Me sigler ikkje same havet

Me sigler ikkje same havet,
endå det ser so ut.
Grovt timber og jarn på dekk,
sand og sement i romet,
djupt ligg eg, seint sig eg,
stampar i broddsjø,
uler i skodde.
Du sigler i ein papirbåt,
og draumen ber det blå seglet,
so linn er vinden, so var er bylgja.

Olav H. Hauge

Forord

Dette dokumentet er høringsversjonen av utredningen om konsekvenser av ytre påvirkning for norsk del av Barentshavet, en av fire utredninger i prosessen mot en helhetlig forvaltningsplan for Barentshavet.

Ansvarlig utførende for utredningen har vært Norsk Polarinstitutt, hvor hovedredaktør har vært rådgiver Dag Vongraven. Utredningen er laget av en prosjektgruppe med representanter fra SFT (Erik Evjen Syvertsen), Statens Strålevern (Anne Brekken og Ingar Amundsen), Direktoratet for naturforvaltning (Morten Ekker, Anne Langaas og Eva Degre) og Norsk Polarinstitutt (Bjørn Fossli Johansen, Gunnar Sander, Cecilie von Quillfeldt og Dag Vongraven). Bjørn Fossli Johansen har vært leder av prosjektgruppen. Havforskningsinstituttet v/ Erik Olsen og Lars Føyn har vært invitert til å delta i arbeidet. Miljøverndepartementet v/ Lene Lyngby har vært observatør i prosjektgruppen.

Prosjektgruppens medlemmer er hovedansvarlige for ulike deler av teksten. Øvrige bidragsytere er Per Arneberg (NP) og Ingrid Bysveen Mjølnerød (DN), som har skrevet kap. 7 om introduserte arter.

Siste del av kap. 4 om effekter av klimautvikling, med hovedtyngde på perioden etter 2020, vil ikke kunne bli offentliggjort og sendt på høring før grunnlagsarbeidet i Arctic Climate Impact Assessment offentliggjøres i løpet av sommer/høst 2004.

Store deler av rapporten, spesielt kap. 4, 5 og 6, er skrevet med utgangspunkt i bestilte grunnlagsrapporter. Disse er lagt ut på nettet i sin helhet og kan lastes ned via referanser i starten av litteraturhenvisningene (se kap. 10).

Det oppfordres til å lese utredningen på skjerm på en datamaskin tilkoplet internett. På denne måten spares papir og leseren får rask og effektiv tilgang til intern informasjon som f.eks. sluttnoter og litteraturhenvisninger, samt til ekstern informasjon som rapporter, referanser og nettsider gjennom hyperlenker i dokumentet. Understrekninger av ord og setninger, som også har annen farge, betyr at det eksisterer en hyperlenke hvor man kan finne ekstra informasjon.

Offentlig informasjon, inkl. de fleste stortingsmeldinger av nyere dato, fra alle departementer kan leses og/eller lastes ned fra http://odin.dep.no. Stortingsinnstillinger, dvs. behandlinger av stortingsmeldinger, kan leses og/eller lastes ned fra Stortingets informasjonstjener på http://www.stortinget.no.

Det oppmuntres også til å følge med på Norsk Polarinstitutts temasider (kan nås via http://npweb.npolar.no) om forvaltningsplan for Barentshavet, for evt. informasjon som vil være relevant for prosessen. Her finnes også lenker til all relevant tilleggsinformasjon.

Ofte brukte forkortelser

ACIA = Arctic Climate Impact Assessment
AMAP = Arctic Monitoring and Assessment Programme
BCM = Bergen Climate Model
DDT = diklordifenyltrikloretan
DN = Direktoratet for naturforvaltning
FID = Fiskeridepartementet
HCH = heksaklorocykloheksan
HELCOM = Baltic Marine Environment Protection Commission (Helsinki Commission)
HI = Havforskningsinstituttet
IMO = International Maritime Organization
IPCC = International Panel of Climate Change
KFK = klorfluorokarboner (klimagass)
LNG = Liquid Natural Gas
MD = Miljøverndepartementet
MOSJ = Miljøovervåkingssystem for Svalbard og Jan Mayen
NAO = North Atlantic Oscillation
NGL = Natural Gas Liquides
NP = Norsk Polarinstutt
NRPA = Statens Strålevern ("Norwegian Radiation Protection Authority")
OED = Olje- og energidepartementet
OSPAR = Oslo-Paris konvensjonen (The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic)
PAH = polysykliske aromatiske hydrokarboner
PBDE = polybrominerte difenyletere
PCB = polyklorerte bifenyler
PCN = polyklorerte naftalener
PFOS = perfluorooktanylsulfonater
POP = persistent organic pollutants
SFT = Statens Forurensningstilsyn
SST = Sea Surface Temperature
TBT = tributyltinn
UF = Utredning av påvirkning fra fiskeri i Lofoten-Barentshavet
ULB = Utredning av konsekvenser av helårlig petroleumsaktivitet i Lo-Bar
US = Utredning av konsekvenser av skipstrafikk i Lo-Bar
UV = Ultrafiolett stråling
UY = Utredning om konsekvenser av ytre påvirkning i Lo-Bar (denne utredningen

Innhold

FORORD **3**

OFTE BRUKTE FORKORTELSER **4**

INNHOLD **5**

SAMMENDRAG **9**

1 INNLEDNING **13**

1.1 NÆRMERE OM HELHETLIG FORVALTNINGSPLAN FOR BARENTSHAVET 13
1.2 FORMÅL MED OG FORUTSETNINGER FOR UTREDNINGSARBEIDET 14
1.3 GEOGRAFISK AVGRENSNING AV UTREDNINGENE 15
1.4 AVGRENSNING MOT ANDRE SEKTORUTREDNINGER 16
1.5 ORGANISERING OG TIDSPLAN FOR UTREDNINGSARBEIDET 17
1.6 OPPFØLGING AV RESULTATENE FRA UTREDNINGEN 18

2 METODER **19**

2.1 SCENARIER 19
2.1.1 Tidshorisont *19*
2.1.2 Innretning på scenariene for ulike temaer *19*
2.2 KONSEKVENSER AV AKTIVITETENE 20
2.3 HÅNDTERING AV USIKKERHET 22
2.3.1 Hvorfor usikkerhet er viktig i konsekvensutredninger *22*
2.3.2 Håndtering av usikkerhet i denne utredningen *23*

3 KORT BESKRIVELSE AV OMRÅDET **24**

3.1 FYSISKE FORHOLD 24
3.2 ØKOLOGISKE SÆRTREKK MED BETYDNING FOR EFFEKTER AV PÅVIRKNING 25
2.2 PRODUKSJON 25
3.4 BANKER 26
3.5 POLARFRONTEN 26
3.6 ISKANTEN 26
3.7 DE ENKELTE ARTER OG SAMFUNN 26
3.7.1 Bunnsamfunn *26*
2.6.1 Strandsonen *27*
2.6.1 Fisk *27*
2.6.1 Sjøfugl *29*
2.6.1 Sjøpattedyr *30*

4 KLIMA **33**

4.1 INNLEDNING 33
4.2 HOVEDELEMENTER I DET ARKTISKE KLIMA 33
4.3 KLIMASCENARIER: BCM OG ACIA 34
4.3.1 BCM *34*
4.3.2 ACIA *34*
4.4 KLIMA I BARENTSHAVET - NATURLIG VARIASJON 35
4.4.1 Overflatetemperatur (SST) *35*
4.4.2 Isutbredelse og -tykkelse *36*
4.4.3 Volum- og varmetransport *37*
4.4.4 Overflatestrøm *39*
4.5 KLIMA I BARENTSHAVET - FORVENTET UTVIKLING 42
4.5.1 Overflatetemperatur (SST) *42*
4.5.2 Lufttemperatur *43*
4.5.3 Isutbredelse *44*
4.5.4 Volum- og varmetransport *45*
4.5.5 Vind, middelstyrke og ekstremvær *46*
4.5.6 Overflatestrøm *47*

4.6 ANDRE KLIMARELATERTE FAKTORER 47
4.6.1 Dypvannsdannelse 47
4.6.2 Polarfronten 48
4.6.3 Solinnstråling (skydekke) 49
4.6.4 Havnivå 49
4.6.5 UV-stråling 49
4.7 OPPSUMMERING KLIMAUTVIKLING 50
4.8 EFFEKTER AV KLIMAENDRINGER 50
4.8.1 Effekter på marint plankton 51
4.8.2 Effekter på benthos 56
4.8.3 Effekter på fisk 57
4.8.4 Effekter på sjøfugl 59
4.8.5 Effekter på sjøpattedyr 61
4.8.6 Effekter på felles konsekvensvariable 63
4.9 KUNNSKAPSHULL 69
4.9.1 Fisk 69
4.9.2 Bunnsamfunn 69
4.9.3 Plankton (plante- og dyreplankton, egg og larver) 69
4.9.4 Iskant 70
4.9.5 Sjøfugl 70
4.9.6 Sjøpattedyr 71

5 FORURENSNING FRA KILDER UTENFOR NORSK DEL AV BARENTSHAVET 72

5.1 INNLEDNING 72
5.2 TILFØRSELSVEIER 72
5.2.1 Atmosfæren 73
5.2.2 Elver og avrenning fra land 74
5.2.3 Istransport 74
5.2.4 Havstrømmer 75
5.2.5 Klimaendringer 75
5.3 DE VIKTIGSTE STOFFENE (KILDER, MENGDER, TRENDER, GENERELLE EFFEKTER) 76
5.3.1 Persistente organiske forbindelser (POPer) 78
5.3.2 Tungmetaller 81
5.3.3 Hydrokarboner 82
5.3.4 Alkylfenoler 83
5.3.5 Radioaktive stoffer 85
5.4 OPPSUMMERING AV EKSISTERENDE KUNNSKAP 86
5.5 SCENARIER 87
5.5.1 Organiske miljøgifter og tungmetaller 87
5.5.2 Radioaktive stoffer 91
5.6 KONSEKVENSER FOR ARTER OG ØKOSYSTEMER 94
5.7 KUNNSKAPSHULL 97
5.8 KONKLUSJONER 98

