til og med 30. april ([Forskrift om forbud mot fiske i gytefelt for torsk](#)). Det er igangsatt og gjennomført prosjekter for å bedre kunnskapen om situasjonen for torsken, blant annet «[Krafttak for kysttorsken](#)» og «[Frisk Oslofjord](#)».

HI leverte i 2018 en høringsuttalelse med en korrigering i saken om utviding av farleden til Borg havn. Her ble det henvist til at vårt «*faglige råd er at man bør vise stor grad av varsomhet både ved sprengning og mudring i elvedeltaet, med påfølgende dumping av masser i Singlefjorden*».

Videre viste vi til at «*Ved Havforskningsinstituttets gytefeltundersøkelser i 2018 var en av stasjonene tilknyttet dette området (mellom Fugleskjæra og Gåseskjæra) det stedet i Østfold der det ble funnet flest torskeegg, og også ett av de få stedene i Østfold der torskeegg ble funnet. Simulering av drift av egg viser også at en stor andel av eggene i dette området vil bli holdt tilbake i område av oseanografiske strømmer i opp til 30 dager etter gyting. Det er derfor svært sannsynlig at området inntegnet gjennom intervju har vært et viktig gytefelt for en lokal bestand lenge og som nå er på et svært lavt nivå*». HI bemerket også at «*vi kan ikke se at konsekvenser av tiltakene for: 1) gytende fisk i gytetiden; 2) gytefeltenes kvalitet og funksjon i fremtiden; 3) egg og larver i tiltaksperioden eller 4) fiskeyngel og oppvekstområder er utredet*».

Vår korrigering av høringsuttalelsen var knyttet til økt mulighet for vannutveksling ved sprengning av grunner i farleden: «*Vi er bekymret for at tiltakene i Borg 2 vil endre strømfelt og vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene slik at områdets potensial som gytefelt vil endres negativt*».

Spredning av deponerte masser

I 2018 modellerte SINTEF utløpet til Glomma og Hvaler-området med deres strømmodell Sinmod der den best oppløste modellen hadde 53,5 m horisontal oppløsning. Modellen ble etablert på en faglig god måte der de tidsavhengige variasjonene i Glommas vannføring, tidevannsstrømmer og barokline strømmer (strøm som er drevet av helning av tetthetsflater i vannet) samt atmosfæriske påvirkninger er inkludert. En klar svakhet var at de innerste mudringsområdene lå utenfor modellområdet. Dette ble kompensert med å trekke spredningskjernen sørover slik at beregningene nok kommer frem som konservative.



De aktuelle tiltaksområdene og gytefeltene er sterkt preget av avrenningen fra Glomma med tilhørende sterke utgående overflatestrømmer, og metodikken som ligger til grunn i Sinmod-modellen vil kun overfladisk klare å gjenskape dette realistisk. Det meste av småskala dynamikk (hvirvler, turbulens o.l.) vil ikke komme frem med en slik metodikk, men Sinmod er en anerkjent modell og skal fungere bra på lokal og regional skala. Påvirkningene og strømforholdene i skjærgården rundt og koblingen mot Ytre Oslofjord er mest sannsynlig bra gjengitt i dette modellsystemet. Videre er simuleringene av partikkelspredning satt opp på en fornuftig måte og gir antakelig det beste estimatet på sedimentforflytning man kan komme frem til. Selv om modellperioden er utenfor gytetiden for fjordtorsk, så er den mest aktive dynamikken med vårflom i Glomma inkludert. Med andre ord er det nok mindre vannutveksling i tidsrommet januar-april slik at beregningene fremstår som konservative, noe som også er nevnt i DNV GL sin rapport fra 2021.

Prøvemudring og deponering ble gjennomført i november 2022, og det ble observert samsvar mellom modellerte og faktisk målte resultater (NGI 2023). I denne sammenheng må det bemerkes at prøvemudring og deponering ble gjennomført få dager over en kort periode, og det er derfor usikkert hvordan spredning og partikkelkonsentrasjoner vil bli ved sammenhengende mudring og deponering over lengre perioder.

Sammenligning av målt turbiditet og beregnet partikkelkonsentrasjon som ppm (mg/L) kan også være problematisk. I rapportene som følger høringen, benyttes ulike betegnelser på partikkelinnhold. DNV GL refererer til målinger av turbiditet med betegnelsene FTU og FNU, mens NGI refererer til turbiditet med betegnelsen NTU der 1 NTU er satt lik 1 ppm (1 mg/L) partikulært materiale. NGI refererer til en NIVA Rapport (Schaanning m.fl. 2006) der forholdet mellom målt turbiditet og mg/L er kalibrert og satt til 1. Denne rapporten beskriver imidlertid to avvik fra dette forholdet. Det er også uklart hvordan turbiditet er målt i Schaanning m.fl. (2006) da det oppgis FTU i tekst og FNU i figur som viser kalibreringskurve. FNU og NTU måler refleksjon ved 90° detektorvinkel, men ved forskjellige bølgelengder. FTU spesifiserer ikke hvordan en sensor måler turbiditet. De ulike standardene for turbiditetsmålinger kan derfor ikke uten videre sammenlignes. Videre er det et problem at partikkelkonsentrasjon ikke kan måles kontinuerlig som ppm. Å sette 1 NTU lik 1 ppm er ikke nødvendigvis korrekt for måling og konvertering av turbiditet til konsentrasjon av partikulært materiale, fordi en slik konvertering kan være avhengig av partikkeltype. For eksempel ble det i FeBEC (2012) satt opp en kalibreringskurve med naturlig sjøbunnsediment som viste at 1 NTU tilsvarer litt over 3 mg/L med partikulært materiale, som er tre ganger høyere enn Schaanning m.fl. (2006). Undersøkelse av partikkelkonsentrasjoner målt som turbiditet (NTU) kan derfor ha større konsentrasjon av partikulært materiale (mg/L) enn det som fremkommer i NGI-rapporten fra 2023 hvor prøvemudring og deponering gjennomført i november 2022, blir vurdert.

