



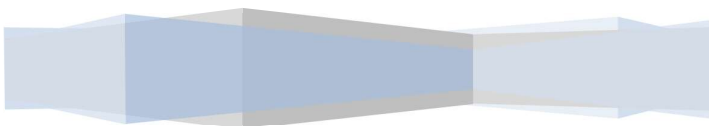
Havforskningsinstituttet

Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet

Status og rådgivning for 2022

Bentiske ressurser og prosesser: Ann Merete Hjelset
Carsten Hvingel
Hanna Elleringe Helle Danielsen

Fangst: Odd-Børre Humborstad
Terje Jørgensen
Svein Løkkeborg



November 2021

Rådgivning snøkrabbe

Havforskningsinstituttets råd for 2022

Fangst: Havforskningsinstituttet anbefaler at den totale fangsten i 2022 ikke overstiger 6 725 tonn. Dette samsvarer med en estimert sannsynlighet på maksimalt 35% for at fiskeridødeligheten overskrider F_{msy} , og sikrer en lav risiko for at bestanden faller under B_{lim} ved utgangen av 2022. Alternative fangststoppjoner:

Fangststoppjon 2022 (tonn)	5 500	6 000	6 500	7 000	7 500
Sannsynlighet for bestand < B_{lim}	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
Sannsynlighet for fiskeridødelighet > F_{msy}	15 %	22 %	30 %	40 %	48 %
Sannsynlighet for bestandsreduksjon	55 %	58 %	61 %	66 %	68 %
Bestandsstørrelse (B/B_{msy}), median	1.35	1.35	1.31	1.27	1.26

For å sikre maksimalt og samtidig bærekraftig fiskeri, bør fiskeridødeligheten ikke ha mer enn 35% sannsynlighet for å overstige F_{msy} . Over tid bør bestanden ligge omkring B_{msy} for å sikre maksimalt langtidsutbytte og bidra til stabile og forutsigbare kvoter.

Minstemål: Minstemål på 95 mm skallbredde for hannkrabber vil bidra til å sikre fangst av høy verdi og beskytte bestandens reproduksjonspotensiale.

Fredningsperiode: Snøkrabbefisket bør være stengt i perioden 1. juli til 31. oktober for å minimere fangst av bløtkrabbe.

Spøkelsesfiske: Anbefales å innføre krav om bruk av nedbrytbar tråd (ubehandlet bomullstråd) i teinene for å hindre spøkelsesfiske ved tap av redskap med tilhørende utilsiktet dødelighet og forringet dyrevelferd.

Forvaltningsmål

Forvaltningsmålet for snøkrabbe på norsk kontinentalsokkel (ref. Nærings – og fiskeridepartementet) er en *bærekraftig høsting som gir grunnlag for verdiskaping for samfunnet, basert på kunnskapen om hvordan artene påvirker hverandre i økosystemet*. Dette skal oppnås gjennom å balansere delmålene: 1) maksimering av fangstutbyttet på lang sikt, og 2) minimering av risikoen for uønskede økosystemeffekter.

Fangstområde

Fisket etter snøkrabbe foregår i et begrenset område på norsk sokkel. Utenfor dette området er tettheten av krabbe foreløpig for lav og ikke av interesse for fiskeriet. Bestandsrådgivningen for 2022 gjelder derfor kun for det avgrensede delområdet vist i Figur 1.

Grunnlaget for rådgivningen

Havforskningsinstituttet legger til grunn følgende betraktninger for å oppnå forvaltningsmålene:

Delmål 1. Et høyest mulig langsiktig fangstutbytte oppnås ved å optimalisere fangstmengde og fangstrater. Kompromisset mellom høyest mulig fangstmengde og fangstrate nås ved en beskatning hvor fiskeridødeligheten er litt under F_{msy} . Over tid samsvarer dette med en bestand nær B_{msy} . En bestand på dette nivået vil sikre en høy produksjon og samtidig fungere som buffer for variabel rekruttering, og fremme stabilitet i fisket.

Snøkrabbebestanden er relativt godt beskyttet mot en rekrutteringssvikt forårsaket av fisket (nedfisking av gytebestanden) så lenge størrelse ved kjønnsmodning hos hunnkrabber er betydelig lavere enn minstemålet på hannkrabben, og ved at bløtkrabber og eggbærende hunnkrabber settes ut igjen levende. Et fiske kun på store hanner vil derfor normalt sikre en tilstrekkelig produksjon av befruktede egg.

Basert på betraktningene ovenfor, er de kvalitative forvaltningsmålene omformulert til følgende målbare referanser:

- F_{msy} : Fiskeridødeligheten som gir maksimalt langtidsutbytte og bør maksimalt ha 50% sannsynlighet for å gå over F_{msy} . Normalt bør denne sannsynligheten være mindre enn 35%.
- B_{msy} : Den bestandsstørrelsen som gir maksimalt langtidsutbytte (MSY). Bestanden bør være på et nivå nær B_{msy} for å sikre maksimal produksjon og bidra til stabilitet i fiskeriet.
- *Minstemål*: Den størrelsen på snøkrabben som sikrer at bestandens reproduktive potensial ikke reduseres.
- *Fangstsesong*: Periode av året som maksimerer den økonomiske verdien per fanget hannkrabbe og beskytter den i skallskifte- og bløtkrabbeprosessen.

Delmål 2. Vi har generelt lite kunnskap om snøkrabbens effekter på økosystemet. Modelleringer indikerer liten effekt på andre kommersielle fiskeressurser og en moderat påvirkning av bunnsfaunaen. HI og andre jobber med å øke kunnskapsnivået om eventuelle økosystemeffekter.

Status 2021, sammendrag

Bestandsstørrelse

Bestanden av snøkrabbe har økt betydelig siden 2010. Biomassen av snøkrabbe estimeres til å ligge rett over B_{msy} med en lav risiko for å være under B_{lim} ved utgangen av 2021.

Fiskeridødelighet

Fiskeridødeligheten i 2021 er estimert å være nær F_{msy} .

Fredningsperiode

En fredning i perioden med mye bløtkrabbe, vil redusere fangstrelatert dødelighet (håndtering av fangst), og en unngår fangst av krabbe med lav kvalitet. Kunnskap om snøkrabbens biologi, praksis fra andre snøkrabbefiskerier og informasjon fra fisket i Barentshavet tilsier at nåværende fredningsperiode bør forlenges med minimum en måned slik at ny fredningsperioden blir 1. juli til 31. oktober.

Spredning

Snøkrabben har spredd seg nord- og vestover i Barentshavet og finnes i 2021 trolig i alle egnede leveområder på norsk sokkel, men det er usikkert hvilke områder som vil oppnå fangstbare tettheter av snøkrabbe.

Framtidsperspektiver

Snøkrabben er ny i Barentshavsøkosystemet, og bestanden vil sannsynligvis fortsette å vokse. Klimaendringer vil imidlertid kunne påvirke den videre utbredelsen av og rekrutteringen til snøkrabbebestanden på norsk sokkel.