6 PETROLEUMSAKTIVITET UTENFOR UTREDNINGSOMRÅDET 99

6.1 PETROLEUMSVIRKSOMHET I NORDSJØEN OG NORSKEHAVET 99
6.1.1 Status for utslipp 101
6.1.2 Tilførsler til utredningsområdet 102
6.1.3 Forventet utvikling 103
6.2 RUSSISK PETROLEUMSVIRKSOMHET 104
6.2.1 Status og utviklingstrekk 104
6.2.2 Tilførsler til utredningsområdet 107
6.3 ANTATT UTVIKLING 108
6.3.1 Norsk petroleumsvirksomhet 108
6.3.2 Russisk petroleumsvirksomhet 110
6.4 KONSEKVENSER FOR ARTER OG ØKOSYSTEMER 117
6.4.1 Vurdering av felles konsekvensvariable og særlig verdifulle ressurser 117
6.4.2 Sammenstilling av konsekvensvurderinger 125
6.5 KUNNSKAPSHULL 126
6.6 KONKLUSJONER 126

7 INTRODUSERTE ARTER 128

7.1 AVGRENSING MOT ANDRE SEKTORUTREDNINGER 128
7.2 BAKGRUNN OG PROBLEMSTILLINGER 128
7.3 TRANSPORTVEIER 129
7.3.1 Skipstrafikk 129
7.3.2 Akvakultur 131
7.3.3 Andre innføringsmåter 131
7.3.4 Sammenfatning om transportveier 132
7.4 VIKTIGE ARTER OG GRUPPER 132
7.4.1 Arter som har effekt i dag 132
7.4.2 Nye arter 134
7.4.3 Sammenfatning av arter og grupper 135
7.5 TOTALE EFFEKTER 135
7.6 KUNNSKAPSHULL 137

8 PÅVIRKNING PÅ TREKKENDE ARTER 138

7.0 INNLEDNING 138
8.2 TREKK OG TREKKVEIER 138
8.3 PÅVIRKNINGSFAKTORER 140
8.3.1 Olje 141
8.3.2 Miljøgifter 141
8.3.3 Jakt/fangst 141
8.3.4 Fiskerikonflikter 142
8.4 ARTSOMTALER 143
8.5 KUNNSKAPSHULL 145
8.6 KUNNSKAPSOVERSIKT OG FORVALTNINGSVERKTØY 145
8.7 KONKLUSJON 146

9 OPPSUMMERING 147

9.1 HOVEDPÅVIRKNINGER 148
9.1.1 Klimaendringer 148
9.1.2 Forurensning fra kilder utenfor utredningsområdet 148
9.1.3 Introduserte arter 149
9.2 KONSEKVENSER FOR PLANKTON 149
9.3 KONSEKVENSER FOR BENTHOS 149
9.4 KONSEKVENSER FOR FISK 149
9.5 KONSEKVENSER FOR SJØFUGL OG SJØPATTEDYR 150
9.6 KONSEKVENSER FOR STRANDSONEN 151
9.7 KONSEKVENSER FOR ISKANTEN 151
9.8 OPPSUMMERINGSTABELLER 152
9.9 PRIORITERTE KUNNSKAPS- OG OVERÅKINGSBEHOV 154
9.9.1 Klima 154
9.9.2 Forurensning 155
9.9.3 Olje 155
9.9.4 Introduserte arter 156
9.10 KONKLUSJONER 156
9.10.1 Hva slags Barentshav får vi i 2020? 156
9.10.2 Perspektiver etter 2020 156
9.10.3 Videre arbeid 157

10 LITTERATUR 158

10.1 Grunnlagsrapporter 158
10.2 Ikke direkte henvist litteratur 158

SAMMENDRAG

Denne utredningen er en av fire utredninger som skal danne grunnlaget for en helhetlig forvaltningsplan for Barentshavet. Utredningen skal gjennomgå de faktorer som påvirker utredingsområdet Lofoten-Barentshavet utenfra. Disse faktorene er klimaendringer, langtransportert forurensning, russisk og øvrig norsk petroleumsvirksomhet og introduserte arter.

Klima
Det forventes ikke store endringer i noen av de sentrale klimaparametrene i perioden før 2020. Årsmidlet lufttemperatur forventes å øke med ca. 1 °C i hele Arktis, mens det ikke finnes regionale resultater for utredningsområdet.

I et lengre perspektiv vil iskanten trekke seg nord- og østover, og hele Arktis vil muligens være isfritt om sommeren i 2080. Iskanten vil likevel kunne strekke seg ned mot Spitsbergen vinterstid. Overflatetemperatur vil øke med 1-1.5 °C i hele utredningsområdet. Midlere vindstyrke vil øke med 10-20% i løpet av de neste år. Frekvensen av ekstremvær vil endres. Antall vinterstormer kan gå ned, men intensiteten av stormene vil øke. Det er en viss sannsynlighet for at Islandslavtrykket vil bevege seg nordøstover, hvilket vil kunne bety at mer atlantisk vann blir ført inn i Barentshavet. Polarfronten vil kunne få en varig plassering lenger øst i Barentshavet.

Forurensning
Området Lofoten-Barentshavet er et av de minst forurensede havområdene i verden. Utredningsområdet påvirkes lite av forurensning fra nærområdene, og langtransporterte miljøgifter fra store deler av verden er den viktigste forurensningsfaktoren. Forurensningene påvirker i liten grad organismene direkte, men får effekter på de høyeste leddene i næringskjedene når de akkumuleres.

Kvikksølv og kadmium finnes i så høye nivåer i enkelte arter av sjøfugl og sjøpattedyr at de forventes gir skade på nervesystemer, hormonbalanse og immunsystemer hos toppredatorer som polarmåke og isbjørn. Problemene er mindre i utredningsområdet enn i andre deler av Arktis, men særlig for kvikksølv kan påvirkningen forventes å øke. Tilførslene av "gamle" tungmetaller, som bly, synker som følge av internasjonal regulering, blant annet utfasing av blybensin. "Nye" metaller, som platina, rhodium og palladium, øker raskt som følge av utslipp fra katalysatorer på biler. Hvilke effekter disse metallene kan ha er ikke kjent.

Persistente organiske forbindelser, som PCB, dioksinliknende forbindelser og DDT, har påviste effekter på toppredatorer på samme måte som tungmetaller. For disse stoffene er effektene så store st de forventes å påvirke hele bestander. Dette gjelder særlig polarmåke på Bjørnøya og isbjørn på Svalbard. Til tross for internasjonale tiltak for å redusere bruk og utslipp av, registreres det fortsatt tilførsler til Arktis av for eksempel DDT. I tillegg påvirker lagre av disse miljøgiftene i jord og sedimenter fortsatt miljøet når de frigjøres. Det forventes at tilførslene av "nye" POP, som bromerte flammehemmere, vil stige, og det er påvist økende nivåer av den ekstremt persistente forbindelsen PFOS i arktiske dyr.

Radioaktive stoffer tilført fra menneskelig aktivitet finnes i dag ikke i så høye konsentrasjoner i området at de med dagens kunnskap forventes å ha skadelig effekt på miljøet. Utslipp i forbindelse med ulykker kan potensielt gi betydelig økte tilførsler av radioaktive stoffer til utredningsområdet. Dagens kunnskap om mulige effekter av lave stråledoser i miljøet er imidlertid svært begrenset, og det er derfor vanskelig å anslå mulige konsekvenser av slik forurensning. Det pågår nå arbeid internasjonalt for å bedre kunnskapsgrunnlaget på dette feltet.

Petroleumsvirksomhet

Det er ikke forventet effekter av driftsutslipp fra petroleumsvirksomheten utenfor utredningsområdet, selv om det er et potensial for at utslipp i Nordsjøen og Norskehavet kan transporteres inn med havstrømmene. Utslipp fra russisk virksomhet vil i hovedsak transporteres bort fra vårt område.

De største effektene av petroleumsvirksomhet vil være et akuttutslipp syd for området, for eksempel fra Norne, som kan få betydelige effekter på fisk, sjøfugl og strandområder i Lofoten. Sannsynligheten for et slikt utslipp er imidlertid liten. Utslipp i russisk sektor vil først og fremst kunne påvirke iskanten og bestander som vandrer mellom russiske og norske områder. Foreløpig er russiske offshore petroleumsvirksomhet på et så lavt nivå at sannsynligheten for et offshorerelatert utslipp er liten. Den største faren for akuttutslipp som kan påvirke utredningsområdet utgjøres av en økende tankfart med råolje og petroleumsprodukter. Bare en eventuell tankskipsulykke umiddelbart syd for utredningsområdet, vil kunne få effekter på området ved Lofoten. En slik ulykke vil kunne få effekter på viktige fiskebestander, sjøfugl og strandområder, og et massivt oljeutslipp vil kunne true allerede sårbare arter og bestander, som lunde. Et akuttutslipp øst for området vil bare under ugunstige forhold kunne treffe norske områder, siden strømsystemene er slik at olje vil føres bort fra våre områder. Det er imidlertid et potensial for at olje kan fryse inn i isen og senere transporteres inn i den nordligste delen av utredningsområdet. Dette kan få lokale effekter når oljen smelter ut. Utredning om konsekvenser av skipstrafikk gir detaljer om konsekvenser av hhv. petroleumsvirksomhet og petroleumsrelatert skipstrafikk.

Introduserte arter

Introduksjoner av fremmede organismer regnes i dag som en av de alvorligste truslene mot det biologiske mangfoldet i marine systemer. De viktigste transportveiene for fremmede arter inn i utredningsområdet har så langt vært skipsfart og akvakultur. Det er vanskelig å anslå hvilke innføringsveier som vil representere den største risikoen fram mot 2020, men det ser ut til å være en spesiell risiko forbundet med en eventuell økt bruk av Nordøstpassasjen kombinert med manglende rensing av ballastvann, fordi dette kan føre til innførsel av en rekke godt tilpassede arter fra det artsrike Stillehavet. Rutiner for rensing av ballastvann kan bli implementert, men ikke før mellom 2009 og 2016. Selv med renseteknologi innført, vil det fortsatt være risiko for spredning gjennom ballastvann. Av fremmede arter som allerede er etablert i utredningsområdet, ser kongekrabben ut til å kunne få betydelige effekter. I et verst tenkelig scenario kan en se for seg effekter på bunnlevende arter, lodde og torsk, og at disse spres videre i næringsnettet og totalt gir betydelige og uforutsigbare konsekvenser. Det har imidlertid ikke vært utført direkte studier av økologiske effekter av kongekrabben i våre farvann, og det er derfor ikke mulig å gi mål for hvor sannsynlig det vil være at krabben får negative konsekvenser i utredningsområdet. Det er vanskelig å anslå hvilke total effekter innførte arter vil ha i utredningsområdet i 2020, men hvis det

verst tenkelige scenariet av kongekrabbens effekter slår til, vil de kunne bli betydelig. Det er grunn til å tro at sannsynligheten for betydelige påvirkning vil øke med økt bruk av Nordøstpassasjen uten at rutiner for rensing av ballastvann er på plass.