Effekter på torskeegg og larver

DNV GL 2021 presenterer en oversikt over effekter av partikulært materiale på fisk i ulike livsstadier ut fra kjent litteratur. Listen er imidlertid ikke fullstendig og mangler noen studier som for eksempel Page (2014) og Farkas m.fl. (2021). DNV GL 2021 har fokusert på de direkte effektene av partikler, men det kan også være indirekte effekter. De viktigste byttedyrene til fiskelarver er larvestadiene av små krepssdyr (hoppekreps eller copepoder som de også kalles). Alle stadier av hoppekreps spiser mineralpartikler av samme størrelse som annet plankton de lever av, noe som vil kunne påvirke deres vekst og reproduksjon (Paffenhöfer 1972, Farkas m.fl. 2017). Hoppekreps med sedimentpartikler i



tarmen kan derfor være en vektor for at fiskelarver får slike partikler i seg. Felles for fiskelarver er at de har en enorm økning i størrelse (opptil 4000 ganger for torskelarver) de første to månedene etter klekking, og at de derfor spiser store mengder av hoppekreps. Et annet moment er at hoppekreps i grunne kystfarvann domineres av arter med hvileegg som overvintrer på bunnen. Sedimentering fra mudring og deponering kan begrave disse eggene slik at mattilbudet til fiskelarver kan bli redusert. Det er imidlertid ikke mulig å si noe om omfanget av en slik effekt for det planlagte tiltaket.

DNV GL 2021 har vurdert effekter på nærliggende torskegyteområder fra mudringsoperasjonene blant annet med utgangspunkt i spredningsberegningene presentert i SINTEF 2018. Det vises tidsintervaller og konsentrasjoner der konsentrasjonen av partikler vil være over 5 mg/L som er grensen DNV GL har satt med hensyn til den gjennomførte risikovurdering. DNV GL angir videre tre teoretiske effektkonsentrasjoner:

- 3 mg/L som nedre grense,
- 5 mg/L for subletale effekter på egg og larver og delvis unnvikelse for voksen fisk,
- 8 mg/L for påbegynnende letale effekter på egg og larver relatert til utsynking, redusert fødeopptak og økt dødelighet, samt total unnvikelse av voksen fisk.

Disse konsentrasjonene er vurdert ut fra ulike vitenskapelige studier på fiskeegg og larver, blant annet Messieh m.fl. (1981), Westberg m.fl. (1996), FeBEC (2013) og Reinardy m.fl. (2019). En litteraturgjennomgang av Page (2014) er ikke nevnt, der det henvises til at Australia og New Zealand Environment Council (ANZECC) guideline opererer med en grenseverdi på 2-3 mg/L for fiskeegg og larver og at FeBEC (2013) anbefaler en grenseverdi på 2 mg/L. Heller ikke en studie av Farkas m.fl. (2021) der det angis en effektkonsentrasjon ned til 1,2 mg/L for klekking av torskeegg som har vært eksponert for mineralpartikler, er nevnt. Effektkonsentrasjonene som DNV GL har benyttet i sin risikoanalyse, kan derfor være noe høye.

NGI-rapporten fra 2022 angir at det er lite sannsynlig at det vil være partikkelspredning som fører til 3 NTU over naturlig bakgrunn på 3 ppm (mg/L). Det må i denne sammenheng nevnes at partikler fra mudring og deponering vil komme i tillegg til naturlig partikkelbelastning som allerede vil være av en viss størrelse grunnet tilførselen fra Glomma. Eventuelle effekter på torskeegg og larver vil være et resultat av den samlede partikkelbelastningen, både fra naturlig tilførsel og fra menneskelig aktivitet i området. Overvåkning og vurderinger av effekter basert på tilleggsbelastning utover naturlig forekommende partikkelinnhold vil kunne underestimere belastningen på fiskeegg og larver.

Gytefelt og spredning av egg og larver

Definisjonen av gytefelt bygger på flere kriterier, og må forstås som det området der fisken gyter og der eggene oppholder seg i den pelagiske perioden, med en avgrensning som tar hensyn til både hvor det gjøres observasjoner av egg i felt og hvor de driver i perioden etter gyting, samt hvor fiskere har påtegnet gytefelt (Espeland m.fl. 2013). Forekomst av torskeegg og larver utenfor kartfestede gytefelt er høyst sannsynlig og vil variere både i tid og rom. Gytefelt er ikke statiske og kan variere i tid og rom (van der Meeren 2020).