Økosystemeffekter

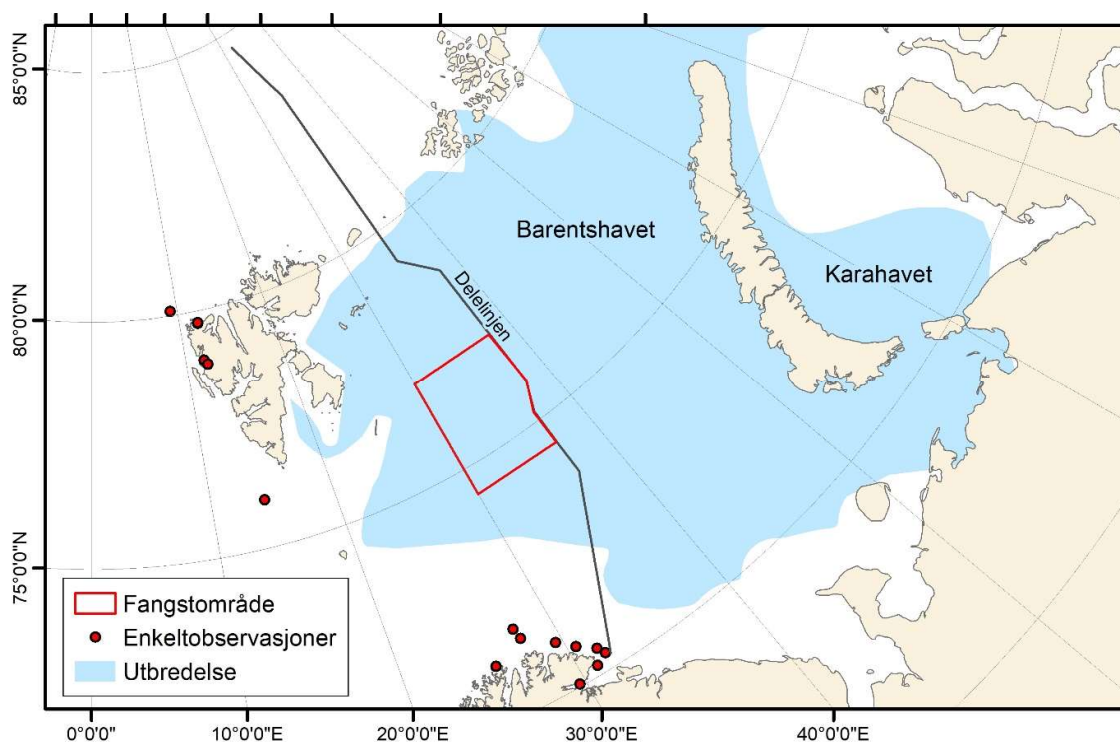
Snøkrabben er en ny aktør i økosystemet i Barentshavet. Per i dag er det lite kunnskap om snøkrabbens påvirkning i økosystemet. Undersøkelser viser at snøkrabben også kan være bærer av ulike parasitter. Med dagens kunnskap er det lite som tilsier at fisket etter snøkrabben eller snøkrabben i seg selv vil ha negative effekter på andre fiskeressurser.

Opprinnelse

Snøkrabben ble første gang funnet på Gåsbanken sørøst i Barentshavet i 1996. Nye genetiske analyser viser at snøkrabben ikke er introdusert med ballastvann, men har spredd seg ved vandring vestover fra Tsjuktsjerhavet, nord for Beringstredet, langs nordkysten av Russland og inn i Barentshavet.

Bakgrunnen for rådgivningen

Snøkrabben er registrert over store deler av Barentshavet og Karahavet og i området rundt Svalbard, men fortsatt befinner størstedelen av bestanden seg på russisk sokkel i Barentshavet. På norsk sokkel er tettheten av bestanden høyest i områdene rundt Sentralbanken, og det er her det kommersielle fisket foregår (Figur 1). Havforskningsinstituttet gjennomfører årlige tokt for å kartlegge utbredelsen av snøkrabbe på norsk sokkel. Disse undersøkelsene sammen med enkeltfunn av snøkrabbe nordvest og sørvest av Spitsbergen viser at store deler av det potensielle leveområdet for snøkrabben er i ferd med å bli kolonisert, men tettheten av krabbe utenfor de områdene hvor det i dag drives fiske er for lave til at de er av kommersiell interesse. Det forventes at utbredelsen og tettheten av snøkrabbe vil fortsette å øke vestover og nordover, men hastigheten på spredningen er usikker.



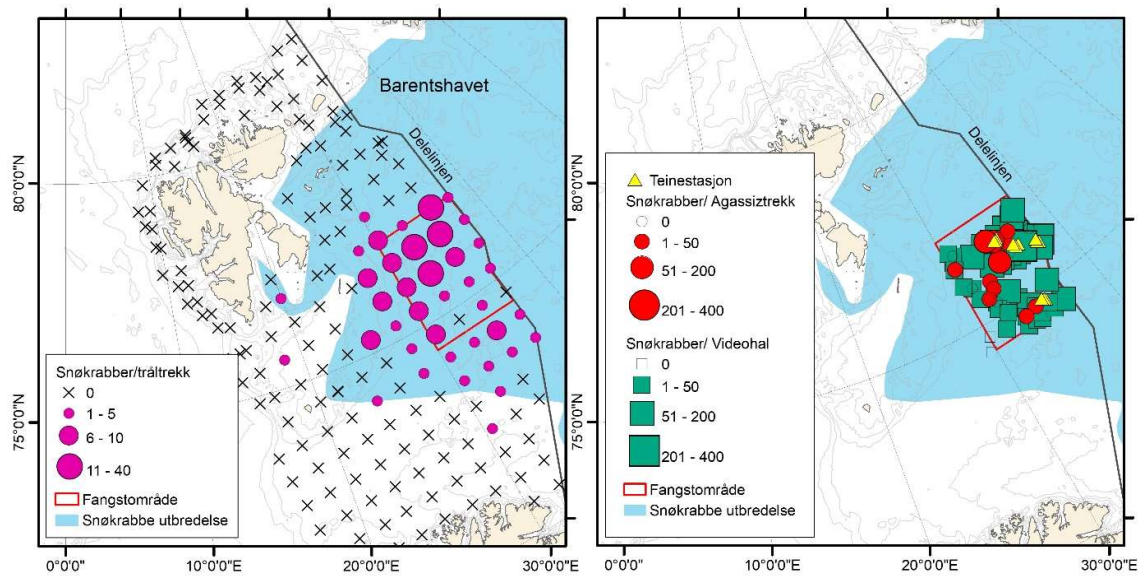
Figur 1: Status for sammenhengende utbredelse av snøkrabbe i Barentshavet og Karahavet, og enkeltobservasjoner gjort langs kysten av Troms og Finnmark og på vestkysten av Svalbard. Fangstområdet der det kommersielle fisket foregår er markert på kartet.

Datagrunnlaget

Rådgivningen baseres på data fra det årlige norsk-russiske økosystemtoktet i Barentshavet, Havforskningsinstituttets snøkrabbetokt, fangstdagbøker og landingsdata fra fiskeriet, samt øvrig forskning på snøkrabbe i Barentshavet og andre havområder.

De årlige norsk-russiske økosystemtoktene bruker et fast stasjonsnett som dekker hele Barentshavet og gjennomføres i perioden august – oktober (Figur 2, venstre). Det tråles med Campelen bunntål og i rådgivningen brukes tidsserien fra bunntålen. Årets økosystemtokt hadde god dekningsgrad på norsk sokkel (Figur 2, venstre), viser ingen vesentlig endring i utbredelsen av snøkrabbe sammenliknet med tidligere år.

Årets snøkrabbetokt ble gjennomført i området der fisket etter snøkrabben foregår, i tidsrommet 27. mai – 13. juni 2021. Metodikken for overvåking av snøkrabbestanden er stadig under utvikling og flere typer redskap anvendes (Figur 2, høyre). Det er etablert en ny tidsserie for beregning av tetthet av snøkrabbe basert på videoundersøkelser i det kommersielle området, denne serien tas med i årets bestandsvurdering. Resultatene fra disse undersøkelsene de to siste årene viser ingen vesentlig endring i tettheten av snøkrabbe. Øvrige data samlet inn på dette toktet gir også blant annet kunnskap om demografien i bestanden (størrelsessammensetning, skallalder, umoden/moden individer).

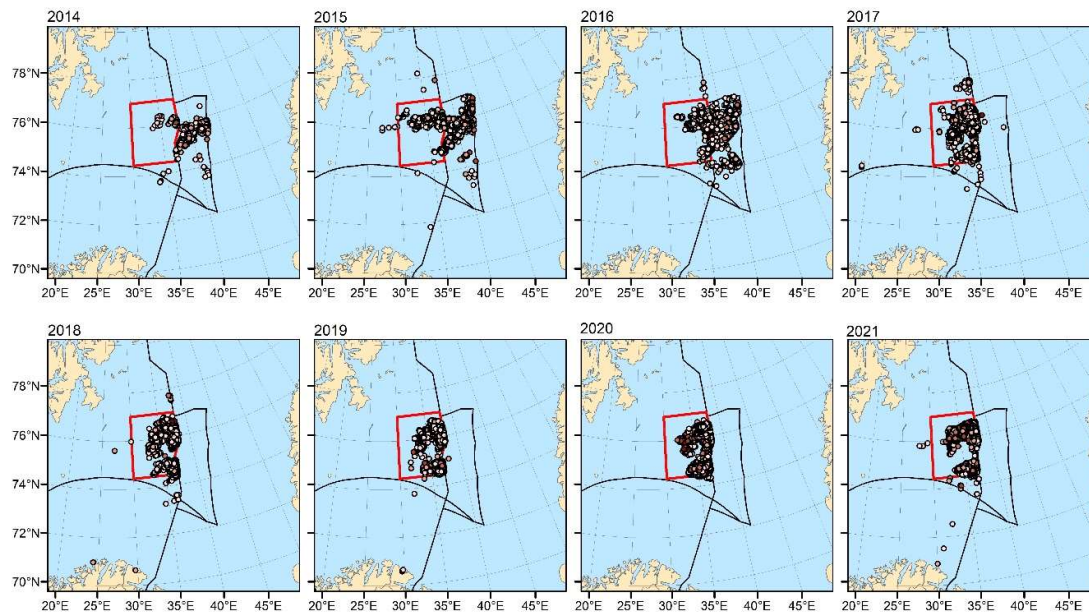


Figur 2. Stasjoner og fangst av snøkrabbe i Barentshavet på norsk sokkel fra de årlige norsk-russiske økosystemtoktet 2021 (venstre). Undersøkte stasjoner og fangst av snøkrabbe på norsk sokkel fra snøkrabbetokt 2021 (høyre). Fangstområdet der det kommersielle fiske foregår er avmerket i begge kartene.