Trekkende arter
Med få unntak trekker hele eller deler av fuglebestandene i Barentshavet ut av utredningsområdet vinterstid. Noen få, bl.a. stellerand og russiske bestander av alkefugl, trekker inn i området i vinterhalvåret. For en del arter er det snakk om kortere forflytninger langs norskekysten til Midt- og Sør-Norge, mens andre foretar langdistansetrekk som utsetter dem for påvirkning underveis på trekkveien og i overvintringsområder langt unna norsk territorium.

Disse artene har i utgangspunktet til dels svært ulik status innenfor utredningsområdet (mht. truethet, sårbarhet, ansvar, økologisk rolle etc.), og den påvirkning de utsettes for utenfor planområdet vil i varierende grad påvikre status. Ut fra dagens kunnskap er det grunn til å tro at mange av de samme sentrale påvirkningsfaktorene som gjelder innenfor utredningsområdet også gjelder utenfor (bla. sider ved fiskeriene, oljesøl, forurensning, klima etc.), i tillegg faktorer som kan knyttes til lokale forhold langs trekkveiene (bla. habitatødeleggelse). Kunnskapsgrunnlaget er fragmentert og mangelfullt, og må oppgraderes for å gi disse bestandene nødvendig beskyttelse i tråd med gjeldene miljømålsettinger.

Konklusjoner
Konsekvenser av ytre påvirkning i 2020 vil ikke ha endret seg vesentlig i forhold til dagens situasjon. Russisk offshore petroleumsvirksomhet vil ha et begrenset omfang. Påvirkning fra øvrig norsk petroleumsaktivitet vil være mindre enn i dag gitt at nullutslippsarbeidet har suksess. Den totale belastningen av "nye" og "gamle" miljøgifter vil fortsatt være av en slik karakter at arktiske toppredatorer vil ha de samme problemer som beskrevet i dag. Flere effekter av kronisk eksponering må forventes å ha kommet til uttrykk. Et sannsynlig "worst case"-scenario vil være et tankskipshavari, men andre slike scenarier som radioaktive utslipp og etablering av kongekrabben i Barentshavet er også beskrevet.

En konklusjon av utredningen er at en analysehorisont fram til 2020 er for kort til å få fram de store endringer fra i dag. Etter 2020 vil den viktigste påvirkningsfaktoren være klimaendringer. Innen 2080 kan havet være isfritt om sommeren i polbassenget, med dramatiske konsekvenser for det arktiske miljøet. Reduksjoner i isdekket vil også medføre økt skipstrafikk langs denne sjøveien, med bl.a. langt høyere risiko for etableringer av uønskede introduserte arter fra Stillehavet.

1 INNLEDNING

I det politiske grunnlaget for regjeringen, Sem-erklæringen, sies følgende:
"Miljøet er særlig sårbart langs kysten av Nord-Norge og i Barentshavet. Samarbeidsregjeringen vil foreta en helhetlig gjennomgang av forvaltningen av havmiljøet gjennom en egen stortingsmelding. Målsettingen er å etablere rammebetingelser som gjør det mulig å balansere næringsinteressene knyttet til fiskeri, havbruk og petroleumsvirksomhet innenfor rammen av en bærekraftig utvikling. Det er særlig viktig å foreta en vurdering og interesseavveining for områder hvor petroleumsaktivitet kan kollidere med viktige miljøinteresser. Dette gjelder bl.a. Barentshavet. Samarbeidsregjeringen vil:

- foreta en konsekvensutredning av helårig petroleumsvirksomhet i de nordlige havområder fra Lofoten og nordover. Inntil en slik plan er på plass, åpnes ikke Barentshavet ytterligere for petroleumsvirksomhet.
- legge opp til en helhetlig forvaltningsplan for Barentshavet, der hensynet til miljø, fiskerier, petroleumsvirksomhet og sjøtransport vurderes samlet."

Regjeringens opplegg for en helhetlig forvaltning av havmiljøet ble lagt fram i St.meld. nr 12 (2001-2002) "Rent og rikt hav" (Havmiljømeldingen), som ble behandlet av Stortinget i 2003 - se Innst.S.nr. 161 (2002-2003).

Et viktig grunnlag for forvaltningsplanen for Barentshavet er å utrede konsekvensene av alle aktiviteter som påvirker Barentshavet. Foreliggende utredning er en analyse av konsekvensene på miljøet og ressursene i området Lofoten - Barentshavet av aktiviteter som pågår utenfor den norske delen av Barentshavet. Dette omtales som "ytre påvirkning" og omfatter bl.a. klimaendringer og forurensninger fra andre land og havområder.

1.1 Nærmere om helhetlig forvaltningsplan for Barentshavet

De marine økosystemene påvirkes av aktiviteter innen bl.a. petroleumsvirksomhet, fiskeri og skipstrafikk, i tillegg til landbaserte aktiviteter og aktiviteter i andre deler av verden. For å sikre miljøkvaliteten og ressursgrunnlaget, og også for å muliggjøre sameksistens mellom ulike næringer, er det viktig å se forvaltningen av ulike sektorer i sammenheng. Helhetlige forvaltningsplaner skal utvikles som et verktøy i en mer helhetlig og økosystembasert forvaltning av våre havområder, jf. St. meld. nr. 12 (2001-2002). Formålet med forvaltningsplanen for Barentshavet er å etablere rammebetingelser som gjør det mulig å balansere næringsinteressene knyttet til fiskeri, skipstrafikk og petroleumsvirksomhet innenfor rammen av en bærekraftig utvikling. Forvaltningsplanen vil etablere rammer for påvirkning i de enkelte deler av Barentshavet og på den måten gi føringer for hvilke krav som må stilles til virksomhet i de ulike delene av havområdet. Gjennomføringen av aktuelle tiltak og virkemidler vil foretas av de ansvarlige departementer gjennom ordinære beslutningsprosesser.

Miljøverndepartementet har det overordnete ansvaret for utarbeidingen av den helhetlige forvaltningsplanen for Barentshavet. Det er opprettet en styringsgruppe, ledet av Miljøverndepartementet, med representanter fra Fiskeridepartementet, Olje- og energidepartementet og Utenriksdepartementet, som skal koordinere arbeidet med forvaltningsplanen og de underliggende utredninger.

Den konkrete utarbeidelsen av forvaltningsplanen kan først starte når alle de underliggende utredningene er på plass. Dette innebærer at hovedtyngden av arbeidet vil bli gjennomført i 2004 og 2005.

1.2 Formål med og forutsetninger for utredningsarbeidet

Forvaltningsplanen må baseres på kunnskap om konsekvenser av aktiviteter som kan påvirke miljøtilstanden, ressursgrunnlaget og/eller mulighetene for å utøve annen næringsaktivitet i havområdet. Først og fremst gjelder dette mulige effekter av petroleumsvirksomhet, fiskeri, havbruk og skipstrafikk i havområdet, i tillegg til aktiviteter som pågår utenfor den norske delen av havområdet. Grunnlaget for forvaltningsplanen vil derfor utarbeides i fire parallelle utredninger (figur 1.1):

1. Utredning av konsekvenser av helårig petroleumsvirksomhet i området Lofoten-Barentshavet (ULB)[1]. Ansvarlig: Olje- og energidepartementet (OED).
2. Utredning av konsekvenser av fiskeri i området Lofoten - Barentshavet (UF)[2]. Ansvarlig: Fiskeridepartementet (FID).
3. Utredning av konsekvenser av skipstrafikk i området Lofoten - Barentshavet (US)[3]. Ansvarlig: FID.
4. Utredning av konsekvenser av ytre påvirkning: Klimaendring, forurensning og annen viktig påvirkning fra kilder utenfor norsk del av Barentshavet (UY – denne utredningen). Ansvarlig: Miljøverndepartementet (MD).

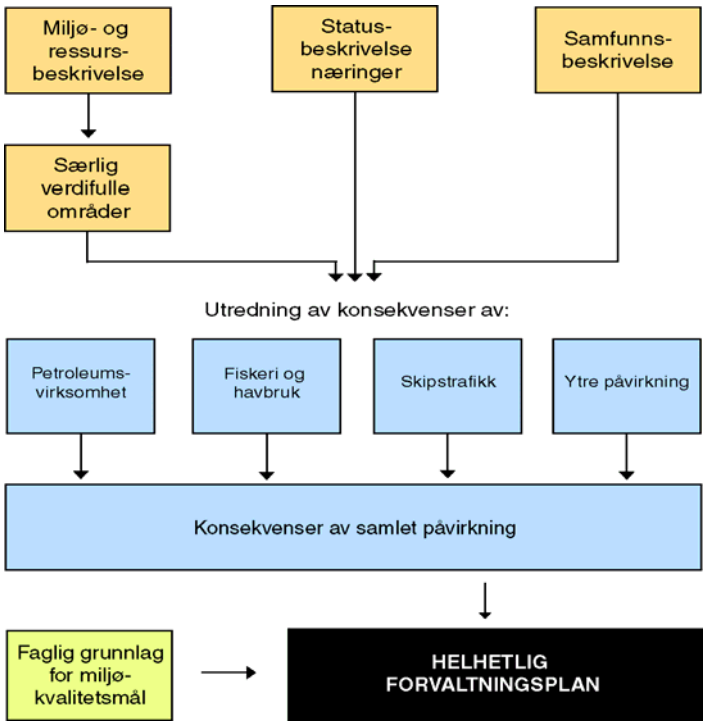


Fig. 1.1 Utredninger som grunnlag for en forvaltningsplan for Barentshavet.

[1] Nettadresse ULB: http://odin.dep.no/oed/norsk/aktuelt/p10002038/p10002039/026031-080002/index-dok000-b-n-a.html
[2] Nettadresse UF: http://www.imr.no/produkter/radgivning/forvaltningsplan_barentshavet
[3] Nettadresse US: http://www.kystverket.no (Se etter videre lenker fra hovedsiden).

