

Barentshavet under oppvarming – sårbarhet og risiko for økosystemer

Raul Primicerio

Et varmere klima fører til raske temperaturendringer i Arktis, med hurtig tap av havis og endrede habitater for mange arter. Varmere havstrømmer og smelting av havis åpner samtidig for økt menneskelig tilstedeværelse og bruk av arktiske havområder. Slike endringer påvirker hvordan arktiske økosystemer eksponeres for miljøstressorer, og fører til økt sårbarhet i disse systemene. Man ser dermed et tydeligere behov for en mer klimatilpasset forvaltning.

Klimaoppvarming og globale miljøendringer legger økosystemer over hele jordkloden under sterkt press. Sammenliknet med mange andre steder i verden foregår disse endringene raskere i Arktis, og samtidig står man overfor en mer utfordrende oppgave med å vurdere, forutsi eller minimere konsekvenser av miljøendringer her på grunn av mangel på kunnskap og data. Uten langsiktige økosystemstudier til å informere oss, har vi et hull i den vitenskapelige kunnskapen, og mangler i stor grad et grunnlag for vurdering av endring, eller referanser for hvordan vi skal restaurere disse økosystemene.

Samtidig er det økende enighet i det internasjonale samfunnet om at man må se på forvaltning i et mer helhetlig perspektiv, og sette hele økosystemer i fokus. Målet med en økosystemtilnærming til forvaltning

er å bevare robuste økosystemer som kan takle presset fra menneskelige aktiviteter. Utfordringen er da å finne hvilke egenskaper ved et økologisk system som påvirker dets sårbarhet for miljøstress. Kunnskap om disse egenskapene vil danne et viktig grunnlag for det vi kaller en *økosystembasert forvaltning*.

En slik tilnærming krever et betydelig kunnskapsgrunnlag om økosystemet, som foreløpig er manglende for de fleste arktiske områder. I dag har man en begrenset kunnskap om økosystemets funksjon og sårbarhet, og om romlig økologi i arktiske områder. Det er dermed utfordrende å få til økosystembasert forvaltning i praksis, selv om det de senere årene har blitt påkrevd for eksempel i utforming av marine verneområder. Internasjonal koordinering av marine styresett og reguleringer i internasjonalt farvann, slik som Polhavet, er i tillegg utfordrende. Barentshavet er

ett av de få velstuderte økosystemene i nord der økosystemovervåking danner grunnlaget for en bærekraftig forvaltning. Ny kunnskap om hvordan klimaendringer påvirker sårbarhet i Barentshavet vil bidra til en mer klimatilpasset forvaltning i arktiske havområder.

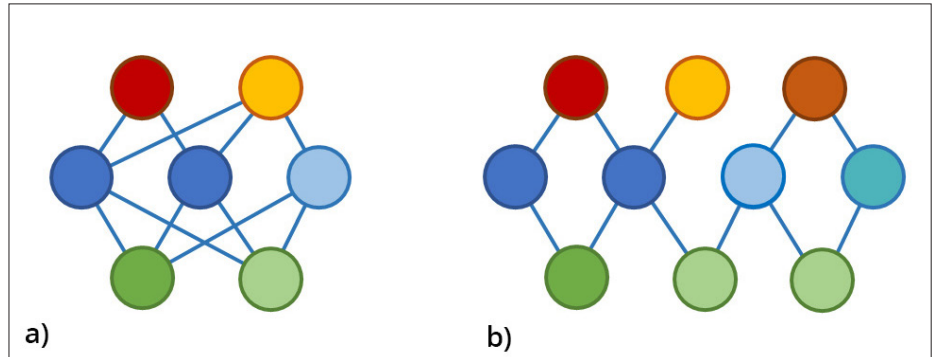
Hvordan fremme robuste arktiske marine økosystemer?

Selv om tilpasningsevnen til et økosystem er vanskelig å karakterisere og kvantifisere, vet vi at biologisk mangfold bidrar til det. Forskjellige økosystemer kan fortsatt fungere til tross for tap eller utbytting av noen av artene i systemet. Følsomhet for forstyrrelser avhenger av *økosystemresistens* (stabilitet og motstandskraft), eller tendens til å returnere til utgangspunktet. Mer stabile og motstandsdyktige økosystemer er mindre følsomme og derfor mindre sårbare for forstyrrelser. Den

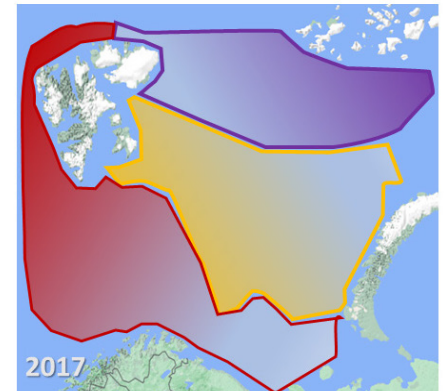


Et fargesprakende økosystem på sjøbunnen og en fiskestim i åpne vannmasser i Saltstraumen.

