## *4.8 Effekter av klimaendringer*

Dette kapittelet er delt i tre hoveddeler. I de to første vil effekter for hhv. marine lavere og høyere trofiske nivå oppsummeres på en generell måte, hvor effektene i stor grad beskrives for grupper av organismer eller dyr. Spesielt for høyere trofiske nivå vil det være ønskelig å gå mer inn på enkeltarter. Effekter på fisk omtales relativt summarisk da dette også behandles i utredningen av konsekvenser av fiskeri. Mulige effekter av økt ultrafiolett (UV) stråling på marin biota omtales under plankton (3.8.1). I den siste delen blir effekter på de felles konsekvensvariablene oppsummert i tabellform. Her omtales også usikkerhet rundt konsekvensene i en fremtidig situasjon.

***Utredningene av konsekvenser skal i utgangspunktet vurdere påvirkning i perioden fram til og med 2020. Som scenariene viser, forventes det ikke store endringer i noen klimaparametere i denne perioden. Derfor er det grunn til å konkludere at det heller ikke vil være store effekter av klimaendringer i samme periode.***

***De effektene som er skissert i dette kapitlet vil derfor hovedsakelig være effekter som vi bli synlige om scenariene for 2050 og 2080 slår til.***

Det er viktig å presisere at mange av de forhold som herunder beskrives som effekter av klimaendringer ikke er en effekt *per se*. Ofte er dette påviste sammenhenger mellom variasjon i en klimaparameter og en annen miljøparameter. Som eksempel: En sammenheng mellom lavere SST og en bestand av en gitt art er ikke en effekt. Effekten vil være en direkte endring i en bestandsparameter (f.eks. mindre næringsopptak pga. "mismatch" med følgende dårligere voksenoverlevelse), som er utløst av endring i temperaturen, og som senere kommer til uttrykk i form av nedgående populasjonstrend. Denne mekanismen vil også gi andre uttrykk.

### 4.8.1 Effekter på marint plankton

Klimainduserte endringer kan få direkte effekt på fysiologi eller indirekte effekt på fenologi og utbredelse. Ulike arter har ulike evne til å tilpasse seg slike endringer, men interaksjonen mellom arter vil bli påvirket, noe som til slutt resulterer i endret samfunnsstruktur og sammensetning. Sannsynligvis vil opportunistiske arter favoriseres.

#### 4.8.1.1 Sjøtemperatur

Dersom både indirekte og direkte effekter av en temperaturøkning sees samlet, så er det mye som tyder på at i dag er sjøtemperatur den styrende faktor for den dynamiske likevekten i det pelagiske økosystemet.

Temperatur har indirekte effekt på primærproduksjonen, ved at den påvirker isutbredelse og omrøring i vannsøylen. Denne indirekte effekten er av større betydning enn den direkte effekten på veksthastighet. En økning i sjøtemperaturen vil følgelig kunne få konsekvenser for artssammensetningen hos planteplankton pga. artenes ulike optimaltemperatur for vekst.

Generelt er dyreplanktonbiomassen høyere når temperaturen er høy i Barentshavet. Dette har bl.a. sammenheng med at temperaturen har stor betydning for veksthastigheten hos dyreplankton. Tiden fra klekking til voksent individ er kortere i varmere vann. I tillegg er tilgang på planteplankton for å få fylt sine fettlagre viktig

for veksthastigheten. Fordi dyreplankton er den viktigste føden for larver og ungfisk, vil dette påvirke vekstrate og overlevelse og dermed styrken på årsklasser hos fiskearter som er avhengige av denne næringskilden.

Temperatur har også betydning for utbredelsen av dyreplankton. Økt sjøtemperatur vil kunne føre til at den sørlige grensen flyttes nordover for kaldtvannsarter, samtidig som at mer sørlige arter får en mer nordlig utbredelse. Dette har allerede vært observert for noen arter i Nordøst-Atlanteren, bl.a. har grupper av noen hoppekrepsarter blitt identifisert som mulige indikatorer nettopp på endringer i det marine miljøet.

#### 4.8.1.2 Sjøis

Når isen legger seg og når den smelter påvirker tidspunkt, lokalisering og intensitet på produksjonen i vannsøylen. Dessuten er iskanten et attraktivt næringsområde pga. høy produksjon.

Isens maksimale utbredelse i Barentshavet varierer mellom såkalte "kalde" og "varme" år. Ved ekstra kalde vintre vil isen rekke sør for polarfronten og dekke atlantisk vann. Isen vil da begynne å smelte 4-6 uker tidligere enn om isen kun dekker arktiske vannmasser. Dette skyldes at det varme atlantiske vannet smelter isen fra undersiden. Stabile vannmasser pga. issmelting[1] samtidig som det er vinterkonsentrasjoner av næringssalter og gode lysforhold fører til en intens primærproduksjon. Denne utnyttes av sekundærkonsumenter, men omfanget har sammenheng med i hvilken grad oppblomstringen av planteplankton og dyreplankton faller sammen i tid og rom. Sannsynligheten for en "mismatch" i forhold til dyreplankton øker ved tidlige blomstringer og en større andel av primærproduksjonen sedimenterer mot bunnen.

Skjebnen til den fremtidige primærproduksjonen i Barentshavet er tett koblet til i hvor stor grad dagens isforhold endres. Et stabilt øvre lag er essensielt for en planteplanktonoppblomstring. Uten is oppstår dette laget som følge av oppvarming, dvs. som sør i Barentshavet i dag. Dette tar noe lenger tid enn når stabiliteten oppstår som følge av issmelting og starten på en oppblomstring blir tilsvarende forsinket. Særlig ved polarfronten vil dette bli merkbart, mens lengst nord vil oppvarmingen derimot kunne gi et stabilt overflatelag tidligere enn issmelting gjør i dag. Det stabile laget vil gå dypere og den totale produksjonen på årsbasis være større enn når det stabile laget er et resultat av issmelting. Gitt dagens vindforhold, så vil primærproduksjonen i den delen av Barentshavet som i dag er islagt kunne firedobles om isen forsvinner, som følge av bedre næringsforhold pga. dypere vertikal omrøring i en vannsøyle med høyere saltholdighet enn i dag. Imidlertid vil en endring i stormfrekvens også ha innflytelse. Flere stormer vil kunne føre til et mer ustabilt gjennomblandet lag pga. stor variasjon i omrøring, og dermed også variasjon i tilførsel av næring og lysforhold og til slutt lengden på en blomstring.

Forutsatt at noe is forekommer, så vil en eventuell tidligere issmelting/senere isdannelse føre til gode lysforhold i vannsøylen over en lengre periode i forhold til i dag i nordlig del av Barentshavet og dermed lengre vekstsesong, forutsatt at det er nok

[1] Tilførsel av ferskt smeltevann stabiliserer den vertikale fordelingen av vannmasser i vannsøylens øverste lag. Et stabilt øvre lag hindrer at omrøring fører planteplanktonet ned på dyp med for dårlige lysforhold for primærproduksjonen.

næring. Andre forhold kan modifisere dette, f.eks. regionale og lokale endringer i "upwelling", vindstyrt vertikal blanding, ferskvannstilførsel fra sjøis og elver, forholdet mellom autotrof[2] produksjon og heterotrof[3] aktivitet osv. Faktisk kan enkelte områder oppleve redusert netto autotrof produksjon pga. økt heterotrof aktivitet.