På bakgrunn av disse utredningene vil påvirkninger fra ulike aktiviteter bli vurdert i sammenheng og lagt til grunn for utviklingen av den helhetlige forvaltningsplanen for Barentshavet.

For å sikre at de fire utredningene til sammen gir et tilstrekkelig og helhetlig grunnlag for forvaltningsplanen for Barentshavet, legges det vekt på at tilnærmet samme metode og datagrunnlag benyttes i alle utredningene. Havforskningsinstituttet og Norsk Polarinstitutt har derfor, på oppdrag av styringsgruppen for forvaltningsplanen, utarbeidet en beskrivelse av miljøet og marine ressurser i området Lofoten - Barents-havet[4]. Miljø- og ressursbeskrivelsen presenterer relevante eksisterende data om det marine miljø og de marine ressursene i våre nordlige havområder. Det er også laget en egen rapport om miljøet i strandsonen[5]. Disse arbeidene gjør at alle utredningene vil benytte de samme grunnlagsdata om miljø og marine ressurser. Tilsvarende har AGENDA Utredning & Utvikling og NORUT Samfunnsforskning utarbeidet en samfunnsbeskrivelse[6] av regionale utviklingstrekk i bosettingsmønster, befolkning og sysselsetting, samt prognoser for de tre nordligste fylkene. Beskrivelsen vil brukes i de ulike utredningene for å analysere samfunnsmessige konsekvenser av fremtidige aktiviteter. Det er utarbeidet statusbeskrivelser for fiskeri[7], havbruk[8] og skipstrafikk[9].

Sektorutredningene skal vurdere miljøets sårbarhet for påvirkning i ulike deler av havområdet. Som et felles grunnlag for disse vurderingene har Norsk Polarinstitutt og Havforskningsinstituttet identifisert særlig verdifulle naturområder i havområdet[10].

1.3 Geografisk avgrensning av utredningene

Utredningene som skal ligge til grunn for forvaltningsplanen skal avdekke konsekvenser av ulike typer aktiviteter på miljøet og ressursene i norsk del av Barentshavet og området sør til Lofoten (se figur 1.2). De ulike utredningene vil operere med noe ulike aktivitets- og influensområder. Utredningen av ytre påvirkning fokuserer på konsekvenser i området Lofoten - Barentshavet (som avgrenset i figur 1.2) som følger av aktiviteter utenfor dette området. Grensa for det området som analyseres for konsekvenser av ytre påvirkning følger midtlinja mot russisk sone, fiskevernsonen nord og vest for Svalbard og 1 nautisk mil utenfor grunnlinja langs fastlandskysten[11]. I sør omfattes områdene Nordland VI og VII utenfor Lofoten.

Boks 1.1 Aktivitets- og influensområde

I en utredning av konsekvenser av en aktivitet kan følgende geografiske områder defineres:

- Aktivitetsområde - det geografiske området der aktiviteten foregår eller kan tenkes å foregå i fremtiden.
- Influensområde - det geografiske området som kan påvirkes av aktiviteten.
- Utredningsområde - omfatter både områder der aktiviteten pågår og området som kan påvirkes

[4] Grunnlagsrapport nr. 6 - fullstendig nettadresse i kap. 10.1.
[5] Grunnlagsrapport nr. 7 - fullstendig nettadresse i kap. 10.1.
[6] Grunnlagsrapport nr. 1 - fullstendig nettadresse i kap. 10.1.
[7] Fullstendig nettadresse: http://www.fiskeridir.no/sider/notater/pdf/fiskeriaktiviteten.pdf
[8] Fullstendig nettadresse: http://www.fiskeridir.no/sider/notater/pdf/havbruksnaeringen.pdf
[9] Fullstendig nettadresse: http://www.toi.no/attach/a127940r168590/rapport_644_2003.pdf
[10] Grunnlagsrapport nr. 9 – fullstendig nettadresse i kap. 10.1.
[11] EUs vanndirektiv omfatter alle vannforekomster ut til 1 nautisk mil av grunnlinjen.

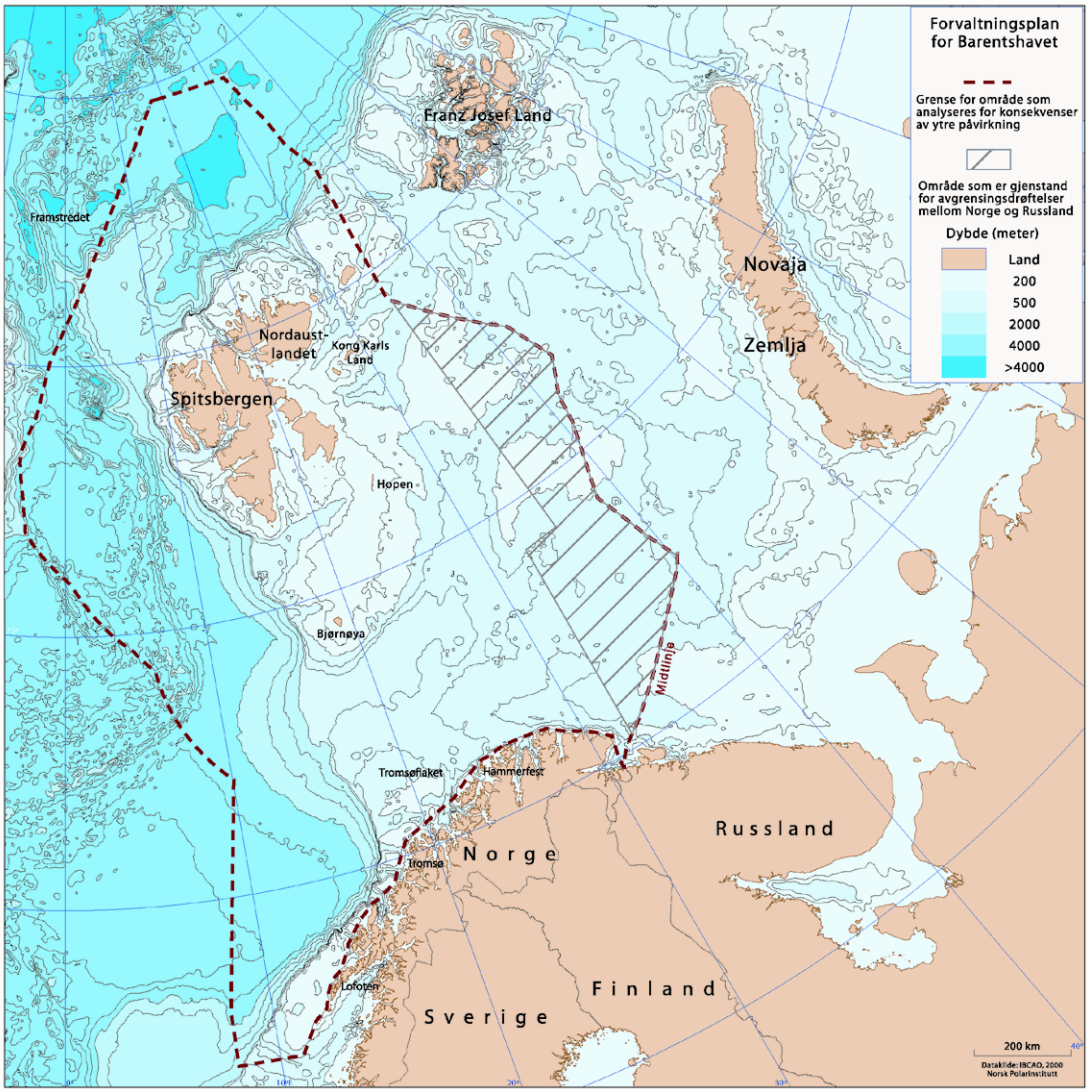


Fig. 1.2 Området som omfattes av utredningene som skal ligge til grunn for forvaltningsplanen for Barentshavet.

1.4 Avgrensning mot andre sektorutredninger

Denne utredningen tar for seg aktiviteter som oppstår utenfor området Lofoten - Barentshavet, men som påvirker dette området. Det gjøres imidlertid noen tilpasninger:

- Alle typer skipstrafikk utredes i utredningen av ***skipstrafikk***. Dette gjelder også skipstrafikk med opprinnelse utenfor norsk del av Barentshavet, f.eks. oljetransporter fra Russland.
- All fiskeriaktivitet både i norsk og russisk sone omtales felles i utredningen av ***fiskeri*** ettersom det er felles forvaltede bestander.
- Akustisk påvirkning fra seismikk utredes i utredningen av **petroleum** og akustisk påvirkning fra skip utredes i utredningen av **skipstrafikk**.
- Introduserte arter skal utredes i alle tre delutredninger. Utredningen av ***petroleumsvirksomhet*** tar for seg problematikken rundt arter introdusert via ballastvann i skip

knyttet til petroleumsvirksomheten. Utredningen av ***fiskeri*** tar for seg de arter det er kommersiell interesser for, i første rekke kongekrabben. Utredningen av ytre påvirkninger tar for seg øvrig spredning av fremmede arter i det marine miljø.
- Utredningen for ***ytre påvirkning*** vil ikke utrede konsekvenser av ytre påvirkning på næringsaktivitet og samfunn.

Arbeidsdelingen gjør at utredningen av ytre påvirkninger tar for seg følgende påvirkningsfaktorer:
- Klimaendringer.
- Forurensninger (organiske miljøgifter, tungmetaller, radioaktive stoffer) fra aktiviteter utenfor norsk del av Barentshavet.
- Petroleumsvirksomhet i Nordsjøen - Norskehavet og russisk petroleumsvirksomhet i Barentshavet.
- Spredning av fremmede arter, jf. første avsnitt.
- Påvirkning på bestander av trekkende arter utenfor utredningsområdet, i den grad dette har betydning for artenes status innenfor området.

Klimaendringer og langtransporterte forurensninger vil kunne påvirke både effektene av aktiviteter som utredes i andre utredninger, og påvirke mulighetene for å utøve slike aktiviteter. Endrede rammebetingelser for næringsvirksomhet som følge av klimaendringer og langtransportert forurensning vil berøres i sektorutredningene ved at det utredes ulike scenarier for fremtidig aktivitet. Mulige samvirkeeffekter av flere typer påvirkning i samme geografiske område vil forsøkes fanget opp i de ulike utredningene, men de samlede konsekvensene av alle påvirkninger vil først kunne vurderes når de fire parallelle utredningene er ferdigstilt.