Foto: Erling Svensen



↑ Næringsnettrepresentasjon av økosystemer. Sirkler representerer arter, og linjer viser hvem som spiser hvem. Økosystemet som er avbildet i panel a) forventes å være mer sårbart for miljøforstyrrelser fordi det har færre arter med liten funksjonell overlapp (lik farge innebærer lignende funksjon), og det er mindre modulært enn økosystemet i panel b). I panel b) samhandler ikke arter på venstre side med de til høyre.



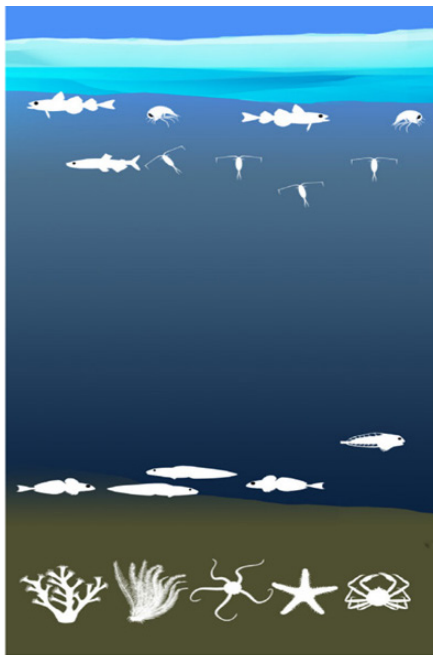
↗ Atlantifisering og endringer i fiskeutbredelser i Barentshavet. Sørlige boreale arter har trukket nordover fra 2004 til 2017. Den røde linjen viser utbredelse av atlantiske fiskearter og den lilla linjen viser utbredelse av arktiske fiskearter. Den gule linjen viser fisker med utbredelse sentralt i Barentshavet.



→ Endringer i antall næringstilkoblinger hos fisk i Barentshavet fra 2004 til 2017. Flere næringstilkoblinger innebærer at enkeltarter spiser mange ulike byttedyr og at næringsnett blir mer sammenkoblet. I fargeskalaen markerer gult områder med færrest slike koblinger, og mørkeblått viser områder med flest koblinger.

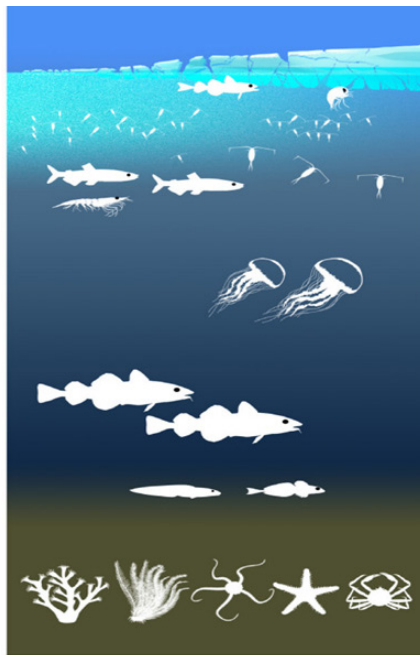
tekniske definisjonen av *resiliens*, som en tendens til å gå tilbake til en opprinnelig tilstand etter forstyrrelser, er noe snever i forhold til dens mer dagligdagse bruk. Økologer og miljøforvaltere bruker ofte en mindre teknisk tolkning av resiliens, og side-stiller det med *robusthet*, altså evnen til å ikke bli påvirket av miljøstress og å tilpasse seg miljøendringer.

Det er viktig å kunne iverksette disse ideene hvis vi ønsker å vurdere og håndtere økosystemsårbarhet. Det presserende behovet for bærekraftig fiske har fremmet en pragmatisk



tilnærming til økosystembasert forvaltning i akvatiske økosystemer. Selv om verktøyene for en økosystemtilnærming til fiskeriforvaltning fortsatt er under utvikling, kan vi allerede fokusere vår forskning og forvaltning på egenskaper som er kjent for å påvirke robustheten til økosystemene.