Fiskeri

Den første kommersielle fangsten av snøkrabbe ble landet i 2012. Fram til og med 2016 foregikk mye av fangsten på russisk sokkel i Smutthullet, men fra 1. januar 2017 ble russisk sokkel av Smutthullet stengt for andre fartøyer enn russiske. Etter 2017 har det norske fisket i all hovedsak foregått i et konsentrert område nord og sør for Sentralbanken, i Fiskevernsonen ved Svalbard samt i norsk økonomisk sone og i norsk del av Smutthullet. Rapporterte fiskeriposisjoner fra norske snøkrabbefartøyer i perioden 2014 - 2021 viser at fiskefeltene ikke har endret seg vesentlig etter at Smutthullet ble stengt for snøkrabbefiskeriet fra og med 2017 (Figur 3).

Per 2021 har 63 norske båter tillatelse til å fiske snøkrabbe, men det er bare 12 fartøyer som har vært i aktivitet i 2021.



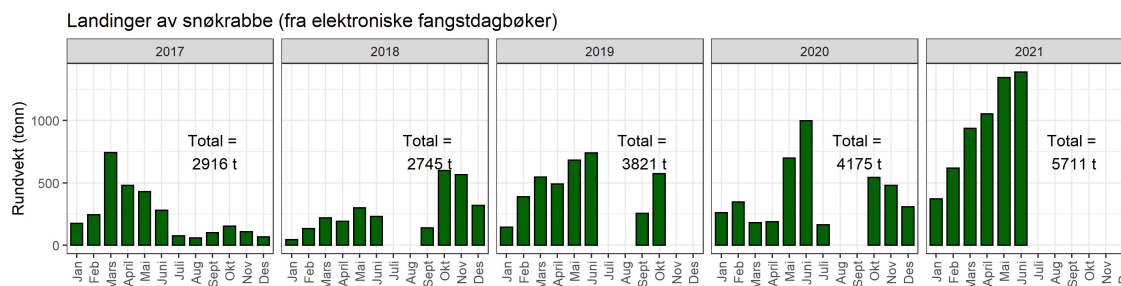
Figur 3. Innrapporterte fangstposisjoner fra det norske fiskeriet i perioden 2014 – 2021 fra elektroniske fangstdagbøker.

I 2017 ble det innført fangstbegrensninger (innføring av kvote og områdereguleringer) i det norske fisket (Tabell 1). Minstemålet var tidligere 100 mm skallbredde, men ble redusert til 95 mm skallbredde fra og med 10. juli 2020. Siden 2018 har det vært innført en fredningsperiode i sommermånedene (Figur 4). Årets snøkrabbekvote på 6 500 tonn ble oppfisket før fredningsperioden satte inn.

Tabell 1. Anbefalte fangstalternativ for norsk kvote, fastsatte kvoter og fangster av snøkrabbe (tonn) i Barentshavet siden 2012, fordelt på nasjoner.

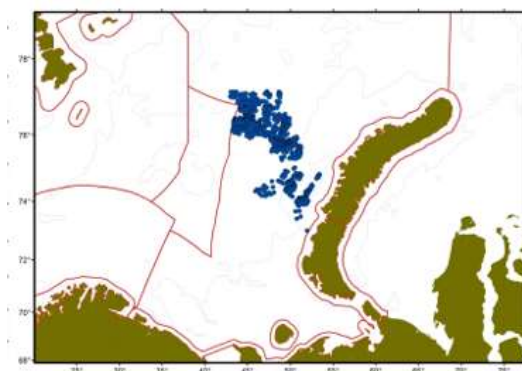
År	Fangstalternativ (tonn)	Fastsatte kvoter (tonn)		Landet (tonn)			Totalt landet (tonn)
		Norsk	Russisk	Norge	Rusland	EU-land	
2012		-	-	2	0	0	2
2013		-	-	189	62	0	251
2014		-	-	1 800	4 104	2 300	8 204
2015		-	1 100	3 482	8 895	5 763	18 140
2016		-	1 600	5 290	7 520	3 690	16 500
2017	3 600 – 4 500	4 000	7 840	3 153	7 780	2	10 847
2018	4 000 – 5 500	4 000	9 840	2 804	9 728	-	12 532
2019	3 500 – 5 000	4 000	9 840	4 038	9 840	-	13 878
2020	< 5 500	4 500	13 250	4 362	13 202	-	17 564
2021	< 6 500	6 500	14 575	6 545	13 800*	-	20 345*

* per 23. november 2021



Figur 4. Sesongutvikling i norsk fangst av snøkrabbe basert på elektroniske fangstloggbøker. Vekten er estimert ombord og kan avvike fra de offisielle ladningstallene i Tabell 1.

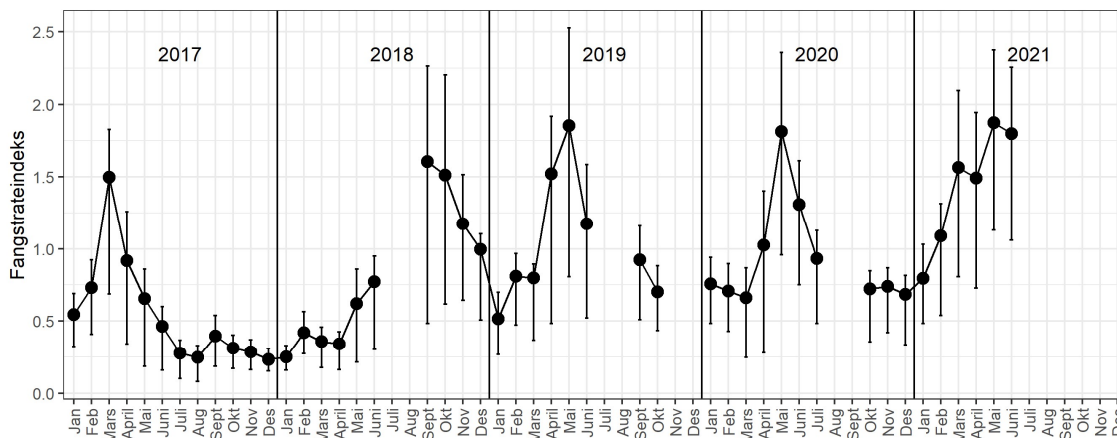
Det russiske fiskeriet foregår hele året på russisk sokkel øst for Smutthullet (Figur 5). Høyere kvoter og større landinger de siste 5 årene reflekterer større fangstområde og mengder med fangstbar snøkrabbe i russisk sone (Tabell 1).



Figur 5. Fangstposisjoner fra det russiske snøkrabbefiskeriet i 2020. Fisket i 2021 foregår fortsatt og aktivitetsområdet har ikke endret seg vesentlig (pers. kom. Konstantin Sokolov, PINRO).