1.5 Organisering og tidsplan for utredningsarbeidet

Miljøverndepartementet (MD) har hatt ansvaret for at det gjennomføres en utredning av konsekvenser av ytre påvirkninger. Utredningen er utført av en prosjektgruppe bestående av Norsk Polarinstitutt (NP), Direktoratet for naturforvaltning (DN), Statens forurensningstilsyn (SFT) og Statens strålevern. NP har ledet gruppen.

Første fase i utredningsprosessen ble sluttført i 2003, med utarbeidelse av forslag til utredningsprogram og en høring av dette. En viktig hensikt med forslag til utredningsprogram har vært å gi høringsinstansene mulighet for medvirkning i utformingen av selve utredningene. Det er av betydning at omfanget og innretningen av de utredninger som skal gjøres oppfattes som dekkende av berørte og interesserte parter. Det endelige utredningsprogrammet er fastsatt på bakgrunn av forslaget til utredningsprogram og innkomne høringsuttalelser. Foreliggende utredning av konsekvenser vil sendes på høring til berørte parter og interesseorganisasjoner før utredningen endelig ferdigstilles.

Det vektlegges at utredningsprosessen skal være åpen og involverende.

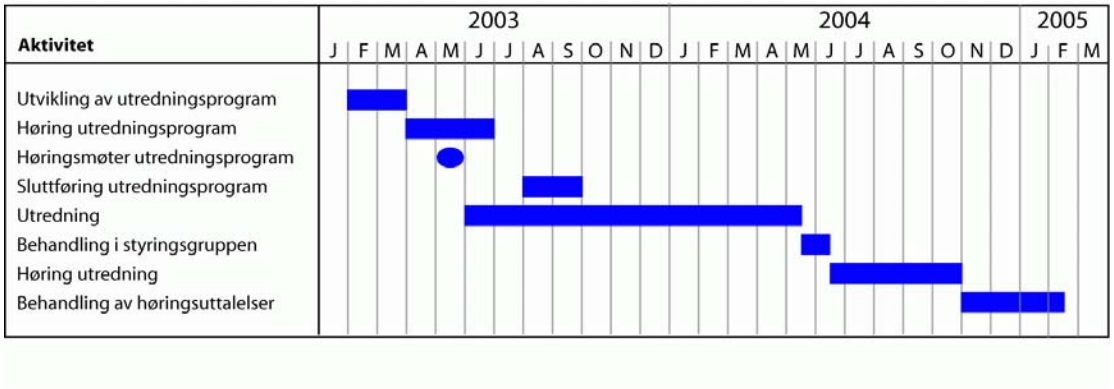


Fig. 1.3 Tidsplan for arbeidet med utredningen av konsekvenser av ytre påvirkning.

1.6 Oppfølging av resultatene fra utredningen

Utredningene vil følges opp gjennom utarbeidelsen av et forslag til en helhetlig forvaltningsplan for Barentshavet, som vil utarbeides av Miljøverndepartementet, i samarbeid med Fiskeridepartementet, Olje- og energidepartementet og Utenriksdepartementet. Det legges opp til at hovedtrekkene i forslaget til forvaltningsplan presenteres for Stortinget i en Stortingsmelding. Beslutningene fra en slik behandling vil utgjøre den gjeldende forvaltningsplanen for Barentshavet.

Som beskrevet i kap. 1.1 vil forvaltningsplanen etablere rammer for påvirkning i de enkelte deler av Barentshavet, og på den måten gi føringer for hvilke krav som må stilles til virksomhet i de ulike delene av havområdet. Gjennomføringen av tiltak og virkemidler vil foretas av de ansvarlige departementer gjennom ordinære beslutningsprosesser. Erfaringene fra arbeidet med forvaltningsplanen for Barentshavet vil også danne grunnlag for videre arbeid med forvaltningsplaner for øvrige norske havområder.

Utredningsarbeidet skal avdekke kunnskapshull og komme med konkrete forslag til hvordan disse bør følges opp.

2 METODER

Utredningsprogrammet beskrev hvordan analysene av ytre påvirkning var tenkt lagt opp. Vi skal her kommentere hvordan utredningen har fulgt opp dette.

2.1 Scenarier

De parallelle utredningene av konsekvenser skal alle sammen benytte scenarier for å vise spennvidden i hva som kan komme til å skje i framtida. Det ble laget retningslinjer for utforming av scenariene som både la opp til harmonisering av innretningen på tvers av utredningene og felles tidshorisont

2.1.1 Tidshorisont

Scenariene skal omfatte tidsperioden fram til 2020. Dette er lagt til grunn for vurderingene i denne analysen og er også tidshorisonten som er brukt i sluttoppsummeringen i kap. 9. Det var imidlertid lagt opp til at mer langsiktige vurderinger kan trekkes inn etter behov. Det er gjort for klima, hvor grunnlagsmaterialet inneholder vurderinger både for 2050 og 2080, som er mer relevante tidshorisonter. Dette er i stor grad brukt i kap. 4 om klima, og også trukket inn som "perspektiver etter 2020" i sluttoppsummeringen.

2.1.2 Innretning på scenariene for ulike temaer

Retningslinjene sier også at scenariene skal dekke høy, middels og lav aktivitet, der middelalternativet bør utgjøre det mest sannsynlige utviklingsscenariet. I tillegg bør scenariene omfatte "worst case"-situasjoner der dette er relevant. Det skal beskrive maksimal realistisk negativ miljøpåvirkning.

Det ble allerede i utredningsprogrammet varslet at det kunne bli nødvendig å gjøre tilpasninger i dette innenfor enkelte temaer pga. kunnskapsmangler og grunnlaget analysene våre baserer seg på. I forhold til de enkelte temaene er scenarier fulgt opp som beskrevet nedenfor.

2.1.2.1 Klima

På globalt nivå foreligger det en lang rekke klimascenarier fra FN's klimapanel og forskjellige forskningsgrupper. Det har imidlertid så langt vært vanskelig å få nedskalert disse til regionalt nivå, slik denne utredningen krever. Vi har hatt tilgang til to ulike modellstudier, som hver for seg drøfter bare ett framtidsscenario. Forskjeller i forutsetninger og virkemåte for modellene er drøftet i innledningen til kap. 4. Som det vil framgå, avviker resultatene en del fra hverandre. Både dette og den innebygde usikkerheten i prediksjonene gjør at det blir et visst sprik i resultatene, selv om det ikke er laget flere scenarier.

2.1.2.2 Langtransportert forurensning

Det var i utredningsprogrammet skissert tre mulige scenarier for framtida. Konsulenten som har gjort denne delutredningen, vurderte imidlertid usikkerheten både i dagens situasjon og for framtidig utvikling som så stor at de har lagt hovedvekten på å beskrive dagens situasjon. Det er også angitt ett scenario for sannsynlig utvikling.

2.1.2.3 Petroleumsaktivitet utenfor utredningsområdet

Det er brukt prognoser fra regionale konsekvensutredninger for petroleumsvirksomhet

i Nordsjøen og særlig Norskehavet som grunnlag for scenarier for norsk sokkel. Disse tar i liten grad høyde for nye funn. Det er gjort noen betraktninger om forskjellige utviklingsforløp, men dette er bare delvis fulgt opp i beregningen av konsekvenser.

For russisk petroleumsvirksomhet er den russiske regjeringens energistrategidokument lagt til grunn. Det viser to ulike forløp, som i rapporten er forsøkt konkretisert i to scenarier med angivelse av utbygde felt mm. Det er også gjort prinsipielle betraktninger om konsekvenser av mulige ulykker.

2.1.2.4 Introduserte arter

Her er det ikke brukt scenarier for å tegne et bilde av utviklingen. På enkelte områder tegnes imidlertid noen ulike situasjoner om skipstrafikken utvikling for å beskrive hvordan dens utvikling kan gi ulik sannsynlighet for nye introduksjoner.

2.1.2.5 Trekkende arter

I utredningen er ikke trekkende arter utredet som en påvirkning, men som en del av miljø- og ressursgrunnlaget med spesiell relevans for ytre påvirkning (se kap. 2.2 nedenfor).

Det er således ikke laget gjennomgående scenarier som inkluderer alle typer ytre påvirkninger. Det bidrar til at oppsummeringene i kap. 9 ikke viser "samlet ytre påvirkning".

2.2 Konsekvenser av aktivitetene

Forvaltningsplanen skal drøfte påvirkning på Barentshavet fra alle typer aktiviteter sett under ett. Felles innretning av scenarier i utredningene er en forutsetning for å kunne vise dette. I tillegg må de i størst mulig grad fokusere på de samme konsekvensene. Det er derfor definert et felles sett av konsekvensvariable (se tabell 2.1). Konsekvensvariablene representerer verdier (naturressurser, miljøkvaliteter eller samfunnsforhold) som forventes å bli tillagt vekt ved beslutninger. I denne utredningen av ytre påvirkning, inngår imidlertid ikke drøfting av konsekvenser på samfunnet.

I utredningen er trekkende arter behandlet særskilt (se kap. 2 i utredningsprogrammet og denne utredningens kap. 8). Bakgrunnen for dette er at enkelte av de artene som trekker inn i utredningsområdet blir utsatt for påvirkning utenfor området. Denne påvirkningen kan i enkelte tilfeller være så stor at den får betydning for artens status i utredningsområdet, og dermed potensielt også områdets status.

Trua/sårbare arter og ansvarsarter er etter nærmere kriterier tatt med som et eget tema i felles konsekvensvariable og drøftet i de respektive kapitlene her. I konsekvensutredningen er denne gruppen problematisk å diskutere fordi en arts rødlistestatus ikke har direkte sammenheng med artens biologi. Gruppen har derfor i denne sammenhengen få fellestrekk. Dette vanskeliggjør en ensartet konsekvensvurdering. En alternativ tilnærming er derfor å drøfte dem i sammenheng med de artsgruppene hvor de hører hjemme (fugler, pattedyr osv). Denne tilnærmingen er delvis valgt i sluttoppsummeringen.

Tab. 2.1 Felles konsekvenser som analyseres.