Et økosystem vil for eksempel være mer sårbart for miljøstress fra fiskeri og andre menneskelige aktiviteter hvis den samlede påvirkningen rammer mange arter. Miljøstress sin direkte påvirkning på én art kan nå



Klimaoppvarming og borealisering i Arktis. Økt temperatur, tap av havis og endringer i produksjon fører til gunstigere forhold i Arktiske marine økosystemer for boreale arter som små hoppekreps, maneter, torsk og andre fiskearter.

andre arter indirekte i et økosystem, for eksempel gjennom predasjon. Å fremstille økosystemet som et næringsnett hjelper til å finne ut hvilke arter som kan rammes av miljøstress indirekte. Hvis et næringsnett er *modulært* (slik som i panel b) i figuren øverst på forrige side), der arter kun er koblet med få andre arter gjennom predasjon, vil indirekte effekter av miljøstress på én art bare spre seg til et fåtall andre arter i økosystemet.

Når noen arter blir rammet av miljøstress vil økosystemet fortsatt være i stand til å fungere, så lenge det finnes andre arter som kan fylle de samme økosystemfunksjonene, som for eksempel det å overføre næring fra planter eller alger lenger opp i næringskjeden til fisk eller fugl. Arter som har liknende funksjoner i et økosystem sørger for at det finnes en viss funksjonell *redundans*, slik at hvis én art går tapt kan en annen art dekke samme funksjon. Med lav redundans, kan tap av én art innebære at det ikke blir noen næringsoverføring til verken fugl eller fisk.

Miljøstress kan forårsake tap av enkelte arter og funksjoner, men et økosystem vil fortsatt være i stand til å fungere hvis det har et mangfold av arter med andre økosystemfunksjoner. Et økosystem med høyt funksjonelt mangfold kan tilpasse seg til miljøendringer og tap av arter med å endre hvordan det fungerer, for eksempel gjennom endringer i hvilke næringskjeder som opptrer som de viktigste.

Hvis egenskapene ovenfor kan kvantifiseres i arktiske økosystemer, kan de overvåkes og innlemmes i økosystembasert forvaltningspraksis. Vår egen forskning på robustheten og motstandskraften til Barentshavets økosystem gir oss grunn til å være moderat optimistiske. Dataene som vi baserer vårt pågående arbeid på ble produsert av Barentshavets økosystemundersøkelse, som involverer en stor innsats fra mange russiske og norske ekspertforskere. Det internasjonale samarbeidet for en bærekraftig forvaltning av Barentshavet og av andre arktiske marine økosystemer rammes i dag av konflikt og sanksjoner, som gjør det videre samarbeidet vanskelig.

I tillegg til å fokusere på strukturelle egenskaper ved økosystemer knyttet til deres sårbarhet, kan vi vurdere robusthet ved å analysere økologiske data fra flere tiår tilbake. Saktere tilbakevending til opprinnelig økosystemtilstand etter forstyrrelser innebærer lavere motstandskraft og er et tydelig varselsignal om økt sårbarhet. For mange arktiske økosystemer kan denne tilnærmingen være veien til fremtiden, for foreløpig er langsiktige økologiske data sjeldne. For tiden er det få studier som er tilstrekkelig omfattende til å gi god nok informasjon til beslutningstakere, og de sparsomme dataene om arktiske systemer tvinger oss til å stole på ekspertvurderinger for økosystembasert forvaltning. Men ekspertvurdering er bare pålitelig når den er basert på økologisk forståelse.

Økologisk forskning og økosystembasert forvaltning i Arktis vil måtte utvikle seg sammen.

Atlantifisering og omorganisering av økosystemer

Klimaendringer rammer miljøet i polare områder hardest, og havmiljøet er ingen unntak med rask oppvarming av vann og tap av havis. *Atlantifisering* er endringer som skjer ved at varmere og saltere atlantisk vann sprer seg nordover og inn i polhavet. Dette resulterer i et arktisk marint miljø som er dypt modifisert. Mens innkommende sørlige, boreale arter opplever et mindre utfordrende miljø og økt matproduksjon og -tilgang, er arktiske arter utsatt for utfordrende miljøforhold og tap av habitat. Noen av de mest gjennomgripende økologiske endringene knyttet til atlantifisering er tap av havis som bryter ned is som leveområde. Havis er et viktig særegent habitat for mange arktiske arter som er avhengige av is for tilgang til mat og for reproduksjon. Eksempelvis spiser polartorsken små krepsdyr som lever inne i isen, og sel reproducerer på isen. Tap av havis er dermed ødeleggende for de arktiske artene som er knyttet til isen.