DNV GL har i sin rapport estimert eggdrift frem til klekking og kommet frem til en distanse på kun 900 m ut fra en gjennomsnittlig strømfart på 5 cm/sekund. Denne beregningen blir helt feil fordi det er oppgitt at 5 cm/sekund er det samme som 3 m/time (DNV GL har multiplisert med 60 i stedet for



3600 som er antall sekunder i en time). Ved å anta en temperatur på 6°C og 14 dager fra gyting til klekking, med samme strømfart, er den totale distansen 60,5 km. Dette vil imidlertid ikke være reell avstand fra gytsted fordi strøm ikke er lineær i samme retning hele tiden. Forflytning av eggene vil være påvirket av tidevann, vind, nedbør (tilførsel av ferskvann via elver) og barokline strømmer i området som er de viktigste driverene for vannbevegelse i kystfarvann. Man kan ikke beregne dette direkte kun fra en strømmodell, men må innom en partikkelspredningsmodell som både tar hensyn til de hydrodynamiske forholdene og torskeeggens oppdrift (egenvekt) i relasjon til saltinnhold og temperatur (Espeland m.fl. 2013). Det er en klar svakhet ved utredningene at egg- og larvedrift ikke er modellert, på samme måte som SINTEF har modellert spredning av partikler fra mudring og deponering.

Simulering av eggdrift fra gytefeltene i dette området er allerede utført av HI ut fra strøm beregnet med vår hydrodynamiske, høyoppløselige modell (Espeland m.fl. 2013). Resultatet viser at en stor andel av egg og larver etter 30 dager vil befinne seg mellom Hvaler og fastlandet (Figur 1 og 2). Det vil befinne seg egg og larver både i deponeringsområdene og i mudringsområdene, inkludert i området nærmest Borg havn grunnet den innoverrettede estuarine sirkulasjonen. Siden det kan være vanskelig å se egg som ligger oppå hverandre i Figur 1, viser Figur 2 sannsynlighet for hvor egg vil befinne seg ved simuleringsperiodens slutt. Deponeringsområdene er sentralt plassert i området hvor det er størst tetthet av egg og larver med opprinnelse fra det nærmeste gytefeltet.

HI har gjennomført to eggtokt i tiltaksområdet (2018 og 2022), og resultatene viser at det er relativt lav eggtetthet mellom Hvaler og fastlandet. Generelt er tettheten av torskeegg i vannmassene i hele Oslofjordområdet lavt grunnet lave bestander av torsk. Dette gjør at graden av statistisk støy i form av tilfeldig variasjon vil være relativt stor, og tolkning av eggmengder må derfor gjøres ut fra en føre-var tilnærming. Det ble funnet flest egg i gytefeltet Flyndregrunnen - Morenegrunden, men også rett sør for Humlekjær-Ramsøy, midt mellom de to planlagte deponiområdene ved Møkkalasset og Svaleskjær (Figur 3). Dette er innenfor influensområdet til begge deponiområdene (Fig. 4 i NGI 2022), og det viser at vurdering av effekter fra mudring og deponering ikke bare er isolert til de kartfestede gyteområdene, men også må sees i sammenheng med egg- og larvedrift. Det vil i tillegg være et bidrag fra andre gyteområder da egg og larver fra disse kan drive inn i tiltaksområdet. Begge deponeringsområdene ligger for eksempel innenfor området hvor en betydelig del av egg og larver med opprinnelse fra gyting i Singelfjorden vil befinne seg (Figur 4 og 5).

Sprengning av grunner

Ut fra DNV GL og NGI sine rapporter kan det virke som om de omsøkte tiltakene vedrørende sprengning av grunner i farleden helt ut til Løperen er betydelig redusert eller har falt bort. Dette medfører i så fall at risikoen for at tiltakene i Borg 2 kan føre til endring i strømfelt og vannutveksling mellom «utsiden» og «innsiden» av Hvalerøyene med påfølgende negative effekter på områdets potensial som gytefelt, ikke lenger er så aktuell.

Utredning av effekter på vannutskiftning i forbindelse med sprengning av grunner er basert på ny hydrodynamisk modellering utført av DHI. Hensikten var å utrede om sprengning av grunner ville endre vannutvekslingen mellom "utsiden" og "innsiden" av Hvalerøyene. DHI sin hydrodynamiske modell (MIKE 3 FM) er kjørt med et beregningsgitter som dekker omtrent samme område som Sinmod, men den bruker variabel gridstørrelse. Mens den vertikale oppløsningen i MIKE 3 FM er svært god, så ser det ut til at det er valgt relativt grov horisontal oppløsning med 60m som det



fineste og opp mot 200-1000 m utenfor Hvaler. Når det gjelder drivkreftene som er brukt i MIKE 3 FM, så er det lagt vekt på realistiske avrenningsverdier fra alle elver, og spesielt Glomma som er svært dominerende for dynamikken. DHI har brukt atmosfæremodell-data fra WRF-modell formidlet av StormGeo. Oppløsningen til denne er oppgitt til å være 0,1°, dvs. ca. 10 km, og dette vil i praksis si at vindhastighetene som tilføres strømodellen ikke er spesielt godt oppløste. Antakelig vil vindhastighetene i skjærgården underestimeres, men siden den aller viktigste drivkraften her er Glomma-avrenningen, så er det ikke sikkert at modellsystemet ville oppført seg så ulikt så mye annerledes dersom f.eks. data fra Meteorologisk institutt sitt NORA3-arkiv (fritt tilgjengelig fra <https://thredds.met.no>) hadde vært benyttet.

Valideringen som er demonstrert, ser grei ut, og det nevnes at modellen er kalibrert basert på valideringsanalyser. Det som ikke er nevnt, er eventuelt hvilke deler av modelloppsettet som er justert basert på de kalibreringsanalysene som er gjennomført?

En liten detalj som det settes spørsmålsteget ved er det overordnede tidssteget i MIKE 3 FM-modellen som er satt til 300 s. Det såkalte interne (barokline) tidssteget i andre modeller med tilsvarende romlige oppløsning ville vært rundt 5-10 s, så dersom det i denne modelleringen er brukt et slikt tidssteg på 5 minutter, så settes det store spørsmål til hvilke numeriske skjemaer som er benyttet.