Fangstrater i fiskeriet på norsk sokkel

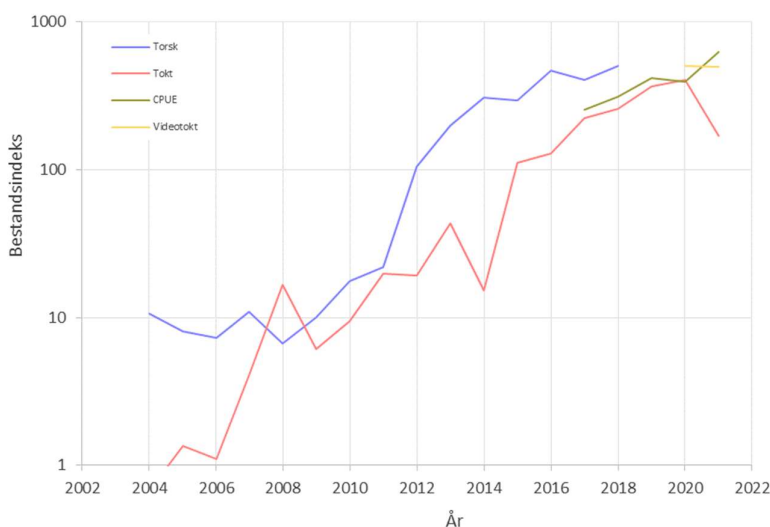
Fiskerne fører elektroniske fangstloggbøker, og fra og med mai 2015 ble de også pålagt å rapportere innsats (antall teiner per lenke). I gjennomsnitt fisker hver båt med 200 teiner per lenke og totalt kan hvert fartøy fiske med 9 000 teiner. Etter at adgangen til Smutthullet ble stengt (januar 2017), gikk fangstrateindeksen gradvis ned, med unntak av en økning i mars 2017, og ble værende på et lavere nivå til våren 2018 (Figur 6). Fangstratene varierer over året og er tidvis påvirket av isdekke som hindrer adgang til fiskeplasser i vintermånedene.



Figur 6. Fangstrateindeks beregnet fra elektroniske fangstdagbøker. Indeksen er gjennomsnittlig fangst per teine per måned skalert til gjennomsnittlig fangst per teine for hele perioden 2017 til 2021. (Data fra Fiskeridirektoratets elektroniske fangstdagbøker)

Bestandsvurdering

Årets bestandstaksering er basert på data fra de årlige norsk-russiske økosystemtoktene, fangstdata fra fisket (Tabell 1), eksisterende kunnskap i fra bestandene ved Canadas østkyst og det østre Beringhavet og data fra snøkrabbetoktet. Analyser av Barentshavtorskens konsum av snøkrabbe er benyttet som et tilleggsmål for bestandsutviklingen (data fra 2004 – 2018) og fangstrate fra elektroniske fangstdagbøker. I år er det også utarbeidet en bestandsindeks basert på tellinger fra videoslede fra snøkrabbetoktet i 2020 og 2021 (Figur 7).



Figur 7. Biomasse-indeks basert på data fra det norsk-russiske økosystemtoktet i Barentshavet (siden 2004), analyser av mengde snøkrabbe funnet i torskemager (2004-2018), fangstrater (CPUE) fra elektroniske fangstdagbøker (siden 2017) og et dedikert snøkrabbetokt og bruk av videoslede (siden 2020).

Beregningsmetodikk

Det totale arealet for området som omfattes av bestandsberegningene (Figur 1) er 50 000 km² og det meste kan anses å være egnet snøkrabbehabitat (dybde mellom 100-500 m; bunntemperatur -1 til 3°C). Med disse avgrensninger er habitatstørrelsen estimert til 45 000 km² og modell-parameterne er derfor skalert til dette arealet.

Bestandsindeksene (Figur 7) kalibreres i en matematisk modell som brukes til å beskrive bestandsutviklingen, lage prognoser og risikoanalyser. Modellen antar en logistisk populasjonsvekst og er en Bayesiansk modell som i tillegg til bestands- og landingsdata, kan bruke annen relevant informasjon (Hvingel and Kingsley 2006).

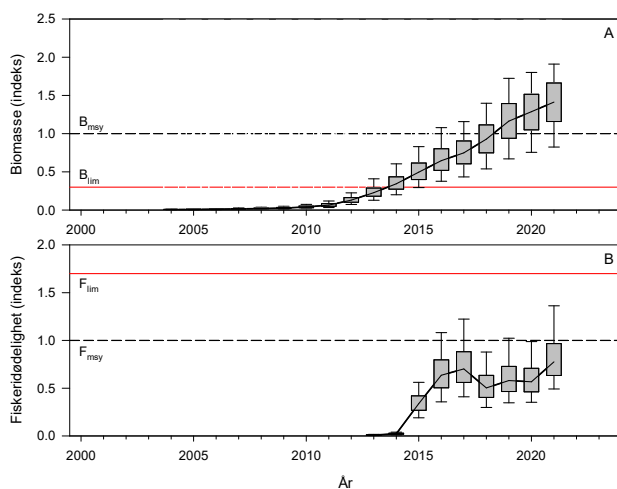
Modellen beregner bestandsstørrelser i *relative*- i stedet for *absolutte* verdier. MSY (maksimalt bærekraftig langtidsutbytte) anvendes som referansepunkt. I det følgende angis både bestandsstørrelse og fiskeridødelighet på en relativ skala hvor verdien 1 tilsvarer henholdsvis den biomassen og fiskeridødelighet som korresponderer til MSY.

Referansepunkter som benyttes i beskrivelsen av bestandsstatus og beskatningsgrad:

- MSY = Maksimalt langtidsutbytte/maksimal produksjon.
- B_{msy} = Bestandsstørrelse (biomasse) som gir MSY. I modellen er denne en relativ verdi lik 1.
- Bærekapasiteten = den maksimale bestandsstørrelsen som økosystemet kan opprettholde uten et fiskeri. I modellen er denne en relativ verdi lik 2.
- $B_{lim} = 0,3B_{msy}$ (fjøre var grenseverdi for bestandsstørrelse, vanligvis en grense for stenging eller kraftig reduksjon av fisket).
- F_{msy} = Fiskeridødelighet (beskatningsgrad) som gir MSY, det vil si den beskatningen som driver bestanden mot B_{msy} .
- $F_{lim} = 1.7F_{msy}$ er den fiskeridødelighet som driver bestanden mot B_{lim} ($0.3B_{msy}$).

Bestandsutvikling, fiskeridødelighet og framskrivninger

Etter en periode på 15 år etter første funn av snøkrabben i Barentshavet, økte bestandsindeksen raskt (Figur 8 A). Denne økningen har fortsatt også etter at fisket startet i 2012 (Figur 8 B). Det er overveiende sannsynlig at bestanden (B) i 2021 er over B_{msy} (13% sannsynlighet for at $B < B_{msy}$ (Tabell 2)). Fiskeridødeligheten ligger rundt F_{msy} , og det er 22% sannsynlighet for at F er høyere enn F_{msy} (Tabell 2).



Figur 8. Utvikling i relativ bestandsstørrelse (A) og fiskeridødelighet (B) for snøkrabbe (skallbredde ≥ 95 mm) på norsk sokkel. Stiplede sorte horisontale linjer angir henholdsvis biomassen (B_{msy}) og fiskeridødeligheten (F_{msy}) som gir maksimalt langtidsutbytte. Heltrukken røde linjer angir grenseverdiene for bestandsstørrelse (B_{lim}) og fiskeridødeligheten (F_{lim}). Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall, mens vertikale søyler viser interkvartiler (25 – 75 percentilen).

Tabell 2. Bestandsstatus for snøkrabbe på norsk sokkel 2020-2021 (for beskrivelse av referansepunkter, se teksten). Risikoen er gitt som beregnet sannsynligheter i prosent.

Bestandsstatus	2020	2021
Sannsynlighet for bestand $< B_{lim}$	<1 %	<1 %
Sannsynlighet for bestand $< B_{msy}$	20.2 %	13.4 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{msy}$	4.6 %	22.0 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{lim}$	0 %	1.3 %
Bestandsstørrelse (B/B_{msy}), median	1.29	1.41
Fiskeridødelighet (F/F_{msy}), median	0.57	0.78
Produktivitet (% av MSY)	92 %	83 %

Framskrivning

Framskrivninger og fangstalternativer for 2022 ble analysert (Tabell 3). For å oppfylle de definerte forvaltningskriteriene (risikoen for at fiskeridødeligheten overskrider F_{msy} må maksimalt være 35% og bestanden være nær B_{msy}) kan fangstene i 2022 maksimalt være 6 745 tonn (Tabell 3).

Tabell 3. Fangstalternativer for snøkrabbe for 2022.