Den boreale faunaen som forflytter seg nordover fører til en blanding av innbyggere i det nordlige Barentshavet: Boreale arter av hoppekreps utvider seg nordover, kanskje på bekostning av sine større arktiske slektninger, maneter øker i området, og høyere planktonproduksjon (for

eksempel av krill) understøtter en økning av planktonspisende fisk (for eksempel lodde og makrell). Spesielt om sommeren trekker store vandrende fisker som torsk og hyse inn i det nordlige Barentshavet favorisert av den økte matproduksjonen i åpne vannmasser. De arktiske fiskeartene, slik som ålekvabbe og andre små bunnlevende arter, må plutselig tåle et dårligere egnet habitat og økt konkurranse fra boreale fiskeinntrengere.

Atlantifisering letter arktisk kolonisering av boreale arter ved å øke transport av små arter og larver med havstrømmer. Ved oppvarming kommer det flere rovdyrarter som lever av mange byttedyrtyper, slik som torsk.

Selv om biologisk mangfold for tiden øker i Arktis, takket være den raske tilførselen av boreale arter, er dette sannsynligvis en overgangsfase som muligens kan bli fulgt av en nedgang drevet av tap av arktiske arter. Spesielt er atlantifikasjonsrelaterte miljøendringer ugunstige for mange arktiske arter som lider av tap av ishabitat, økte temperaturer, og endring i mattilgang i løpet av sesongen.

Tilførsel av boreale arter og lokalt tap av arktiske arter fører til endrede forhold i næringsnettene, der noen koblinger er nyetablerte, og andre går tapt. Alarmerende nok reorganiserer selve det arktiske næringsnettene seg, og utfordrer våre evner til å forstå og forutsi den økologiske konsekvensen

av samlede påvirkninger. Arktiske næringsnett har tidligere vært modulære og lite sammenkoblet (som vist i figuren øverst på side 37), og dermed mindre utsatt for indirekte effekter av miljøstress. Med atlantifisering og den påfølgende borealiseringen av Arktis blir næringsnettene stadig mer sammenkoblet og sårbare, på grunn av de mange nye næringsforbindelsene som er etablert av innkommende arter.

De nyankomne boreale artene som bosetter seg i arktiske farvann har ulik atferd og andre funksjoner enn de lokale arktiske artene i økosystem-sammenheng. De arktiske fiskesamfunnene som tidligere var dominert av små spesialiserte bunndyr, opplever nå en økende betydning av boreale fiskearter som har en mye bredere diett. Disse boreale artene lever typisk av mange byttedyr. De nylig tilførte funksjonelle egenskapene som de boreale artene fører med seg påvirker funksjonell karakter og mangfold i havøkosystemet. Funksjonell omorganisering forventes også blant mindre bevegelige arter, som bunndyr og virvelløse dyr. Man ser det allerede i arktiske kystsamfunn der store tarearter overtar.

For å oppsummere, det stadig mer sammenkoblede arktiske næringsnett gir opphav til nye veier for energi og materialflyt, men er også i økende grad utsatt for mer omfattende effekter av miljøforstyrrelser som styres av næringsnettkoblinger. Slike endringer gjør økosystemene mer

sårbare. *Funksjonelt mangfold*, som påvirker økosystemets tilpasnings-evne til endrede miljøforhold, har økt i Arktis på grunn av tilførsel av nye egenskaper fra boreale arter. *Funksjonell redundans*, som påvirker økosystemets bufferkapasitet til artstap, har også endret seg, med distinkte funksjonelle kategorier som viser motsatte trender. Arktisk næringsnetts *modularitet*, som påvirker spredningen av forstyrrelseseffekter over økosystemet, har gått ned. Samlet sett går den observerte endringen i disse økosystemegenskapene i retning av økt kapasitet til å tilpasse seg oppvarming og atlantifisering, på bekostning av arktiske arter, og økt følsomhet for miljøforstyrrelser, som under klimaoppvarming forventes å øke både i hastighet og omfang.