Ikke bare tidspunktet for oppblomstringen er avgjørende for dyreplanktonets suksess. Dersom isen forsvinner slik at det blir en dypere vertikalblanding, en senere blomstring med økt sannsynlighet for mismatch, samtidig som at temperaturen ikke blir like høy som i atlantisk del av Barentshavet i dag, så vil utviklingen av de ulike stadiene til rauåte bli forsinket og effekten av en mismatch forsterkes ytterligere. Dette kan føre til en forandring i artssammensetning. Ishavsåte (*Calanus glacialis*) som i dag har hovedutbredelse i arktiske vannmasser, er mer fleksibel enn rauåte (hovedutbredelse i atlantisk vann) med hensyn til å tilpasse seg endrede miljøbetingelser, bl.a. gjennom å justere sin eggproduksjon i forhold til planteplanktonoppblomstringen, i tillegg til at arten har relativt høy eggproduksjon selv ved moderat fødetilgang. Dette kan også være tilfelle for andre arktiske dyreplanktonarter fordi de allerede lever i et sterkt varierende miljø. Imidlertid er ikke endret artssammensetning nødvendigvis et problem. Ishavsåte har seks ganger mer fett enn rauåte og følgelig vil mer energi bli tilgjengelig per individ for beitere som kan nyttiggjøre seg disse artene. Det avgjørende punktet i tilfelle endret havklima som skissert over, vil derfor være i hvilken grad beitende dyrearter har evne til å omstille seg i forhold til fødeinntaket.

Redusert isdekke og høy temperatur vil kunne påvirke den kvalitative sammensetningen av dyreplankton ved at det blir flere små arter som har mindre energi per individ (f.eks. rauåte). Det kan få alvorlige konsekvenser, særlig for arter som er spesialister med hensyn til fødevalg og til slutt påvirke hele økosystemet.

Sjøis har også en egen isflora (alger) og –fauna (små krepsdyr, ciliater, foraminiferer, nematoder osv.), i tillegg til bakterier, som inngår i et næringsnett som også omfatter høyere ledd i næringskjeden. Vekstsesongen til isalgene starter så snart det er nok lys (mange av artene er tilpasset svært lave lysverdier), oftest tidligere enn i vannmassene. Dermed forlenges den totale produktive sesongen i området, hvilket er positivt for beitere. Isalgenes andel av primærproduksjonen er høyere jo tykkere og mer permanent isen er. Dersom isen forsvinner vil dette ha betydning for beitere som baserer seg helt eller delvis på issamfunn.

Også biodiversiteten i området vil endres dersom isen forsvinner. Mange arter i issamfunn er avhengig av is enten i deler av livssyklusen, eller de lever hele sitt liv der. Noen av disse vil muligens kunne bruke havbunnen i stedet for isen, men dette gjelder neppe for alle. Dessuten vil lysforholdene bli for dårlige for mikroalger dersom det er snakk om store dyp. Dersom isen ikke forsvinner helt, men at det blir mer ettårsis og mindre flerårsis (kun helt nord i Barentshavet i dag)., vil også artssammensetningen påvirkes. Ettårsis må koloniseres hvert år, mens flerårsis i tillegg har isspesialister som normalt ikke forekommer i yngre is. Dessuten vil tynnere is og dermed økt ferskvannstilførsel og endringer i isflakenes morfologi påvirke arter som lever på undersiden av isen.

[2] autotrof produksjon = syntetisering av organiske forbindelser fra uorganiske forbindelser
[3] heterotrof aktivitet = syntetisering av organiske forbindelser fra andre organiske forbindelser

Redusert is/fravær av is vil også influere på frekvensen av og egenskapene til polynyaer[4]. Disse høyproduktive områdene er samlingssted for sjøfugl og sjøpattedyr, og har ofte stor betydning som næringsområde i deler av året hvor andre områder har liten produksjon. Kystpolynyaen i Storfjorden er foreslått som en klimaindikator, nettopp fordi den ligger i sørlig del av isutbredelsesgrensen og eventuelle klimaendringer vil kunne bli oppdaget tidlig. Her foregår det dypvannsdannelse, samt at primær- og sekundærproduksjonen er høy. I tillegg til stor permanente polynyaer, vil også semipermanente polynyaer bli berørt av klimaendringer. De vil endre karakter, forsvinne, eller nye oppstå, alt etter type påvirkning.

#### 4.8.1.3 Transport

Styrken av de ulike årsklassene av dyreplankton og fisk i BAR bestemmes ikke bare av variasjon i temperatur, men har enda større sammenheng med variasjon i innstrømmende atlantisk vann (fysiske egenskaper og volum). Dette skyldes at dynamikken i primærproduksjon og energistrøm gjennom næringskjedene påvirkes. Mengde dyreplankton som transporteres inn i Barentshavet fra Norskehavet til fiskens oppvekstområder varier også fra år til år og gjennom året. Fordi dyreplanktonet har sesongmessige vertikale vandringer, vil tidspunkt på året ha betydning for hvilken effekt variasjoner i innstrømmende atlantisk vann får. Modeller indikerer at mye av denne transporten skjer sørvest i den atlantiske delen av Barentshavet.

Rauåte *Calanus finmarchicus* bidrar med mer enn 50 % av dyreplanktonbiomassen i Nord-Atlanteren. Imidlertid har biomassen sunket i forhold til tidlig på 1960-tallet. Sannsynligvis har dette sammenheng med NAO i samme periode.

#### 4.8.1.4 Lys

Lys påvirker vekstraten til mikroalgene både i vannsøylen og isen, i tillegg til at det påvirker vertikal migrasjon av dyreplankton og noen fiskeslag. Noen arter er også avhengig av lys for å lokalisere sitt bytte. Forandringer i skyer, tåke og isutbredelse, inkludert snø på toppen av isen, vil påvirke lystilgang og dermed den marine primærproduksjonen. Også mengde partikler tilført fra bresmelting og elver har betydning for lysmengden. I tillegg vil spektralfordelingen av lyset i vannsøylen variere med vannets kvalitet, noe som er av betydning for hvor dypt primærproduksjon kan foregå og for artssammensetningen. Mengde oppløst karbon (DOC) påvirker også spektralfordelingen i negativ retning i forhold til primærproduksjon, men gir samtidig bedre beskyttelse mot UV. Siden det er størst mengde DOC der det er høy primærproduksjon, vil DOC indirekte være klimarelatert. Økt skydekke over områder som i dag er isfri vil sannsynligvis føre til redusert primærproduksjon, mens områder som i dag er isdekket hele eller deler av året vil få økt produksjon om isdekket reduseres dramatisk.

Kiselalger står for en viktig andel av primærproduksjonen i Barentshavet. Ulike planteplanktonarter har ulike krav til mengden av lys, og en endring i lysmengden vil derfor endre artssammensetningen ved ulike dyp. Endringer i atmosfæretrykk og vind vil kunne endre generell gjennomblanding til større dyp enn tilfelle er i dag, noe som vil favorisere ulike grupper av planteplankton. Økt andel små flagellater kan føre til at lite sedimenterer og når bentiske samfunn, men i stedet bli føde for ciliater, dvs. på sikt vil de trofiske relasjonene i økosystemet påvirkes.

[4] Polynya = områder med åpent vann, omgitt av is

#### 4.8.1.5 Breer og elvevann

Tilførte partikler fra breer og elver har en indirekte effekt på primærproduksjonen ved at lyset i vannsøylen svekkes. Dessuten har det vært rapportert at stor tilførsel av brevann kan føre til massedød av dyreplankton i overflaten som så sedimenter mot bunnen.

#### 4.8.1.6 Næringssalter

Nitrat er vanligvis det begrensende næringssaltet i Barentshavet, med unntak av silikat i enkelte deler. Kun kiselalger er avhengig av silikat. I tillegg er det mulig at jern kontrollerer primærproduksjonen i visse områder. N-fikseringen ser ut til å øke pga. klimaendringer. Dermed endres forholdet mellom N-fiksering og denitrifisering. På sikt kan dette føre til en mer fosfatkontrollert produksjon. Det er også tegn som tyder på at bakterier utnytter nitrat i iskantsonen i større grad enn tidligere antatt.