Fangstopsjon 2022 (tonn)	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000	7 500
Sannsynlighet for bestand $< B_{lim}$	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %	<1 %
Sannsynlighet for bestand $< B_{msy}$	16.5 %	17.9 %	19.3 %	20.9 %	23.3 %	24.8 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{msy}$	9.9 %	15.4 %	22.2 %	30.5 %	40.1 %	48.1 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{lim}$	<1 %	1.4 %	2.8 %	4.5 %	6.6 %	9.6 %
Bestandsstørrelse (B/B_{msy}), median	1.38	1.35	1.35	1.31	1.27	1.26
Fiskeridødelighet (F/F_{msy}), median	0.60	0.67	0.74	0.82	0.91	0.98
Produktivitet (% av MSY)	86 %	88 %	88 %	91 %	93 %	93 %

Snøkrabben har spredd seg nord- og vestover i Barentshavet og finnes i 2021 trolig i alle egnede leveområder på norsk sokkel, men det er foreløpig vanskelig å forutse hvilke områder som vil oppnå fangstbare tettheter av snøkrabbe; det er avhengig av faktorer som temperatur, habitat, dyp, og tilgjengelig mat.

Tilgang på mat ser ikke ut til å være en begrensende faktor for snøkrabbens utbredelse siden de spiser en veldig variert diett. Endringer i bunntemperaturen kan ha størst effekt på den videre utbredelsen av bestanden, siden de forskjellige livsstadiene har forskjellige temperaturpreferanser. De yngste livsstadiene foretrekker kaldt vann, men når de blir kjønnsmodne oppsøker de litt høyere temperaturer. Bunntemperaturer målt på toktet med Kristine Bonnevie sommeren 2021 viste negative temperaturer i alle områder det ble fanget snøkrabbe. På snøkrabbetokt gjennomført sommeren 2019, ble det tatt 22 planktonhov-trekk, primært langs delelinjen mellom Norge og Russland. Det ble funnet og verifisert snøkrabbelarver (stadium 1) på 20 av stasjonene. Dette betyr at det hadde foregått eller foregikk klekking av larver mens toktet gikk (Hjelset et al. 2021). Larvedrift vil være med å spre snøkrabbebestanden, dersom larvene transporteres til områder med egnet habitat. Dette jobbes det med nå for å kunne si noe om hvordan larvespredningen kan være med å spre snøkrabben videre i Barentshavet (Huserbråten et al. under prep). Et stort arbeid på klimasårbarhet (Kjesbu et al. 2021) viser at snøkrabbe er en av to arter som vil være sårbar for klimaendringer i Barentshavet.

Kunnskapsstatus og snøkrabbens biologi

Økosystemeffekter

De store mengdene snøkrabbe som nå finnes i Barentshavet tilsier at krabben har en betydelig rolle i økosystemet, både som predator på andre bunndyr og som byttedyr både i larvestadiet og i bunnlevende stadier. Snøkrabben påvirker trolig de ulike delene og artene i økosystemet ulikt og det gjøres for tiden flere studier på dette.

Snøkrabben er en stenoterm kaldtvannsart, noe som betyr at den bare kan overleve innenfor et snevert temperaturområde i intervallet -2 til 6 °C. Foretrukken temperatur innenfor dette intervallet er avhengig av snøkrabbens livsstadium. Temperatur kan derfor ha ganske stor betydning for produksjon av snøkrabbe.

Studier av Holt et al. (2019 og 2020) viste en økning i innslag av snøkrabbe i dietten til torsken i perioden 2003 til 2018, og denne økningen henger sammen med at snøkrabben har økt i utbredelse. Nyere undersøkelser fra 2019 og 2020 viser at det er en liten nedgang i funn av snøkrabbe i magedata fra torsk (ICES 2021). Endring i utbredelse av torsk kan potensielt være med å begrense spredning av snøkrabbe dersom leveområdene overlapper mye i tid og rom, som en effekt av klimaendringer (ICES 2018, 2019; Holt et al. 2020).

Med dagens kunnskap er det lite som tilsier at snøkrabben vil ha betydelige negative effekter på andre fiskeressurser i Barentshavet. Mageanalyser viser at snøkrabben spiser et variert utvalg organismer hvor gruppene muslinger og børstemark ser ut til å dominere (Zakharov et al. 2020). Russiske undersøkelser viser at beiting fra snøkrabbe har ført til en nedgang av andre bunndyr i områder hvor krabben har vært tallrik, i første rekke i de østlige områdene i russisk del av Barentshavet (Jørgensen 2017). En nyere undersøkelse fra norsk sokkel viser endringer i artssammensetning og funksjon hos bunndyr i et område der det er en høy tetthet av snøkrabbe (Michelsen et al. 2020). Et arbeid som utføres ved HI (Holte et al.) ser på infauna produksjon av mulige byttedyr tilgjengelig for snøkrabben på norsk sokkel. Dette arbeidet vil gi ny og viktig kunnskap om snøkrabbens effekt på det bentiske økosystemet.

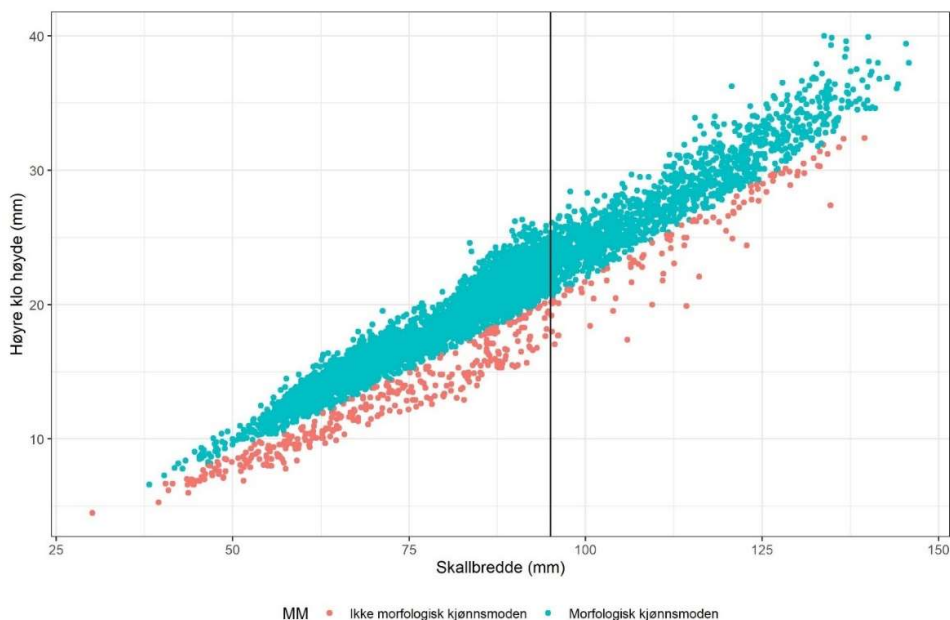
Havforskningsinstituttet har gjennomført en studie som undersøker om snøkrabbe fører til økt smitte av en blodparasitt hos torsk i Barentshavet. Dette arbeidet viser at snøkrabben fungerer som vert for de iglene som er bærer av blodparasitten, og at det er høyere infeksjon i torsk som er fanget i høytetthetsområder for snøkrabbe enn utenfor (Nunkoo et al. under prep).

Fisket etter snøkrabbe foregår med teiner, og selve teinefisket har liten påvirkning på økosystemet utover problemene knyttet til tapt bruk og spøkelsesfiske. Det ser også ut til å være lite eller ingen bifangst av andre arter ved bruk av teiner.

Skallskifte og vekst hos snøkrabbe

Snøkrabben vokser stegvis gjennom flere skallskifter fra de pelagiske larvestadiene til fullvokste, kjønnsmodne individer. Snøkrabben slutter å vokse ved kjønnsmodning. Når krabben gjennomfører det siste skallskiftet og blir kjønnsmodne skjer det en morfologisk endring hos begge kjønn. Hos hannene vil klørne øke i størrelse i forhold til skallet. Det kan være vanskelig å se med det blotte øyet at hannen har blitt morfologisk kjønnsmoden, derfor er det viktig å måle skallbredde og klo for å avdekke dette. Hunnene endrer formen på abdomen slik at den er i stand til å holde på de befruktede eggene. Hanner er generelt større enn hunnene ved siste skallskiftet. Størrelsen på kjønnsmodne snøkrabber i Barentshavet varierer likevel mellom 40 mm og 160 mm skallbredde for hanner (Figur 9), og 38 og 100 mm for hunner (Danielsen et al. 2019). Det antas at det kan ta 8 til 10 år for en hannkrabbe

å nå fangstbar størrelse (over minstemål). Etter at de har gjennomført det siste skallskiftet lever de maksimalt 5 til 8 år (Fonseca et al. 2008).