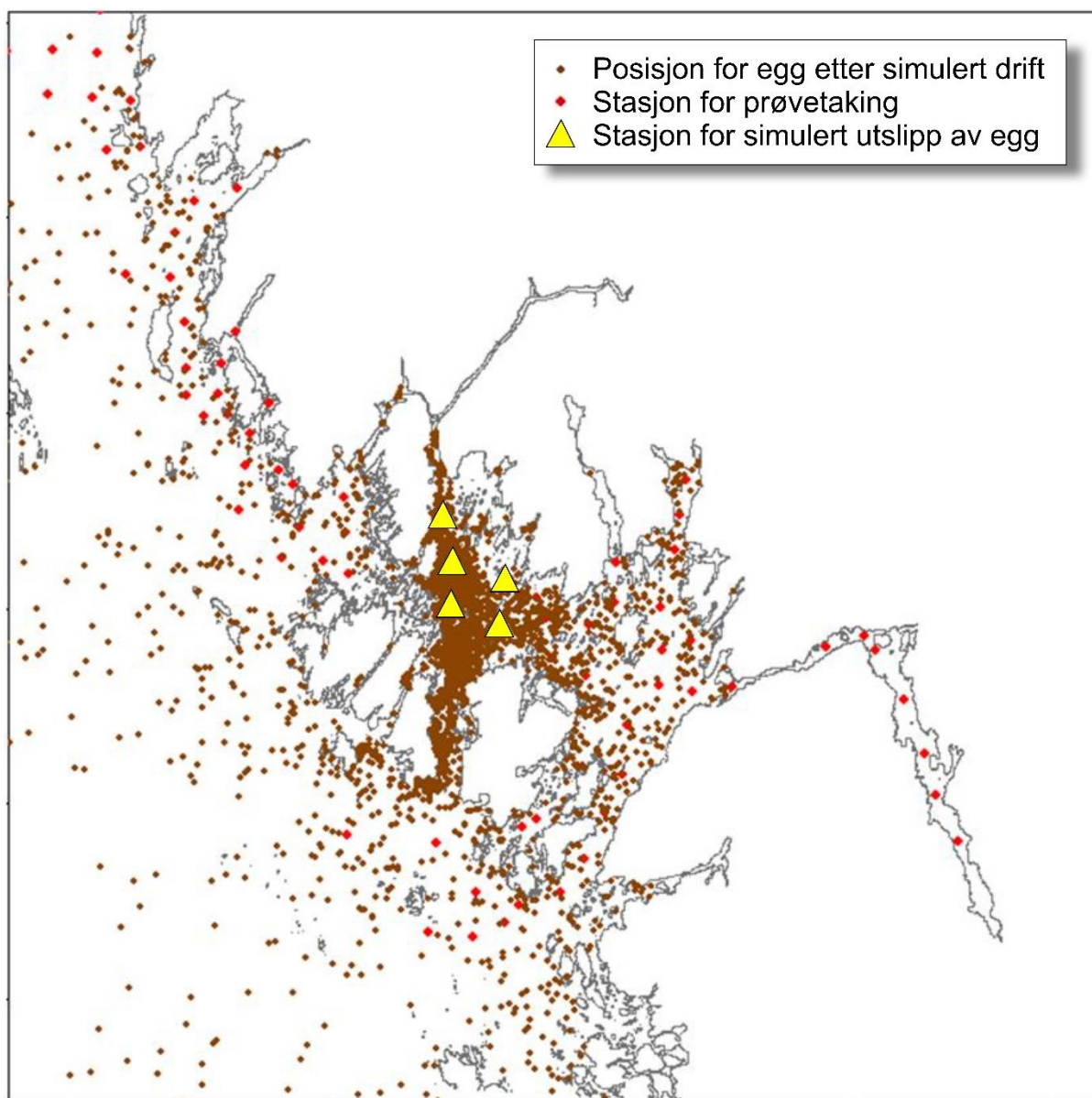
Simulering med dagens bunndyp er sammenliknet med lik simulering med antatt bunndyp etter ulike tiltak, og vannstrømmene som da er beregnet, ser ikke ut til å endre seg noe særlig. DHI kommer altså frem til at inngrepene vil ha minimal innvirkning på transporter og oppholdstid, og det er ikke noen klar grunn til å motsi de resultatene.