	Tema	Konsekvensområde (indikator)	Konsekvensvariabel (parameter)
Fysisk-kjemisk miljø	Forurensing	Organiske miljøgifter, radionukleider, oljehydrokarboner, tungmetaller	Konsentrasjon der det er relevant/lettest å måle (eks. radionukleider i vann, PCB i spekk/lever)
	Forsøpling	Ikke biologisk nedbrytbart materiale	Mengde
	Støy og seismikk	Lavfrekvent (skipstrafikk) og høyfrekvent (eksplosjoner, seismikk, akustikk)	Støynivå, berørt areal
Biologisk miljø	Fisk	Torsk, sild og lodde Bunnfisktrålhal (fra vitenskapelig tokt)	- Gytebiomasse (SSB), demografi, vandring/utbredelse - Diversitetsindeks
	Truete arter	Relevante arter fra kategori E (truet) og V (sårbar), samt norske ansvarsarter, iht. den nasjonale rødlista (se egen tab.)	Antall, demografi, vandring/utbredelse
	Sjøpattedyr	Grønlandssel, vågehval, ringsel, spermhval, nise, spekkhogger	Antall/bestandsindeks, demografi, vandring/utbredelse
	Sjøfugl	Lomvi, polarlomvi, ærfugl	Antall, demografi, vandring/utbredelse, hekkeområder
	Bunnsamfunn	Korallrev Bunnfauna/flora	- Areal, dekningsgrad av levende koraller - Diversitetsindeks
	Plankton	Makrozooplankton, fiskeegg og larver	Biomasse, geografisk utbredelse
	Strandsonen	Strandtyper	Restitusjonstid, berørt areal
	Iskanten	Plante- og dyreplankton	Biomasse, diversitet
Samfunn	Bedriftsøkonomiske virkninger	- Bedriftsøkonomisk overskudd - Fordeling av gevinst på aktører	- Mill. NOK - %-vis fordeling
	Næringsliv- og sysselsettingsutvikling	- Sysselsetting (samlet og næringsfordelt) - Yrkesfrekvens/valg - Pendling	- Antall årsverk (nasjonalt og regionalt) - Andel i % (regionalt) - Antall (regionalt)
	Befolkningsutvikling- og bosettingsmønster	- Befolkningsfordeling (alder, kjønn og regioner) - Regionalt bosettingsmønster	- Antall, % av aldersgrupper mm. - Tettstedsstruktur

Vi har gjort følgende tilpasninger i forhold til de felles konsekvensvariablene:

- Klima
  Klimautviklingen bestemmes av både naturlige prosesser (geokjemiske og astrofysiske prosesser osv.) og menneskelig påvirkning (utslipp av drivhusgasser). Klimaet til enhver tid vil karakteriseres gjennom forhold som temperatur, havstrømmer, isutbredelse m.v. Det vil igjen danne rammebetingelser for livet i havet og for samfunnsutviklingen. Tilstanden til disse geofysiske forholdene har imidlertid i liten grad verdi i seg selv. De er derfor ikke tatt med som felles konsekvensvariable – i motsetning til biologi og samfunnsforhold. Men i kapitlet om klima vil de i utstrakt grad bli drøftet som en slags

”mellomregning” på vei mot biologiske klimaeffekter (samfunnsmessige konsekvenser av klimaendringer skulle ikke inngå i denne analysen).

Utredningen har imidlertid støtt på et uventet problem i og med at store deler av grunnlagsmaterialet som vi har brukt for å beskrive klimaeffekter, ikke vil bli offentliggjort før senere. Utredningen er derfor ufullstendig på dette punktet i denne høringsversjonen, men vil kompletteres i en endelig utgave.

- Langtransportert forurensning
  Konsulentutredningen som dette kapitlet bygger på, har drøftet konsekvenser på de felles konsekvensvariablene av dagens situasjon. Vurderingene er imidlertid beheftet med så stor usikkerhet at de i mange tilfeller har avstått fra å karakterisere konsekvensen. Det er derfor presentert en grov oppsummering i kap. 5. Framtidsscenariet som beskrives er grovt analysert for konsekvenser på temanivå.

- Petroleumsvirksomhet
  Konsekvensene i framtida beskrives både for temaer og variable. Denne utredningen bygger i stor grad på resultater fra undersøkelser gjort i forbindelse med RKU for Norskehavet[12].

- Introduserte arter
  I utredningsprogrammet ble det sagt at det ikke skulle lages scenarier for introduserte arter. Det er likevel skissert enkle scenarier for å gi en bedre og mer relevant diskusjon av temaet.

Det har ikke vært arbeidet spesielt med å få en enhetlig måte å beskrive konsekvenser. Dette gjør at vurderingene beskrives på noe ulike måter de enkelte kapitlene.

2.3 Håndtering av usikkerhet

2.3.1 Hvorfor usikkerhet er viktig i konsekvensutredninger

Det vil alltid være usikkerhet i beregninger av konsekvensene i en framtidig situasjon (prediksjoner). Usikkerheten kan prinsipielt skyldes tre forhold:

1. *Manglende kunnskaper om nåsituasjonen.*
   Først og fremst dreier dette seg om tilstanden til de biologiske systemene vi er opptatt av å studere konsekvensene på (i prinsippet samfunnsforhold også). Men det kan også være manglende kunnskaper om påvirkninger.

2. *Manglende kunnskaper om effekter*.
   Dette dreier seg om de virkning som inntreffer når livet i havet (eller samfunnet) utsettes for en definert påvirkning. Hva er årsak-virknings-mekanismene og hvor store effekter kan vi få?

3. *Manglende kjennskap til framtida, eller: endrede forutsetninger i prognoseperioden*.
   Framtida er ukjent og kan ta mange forløp. Vi må derfor lage oss forutset-

[12] Regional konsekvensutredning for Norskehavet (http://www.statoil.com/rku/)

ninger når vi skal drøfte den. I konsekvensutredning vil vi typisk gjøre forutsetninger om framtidige aktiviteter eller påvirkninger, for så å prøve å forutsi konsekvensene med den kunnskapen vi har om nåsituasjon og effekter. Men disse aktivitetene vil kunne utvikle seg annerledes enn vi forutsatte. Dermed vil vi kommer med feil anslag på konsekvensene.

Disse tre forholdene vil virke samtidig og bidra til stor eller liten usikkerhet i prediksjonene. Størrelsen på usikkerheten vil ha stor betydning for hvilke konklusjoner vi kan trekke av en analyse. Dersom det er stor usikkerhet om forhold som er viktige for de som skal fatte beslutninger, vil de løpe en høy risiko ved å fatte en beslutning på grunnlag av analysen. Det bør da gjøres noe for å redusere usikkerheten. Dette kan f.eks. være mer forskning, overvåking av miljøtilstand eller studier av drivkrefter som gjør at vi blir bedre til å forutsi hvordan aktiviteter vil utvikle seg. Det vil i neste omgang bety at utredere kan komme med bedre prediksjoner og dermed legge grunnlag for bedre beslutninger.

2.3.2 Håndtering av usikkerhet i denne utredningen

Vi har bare delvis angitt størrelsen på usikkerheten i denne høringsutgaven, og det har vært vanskelig å finne en systematisk og enhetlig måte å beskrive hvor stor usikkerheten er (f.eks. ”stor”, ”middels” og ”lav”). Selv om usikkerheten rent metodisk burde vært behandlet mer systematisk, er den i mange tilfeller så stor og vanskelig å angi at det ikke har gitt mening å gi enkle gjennomsnittskarakteristikker.

Derimot er det i noen grad gått inn på årsaken til at vi får usikkerhet i prediksjoner, bl.a. er dette delvis gjort i drøfting av enkeltkonsekvenser. I det siste kapitlet (kap 9), er det så vurdert hvor viktig det er å få redusert usikkerheten i de ulike prediksjonene. Dette koblet opp mot analysen i de enkelte kapitlene av årsaken til usikkerheten, ligger til grunn for forslagene om å tette kunnskapshull.

3 KORT BESKRIVELSE AV OMRÅDET

Som grunnlag for denne og de andre utredningene i arbeidet mot en forvaltningsplan for Barentshavet er det som nevnt i kap. 2.3 allerede laget en miljø- og ressursbeskrivelse, samt en utredning om og identifikasjon av særlig verdifulle områder. Det er tidligere også laget en oversikt over marine verdier i havområdene rundt Svalbard[13]. For å lette oversikten presenteres likevel en meget kort oppsummering av spesielle fysiske og økologiske forhold, samt for noen av de viktigste enkeltartene i det arktiske økosystemet, basert på de ovenfor nevnte rapportene.

3.1 Fysiske forhold

Barentshavet er et grunnhav med et gjennomsnittsdyp på 230 meter. Det dekker et område fra det dype Norskehavet i vest, med dyp over 2500 meter, til kysten av Novaja Semlja i øst, og i sør fra kysten av Norge og Russland til ca. 80ºN. Flere steder er det dype renner som ofte karakteriseres av horisontal bløtbunn pga. sediment som akkumuleres. Mange banker og flak har derimot relativt liten sedimentering pga. sterk strøm.

Nordgående havstrømmer transporterer atlantisk vann øst- og nordover, mens sørgående havstrømmer transporterer arktisk vann sørover (figur 3.1). Tilførselen av atlantisk vann er med på å gjøre deler av området spesielt sammenlignet med andre arktiske områder på tilsvarende breddegrad. Det bidrar også til at disse delene av området er relativt lett tilgjengelig i store deler av/hele året.

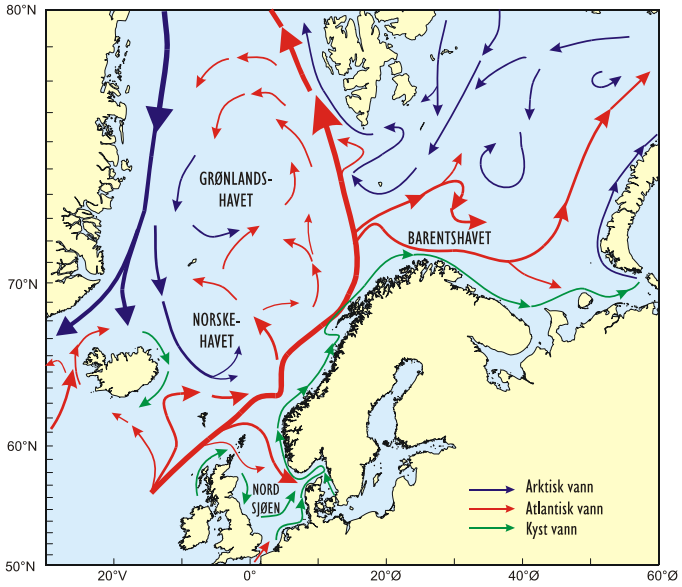


Fig. 3.1 Dominerende havstrømmer som kan transportere forurensning inn i Lofoten-Barentshavet. Atlantisk vann (røde piler), arktisk vann (blå piler) og kystvann (grønne piler) (Kilde: Havforskningsinstituttet).