Økt tilførsel av begrensende næringssalter og i noen tilfeller jern, vil favorisere oppblomstring av store kiselalger og skulle i teorien føre til økt sedimentering hvor mer når benthossamfunnene, selv om dette ikke alltid kan bekreftes. Dette forklarer også hvorfor kiselager ofte dominerer når det ennå er høye vinterkonsentrasjoner av næringssalter eller i områder med "upwelling", f.eks. i shelf-områder. Klimaendringer som fører til økt lagdeling vil derimot slå negativt ut for denne gruppen, fordi mikroalgene da vil være mer avhengig av at næringssalter regenereres i det øvre gjennomblandede laget. På den annen side vil høy temperatur i kombinasjon med økt lagdeling av vannsøylen favorisere andre arter. Både mindre vind og økt ferskvannstilførsel vil forsterke lagdelingen.

#### 4.8.1.7 UV-stråling

Kaldt klima og lav sol gjør polarlivet ekstra sårbart. Lav sol betyr normalt liten ultrafiolett påvirkning, men økning i skadelig stråling blir proporsjonalt større enn på sørlige breddegrader. Noen organismer har utviklet spesielle strategier for å beskytte seg mot UV-stråling og kan til en viss grad reparere skader forårsaket av UV-stråling. Lave temperaturer gjør imidlertid at reparasjonene går langsommere. Det er stor variasjon mellom og innenfor arter når det gjelder følsomhet for UV-stråling, også innenfor samme art, men her er det store kunnskapsmangler.

De faktiske UV-effektene er ennå svært omdiskuterte, men vil sannsynligvis først vise seg i områder med klart vann, lite skyer, tynt ozonlag, samt lite vind og bølger.

Mulige konsekvenser av økt ultrafiolett stråling på marin biota

- Arvestoffet og andre følsomme molekyler i cellene kan skades og dermed påvirke kjemiske prosesser (f.eks. fotosyntesen).
- Cellemembraner og cellers evne til å ta opp næringsstoff kan skades.
- Planktonalgers evne til å skille ut karbondioksid fra atmosfæren reduseres, men følsomhet varierer over tid og mellom arter.
- UV-B kan føre til redusert mengde av visse typer aminosyrer hos mikroalger, men effekten på algesamfunn som helhet er usikker, bl.a. fordi det har andre beskyttelsesmekanismer.
- Vekst og produktivitet hos makroalger hemmes.
- Egg og larver hos dyreplankton og fisk kan skades. Arter med egg og larver i grunne farvann tidlig om våren og arter med pelagiske egg som flyter i overflaten er mest sårbare.
- Voksen fisk kan få lesjoner på skinn og gjeller.
- Immunsystemet kan bli påvirket og dermed bestanden dersom sykdomsresistens reduseres.
- Øyne og hud som ikke er beskyttet av pels eller fjær er særlig utsatt hos høyerestående dyr.
- Biogeokjemiske sykluser kan bli påvirket og dermed produksjonen og dynamikken i hele økosystemet.
- UV-B stråling kan føre til en endring av økosystemet fra å være et herbivort næringsnett til å bli et mikrobielt næringsnett.

Hos dyreplankton i kystnære områder er det lite sannsynlig at UV-B stråling vil ha særlig direkte skadelig effekt, sammenlignet med andre miljøfaktorer som forårsaker høy dødelighet i de første livsstadiene. Det har imidlertid vært antydet at mikrobentiske samfunn i grunne områder kan bli påvirket slik at det oppstår strukturelle endringer av samfunnet.

Ikke alle faktorene som bidrar til å svekke UV-stråling i vannsøylen er kartlagt, men oppløst karbon (DOC) og klorofyll, hvis relative forhold varierer gjennom året, er helt klart viktige. Det er ikke usannsynlig at variasjoner i disse faktorene, sammen med andre klimarelaterte faktorer, eutrofiering osv. vil ha større betydning for UV-nivåene i havet enn ozon vil ha, men sammenhengene her er ennå ikke tilstrekkelig kjent for arktiske områder. I kystnære områder er DOC-verdiene ofte høyere enn 3–4 mg/l, og dermed tilstrekkelig til å beskytte mot UV-indusert dødelighet for egg hos rauåte og torsk. I arktisk vann er innholdet av DOC ofte under 1 mg/l og dermed mindre effektivt i beskyttelsen mot UV-stråling. Spektralfordelingen av innstrålt UV har betydning for graden av svekning, men særlig organismer med tilhold nær overflaten vil være utsatt ved økt UV-stråling.

Endringer på et ledd i næringskjeden vil gi en integrert effekt i næringsnettet. Kvalitativ forandring så vel som endringer av produksjonen i planteplanktonsamfunnet kan påvirke høyere trofiske nivå, men også resultere i feedback mekanismer på primærprodusentene selv. Det er anslått at 16 % reduksjon av ozon vil redusere planteplanktonet med 5 % og 7 % i utbytte fra fiskeriene, men slike anslag er basert på mange antagelser.

## 4.8.2 Effekter på benthos

### 4.8.2.1 Sjøtemperatur

Bentiske arter er stort sett stasjonære. Artssammensetningen avspeiler det lokale regimet og vil derfor være viktige indikatorer på miljøkvalitet. Fremtidige endringer i bentiske samfunn vil i stor grad være relatert til temperatur. Voksne boreale og arktiske arter har en temperaturtoleranse på henholdsvis -1–25 °C, og -1.8–6 °C. Biogeografiske endringer i bunnfaunaen vil derfor være raskere og lettere å oppdage ved en oppvarming enn en avkjøling, bl.a. fordi boreale arter vil være i stand til å overleve ved såpass lave temperaturer som de kan. Til forskjell fra arktiske arter, har dessuten størstedelen av boreale bentiske arter pelagiske larver som utvikler seg over en relativt lang periode. Ved en oppvarming vil boreale arter derfor kunne spre seg relativt rask med de varme vannmassene. Ved en avkjøling, vil arktiske arter kunne trekke seg lengre sørover, samtidig som at boreale arter vil kunne klare å overleve i mange områder som blir kaldere. Allerede på 1950-tallet ble det rapportert om økt antall arter typiske for atlantisk vann på vestkysten av Spitsbergen, sammenlignet noen tiår tidligere. I sentrale deler av Barentshavet er det også indikasjoner på at det er sammenheng mellom utvikling av pelagiske larvestadier og bentisk rekruttering. Sydspissen av Spitsbergen er også en biogeografisk grense ved at vestkysten domineres av subarktiske arter som *Balanus balanoides*, *Littorina saxatilis*, *Gammarus oceanicus* i littoralsonen, mens *Gammarus setosus* dominerer på østkysten. Denne grensen vil kunne forflyttes ved eventuelle klimaendringer. Imidlertid kan fravær av arter ha flere årsaker og derfor være vanskelig å korrelere til temperatur alene.

Økt temperatur ved sjøbunnen vil dessuten influere på enzymaktiviteten i de mikrobielle prosessene og dermed hastigheten på nedbrytning av partikulært materiale, tilgjengelighet for bentiske samfunn, regenerering av næringssalter osv. Omfanget er imidlertid usikkert med dagens kunnskap.