Tilråding

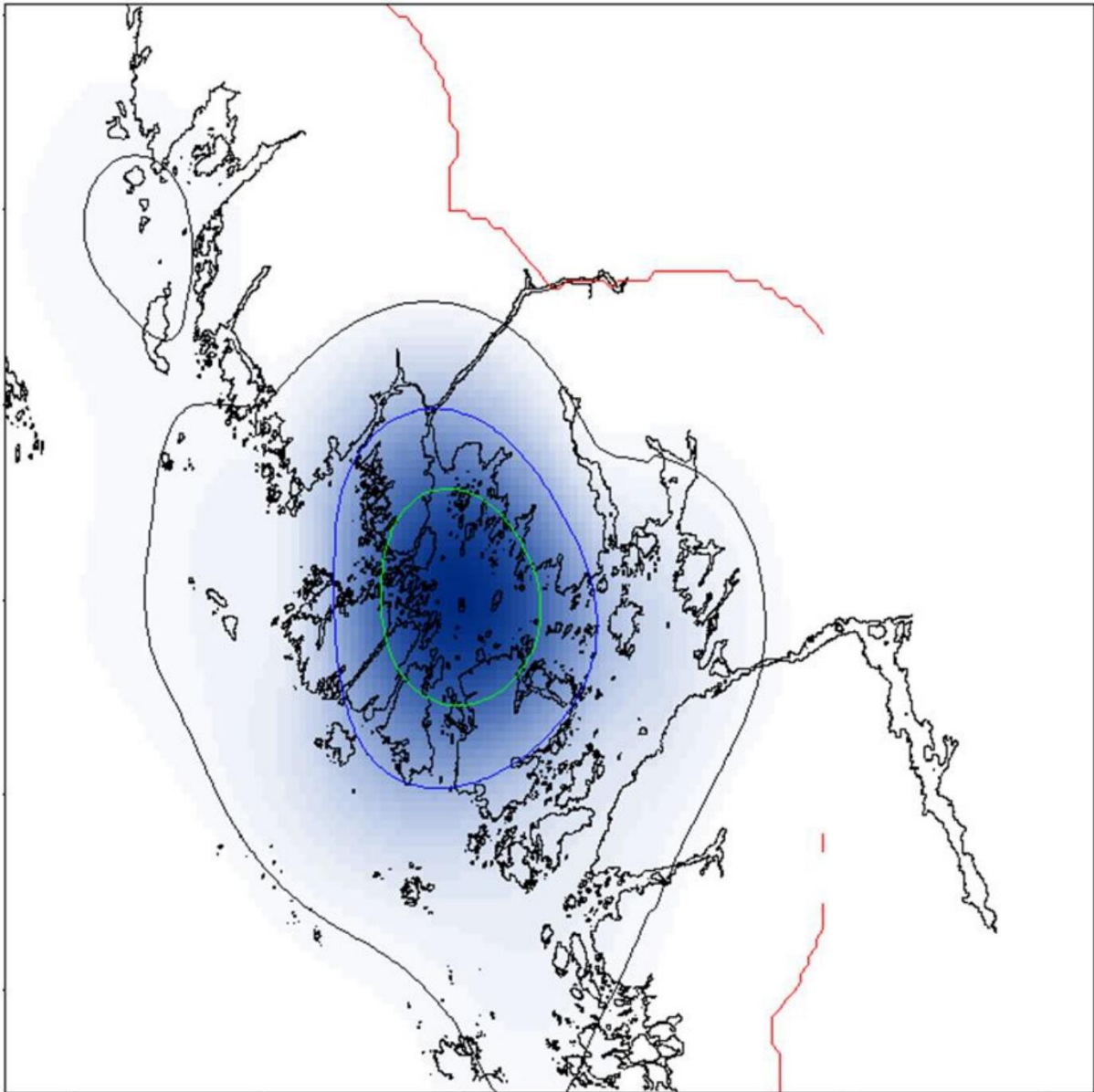
Ut fra den dårlige bestandssituasjonen for kysttorsk i ytre Oslofjordområdet vil HI fraråde tiltak som mudring, sprengning og deponering i eller nær gytefelt i gyte- og larveperioden, fra 1. januar til 15. juni. For å gjenoppbygge bestandene av kysttorsk øst for Lindesnes er det satt i verk strenge vernetiltak for en del gytefelt. Deler av det aktuelle tiltaksområdet har vernestatus med absolutt fiskeforbud av alle marine arter i gyteperioden, og hele tiltaksområdet har vernestatus med hensyn til fiske av torsk til alle tider av året. Tiltaksområdet har også betydelig tilførsel av egg og larver fra nærliggende gytefelt. Selv om eggmengdene er lave på gytefeltene i Singelfjorden og Ramsøyflaket, kan de representere unike genetiske ressurser som vil være sårbare med hensyn til menneskelig påvirkning, inkludert de pågående klimaendringene.

Vårt råd bygger også på at utredningene kun har vurdert effekter ut fra fastlagte kartfestede grenser for gytefelt. Hydrodynamisk transport av egg og larver inn i tiltaksområdene er ikke vurdert. I tillegg er det stor usikkerhet med hensyn til hvordan partikkelmengde i vannmassene kan måles sikkert opp mot fastsatte grenseverdier for fiskeegg og larver. Dette gjelder særlig måling av turbiditet. Et fastlagt måleprogram er i denne sammenheng ikke presentert.