[13] von Quillfeldt, C (red.). 2002. Marine verdier i havområdene rundt Svalbard. Norsk Polarinstitutt Rapportserie 118, 100 p.

Nordlig del av Barentshavet er dekket av is i hele eller deler av året. Drivis dominerer i Barentshavet som har maksimalt isdekke i mars-mai og minimalt isdekke i september/oktober. Bredden på iskantsonen (den diffuse isgrensen mellom isfritt og isdekket hav) er vindavhengig.

3.2 Økologiske særtrekk med betydning for effekter av påvirkning

Generelt sett er næringskjedene i Arktis relativt korte med få, men robuste arter. Korte næringskjeder kan imidlertid ha relativt lav stabilitet. I noen tilfeller vil derfor variasjoner i innstrømningsvolumet av atlantisk vann og menneskeskapte påvirkninger kunne gjøre store utslag. Dessuten har mange arktiske arter spesielle tilpasninger (mht. fødetilgang, fettlagring, livssyklus, atferd osv.) for overlevelse som kan gjøre dem sårbare i gitte situasjoner. Videre gjør den sterke koblingen mellom land og hav at store sjøfuglkolonier vil kunne bli påvirket av endringer i miljøet i beiteområdene, fordi mange sjøfuglartene drar på næringssøk langt fra sine kolonier.

3.3 Produksjon

Hele Barentshavet betraktes som høyproduktivt sammenlignet med mange andre havområder. Den høye produksjonen er grunnlaget for et kommersielt fiske som er blant de største i verden. Innstrømmende og utstrømmende vann har gunstig effekt på omrøring, næringstilførsel og dermed primærproduksjonen. Noen områder har dyp på 20-100 m og omrøring helt mot bunnen, også i den produktive delen av sesongen, uten at lysregimet svekkes for mye. Slike områder er blant de mest produktive i Barentshavet. Basert på utviklingen av planteplanktonet kan området deles i fem hovedregioner: Område preget av atlantisk vann, område med iskantoppblomstring, Spitsbergenbanken, Barentshavvann og kystnære områder. Disse faller sammen med områder med forskjellige hydrografiske forhold slik man skulle forvente ut fra den innflytelse som de fysiske prosesser har på oppblomstringens dynamikk. I arktisk vann er det oftest kortvarige blomstringer som i stor grad er styrt av isforholdene, mens det i atlantisk vann er en gjennomgående dypere vertikalblanding og derfor en blomstring som er mer utstrakt i tid. Derfor vil arktisk del av Barentshavet i gjennomsnitt være mindre produktiv enn atlantisk del.

Ved brefronter fører tilførsel av brevann til omrøring og bunnvann virvles opp. Dermed øker tilgjengeligheten av byttedyr, og det er ofte høy tetthet av sjøfugl og sel.

Det er også en utstrakt transport av organismer til området, f. eks. rauåte fra Norskehavet til Barentshavet og isfauna fra Polhavet til Barentshavet. Horisontal forflytning av organismer resulterer også i akkumulering av sekundærproduksjon i enkelte områder (f.eks. reke i Kongsfjordrenna, Storfjordrenna og Hinlopen).

Det er en veksling mellom «kalde» og «varme» år i Barentshavet. Mindre is i varme år vil resultere i høyere produksjon, generelt kortere generasjonstid for dyreplankton og større import av dyreplankton sørfra enn i kalde år. Den mest kritiske fasen for økosystemet er da i overgangen fra en varm til en kald periode, med en uforholdsmessig stor andel sekundærprodusenter i forhold til primærprodusenter. Dette kan i sin tur føre til økt risiko for kollaps i fiskebestander, økt dødelighet for sjøfugl og endrete migrasjonsmønstre for sjøpattedyr.

3.4 Banker

Strømvirvler over banker skaper områder der vannmassene oppholder seg over lenger tid (såkalte retensjonsområder). Slike områder fungerer som samlingsplasser for drivende egg, larver og yngel. Et av de viktigste områdene av denne typen er Tromsøflaket, hvor det dannes det en stor retensjonsvirvel. Torskeyngel driver forbi her etter å ha blitt gytt ved Lofoten og samles i dette området i juli måned. Generelt anses bankene for å være viktige oppvekst- og næringsområder for mange fiskearter.

Særlig kanten av banker og kontinentalskråningen har ofte sterke strømmer som gir grunnlag for en rik fauna av koraller og svamper.

3.5 Polarfronten

Polarfronten, dvs. der hvor varmt atlantisk vann og kaldt polarvann møtes, flytter seg noe med årstidene, men følger i store trekk bunntopografien, særlig i vest. Møtet mellom vannmassene fører til forhøyet biologisk produksjon, og er derfor et attraktivt beiteområde på flere nivåer i næringskjeden. Polarfronten danner bl.a. grunnlaget for de store sjøfuglkoloniene i området Bjørnøya-Storfjorden-Hopen, hvor Bjørnøya har noen av de største hekkekoloniene i Barentsregionen og i Nord-Atlanteren. Polarfronten fungerer også som en biogeografisk grense hvor flere arktiske og boreale arter møtes.

3.6 Iskanten

I praksis beveger iskanten seg fra Bjørnøya i sør til nord for Spitsbergen, avhengig av årstid, med hovedutbredelse av is øst for Spitsbergen. Fronter ved iskanten og et stabilt øvre lag pga. issmelting fører til en relativt kortvarig, men intens, primærproduksjon som følger iskanten ettersom den trekker nordover. Fordi algeveksten i det stabile øvre laget ikke hemmes av dyp vertikalblanding vil våroppblomstringen starte 6-8 uker tidligere her enn i åpent hav lenger sør. Sjøfugl og sjøpattedyr, inklusive isbjørn, utnytter denne produksjonen. Fordi produksjonen i hovedsak foregår innenfor en sone på 20-50 km, kan til tider konsentrasjonen av beitende arter være høy. Iskanten vil også være et grenseområde for arter som er avhengig av is i hele eller deler av sin livssyklus.

3.7 De enkelte arter og samfunn

Flere av sjøfuglene og sjøpattedyrene med tilhold i utredningsområdet har internasjonal eller nasjonal verneverdi og/eller rødlistestatus. Enkelte betegnes også som ansvarsarter eller omfattes på annen måte av internasjonale avtaler/konvensjoner. Flere inngår også i internasjonale/nasjonale overvåkingsprogram (AMAP, OSPAR, MOSJ, Havforskningsinstituttets fiskeriundersøkelser osv.).

3.7.1 Bunnsamfunn

Det er ikke mange undersøkelser av bunnfaunaen i Barentshavet, sett i forhold til havområdets store betydning som fiskeriområde og økosystem. Bentiske organismer forekommer på svært varierende havdyp og ulike substrattyper. De vanligste dyregrupper er svamp, nesledyr, børsteormer, krepsdyr, bløtdyr, mosedyr, pigghuder, sjøpunger og fisk (f. eks. steinbitarter og flatfisk). Viktige kommersielle arter er blåkveite, gapeflyndre og reke. Man antar at det er mer enn 1000 benthosarter i områdene ved og rundt Svalbard. Det er liten forskjell i total diversitet på Svalbard og et tilsvarende område i f. eks. Nordsjøen. Atlanterhavsstrømmen resulterer i mange av de samme

artene på Svalbard som langs den nordlige delen av norskekysten. Imidlertid har økt atlantisk influens trolig ført til at enkelte typiske atlantiske arter har utvidet sitt utbredelsesområde nordover.

Stadig beskrives nye kaldtvannskorallrev og svampsamfunn. Samfunnene har stor artsdiversitet hvis betydning er mangelfullt utredet, men har bl.a. økologiske betydning for fisk og mange evertebrater. Det forekommer mye koraller fra Lofoten og nord- og østover til og med Finnmark, noen dekker store arealer. Fordelingen videre østover eller nordover mot Svalbard er ukjent.

Store deler av bunnfaunaen er stasjonær og avspeiler dermed det lokale miljøregimet, dvs. er gode indikatorer på miljøkvalitet (klima, forurensningsbelastning osv.). Høy alder hos noen (f. eks. haneskjell og hjertemusling) gjør dem ekstra egnet til å gi viktige havklimaindikasjoner. Stor primærproduksjon kun i korte perioder i de frie vannmasser og under isen fører til spesielle levekår for bunnfaunaen som utnytter sedimentert biogent (biologisk opprinnelse) materiale som føde. Hvor mye som når bunnen påvirkes også av beitende dyr i de frie vannmasser og varierer fra år til år. Ved polarfronten må bunnfaunaen være tilpasset både arktisk-boreale og arktiske forhold.

3.7.2 Strandsonen[14]

Miljøet i strandsonen kjennetegnes av mer eller mindre tydelige gradienter, vertikalt som funksjon av tidevann og bølgesprut, horisontalt som funksjon av saltholdighet og bølgeenergi, i tillegg til den biogeografiske nord-syd-gradienten, som også er målbar innen utredningsområdet. Dette gir et høyst variert miljø. Den norske sokkelen ligger i den nordøst-atlantiske boreale region. De ulike artene i strandsonen viser en stor evne til tilpasning til de varierende miljøbetingelsene. Fjæra er et av de mest konsentrerte og komplette økosystemer i det marine miljø.

3.7.3 Fisk

Totalt i Barentshavet er det registrert ca. 150 fiskearter, hvorav kun noen få er kommersielt viktige (norsk-arktisk torsk, norsk-arktisk hyse, lodde, norsk vårgytende sild, blåkveite, snabeluer). Området Lofoten-Røstbanken-Vesterålen er viktig ut fra et biologisk mangfold-perspektiv, men mest fordi det huser en kombinasjon av viktige gyte-, oppvekst- og overvintringsområder for kommersielt viktige fiskearter. Dette betyr at området har stor verdi for ulike deler av økosystemet gjennom hele året. Eventuelle negative påvirkninger, uansett tid på året, vil derfor kunne ha store effekter, muligens over flere år.