#### 4.8.2.2 Lys

Benthos på havdyp hvor det ikke er nok lys for primærproduksjon, er avhengig av tilført næring (plankton, detritus osv.) via sedimentering og mikrobiell aktivitet på bunnen. Benthos i Arktis er tilpasset store sesongvariasjoner i tilført materiale, men også store variasjoner fra år til år. En viktig faktor er i hvilken grad beitende dyr i de frie vannmassene utnytter den pelagiske produksjonen. Særlig i områder med sjøis som har en intens, men ofte ikke så langvarig pelagisk primærproduksjon ved iskanten, vil mer kunne nå bunnen uten å bli beitet. Også øyer og grunne banker med anticycloniske virvler som fører til downwelling kan ha økt lokal sedimentering. Iskanten og polynyaer anses som "hot spots" i forhold til vertikal karbon transport. Endrete isforhold vil derfor kunne ha stor betydning for bentiske samfunn.

#### 4.8.2.3 Breer og elvevann

Tilførte partikler fra breer og elver har en direkte effekt på benthos. Graden av sedimentering er en viktig regulerende faktor for forekomst av bentiske arter som tolererer å bli dekket av sediment i varierende grad. Økt avrenning fra land og økt breindusert sedimenttilførsel vil ha størst effekt på den bentiske artssammensetningen nær munningen av elver og ved brefronter. Sannsynligvis minker artsdiversiteten og samfunnene vil bestå av arter som er tilpasset å tåle høy sedimentering. Dette vil også kunne få en integrert effekt i næringsnettet. Allerede i dag ser man at dersom sedimenteringen er stor innerst i en fjord, vil benthosetende arter ha størst forekomst i ytre deler av fjorden.

Økt kalving fra isbreer vil også påvirke bunnen i grunne områder direkte ved at isskuringen mot bunnen øker. I tillegg vil det bli avdekket nye bunnområder dersom breer som går helt ut i sjøen trekker seg tilbake. Slike områder koloniseres i første omgang av flerbørsteormer og muslinger som har spesialisert seg på sedimentert materiale. I gjennomsnitt trekker breene på Svalbard seg tilbake med en hastighet på 0.5 km $år^{-1}$.

### 4.8.3 Effekter på fisk

#### 4.8.3.1 Generelt om effekter på gruppenivå

Forandringer i klima vil påvirke en fiskebestand direkte gjennom fysiologi (metabolske og reproduktive prosesser) og indirekte gjennom biotisk miljø (predatorer, byttedyr, bestandsinteraksjoner og sykdom) og abiotisk miljø (habitattype og -struktur). Temperatur, sammen med mattilgang og egnete gyteområder, er særlig viktige faktorer for utbredelsen av fiskebestander. Hvor fast og hva som styrer lokalisering av henholdsvis gyteområdet, overvintringsområdet og beiteområdet varierer. Samspillet mellom de forskjellige mekanismene som styrer fordeling kan derfor gi komplekse responser på klimaendringer. Konsekvensen kan bli at tradisjonelt gode fiskeområder endres. Særlig ved polarfronten vil selv små endringer av vannmassenes fordeling ha stor innflytelse på temperaturen i området og dermed fiskens utbredelse og hvor fangsten vil være mest effektiv.

Sjøtemperatur: Generelt er dyreplanktonbiomassen høyere når temperaturen er høy i Barentshavet. Fordi dyreplankton er den viktigste føden for larver og ungfisk, vil dette påvirke vekstrate og overlevelse og dermed styrken på fiskens årsklasse. Dessuten påvirker temperaturen larvene direkte ved at veksthastigheten øker og lengden på det sårbare stadiet minker. Det er også vist at kroppslengde hos ung sild, hyse og torsk er positivt korrelert til temperatur. Selv om økt temperatur vil kunne gi økt rekruttering på kort sikt, er det imidlertid ikke sikkert at effekten på lang sikt blir den samme. Økt fisketetthet vil kunne føre til redusert vekst og dårligere kondisjon. Dessuten har ulike fiskebestander forskjellige temperaturpreferanser. Potensielle sykdomsutbrudd som svekker fiskens kondisjon vil sannsynligvis også være knyttet opp mot bestemte temperaturintervaller.

Endringer i næringstilbud kan få store konsekvenser. På 1980-tallet som var en kald periode, observerte man en kollaps i loddebestanden (torskens viktigste føde), torsken var liten og i dårlig kondisjon samtidig som grønlandssel invaderte norskekysten.

Boreale og sub-arktiske arter (f.eks. torsk) forventes å respondere på variasjoner i sjøtemperatur og særlig ved utkanten av deres naturlige utbredelsesområder vil rekrutteringen variere merkbart. Imidlertid vil ulikt fiskepress kunne gi like store variasjoner i hele utbredelsesområdet.

Transport: Variasjon i innstrømmende atlantisk vann (fysiske egenskaper og volum) er hovedårsak for observerte forskjeller i styrken på ulike årsklasser av dyreplankton og fisk ved at dynamikken i primærproduksjon og energistrøm gjennom næringskjedene påvirkes. Mengde dyreplankton som transporteres inn i Barentshavet fra Norskehavet til fiskens oppvekstområder varier også fra år til år og gjennom året. Dominans av sørlige vinder i perioden med pelagisk larvedrift fra Norskehavet til Barentshavet, fører til at styrken på årsklassen blir over gjennomsnittet, trolig en kombinert effekt av temperatur og mengde dyreplankton.

#### 4.8.3.2 Effekter på enkeltarter

Et næringstilbud med mye rauåte vil favorisere **lodde** og **sild**, som vil kunne utvide sin utbredelse nord- og østover i forhold til i dag. Særlig loddefordelingen er sterkt miljødrevet (både gyteområde, overvintringsområde og beiteområde er miljøavhengig), mens sildefordeling er mer styrt av populasjonsprosesser (bestandsstørrelse og populasjonsstruktur), i tillegg til miljø. Dette har særlig sammenheng med at lodde er kortlivet og dermed har mindre konservativ vandringsstrategi enn sild. Fordeling av lodde reflekterer derfor i stor grad endringer i klima. Lengden på gytevandringen til lodde ser ut til å være begrenset av størrelsen på lodda pga. at kostnader ved svømming avtar med økende kroppslengde. Hvis man antar dette vil det være flere mulige scenarier for lodde ved en konsistent temperaturøkning i Barentshavet. Lodda vandrer like langt nord som før, når ikke iskanten, og beiter i stedet i varmere vann enn tidligere. Alternativt, sommerfordelingen av lodde blir fremdeles knyttet til iskanten og lodda gyter ved norskekysten som før, men modner ved større lengde og høyere alder enn før. Eller, sommerfordelingen blir fremdeles knyttet til iskanten, men gyteområdene flyttes lenger nord og/eller østover, kanskje helt til Novaja Semlja, eventuelt Spitsbergen og Franz Josefs Land. Uansett, lodde har bentiske egg og er dermed avhengig av passende substrat for gyting. Lodde er en nøkkelart i det pelagiske økosystemet i Barentshavet og særlig torsk og sel, men også andre, påvirkes derfor av fluktuasjoner i loddebestanden. Historisk har forekomsten av sild variert

betydelig. Bestanden er i økning, men det er umulig å forutsi om og i tilfelle når, de helt vil gjenoppta tidligere vandringsmønster og vende tilbake til sine tradisjonelle områder. Imidlertid har sild vist at de er svært fleksible med hensyn til hvor de gyter, noe som anses å være fordelaktig ved klimaendringer. I dag finnes gytefelt fra Lindesnes til Vesterålen, men disse kan bli forskjøvet lenger nordover og østover på norskekysten. Det østlige Barentshav kan bli oppvekstområde for ungsild (1-3 år) hele året, og voksen sild kan bli vanligere vest i Barentshavet og vest av Spitsbergen. Større sildebestand vil dessuten kunne hemme lodderekrutteringen, og loddebestanden på sikt.