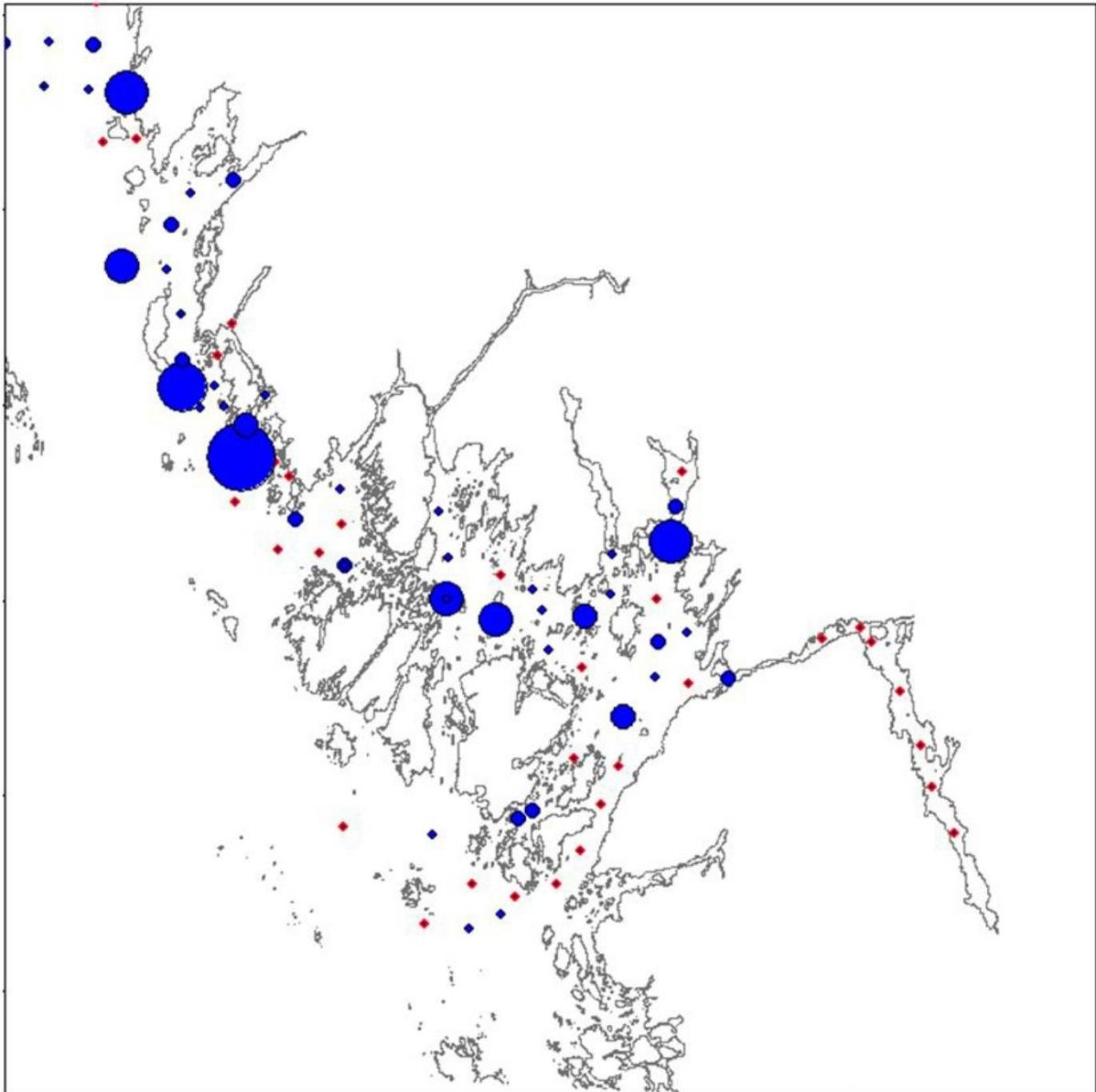
Når det gjelder oppvekstområder for torskeyngel, er tareskog og ålegrasenger vurdert i utredningene. Det har imidlertid vist seg at torskeyngel også benytter andre typer bunnsstrat som oppvekstområde, og særlig bunn med sand, grus og stein med påvekst av ulike rødalger (Dunlop m.fl. 2022). Kartlegging og risikovurdering av slike oppvekstområder mangler også i utredningene.



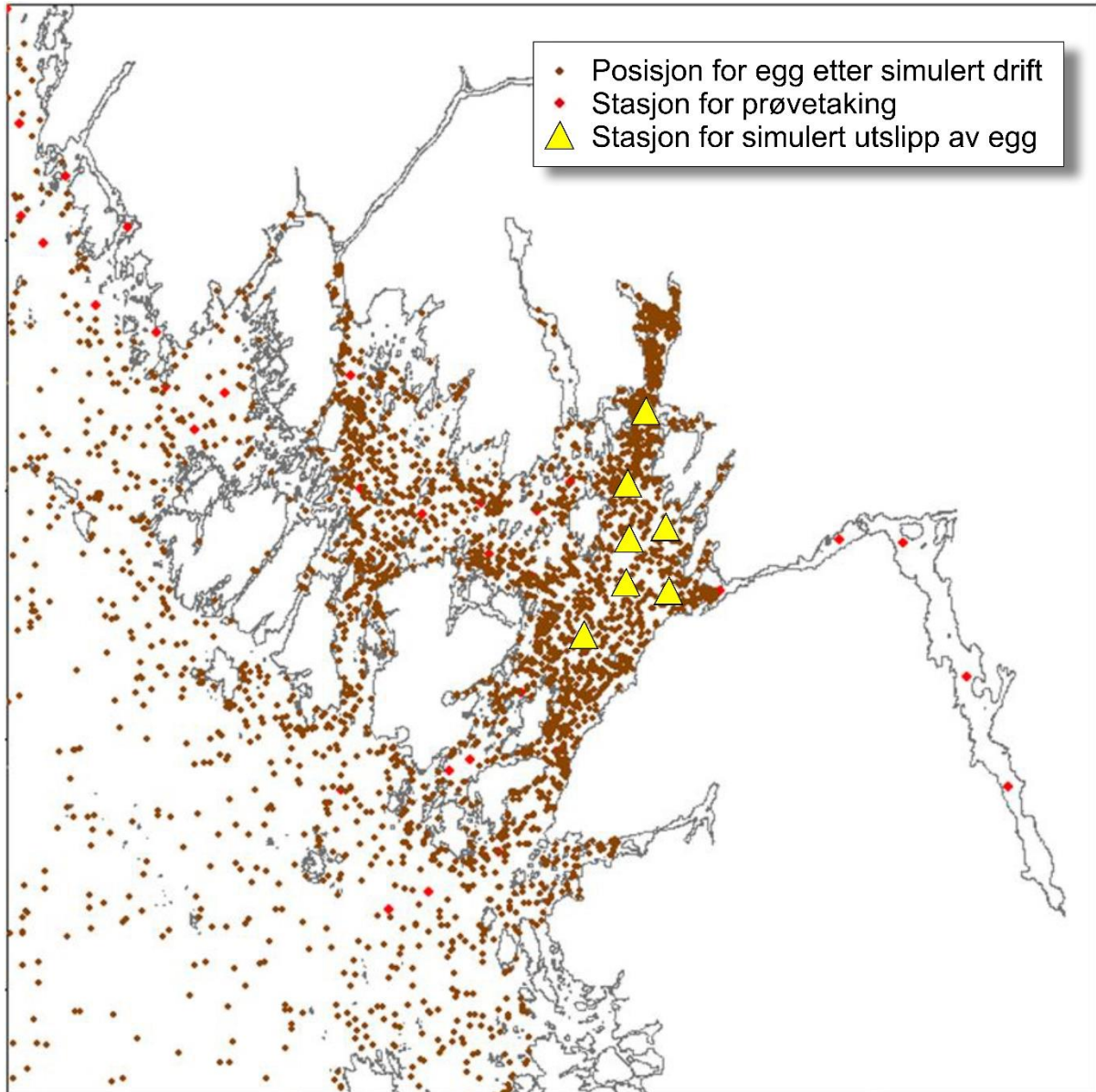
Figur 1. Simulering av eggdrift for torskeegg sluppet ut ved eggstasjoner i eller nær det omsøkte området. Drift er simulert for 30 dager i 19 omganger som inkluderer ulike år og tidspunkt i gyteperioden.