Økosystemtilnærming i Arktis i praksis

Flere utfordringer står i veien for å få en fremgang når det gjelder en økosystemtilnærming til forvaltning i arktiske marine økosystemer. Vitenskapelig spesialisering, mangel på økologiske data og kunnskap, og raske økosystemendringer forårsaket av klimaoppvarming er utfordringer som ble diskutert ovenfor. Andre utfordringer er forårsaket av fragmenterte forvaltningsregimer og styresett, begrenset internasjonalt samarbeid der økosystemer krysser landegrensler, og mangelfull regulering og lovverk i internasjonale farvann, slik som nevnt for Polhavet. En økosystemtilnærming praktiseres

i dag i forbindelse med romlig planlegging og forvaltning av marine områder, der helhetlige vurderinger av økosystemtilstand blir tatt hensyn til for å identifisere og overvåke sårbare og vernede områder.

Romlig forvaltning bidrar til å redusere den samlede påvirkningen av menneskelige aktiviteter på økosystemer, og begrenser samtidig arealkonflikter. Arealkonflikter oppstår når ulike sektorer, som oppdrettsnæring, fiskeri, olje- og gassnæring, påvirker hverandres virksomhet negativt. Da rammer ulike endringer miljøet, ressurser og økosystemtjenester i ett marint område. En økosystemtilnærming i romlig forvaltning hjelper til å vurdere risiko for samlet påvirkning på økosystemtilstand, ressurser og tjenester, og kan belyse mulige årsaker for hvordan en arealkonflikt har oppstått.

En *samforvaltning*, som tar hensyn til alle relevante sektorer og deres påvirkning på ressurser og miljøet, brukes hovedsakelig i forbindelse med romlig planlegging. Vanlig forvaltningspraksis i dag er fortsatt sektorspesifikk, og tar hensyn til enkelte deler av økosystemet uten å se på disse i sammenheng. Fiskeriforvaltning fokuserer på fiskebestander, olje- og gassnæringen ser på bunndyr, og ingen ser på økosystemet og samlet påvirkning. Endringer i lovverk og nye politiske direktiver vil hjelpe på vei til samforvaltning og legge til rette for en økosystembasert forvaltning

i framtiden. Men det haster, for arktiske økosystemer er sårbare og er utsatt for økende miljøstress som følge av raske klimaendringer. De raske endringene og kunnskapshullene som er nevnt i denne artikkelen inviterer til en føre-var tilnærming for å få til bærekraftig forvaltning i arktiske havområder.

Litteratur:

- Fossheim, M., Primicerio, R., Johannessen, E., Ingvaldsen, R., Aschan, M., Dolgov, A. 2015. Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the western Arctic. *Nature Climate Change* 5: 673–677. doi:10.1038/nclimate2647
- Frainer, A., Primicerio, R., Kortsch, S., Aune, M., Dolgov, A.V., Fossheim, M., Aschan, M. 2017. Climate-driven changes in functional biogeography of Arctic fish communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS* 114: 12202-12207. doi: 10.1073/pnas.1706080114
- Ingvaldsen, R.B., Assman, K.M., Primicerio, R., Fossheim, M., Polyakov, I.V., Dolgov, A.V. 2021. Physical manifestations and ecological implications of Arctic Atlantification. *Nature Reviews Earth and Environment* 2: 874-889. doi: 10.1038/s43017-021-00228-x
- Kortsch, S., Primicerio, R., Fossheim, M., Dolgov, A., Aschan, M. 2015. Climate change alters the structure of arctic marine foodwebs due to poleward shifts of boreal generalists. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282 (1814): 20151546. doi: 10.1098/rspb.2015.1546

Pecuchet, L., Blanchet, M-A., Frainer, A., Husson, B., Jørgensen, L.L., Kortsch, S., Primicerio, R. 2020. Novel feeding interactions amplify the impact of species redistribution on an Arctic food web. *Global Change Biology* 26: 4894-4906. doi: 10.1111/gcb.15196



Raul Primicerio er professor i økologi og evolusjon ved UiT Norges Arktiske Universitet. Han er seniorforsker og rådgiver ved Hav-

forskningsinstituttet, og samarbeider i ICES ekspertgrupper om økosystemvurdering. Primicerio jobber med økologiske effekter av klimaendringer og med samlet påvirkning i flere nasjonale og EU prosjekter og er leder av forskningsprogrammet CLEAN ved Framsenteret. E-post: raul.primicerio@uit.no