**Torsken** deles i stammer som har ulik utbredelse. Norsk-arktisk torsk er viktigst. Den lever det meste av livet i Barentshavet, men har utbredte vandringer. De viktigste gytefeltene er Lofoten/Vesterålen, men torsken gyter også mer spredt langs store deler av norskekysten. Beiteområdet er stort sett hele Barentshavet sør og vest for polarfronten. Voksen torsk er bunnlevende og det er derfor lite sannsynlig at den vil utvide sin utbredelse til dyphavsområdene nord for Barentshavet, men torsken antas å fordele seg over større deler av Barentshavet og generelt få en mer nordøstlig fordeling. I dag er de største forekomstene sør for polarfronten selv om de kan overleve ved temperaturer under 0 ºC. Man vet allerede nå at torskens utbredelse i varme perioder strekker seg lenger øst- og nordover sammenlignet med kaldere perioder, hovedsakelig fordi vekstrate og larveoverlevelse er høyere i varme perioder. Vekstraten synker imidlertid igjen når de når kaldere vannmasser. Dessuten vil loddebestandens vandringsmønster sannsynligvis være avgjørende for fordelingen av torsk. Fordi torsken har pelagiske egg er den relativt fleksibel med hensyn til valg av gyteområde. **Hyse** vil sannsynligvis følge samme utviklingsmønster som torsken, men vil som i dag, ha sin nordlige grense lenger sør enn torsken.

Generelt så vil man forvente at arter som **makrell** og **kolmule** flytter seg lenger nordover, sannsynligvis helt til Barentshavet, ved en langvarig temperaturøkning. Disse pelagiske artene vil da konkurrere med andre pelagiske arter i Barentshavet om føde. Hvilke konsekvenser dette kan få er usikkert. Gitt at også bunntemperaturen øker, vil også flere **flatfisk** hvor utbredelsen nordover i dag er temperaturbegrenset, bevege seg lenger nordover og bli mer vanlige. **Blåkveite** vil derimot få et mer avgrenset utbredelsesområde ved at den sørlige grensen for deres utbredelse flyttes nordover, eventuelt at deres utbredelse blir mer konsentrert langs kontinentalskråningen. Også **polartorsk**, som forekommer i områder med arktisk vann og som i dag er en nøkkelart i nordlige deler av Barentshavet, forventes å få et mer avgrenset utbredelsesområde og bli mindre vanlig. Dersom nordøstpassasjen blir isfri store deler av året kan man også få invasjon av **pollock** fra Beringhavet. Også andre arter som **hestemakrell** og **sardin** vil kunne komme sørfra og innslaget av eksotiske arter som **tunfisk**, **sverdfisk** og **hai** kan øke.

## 4.8.4 Effekter på sjøfugl

### 4.8.4.1 Generelt om effekter på gruppenivå

Sjøfugler har gjennomgående sen kjønnsmodning, høy levealder og en lav reproduksjonsrate. Dette er en tilpasning til et ustabilt miljø hvor næring ofte er en begrensende faktor for et vellykket hekkeresultat. Derfor reagerer også sjøfugl raskt på endringer i næringstilbudet. Mange undersøkelser har vist at endringer i oseanografiske forhold som igjen skyldes klimaendringer kan ha storskala konsekvenser på trofiske interaksjoner, med store konsekvenser for hekkesuksess og bestandsstatus hos sjøfugl. På grunn av de nevnte karakteristika ved sjøfuglers livshistorie vil imidlertid effekter på bestandsstørrelser først vise seg etter mange år.

Endringer i utbredelsesmønstre vil være et tidlig tegn på klimaendringer hos sjøfugl, da endringer i sjøtemperatur vil få umiddelbare konsekvenser for forekomsten av byttedyr, oftest marin mikro- og mesofauna. I tillegg er dette en lett observerbar konsekvens. På lengre sikt vil sørgrensen for både nordlige (f.eks. alkekonge, polarlomvi og ismåke) og sørlige (f.eks. lomvi og lunde) arter forskyve seg mot nord.

Selv om man i teorien har grunn til å forvente en generell forskyvning av utbredelsesområder nordover, vil andre faktorer spille inn og modifisere dette bildet. Temporær og romlig fordeling av byttedyr er helt essensiell. Om forholdene blir gunstigere lengre nord for en art vil dette ha liten betydning om ikke de samme forholdene sørger for en ”match” mellom ny utbredelse og forekomst av byttedyr.

Endringer i byttedyrfaunaen i tid og rom vil i stor grad være bestemmende for hvilke konsekvenser klimaendringer vil få for sjøfugl, da tilgjengelighet av byttedyr er en essensiell faktor for hekkesuksess, hekketidspunkt og overlevelse. Selv små skift i tilgjengeligheten av byttedyr kan få store følger for disse parametrene. Pga. mindre evne til omstilling, vil størst effekt vises hos arter som er spesialister og har snevre matpreferanser. Effekter vil først ses i utkanten av arters naturlige utbredelsesområder.

Endrede utbredelsesmønstre vil også føre til endringer i konkurranseforhold artene i mellom. Det er vanskelig å forutsi hvilken betydning dette vil ha i hvert enkelt tilfelle.

Havis/sjøtemperatur: Endringer i havisdekke og sjøtemperatur vil være de viktigste klimaparametrene som har effekt på sjøfugl. Havis gjennom at større områder vil åpnes når den trekker seg tilbake, mindre albedo forsterker temperaturøkning, og endringer i sjøtemperatur får umiddelbare følger for produksjonen i havet, både når det gjelder primærproduksjonen, dyreplankton, benthos og status for ulike fiskebestander.

Havnivå: Tilgjengelighet av hekkeområder begrenses.

Ekstremvær: Hyppigere episoder med ekstremvær vil antagelig ha liten effekt på sjøfugl, bortsett fra en noe økt direkte ungedødelighet og voksendødelighet som følge av mer nedbør, lavere temperatur og økt vind. Sjøfugl er godt isolerte og meget robuste overfor mekanisk påvirkning.

#### 4.8.4.2 Effekter på enkeltarter

Det finnes ikke veldig mange undersøkelser som beskriver direkte effekter av klima-endringer på enkeltarter av sjøfugl. Nedenfor gjennomgås de eksemplene som finnes. Gjennomgående for disse er det påvises årsakssammenhenger basert på storskala endringer i klima (f.eks. variasjon i NAO), og at det er vanskelig å skalere effekter i forhold til f.eks. en gitt økning i SST.

En sammenligning av bestandstrender for 52 ***lomvi- og polarlomvikolonier*** i det sirkumpolare Arktis er det påvist sammenhenger mellom bestandstrender, NAO og PDO[5]. Forhøyet SST synes å føre til nedgang i bestandstrender for lomvi men en opp-gang for polarlomvi[6]. Tentativt kan man fra den grafiske framstillingen i denne undersøkelsen lese en 5-10% årlig endring i bestandsstørrelser pr. grad C endring i SST. Dette kompliseres av det faktum at koloniene synes å gi en respons innenfor et "normalt" temperaturspenn, og at responsen antagelig vil bli mer dramatisk når SST faller under eller over dette temperaturområdet. Samtidig er årsakssammenhengene kompliserte. Endringer i bestandstrend er derfor ikke bestemt av endringer i en klima-parameter alene.

Data fra ***lunde*** på Røst[7] viser at den avgjørende miljøparameteren som bestemmer hekkesuksess er "timing" av tilgjengelighet av næringsemner, hovedsakelig sild. Det synes å være en klar sammenheng mellom tilgjengeligheten av førsteårssild, som driver nordover langs kysten etter klekking lenger sør, og hekkesuksess hos lunde på Røst. God vekst hos sildelarvene er på sin side avhengig av tilgjengeligheten av dyreplankton, som igjen er avhengig av god blomstring av fytoplankton om våren. Om det er en "mismatch" mellom disse hendelsene, dvs. at en art og dens byttedyr ikke er på samme sted i tid og rom, vil sildeveksten bli dårlig og sildelarver av god kvalitet vil bli mindre tilgjengelige for lunden i ungetida.