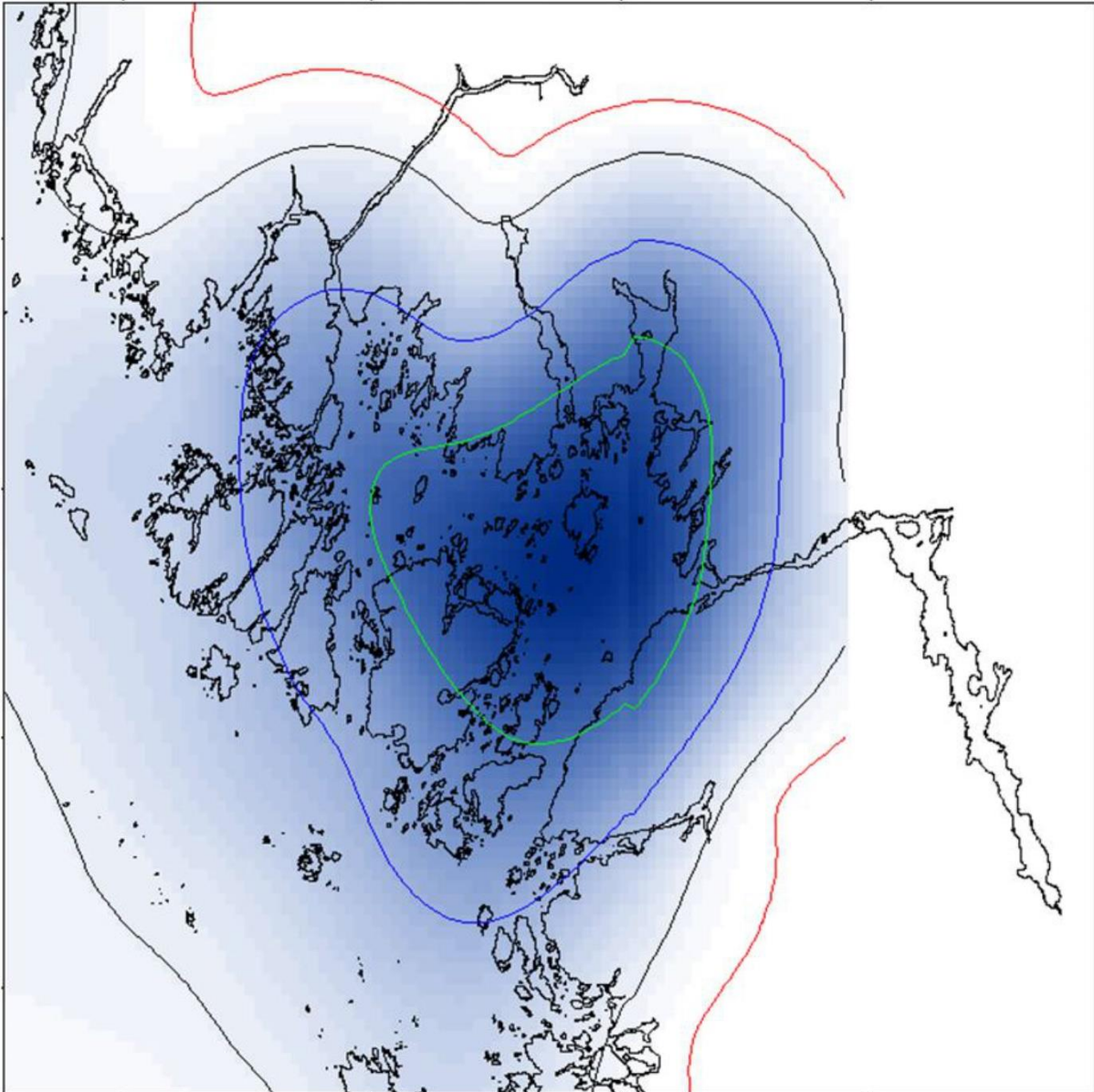
Figur 2. Simulering av eggdrift for torskeegg sluppet ut ved eggstasjoner i eller nær det omsøkte området, gitt som sannsynlighet for hvor ulike andeler av alle eggene vil befinne seg. Innenfor den grønne og innerste linjen angis hvor 25 % av eggene vil befinne seg, den blå angir 50 %, svart tilsvarer 75 %, og den røde linjen som strekker seg utenfor kartutsnittet, avgrenser hvor 95 % av eggene vil være etter endt simulering.