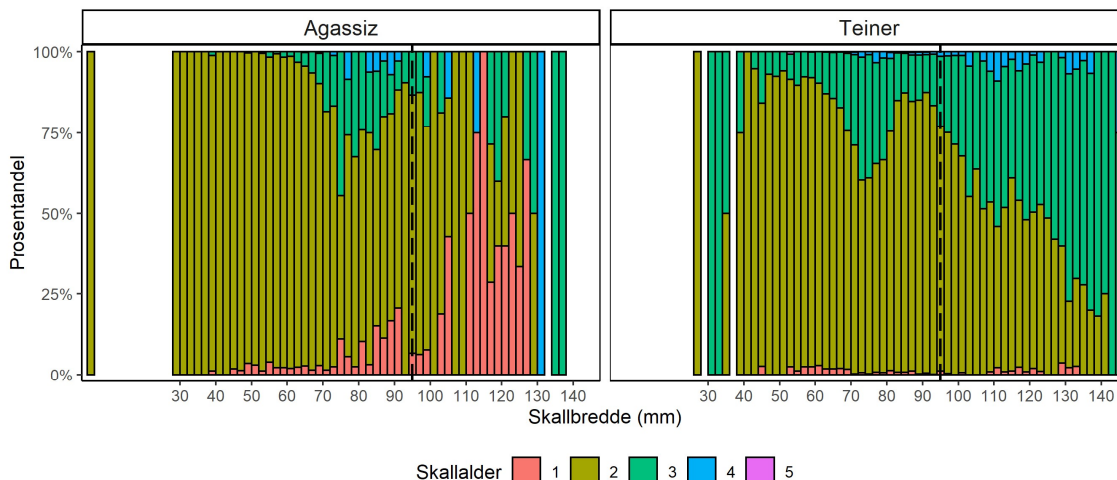


Figur 9. Forholdet mellom skallbredde og klomål (høyde) viser om hannkrabben er kjønnsmoden. Spennet for kjønnsmodne og umodne hannkrabber overlapper mye. I figuren er det brukt data fra snøkrabbetokt i perioden 2020-2021. Klassifisering av morfologisk kjønnsmoden/ikke morfologisk kjønnsmoden er basert på Rugolo et al. 2005.

Etter skallskiftet har krabben i en periode mykere skall og lavere kjøttfylde, og er sårbare for ytre påkjenninger som for eksempel håndtering i fisket. Disse krabbene kalles bløtkrabbe. De større krabbene skifter normalt skall en gang i året, mens de mindre snøkrabbene skifter skall opptil to ganger i året. De minste krabbene (mest mindre enn 80 mm skallbredde) er ikke interessant for fisket og de går sjelden i teinene. Det er mye som tyder på at skallskifteperioden for større snøkrabbe foregår på våren og forsommeren i Barentshavet. På Havforskningsinstituttets snøkrabbetokt i 2020 og 2021, observerte vi krabber som nylig har skiftet skall (Figur 10), og vi har ved hjelp av videosleden observert flere områder der det lå tomme skall på bunnen, noe som tyder på at det har skjedd skallskifte nylig. Variasjoner i temperatur kan påvirke oppstarten på skallskifteperioden.

Havforskningsinstituttet bruker en skala for skallalder som et omtrentlig mål på hvor lang tid som har gått siden skallskifte. For hver krabbe registrerer vi en skallalder ved bruk av en subjektiv skala fra 1 til 5 basert på utseende og kvaliteten på skallet. Rett etter skallskiftet vil det nye skallet være svært mykt og læraktig, og krabben er slapp i kroppen og ute av fasong dersom de er ute av vannet. Dette er skallalder 1 og denne tilstanden varer kun en kort tid, innen 72 timer begynner skallet å hardne og i løpet av en to ukers periode er skallet relativt hardt, men sprøtt. I perioden rett etter skallskiftet er krabben inaktiv og vil ikke gå i teiner. Slike krabber ble observert på snøkrabbetoktet både sommeren 2019, 2020 og 2021. I overgangen til skallalder 2, vil krabben fortsatt ha et veldig tynt og skjørt skall og musklene fyller ikke ut hele skallet. Prosessen med å herde skallet og bygge kjøttfylde som fyller ut hele skallet kan ta inntil 9 måneder etter skallskiftet. Når krabben oppnår skallalder 3 (omtrent 9 måneder etter siste skallskifte), vil den ha et hardt og lyst skall ofte med litt begroing av andre organismer. Det er disse krabbene som har høyest fyllingsgrad og størst økonomisk verdi i fisket. Skallalder 4 og 5 er gamle krabber som begynner å nærme seg slutten av levetiden og er ikke av kommersiell interesse. I disse krabbene vil også kjøttfylde etter hvert reduseres. Det er vanskelig å

skille mellom de ulike skallaldrene i denne skalaen, spesielt mellom sent i skallalder 2 og tidlig i skallalder 3.



Figur 10. Figuren viser prosentvis fordeling av skallalder på hannkrabber fanget på snøkrabbetokt i 2019, 2020 og 2021. Figuren til venstre viser fordeling av skallalder i trålfanget krabbe og figuren til høyre viser fordeling av skallalder hos krabber fanget i teiner. Nytt minstemål for snøkrabbe på norsk sokkel markert med stiple linje.

Fordeling av skallalder hos snøkrabber fanget i teiner skiller seg fra de som fanges med trål (Figur 10). Agassiz-trålen fanger flere bløtkrabber fordi dette er et aktivt redskap og krabbene unnslipper ikke. Det er også observert skallalder 1 blant de krabbene som er tatt med teiner, og det er også en stor andel krabber med nytt skall som går i teinene, særlig over minstemålet. Gitt tiden på året for toktet og observasjoner gjort fra videosleden, tyder resultatene på at snøkrabber som er i skallskifte eller like før et skallskifte, forholder seg mer i ro.

Fredningsperiode

Registreringer fra fisket i juli og august 2017 viste til tider høy innblanding av bløtkrabbe, og at bløtkrabbeandelen kan variere fra et område til et annet på fangstfeltet. Bløte krabber er ikke kommersielt interessante og blir derfor sortert ut dersom de tas i fiskeriet. Det er kjent at håndtering av krabber som nylig har skiftet skall kan medføre skader. Krabbe som er fanget kort tid etter skallskiftet vil kunne anses som av dårligere kvalitet hos kjøper på grunn av en lavere kjøttfylde. Solstad et al. (2021) viste at snøkrabbe over minstemålet hadde høyest kjøttfylde i perioden februar til april. Dette stemmer overens med antakelsen om at de fleste krabbene av fangstbare størrelse skifter skall på forsommeren og trenger inntil 9 måneder for å oppnå høy kjøttfyllingsgrad. Den antatte beste tiden for fiske er derfor vinter og vår (februar til april). Dette samsvarer med undersøkelser fra det Canadiske fiskeriet (Mullowney et al. 2021).

Et virkemiddel for å beskytte sårbar krabbe i og etter skallskifte som blir benyttet både i Alaska og Canada er periodevis stenging av fiskeriet. I Beringhavet er fiskeriet stengt fra midten av mai til midten av oktober, mens i Canada er fiskeriet stengt fra juli til midten av april. Snøkrabbefiskere i Barentshavet har gitt tilbakemelding om dårlig kvalitet og mye bløtkrabbe i fangstene i oktober. Kunnskap om snøkrabbens biologi og optimal fangstperiode, erfaring fra snøkrabbefiskeriet i Beringhavet og Canada, samt tilbakemeldinger fra fiskeriet i Barentshavet tilsier at det vil være gunstig å utvide den eksisterende fredningsperioden i Barentshavet fra og med juli og ut året. Inntil mer utfyllende informasjon om sesongutviklingen i kvaliteten av fangstet krabbe er tilgjengelig anbefaler vi som et foreløpig tiltak at fredningsperioden utvides med en måned og således løper fra 1. juli til 31. oktober.