Det er også vist at ***alkekonge*** kan få problemer ved et skift i tilgang på nærings-emner[8]. Alkekonge har spesialisert seg på den store kopepoden *Calanus glacialis*, som kun finnes i kaldt arktisk vann. I varmere vann finnes *C. finmarchicus*, som er mindre og inneholder seks ganger mindre fett enn *C. glacialis*. I år hvor variasjon i sjøtemperatur gjør at tilgjengeligheten av næringsemner endres og alkekongen blir avhengig av *C. finmarchicus*, vil de voksne måtte fange flere byttedyr for å kunne opprettholde kondisjon og god vekst hos ungen og seg selv. Mindre tilgjengelighet av *C. glacialis* vil i det lange løp føre til dårligere hekkesuksess og negativ bestands-trend.

Endelig har en analyse av en 50-års tidsserie av bestandsdata på ***havhest*** på Orknøy-ene[9] vist at det er sammenheng mellom klimaparametere (temperatur og NAO) og kolonistørrelse.

---

[5] PDO = Pacific Decadal Oscillation (NAO's "motstykke" i Stillehavet)
[6] Irons et al. In prep.
[7] Durant, JM, T Anker-Nilssen og NC Stenseth. 2003. Trophic interactions under climate fluctuations
[8] Karnovsky, NJ, S Kwaśniewski, JM Wesławski, W Walkusz og A Beszczyńska-Möller. 2003. Foraging behavior of little auks in a heterogenous environment. Mar Ecol Prog Ser 253: 289-303.
[9] Thompson, PM og JC Ollason. 2001. Lagged effects of ocean climate on fulmar population analysis. Nature 413: 417-420.

## 4.8.5 Effekter på sjøpattedyr

### 4.8.5.1 Generelt om effekter på gruppenivå

Sjøpattedyr er toppredatorer, og det finnes ca. 15 hvalarter og 7 selarter vanlig forekommende i BAR. Selene dominerer i antall og hvalene i biomasse. I tillegg regnes isbjørn som sjøpattedyr. I Stillehavet regner man også havoteren *Enhydra lutris* som sjøpattedyr, mens den eurasiatiske oteren *Lutra lutra* vi har her i landet ikke har tilsvarende marin tilknytning, men er en kystart som likevel er inkludert som konsekvensvariabel pga. status og nærhet til BAR.

Konsekvenser av klimaendring for sjøpattedyr i BAR vi i hovedsak være i tilknytning til reduksjon i isens utbredelse og tykkelse, samt i forbindelse med endringer i mengde, utbredelse og tidspunkt for forekomst av byttedyr.

Avhengigheten av is er vesensforskjellig hos hval og sel. I BAR er det spesielt hvithval, grønlandshval og narhval (de to siste er sjeldne) som er avhengige av is, mens av selartene er alle artene, utenom steinkobbe og havert, avhengige av is. Hval er avhengig av is primært pga. tilgjengeligheten av byttedyr i iskantsonen. Om isen skulle forsvinne vil ikke nødvendigvis dette trenge å ha ødeleggende effekt på bestandene av disse artene om tilgjengeligheten av byttedyr ble opprettholdt av andre årsaker. Mange selarter er helt avhengig av is som habitat både som substrat for parring og ungekasting, samt som habitat som gir nødvendig beskyttelse mot predasjon.

I BAR vil alle hvalarter bortsett fra hvithval, grønlandshval, narhval og vågehval unngå isdekte områder. Utbredelsen av disse artene er hovedsakelig bestemt av distribusjon av byttedyr, og derfor vil effekter av klimaendringer være indirekte form av endringer i tilgjengeligheten av byttedyr.

Om isforholdene endrer seg slik at kystpolynyaen i Storfjorden endres, vil dette påvirke både sjøfugl og sjøpattedyr i området. Det er mange store sjøfuglkolonier i området og det er store forekomster av de fleste viktige sjøpattedyrene i Barentshavet. Gode næringsforhold gjør dette området til et viktig overvintringsområde for bl.a. hvalross.

### 4.8.5.2 Effekter på enkeltarter

Generelt har kunnskapsinnhenting på sjøpattedyr vært konsentrert om kommersielle arter (vågehval, grønlandssel og klappmyss), og primært på tallrikhetsestimater (antall), fødevalg og energikrav.

***Isbjørn*** er helt avhengig av havis for å overleve. De jakter ringsel og andre selarter som finnes i isen. Redusert isdekke (senere isdannelse og tidligere issmelting som forkorter issesongen) vil medføre lengre fasteperioder pga. at isbjørnen ikke kan fange byttedyr i åpent hav eller på land. Hunner i med lite fett og dårlig kondisjon har færre unger (kullstørrelse) og dårligere ungeoverlevelse.

Iskorridorer er viktige for isbjørnens evne til å forflytte seg mellom forskjellige områder, og redusert isdekke vil derfor føre til åpenbare endringer i distribusjon.

Endelig ligger hiområdene i all hovedsak i snødekte skrenter på land. I enkelte områder legges hiområdene også i havis (ikke i BAR). Redusert isdekke vil påvirke for-

plantning gjennom en reduksjon i tilgjengelige hiområder. Det er også dokumentert at gode fettreserver er avgjørende for reproduktiv suksess.

I tillegg er det grunn til å frykte at forventete klimaendringer vil ha en direkte effekt gjennom en økning i dødelighet.

Det er vanskelig å forestille seg at en isbjørnbestand vil overleve i et scenario med helt manglende isdekke om sommeren.

***Storkobbe*** er avhengig av grunne områder med drivis. De lever av bentiske bløtdyr, og vil påvirkes kraftig om kystnær is skulle forsvinne.

***Hvalross*** har helt spesielle krav til leveområdene og iskvalitet. De overvintrer i områder hvor isen er tynn nok til å tillate opprettholdelse av pustehull, men hvor den er tykk nok til å tåle vekten av mange dyr på isen samtidig. Hvalross henter også bentiske byttedyr på bunnen, og både hvalross og storkobbe vil få store problemer om isdekket kun skulle dekke dypt vann.

***Grønlandssel*** er svært fleksible når det gjelder sommerhabitatet, men er avhengig av tradisjonelle områder i kasteperioden, da de danner store flokker i pakkisen. Parringen foregår i mars-april, mens ungene kastes i februar-mars. I dårlige isår forekommer stor ungedødelighet.

***Klappmyss*** velger spesiell is i kasteperioden, tykkere is enn grønlandsselen. I likhet med hva tilfellet er for grønlandsselen, forekommer høy ungedødelighet i år med dårlige isforhold.

Både ***steinkobbe*** og ***havert***, våre to utpregete kystselarter, forventes å øke utbredelsen i Arktis når isdekket reduseres. Steinkobbe er etablert med egen bestand på Svalbard. Dette er begge arter med utbredelse stort sett i tempererte strøk, men som har potensiale for å etablere seg varme "lommer" i Arktis.

### 4.8.6 Effekter på felles konsekvensvariable

Effekter på konsekvensvariablene er for klimaendringer hovedsakelig angitt i tabellform på de neste sidene. Usikkerhet er angitt for nåsituasjon (N) og i forhold til aktiviteter og prosesser (A).

Effekter av klimaendringer på forsøpling og støy/seismikk anses som ikke relevant.