Figur 3. Forekomst av torskeegg i Hvalerområdet. Data er fra to eggtokt gjennomført i henholdsvis 2018 og 2022. Størrelse på blå sirkler angir relativ eggmengde på de ulike stasjonene. Røde punkter angir stasjoner uten egg.



Figur 4. Simulering av eggdrift for torskeegg sluppet ut ved eggstasjoner i Singelfjorden. Drift er simulert for 30 dager i 19 omganger som inkluderer ulike år og tidspunkt i gyteperioden.



Figur 5. Simulering av eggdrift for torskeegg sluppet ut ved eggstasjoner i Singelfjorden, gitt som sannsynlighet for hvor ulike andeler av alle eggene vil befinne seg. Innenfor den grønne og innerste linjen angis hvor 25 % av eggene vil befinne seg, den blå angir 50 %, svart tilsvarer 75 %, og den røde linjen som strekker seg utenfor kartutsnittet, avgrenser hvor 95 % av eggene vil være etter endt simulering.



Referanser

- Dunlop K, Staby A, van der Meeren T, Keeley N, Olsen EM, Bannister R & Skjæraasen JE (2022). Habitat associations of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and sympatric demersal fish communities within shallow inshore nursery grounds. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 279: 108111 <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108111>
- Espeland SH, Albretsen J, Nedreaas K, Sannæs H, Bodvin T & Moy F (2013). Kartlegging av gytefelt. Gytefelt for kysttorsk. *Fisken og havet* 1/2013. 43 pp. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/fisken-og-havet/2013/fh_1-2013
- Farkas J, Alti D, Hamme KM, Hellstrøm KC, Boot AM & Hansen BH (2017). Characterisation of fine-grained tailings from a marble processing plant and their acute effects on the copepod *Calanus finmarchicus*. *Chemosphere* 169: 700-708. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.118>
- Farkas J, Nordtug T, Svendheim LH, Amico ED, Davie, EJ, Ciesielskic T, Jenssen BM, Kristensen T, Olsvik PA & Hansen BH (2021). Effects of mine tailing exposure on early life stages of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Environmental Research* 200: 111447. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111447>
- FeBEC (2012). Sediment Dose Response study. *Fehmarn Belt Environment Consortium JV Report No. E4-TR-036*. 131 pp.
- FeBEC (2013). Fish Ecology in Fehmarnbelt. Environmental Impact assessment Report. *Fehmarn Belt Environment Consortium JV Report No. E4TR0041 - Volume I*.
- Knutsen H, Espeland SH & Moland E (2022). Evaluering av tiltak for vern av kysttorsk i sør innført juni 2019. *Rapport fra Havforskningen* Nr. 2022-48, 20 pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-48>
- Messieh SN, Wildish DJ & Peterson RH (1981). Possible impact from dredging and spoil disposal on the Miramichi Bay herring fishery. *Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Science No. 1008*, 33 pp. <https://www.arlis.org/docs/vol1/DFO/TR/TR1008.pdf>
- Paffenhöfer G-A (1972). The effects of suspended 'red mud' on mortality, body weight, and growth of the marine planktonic copepod, *Calanus helgolandicus*. *Water, Air, and Soil Pollution* 1: 314-321. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00294007>
- Page M (2014). Effects of total suspended solids on marine fish: Eggs and larvae on the Chatham Rise. Prepared for Chatham Rock Phosphate Ltd. *NIWA Client Report No WLG2012-61*, 22 pp. <https://www.epa.govt.nz/assets/FileAPI/proposal/EEZ000006/Applicants-proposal-documents/f2819f56f0/EEZ000006-Appendix27-Page-2014a-TSS-Eggs-and-Larvae.pdf>
- Reinardy H, Pedersen KB, Nahrgang J & Frantzen M (2019). Effects of mine tailings exposure on early life stages of Atlantic cod. *Environmental Toxicology and Chemistry* 38: 1446-1454. <https://doi.org/10.1002/etc.4415>
- Schaanning M, Bjerkgeng B, Helland A, Høkedal Jo & Sørensen K (2006). Dypvannsdeponi Malmøykalven. Undersøkelser av partikkel- og miljøgiftspredning under prøvedumping. *NIVA Rapport* Lnr. 5221, 60 pp. https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/213252/5221-2006_200dpi.pdf?sequence=2&isAllowed=y



van der Meeren T (2020). Eggundersøkelser i Repparfjorden og Revsbotn i april 2019. *Rapport fra Havforskningen* Nr. 2020-14, 39 pp. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-14>

Westerberg H, Rönnbäck P, Frimansson H (1996). Effects of suspended sediments on cod eggs and larvae and on the behaviour of adult herring and cod. *ICES CM 1996/E:26*, 13 pp. https://www.ices.dk/sites/pub/cm%20documents/1996/e/1996_e26.pdf