Minstemål

Minstemålet for fangst av snøkrabbe er knyttet til to forhold: 1) sikre reproduksjonspotensialet og 2) unngå et overfiske. Reproduksjonspotensialet sikres ved at det er tilstrekkelig mange kjønnsmodne hunn- og hannkrabber igjen i bestanden etter fisket. Derfor settes gjerne minstemålet noe større enn det som er den gjennomsnittlige kjønnsmodningsstørrelsen. Dersom beskatningsgraden er liten, kan minstemålet settes lavt. Ved høyere beskatningsgrad bør minstemålet settes tilsvarende høyere for å sikre at det finnes et tilstrekkelig antall kjønnsmodne hannkrabber under minstemålet. I Canada og Alaska er minstemålet for fangst av krabbe henholdsvis 95 og 78 mm. Disse minstemålene er primært satt ut fra markeds-kriterier, og dette ser ut til å fungere godt også i forhold til rekruttering. Eggmengde hos hunnkrabber overvåkes i disse bestandene som et signal om mangel på kjønnsmodne hanner og redusert reproduksjonspotensiale.

Reduksjonen i minstemål fra 100 til 95 mm skallbredde er begrunnet i markedskrav om en viss størrelse på krabben og har ingen biologisk referanse. Ettersom en stor andel av hannkrabbene i Barentshavet blir kjønnsmodne ved mindre størrelser (Figur 9), mener vi det vil ha liten biologisk betydning å redusere minstemålet til 95 mm skallbredde, men det bør overvåkes hvorvidt dette reduserer reproduksjonspotensialet i bestanden. Fangsten av hannkrabber som fortsatt ikke har gjennomført et siste skallskifte vil øke når minstemålet går ned. De blir dermed forhindret i å gjennomføre flere skallskifter og oppnå en større størrelse. Fiskerne har liten mulighet til å skille mellom umodne og modne hannkrabber. Svært få hunnkrabber blir 95 mm i skallbredde slik at gytebestanden av hunner vil i høy grad være beskyttet også ved redusert minstemål.

Opprinnelse

Snøkrabben ble første gang funnet på Gåsbanen sørøst i Barentshavet i 1996. Det har vært lansert to hypoteser for hvordan snøkrabben har spredd seg til Barentshavet; 1) innvandring fra øst, og 2) innførsel via ballastvann. Basert på de genetiske studiene som er gjort på krabben i Barentshavet er det ingenting som tyder på at det har skjedd en innførsel via ballastvann (Dahle et al. submitted).

Fiskeriteknologiske vurderinger

Snøkrabben i Barentshavet fiskes i all hovedsak med koniske teiner med inngang på toppen. Norske fiskefartøy kan fiske med inntil 9 000 teiner per fartøy, og teinene skal røktes minst en gang hver tredje uke. Teinene blir oftest satt i lenker på 200 eller 400 stykker, og avstanden mellom enkeltteiner er typisk 25 meter.

Spøkelsesfiske

Tapte teiner har potensiale til å fortsette å fiske også etter at agnet er borte, såkalt spøkelsesfiske. Krabber som ikke klarer å rømme, vil etter en stund dø (Hébert et al. 2001). Det er ikke gjennomført undersøkelser av redskapstap i Barentshavet, og omfanget er derfor ukjent. Det er imidlertid hentet opp 1 200 snøkrabbeteiner på Fiskeridirektoratets opprydningstokt i 2019 og 2 400 i 2020, noe som indikerer at problemet er omfattende. Årsakene til redskapstap kan være flere, for eksempel kutting av overflatevak (blåser/bøyer) fra fartøypropeller eller is, nedsetting fra andre tilstøtende teinelenker, fastheking på bunn og redskapskonflikter med trålere. Tapte redskap fører også til forsøpling og kan videre føre til nye tap når nytt bruk blir satt i samme område og hektar. Fiskeridirektoratet foretok i 2018 en opprensning av 8 600 snøkrabbeteiner (81 lenker) som hadde stått i 1,5 år (Langedal og Kalvenes 2018), der også HI deltok for å samle fangstdata (Humborstad et al. 2021). Alle lenkene hadde fangst med et gjennomsnitt på ca 3 krabber per teine. Det var stor variasjon mellom lenkene i antall teiner med fangst og antall krabber per teine. Hele 98% av krabbene var levende. Disse resultatene gir et viktig innblikk i potensialet for spøkelsesfiske i Barentshavet, selv etter at teinene har stått lang tid

i sjøen. Tilsvarende studier fra andre områder viser at selvegning og skjult beskatning kan være en utfordring i snøkrabbefisket (Hébert et al. 2001).

Den beste løsningen for å unngå spøkelsesfiske vil være å unngå tap av redskap i utgangspunktet og å finne effektive metoder for rask gjenfinning i tilfelle tap. Dette har i andre fiskerier vist seg å være krevende, og i flere tilfeller er man avhengig av egne opprenskningstokt der man går på kjente posisjoner for å sokne opp redskapen. Slike tokt utføres i dag for snøkrabbe-, garn- og kongekrabberedskap i regi av Fiskeridirektoratet, men disse toktene er veldig kostbare. Det er derfor viktig å forhindre at teiner tapes i utgangspunktet og at teiner som mistes opphører å fiske og slipper ut fangsten. I 2019-2021 er det testet en prototype bøye som skal forhindre tap av teinelenker på grunn av drivis som sliter av ilene; en av hovedårsakene til tap av snøkrabbeteiner. Arbeidet med videreutvikling av bøyen pågår og en akustisk utløser er blitt implementert i bøyen slik at den løses ut på cirka 30 meters dybde. Testing av bøyen i kommersielt fiske er neste steg i utviklingsprosessen.

For å hindre at redskap som likevel går tapt ikke skal fortsette å fiske kan det monteres løsninger der rømmingshull aktiveres etter en viss tid i sjøen. Bruk av nedbrytbar tråd (ubehandlet bomullstråd) for å lisse sammen åpninger i notlinet i teineveggen eller holde på plass luker er en enkel og effektiv metode som er påbudt i flere teinefiskerier i Nord-Amerika og i Norge i fisket etter leppefisk, hummer og taskekrabbe (fritidsfisket). Fisket etter leppefisk og hummer er sesongfiskerier med en varighet på 2-3 måneder og største tillatte tråddiameter er 3 mm. I det kanadiske snøkrabbefisket er det påbudt å bruke en bomullstråd med en diameter på maksimalt 4 mm. I Canada er snøkrabbefisket et sesongfiskeri med en varighet på 2-4 måneder, mens det norske fisket har varighet opp mot 9 måneder. Det er gjort målinger av nedbrytningshastighet for samme tråd som benyttes i det kanadiske fisket. Disse målingene ble foretatt på kysten av Finnmark og viste at tråden var nedbrutt etter rundt 6 måneder i sjøen. Kanadiske forsøk har vist tilsvarende nedbrytningshastighet også ved temperaturer under 0°C (Winger et al. 2015).

Havforskningsinstituttet gjorde målinger av levetid for flettet bomullstråd med ulik diameter i det norske snøkrabbefisket våren 2021. Foreløpige resultater viser levetid på mellom 5-6 måneder og at med rett montering er det lite gnag og slitasje på tråd fra håndtering og krabber. Forsøkene vil bli repetert vårsesong 2022 med mål å finne en tråd som varer i 6 måneder og er tilpasset fiskeriet med start i januar og stopp i juli i forbindelse med skallskifte. Det vil da være tilstrekkelig med ett trådskiye under fiskestoppen om sommeren og ett trådskiye før sesongstart i januar.

Forsøkene i 2021 viste også at RTex (vekt i gram per 1000 løpemeter) er et bedre mål for trådens bruddstyrke enn tråddiameter, som det er vanskelig å få nøyaktige og repeterbare målinger for. For mer eksakt bestemmelse av nedbrytningstid bør en også vurdere bomullskvalitet, trådens oppbygging og hvor hardt den er slått/flettet. Eksakt nedbrytningstid vil inntil videre være vanskelig å styre fordi det ikke finnes noen standard bomullstråd med gitt kvalitet. Det vil imidlertid være hensiktsmessig å innføre bomullstråd som et føre var tiltak for å sikre at tapte teinene slutter å fiske i løpet av noen måneder. Valg av trådtype med tanke på holdbarhet og nedbrytningstid vil være et kompromiss mellom ønsket om å redusere omfanget av spøkelsesfiske (kort nedbrytningstid) og hensynet til merarbeidet dette påfører fiskerne (lang holdbarhet).