Tab. 4.8 Effekter av klimaendringer på fisk.

| Konsekvens-variabel | Effekt på | | | Usikkerhet om: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|
| | **biomasse** | **artssammensetning/ -diversitet** | **utbredelse** | |
| Fisk, generelt | Styrken på en årsklasse henger nøye sammen med overlevelse og vekstrate som igjen styres av fødetilgang (kvantitet + kvalitet) | - Sannsynlig at torsk, sild, og noen flatfisk vil bevege seg nordover og bli mer vanlige<br>- Sannsynlig at lodde, polartorsk og blåkveite vil få et mer avgrenset utbredelsesområde og bli mindre vanlig | - Sørlig grense for kaldtvannsart er flyttes nordover<br>- Mer sørlige arter kan forekomme lenger nord | **N: a.** Bestandsberegninger: usikre observasjoner og tolkningen av disse + modellene er en forenklet fremstilling av virkeligheten + stor usikkerhet knyttet til historiske bestandsnivå, særlig uregistrert dødelighet (bl.a. ulovlig fangst og utkast). **b.** Manglende kunnskap om økologiske relasjoner mellom predator, byttedyr og konkurrenter: vanskelig å forutsi effekten av at artsspesifikke gyte-, oppvekst- og beiteområder påvirkes av havklima og dermed endrer grad av overlapp i utbredelse mellom ulike arter. **A:** Kan være vanskelig å skille mellom effekter av klima og fiskerier. |
| Ikke-kommersielle arter | | | | **N: a.** Status er mindre kjent enn for de kommersielle. **b.** Ofte grupperes arter p.g.a. usikkerhet ved bestemmelse. **c.** Manglende referansepunkter som beskriver gytebestandens størrelse: vanskelig å evaluere bestandssituasjonen. |

Tab. 4.9 Effekter av klimaendringer på truete arter av pattedyr. Bestandsanslag tatt fra UF.

| Konsekvens-variabel | Effekt på | | | Usikkerhet om: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|
| | antall og bestandsindeks | demografi | vandring og utbredelse | |
| Grønlandshval | Ukjent | Ukjent | Sterkt knyttet til iskant. Utbredelsesområdet flyttes nordover. | **N:** Inntil nylig regnet som utryddet i Barentshavet og ved Svalbard. Sporadiske observasjoner siden 1989. Antall ukjent. **A:** Lite kunnskap om økologi og levesett fra dette området. |
| Blåhval | Ukjent | Ukjent | Ukjent | **N:** Ca. 400 i norske farvann, stabil. **A:** Lite kjent om økologi og levesett i BAR. Effekt antagelig knyttet til effekt på hovedbyttet zooplankton. |
| Finnhval | Ukjent | Ukjent | Ukjent | **N:** Stabil bestand. **A:** Effekt av klimaendring nær knyttet til effekt på næringsemnene krill, lodde og sild. |
| Knølhval | Ukjent | Ukjent | Ukjent | **N:** Stabil bestand. **A:** Effekt av klimaendring nær knyttet til effekt på byttedyrene pelagisk stimfisk og makrozooplankton. |
| Spermhval | Ukjent | Ukjent | Ukjent | **N:** Disse artene unngår isdekte områder, og forekommer i store deler av verden med varierende sjøtemperatur. **A:** Påvirkes indirekte gjennom effekter på tilgjengelighet (distribusjon, mengde og tidspunkt for forekomst) av byttedyr. |
| Nise | Ukjent | Ukjent | Ukjent | **N:** Bestandsestimat for BAR 11000 (CV=0.44). minimumsestimat. Sør for polarfronten. **A:** Dramatiske endringer i bestandsantall kan oppdages, men for øvrig begrenset kunnskap om økologi i BAR. |
| Hvithval | Ukjent | Ukjent | Knyttet til iskant, utbredelse vil skifte nordover? | **N/A:** Det finnes noe kunnskap om vandringsmønstre rundt Svalbard og Frans Josef Land, men det eksisterer ingen overvåking av tallrikhet og bestandsparametere. |
| Hvalross | Ukjent | Ukjent | Spesielle krav til iskvalitet, utbredelse vil følge isen tilbaketrekking. | **N/A:** Det finnes noe kunnskap om trekkruter i BAR, men det eksisterer ingen overvåking av tallrikhet og bestandsparametere. Overvåking skal etableres. |
| Grønlandssel | Ukjent | Ukjent | Kasteområder på is, utbredelse forskyves nordover med isen. | **N:** Tallrikhetsestimater i kasteområdene finnes. **A:** Relativt god kunnskap om økologi. |
| Klappmyss | Ukjent | Ukjent | Kasteområder på is, utbredelse forskyves nordover med isen. | **N:** Tallrikhetsestimater i kasteområdene finnes. **A:** Relativt god kunnskap om |
| Isbjørn | Antall forventes å reduseres pga. lavere repro-duksjon og økt dødelighet ved isens tilbake-trekking. I en periode større antall med permanent tilhold til lands på Svalbard. Redusert tilgjengelighet av byttedyr og hiområder vil etter hvert gi bestandsnedgang. | Ukjent | Utbredelse vil følge isens tilbaketrekking nordover. | **N:** Ukjent bestandsstatus. |
| Oter | Ukjent | Ukjent | Ukjent | Generelt lite kunnskap om oter i Nord-Norge. |

Tab. 4.10 Effekter av klimaendringer på truete arter av sjøfugl.

| Konsekvensvariabel | Effekt på | | | Usikkerhet om: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|
| | antall og bestandsindeks | demografi | vandring og utbredelse | |
| Lunde | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | **N:** Bestandsstatus for et fåtall kolonier godt kjent, men dårlig kunnskap om bestandsidentiteter. **A:** Effekter på marine fugler svært dårlig kjent pga. lite forskning og komplekse sammenhenger. |
| Lomvi | Stort sett ukjent. Enkelte sammenhenger påvist for noen kolonier. | Ukjent | Forskyves nordover? | |
| Islom | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | |
| Gulnebblom | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | |
| Toppskarv | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | |
| Nordlig sildemåke | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | |
| Krykkje | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | |
| Stellerand | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | |
| Praktærfugl | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover? | |

Tab. 4.11 Effekter av klimaendringer på sjøpattedyr.

| Konsekvensvariabel | Effekt på | | | Usikkerhet om: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|
| | antall og bestandsindeks | demografi | vandring og utbredelse | |
| Grønlandssel | Ukjent | Ukjent | Kastehuler i isen. Vil følge isens tilbake-trekking. | **N:** Bestandsstørrelse overvåkes av HI, også noe kunnskap om vandringer. **A:** Relativt god og sikker kunnskap om kommersielle arters økologi i Barentshavet. |
| Ringsel | Ukjent, sannsynlig nedgang. | Ukjent | Kastehuler i isen. Vil følge isens tilbake-trekking. | **N:** God generell kunnskap om tetthet og vandringer i enkelte deler av utbredelsesområdet. **A:** ss |
| Vågehval | Ukjent | Ukjent | Ukjent | **A:** Hvalartene vil påvirkes indirekte gjennom effekter på tilgjengelighet (distribusjon, mengde og tidspunkt for forekomst) av byttedyr. Bortsett fra spekkhogger unngår disse artene isdekte områder, og forekommer i store deler av verden med varierende sjøtemperatur. |
| Spermhval | Ukjent | Ukjent | Ukjent | |
| Nise | Ukjent | Ukjent | Ukjent | |
| Spekkhogger | Ukjent | Ukjent | Ukjent | |

Tab. 4.12 Effekter av klimaendringer på sjøfugl.

| Konsekvensvariabel | Effekt på | | | | Usikkerhet om: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|---|
| | antall | Demografi | vandring og utbredelse | Hekkeområder | |
| Lomvi | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover | Forskyves nord-over | **N:** Bestandsstatus for et fåtall kolonier godt kjent, men dårlig kunnskap om bestandsidentiteter. **A:** Effekter på marine fugler svært dårlig kjent pga. lite forskning og komplekse sam-menhenger. |
| Polarlomvi | Ukjent | Ukjent | Forskyves nordover | Forskyves nord-over | |
| Ærfugl | Ukjent | Ukjent | Ukjent | Ukjent | |

Tab. 4.13 Effekter av klimaendringer på bunnsamfunn.

| Konsekvens-variabel | Effekt på | | | Usikkerhet om: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|
| | utbredelse | artssammensetning og diversitet | produksjon og biomasse | |
| Bunnsamfunn | - sørlig grense for kaldtvanns-arter flyttes nordover<br>- mer sørlige arter kan forekomme lenger nord<br>- pelagisk larvestadium hos flertallet av boreale bentiske arter gir relativ rask spredning ved oppvarming | - færre kaldtvanns-arter, bl.a. noen muslinger og krepsdyr<br>- flerbørstemark, blå-skjell og noen andre grupper øker i antall<br>- artsdiversiteten minker ved munningen av elver og brefronter der-som avrenning øker<br>- benthossamfunn utsatt for isskuring vil endres ved økt kalving fra isbreer | - vanskelig å forutsi: særlig sammenheng med grad av match/mismatch med plante- og dyreplankton produksjonen og sjøtemperatur<br>- økt enzym-aktivitet i mikrobielle prosesser, men usikkert omfang | **N:** Manglende kunnskap om utbredelse, populasjonsstørrelse, økologi og grunn-leggende biologi for mange benthos-organismer: vanskelig å identifisere effekter av eventuelle klima-endringer. |

Tab. 4.14 Effekter av klimaendringer på plankton.

| Konsekvens-variabel | Effekt på | | | Usikkerhet om: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|
| | **utbredelse** | **artssammen-setning og diversitet** | **produksjon og biomasse** | |
| Planteplankton | - Sørlig grense for kaldtvannsart er flyttes nordover<br>- Mer sørlige arter kan forekomme lenger nord | - Effekt avhengig av omrøringsdyp - ulike artsgrupper favoriseres: øverste 40 m kiselalger, ned til 60-80 m *Phaeocystis pouchetii* og under 80 m små nanoflagellater<br>- Økt lagdeling slår negativt ut for kiselalger, men kombinert med økt temperatur favori-seres kalkalgen *Emiliania huxleyi* | - Økt produksjon i områder som i dag er dekket av is<br>- Redusert produksjon i områder som i dag er isfri dersom økt sky-dekke<br>- I enkelte områder: økt brutto, men redusert netto autotrof produk-sjon (økt hetero-trof aktivitet)<br>- Muligens mer fosfatkontrollert produksjon i enkelte områder | **N:** Mangelfull kunnskap om samspillet mellom faktorer med betydning for økosystemenes produksjonspotensiale under ulike klimaregimer: kvantitativ effekt blir vanskelig å forutsi.<br>**A: a.** Total prod-uksjon: vanskelig å skille mellom endrete lokale forhold og endret transport inn i Barentshavet.<br>**b.** Modeller tar sjelden hensyn til alle para-metrene (fysiske og biologiske) som påvirker produksjonen.<br>**c.** Modellenes oppløsning er ofte for grov til f.eks. å fange opp fronter og virvler (stor betydning for produksjonen).<br>**d.** Anslag av hvilken betydning redusert ozon vil få på ulike trofiske nivå: basert på mange antagelser. |
| Dyreplankton | - Sørlig grense for kaldtvannsart er flyttes nordover<br>- Mer sørlige arter kan forekomme lenger nord | Fleksible arktiske arter vil muligens favoriseres (f.eks. hoppekrepsen is-havsåte) | - Vanskelig å forutsi: særlig sammenheng med grad av match/mismatch med planteplankton + sjøtemperatur<br>- Mer dyreplankton transporteres inn i Barentshavet | |
| Fiskeegg og larver | Lokalisering av gyteområder, samt tidspunkt for gyting endres | Se i tabellen under variabelen fisk | - Vanskelig å forutsi: særlig sammenheng med vindstyrt adveksjon av larver + match/mismatch mellom dyreplankton- og larveproduksjon<br>- Økt veksthastighet hos larver (sårbart stadium kortere) | **A: a.** Modellbruk: feil resultater (bl.a. transporthastigheten) ved grov oppløsning.<br>**b.** Klimaendringer har betydelige direkte og indirekte konsekvenser (positive og negative) - total effekt vanskelig å forutsi. Faktorer som spiller inn er bl.a. transport, vekst, beiting og predasjon. |

Tab. 4.15 Effekter av klimaendringer på strandsonen.

| Konsekvensvariabel | Effekt | Usikkerhet om:<br>N: nåsituasjonen<br>A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|
| Strandsonen | - Økning i temperatur (land og hav); kan forskyve nordlig/østlig utbredelsesgrenser (alle typer samfunn)<br>- Svekking eller endring i fremherskende strømmer; kan redusere spredning av egg og larver til Bjørnøya og Svalbard<br>- Heving av havnivå; vil endre dagens vertikalsonering<br>- Økning i vind og intensitet av stormer; kan føre til substraterosjon og endringer i den horisontale gradient for nøkkelarter og samfunn | **N:** God kunnskap med liten usikkerhet.<br>**A:** Liten usikkerhet omkring konsekvensene av økt temperatur, svekking av havstrømmer, heving av havnivå og økt eksponering fra vind og bølger. |

Tab. 4.16 Effekter av klimaendringer på iskanten.

| Konsekvens-variabel | Effekt på | | | Usikkerhet om:<br>N: nåsituasjonen<br>A: effekter av aktiviteter og prosesser |
|---|---|---|---|---|
| | utbredelse | artssammen-setning og diversitet | produksjon og biomasse | |
| Iskant | - sørlig grense for isut-bredelse trekkes nordover<br>- kun ettårsis - det lille som i dag er flerårsis forsvinner<br>- sjøis kan i verste fall forsvinne helt fra Barentshavet | - arter med hele eller deler av sin livssyklus knyttet til isen vil forsvinne fra områder hvor isen forsvinner<br>- ettårsis må koloniseres hvert år - flerårssamfunn i isen forsvinner<br>- tynnere sjøis og økt ferskvannstilførsel endrer isens morfologi. Påvirker bl.a. artssammensetningen på undersiden<br>- på sikt vil redusert isdekke og høy temperatur muligens favorisere små arter med mindre energi per individ (f.eks. rauåte)<br>- nye sørlige arter vil komme til der isen forsvinner | - produksjonen av isflora og isfauna reduseres/forsvinner<br>- planteplanktonproduksjon knyttet til iskanten reduseres/forsvinner<br>- dersom noe is: nordlige deler av Barentshavet vil muligens få økt total produksjon (lengre vekstsesong enn i dag)<br>- fravær av is: sannsynlig at beitende dyr utnytter mer av primærproduksjon og mindre når benthos-samfunnene | **A: a.** Særlig tempo og hvordan isforholdene vil endre seg (alder, struktur, dekningsgrad osv) er usikkert .<br>**b.** Usikkert hvordan andre klimatiske faktorer vil hemme/øke produk-sjonen i områder som i dag har is i deler av/hele året.<br>**c.** Lokale forhold slår ut forskjellig i ulike områder.<br>**d.** Arter har ulik evne til å tilpasse seg endrete forhold. Totale effekt for økosystemet (produksjon + diversitet) er derfor vanskelig å forutsi. |