Det anbefales å videreføre arbeidet med teknologiutvikling for å hindre tap i utgangspunktet og for å hindre utilsiktet dødelighet, dårlig dyrevelferd og skjult beskatning i tilfelle redskapstap.

Andre forskningsbehov

Det er i dag ikke krav om teineutforming, rømningsveier eller minste maskevidde i snøkrabbeteiner. All hunnkrabbe, undermålskrabbe og bløtkrabbe skal settes ut igjen, men det er ikke gjort undersøkelser av overlevelse eller skadefrekvens ved ombordsortering og påfølgende gjenutsetting. Det er ønskelig at utsortering i størst mulig grad skjer på fiskedypet ved bruk av masker eller

fluktåpninger tilpasset minstemålet for krabben. I 2019 ble det gjennomført en undersøkelse av seleksjon i teiner ved bruk av runde fluktåpninger med en diameter på 100 og 115 mm. Begge fluktåpningene førte til stor reduksjon i fangstene, også av krabbe over minstemål. Fluktåpningen på 100 mm var heller ikke effektiv i å sortere ut undermålskrabbe. En alternativ metode er å benytte spalter som er tilpasset forholdet mellom skallbredde som angir minstemål og skallhøyde (Broadhurst et al. 2018). I 2020 og 2021 ble det gjennomført undersøkelser med 42 mm høye og 300 mm brede (lysåpning) spalter. Spaltene førte også til reduksjon i fangst av krabbe over minstemål, men de ga lavere andel undermålskrabbe enn de sirkulære fluktåpningene. Det anbefales å arbeide videre med seleksjonsinnretninger for utsortering av undermålskrabbe på fiskedyp. Det anbefales også å utarbeide prosedyrer for skånsom gjenutsetting av undermålskrabbe, bløtkrabbe og hunnkrabbe for å oppnå høyest mulig velferd og overlevelse.

Referanser

- Bakanev SV. 2016. The snow crab stock assessment methods. Stock dynamics. In: Snow crabs *Chionoecetes opilio* in the Barents and Kara Seas (eds by KM. Sokolov, Pavlov VA., Strelkova NA. et al.). Murmansk: PINRO press: 158-166. (In Russian).
- Broadhurst, MK., Millar, RB., Hughes, B. 2018. Utility of multiple escape gaps in Australian *Scylla serrata* traps. Fisheries research, 204, 88-94.
- Dahle, G.; Sainte-Marie, B.; Mincks, SL.; Farestveit, E.; Jørstad, KE.; Hjelset, AM.; Agnalt, A-L. 2021. Genetic analysis of the exploited snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the Barents Sea – revealing pathway of introduction. *Submitted*
- Danielsen HEH., Hjelset AM., Bluhm BA., Hvingel C., Agnalt A-L. 2019. A first fecundity study of the female snow crab *Chionoecetes opilio* Fabricius, 1788 (Decapoda: Brachyura: Oregoniidae) of the newly established population in the Barents Sea. Journal of Crustacean Biology doi:10.1093/jcabi/ruz039
- Eriksen, E.; Benzik, AN., Dolgov, AV., Skjoldal, HR., Vihtakari, MJ., Johannesen, E., Prokhorova, T.; Keulder-Stenevik, FJ., Prokopchuk, I., Strand, E. Diet and trophic structure of fishes in the Barents Sea: the Norwegian-Russian program “Year of stomachs” 2015 - establishing a baseline
- Fonseca DB., Sainte-Marie B., Hazel F. 2008. Longevity and change in shell condition of adult male snow crab *Chionoecetes opilio* inferred from dactyl wear and mark-recapture data. Transactions of the American Fisheries Society 137:1029-1043 doi:10.1577/t07-079.1
- Hébert, M., Miron, G., Moriyasu, M., Vienneau, R., DeGrâce, P. 2001. Efficiency and ghost fishing of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps in the Gulf of St. Lawrence. Fisheries Research, 52, 143-153.
- Hjelset, AM., Danielsen, HEH., Westgaard, JI., and Agnalt, A-L. 2021. Taxonomic and genetic confirmed findings of snow crab (*Chionoecetes opilio*) larvae in the Barents Sea. Polar Biology, 44: 2107-2115.
- Holt RE, Bogstad B, Durant JM, Dolgov AV, Ottersen G 2019. Barents Sea cod (*Gadus morhua*) diet composition: long-term interannual, seasonal, and ontogenetic patterns. ICES Journal of Marine Science 76:1641-1652.
- Holt, RE., Hvingel, C., Agnalt, A-L., Dolgov, AV., Hjelset, AM., and Bogstad, B. 2021. Snow crab (*Chionoecetes opilio*), a new food item for North-east Arctic cod (*Gadus morhua*) in the Barents Sea. ICES Journal of Marine Science, 78: 491-501.
- Humborstad, OB., Krøger Eliassen, L., Siikavuopio, SI., Løkkeborg, S., Ingolfsson, OA., and Hjelset, AM. 2021. Catches in abandoned snow crab (*Chionoecetes opilio*) pots in the Barents Sea. Marine Pollution Bulletin, 173: 113001.
- Hvingel, C., Kingsley, M.C.S. 2006. A framework to model shrimp (*Pandalus borealis*) stock dynamics and quantify risk associated with alternative management options, using Bayesian methods. ICES Journal of Marine Science 63:68–82.

- ICES, 2018. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 18–24 April 2018, Ispra, Italy. ICES CM 2018/ACOM:06. 534 pp.
- ICES, 2019. The Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 1:42. 157 pp.
- ICES, 2021. Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 3:77. 236 pp.
- Jørgensen, LL. 2017. Vurdering av sårbare bunnhabitater i det nordlige Barentshavet; trålfangete bunndyr fra det årlige øko-toktet. Rapport fra Havforskningen 19-2017.
- Kjesbu, OS. et al. 2021. Highly mixed impacts of near-future climate change on stock productivity proxies in the North East Atlantic. *Akseptert Fish and Fisheries november 2021*
- Langedal, G. og Kalvenes, O. 2018. Oppreinsking gjenstående snøkrabbeteiner. Rapport fra Fiskeridirektoratet.
- Michelsen, HK., Cochrane, S., Borgersen, G, Oug, E., Fredriksen, R., Renaud, P.E., Coll, M. Structural and functional effects of the invasive snow crab on benthic ecosystems in the Barents Sea. Poster, Norsk Havforskerforening 2020
- Nunkoo, I, Hemmingsen, W., McKenzie, K., Karlsbakk, E., Arneberg, P. 2020. The Barents Sea snow crab (*Chionoecetes opilio*) invasion and *Trypanosoma murmanense* infections in cod (*Gadus morhua*). *In prep.*
- Rugolo, L., Pengilly, D., MacIntosh, R., Gravel, K., 2005. Reproductive potential and life history of snow crabs in the eastern Bering Sea. In: Pengilly, D., Wright, S.E. (Eds.), Bering Sea Snow Crab Fishery Restoration Research: Final Comprehensive Performance Report. NOAA Cooperative Agreement NA17FW1274. Div. Commer. Fish. Alaska Dep. Fish Games, Juneau, AK, pp. 57-323. 2005. BERING SEA SNOW CRAB FISHERY RESTORATION RESEARCH: FINAL COMPREHENSIVE PERFORMANCE REPORT. 1-323 pp.
- Solstad, R. G., Descomps, A., Siikavuopio, S. I., Karstad, R., Vang, B., and Dragøy Whitaker, R. 2021. First observation of seasonal variations in the meat and co-products of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the Barents Sea. *Sci Rep*, 11: 6758.
- Sundet, JH., Tranang, CA., Nilssen, EM., Jenssen, M. (in prep). Stomach content of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from the Barents Sea.
- Winger, PD., Legge, G., Batten, C. and Bishop, G. 2015. Evaluating potential biodegradable twines for use in the snow crab fishery off Newfoundland and Labrador. *Fisheries research*, 161, pp.21-23.
- Mullowney, D. R. J., Baker, K. D., Pantin, J. R., 2021. Hard to manage? Dynamics of Soft-shell Crab in the Newfoundland and Labrador Snow Crab Fishery. *Frontiers in Marine Science*, 8.
- Zakharov, D. V., Manushin, I. E., Nosova, T. B., Strelkova, N. A., Pavlov, V. A., and Anderson, E. 2021. Diet of snow crab in the Barents Sea and macrozoobenthic communities in its area of distribution. *ICES Journal of Marine Science*, 78: 545-556.