En fiskebestand påvirkes særlig av kannibalisme, konkurranse om felles matressurser, predasjon fra organismer høyere opp i næringskjeden, ulike miljøfaktorer (avgjør bl.a. hvor godt larver vil overleve), mengde innstrømmende vann til Barentshavet og fiske.

3.7.3.1 Norsk arktisk torsk

En nøkkelart i sørlige del av Barentshavet. I mars-april gyter torsken flere steder innen området fra Sørøya i Finnmark og til Møre og Romsdal. Kjerneområdet er Vestfjorden og på bankene utenfor Lofoten, Vesterålen og Troms. Torsken gyter i overgangssonen mellom kyststrømmen og det underliggende atlanterhavsvannet der

[14] Grunnlagsrapport nr. 8 – fullstendig nettadresse i kap. 10.1

temperaturen er om lag 4°C. Kyststrømmen er transportruten for egg, larver og yngel i de første månedene av torskens liv. Vertikalfordelingen av eggene i vannmassene er styrt av værforholdene ved at vind og bølger blander eggene nedover i vannmassene. Ved klekking i slutten av april måned er rundt en tiendepart igjen av de eggene som opprinnelig ble gytt.

I juli-august er yngelen spredt over et stort område som inkluderer både Norskehavet og Barentshavet, og i august-september har den spredt seg videre inn i Barentshavet og befinner seg i et belte fra Svalbard og sørøstover mot Novaja Semlja. I løpet av hele sitt pelagiske første halvår er torsken helt avhengig av raudåtas forskjellige livsstadier som føde. Den voksne torsken finner sin næring både i de frie vannmasser og ved bunnen. Sild og lodde hører til hovednæringen.

3.7.3.2 Norsk vårgytende sild

En nøkkelart i sørlige del av Barentshavet. Silda gyter på kystbankene fra Egersund til Vesterålen i perioden februar-april, med maksimal gyting i månedsskiftet februar-mars. Eggene ligger på havbunnen og klekker etter ca. 3 uker. Sildelarvene svømmer aktivt opp mot de øvre vannlagene, og driver som torskelarvene nordover langs kysten. I løpet av april-mai sprer de seg ut over hele midtnorsk sokkel og videre nordover på Røstbanken, Vesterålsbankene, bankene utenfor Troms og Tromsøflaket. I august-september står silda i tette stimer i den vestlige delen av Barentshavet. Utover høsten og den første vinteren befinner hovedtyngden av silda seg i Barentshavet utenfor Varangerhalvøya og sørøstover inn i russisk sone. Ungsild i Barentshavet er et viktig byttedyr for fisk, sjøfugl og sjøpattedyr.

3.7.3.3 Lodde

Lodda er en nøkkelart i overføringen av energi fra dyreplankton til høyere trofiske nivå i Barentshavet. Den gyter inne i selve Barentshavet, på kysten av Kolahalvøya og Finnmark, i februar-april. Eggene kleber seg til bunnsubstratet, og klekkes etter 25-60 dager avhengig av temperaturen. Larvene driver med kyststrømmen østover og vokser opp i den østlige del av Barentshavet. Lodda foretar beitevandringer og følger iskanten etter hvert som denne flytter seg nordover. I vinterperioden vil den modne delen av loddestammen trekke inn til kysten for å gyte. Den aktuelle lokaliseringen av gyteområdet er avhengig av temperaturforholdene i Barentshavet. Om det er et kaldt temperaturklima i Barentshavet vil gytinga skje i de vestlige områdene langs kysten av Vest-Finnmark og Troms. Et varmere klima vil føre til at gytinga skjer lengre øst, langs kysten av Øst-Finnmark og kysten av Kolahalvøya. Lodda er selv viktig føde for mange arter av større fisk, sjøpattedyr og sjøfugler.

3.7.3.4 Polartorsk

Polartorsken er en nøkkelart for det pelagiske næringsnettet knyttet til isen. Den spiller en viktig rolle i økosystemet i Barentshavet som føde for større fisk, sjøpattedyr og fugl. Polartorsk gyter i perioden desember-februar, sørøst i Barentshavet (Petsjorahavet), og øst for Spitsbergen. Leveområde er vannmasser med rikelig med drivis, og polartorsken lever både ved bunnen, i tilknytning til is og pelagisk. Det er uvisst om det er en eller flere populasjoner av polartorsk i Barentshavet.

3.7.4 Sjøfugl

Omkring 40 arter regnes som regelmessig hekkende sjøfugler i den nordlige delen av Norskehavet og Barentshavet. De store fuglefjellene er jevnt fordelt i de eksponerte kystområdene, og huser majoriteten av de hekkende alkefuglene, krykkjene og havhestene. Disse fuglene har stor aksjonsradius i hekketiden, og betydelige deler av havområdet innenfor 100 km fra koloniene må regnes som viktige næringsområder. På Svalbard ligger tyngdepunktet for de mest tallrike artene i området Bjørnøya - Storfjorden-Hopen som allerede omtalt over. Koloniene i det området huser ca. 70 % av bestandene av de mest tallrike artene på øygruppen (bl.a. lomvi, polarlomvi og krykkje). I Nord-Norge er de store koloniene relativt jevnt fordelt langs kysten, men de største forekomstene finnes fra Lofoten og nordover. De største hekkebestandene av mindre koloniale arter finnes på vestkysten av Spitsbergen, Tusenøyane og i de ytre kystområdene av Troms og Finnmark. Flertallet av de vanligste sjøfuglartene, med unntak av ismåke og teiste, trekker sørover i vinterhalvåret.

Sjøfuglenes utbredelse i Barentshavet er i hovedsak styrt av klimatiske, oseanografiske og biologiske forhold, og polarfronten er et viktig beiteområde for sjøfuglene. Fordelingen av vannmasser og polarfrontens beliggenhet gjenspeiles også i utbredelsesmønstrene til de ulike artene. For de fleste av artene gjelder at de er avhengige av de store bestandene av små, pelagiske fisk som lodde, sild og polartorsk. Sjøfuglenes næringssøk er i stor grad styrt av disse artenes forekomst og fordeling. Sjøfuglenes næringsområder følger dermed dynamikken i byttedyrenes forekomst og vandringer, og er ofte vanskelig å avgrense i klare geografiske enheter.

Lomvi forekommer spredt i fuglefjell fra Vest-Agder til Finnmark, med over 90 % av bestanden fra Røst (Nordland) og nordover. Lomvi hekker i Europa fra Spania til Bjørnøya og Novaja Semlja. Største koloni i Barentshavet er på Bjørnøya med 100.000 par i 1995. Lomvi hekker i fuglefjell helt ute mot kysten. Ut over hekkeperioden er tilholdssted kystfarvann og til havs. Bestandsestimat for Barentsregionen er oppgitt til 130.000 - 150.000 individer. Kraftig nedgang siden 1960-tallet.

Polarlomvi forekommer kun fåtallig i kolonier på fastlandskysten. Store kolonier på Bjørnøya og Spitsbergen. Bestandsestimat for Barentsregionen ca, 1.750.000 individer.

Alkekonge finnes i store konsentrasjoner i åpent hav. De fleste lokale hekkefugler antas å trekke bort fra hekkeområdene vinterstid, men Barentshavet er viktig også som overvintringsområde, gjerne for populasjoner som hekker østover i Russland eller på Svalbard. Bestandsestimat for Barentsregionen er oppgitt til mer enn 1.300.000 individer.

Lunde hekker på gressbevokste øyer ytterst mot kysten, fra Rogaland til Øst-Finnmark. Lunden hekker i et begrenset antall avgrensede kolonier som kan ha svært mange individer. Konsentrasjonene på sjøen i havområdet utenfor er derfor også svært stor. Man antar at det er ca 35-40 kolonier i Norge, og at 75 % av lundene hekker i Nordland og Troms. Bestandsestimat for Barentsregionen 2.000.000 individer.

Ærfugl *Somateria mollissima* hekker langs kysten både på fastlandet og på Svalbard. Arten hekker både enkeltvis og i større kolonier, og reirene legges ofte på øyer og

holmer hvor predasjonsrisikoen er lav. Bestanden i de tre nordligste fylkene er anslått til å være ca. 50.000 par, mens vinterbestanden i samme område er anslått til 280.000 individer. Bestanden på Svalbard ligger i størrelsesorden 17.000 par. De fleste ærfuglene på Svalbard overvintrer langs fastlandskysten. Arten livnærer seg primært på bentiske organismer. Ærfuglen er nært knyttet til norsk fangst- og kystkultur gjennom både sanking av egg og dun.

Praktærfugl hekker ikke på fastlandet i Norge, men den overvintrer langs norskekysten, særlig i Nord-Norge hvor den kan være tallrik enkelte steder. 75 % av europeisk vinterbestand er i Norge. Arten hekker på Svalbard og i Russland. Praktærfugl er svært tallrik i disse, for arten, viktige områdene. Praktærfuglen opptrer i tette flokker, også i åpent hav, men først og fremst på grunnere områder. Bestandsestimat for Barentsregionen er i underkant av 10.000 individer.

Stellerand hekker ikke i Norge. Den observeres om vinteren og da hovedsakelig i Finnmark, hvor flere hundre kan overvintre inne i fjordene, spesielt i Varangerfjorden. 30 % av europeisk vinterbestand av stellerand overvintrer i Norge. Russiske hekkefugler overvintrer i størst antall i Varangerfjorden, men denne ærfuglarten kan også treffes i åpent hav lengre vest i Finnmark. Arten har en så liten bestand at selv 100 individer som omkommer kan være dramatisk.

Nordlig sildemåke er en typisk kystfugl. og forekommer på kyststrekningen fra Sør-Trøndelag til Finnmark. Den hekker i skjærgårdskolonier, gjerne langt fra fastlandet. Bestandsutviklingen har vært på kraftig retur i siste halvdel av 1900-tallet med en bestandsnedgang på 70 - 80 % fra 1970 til midten av 1980-tallet. Arten er direkte truet i Norge.

3.7.5 Sjøpattedyr

Tabell 3.1 viser hval- og selarter som kan forekomme i utredningsområdet. I tillegg regnes både isbjørn og oter til sjøpattedyrene.

Tab. 3.1 Sel- og hvalarter i utredningsområdet.

Sel	Regelmessig forekomst	Grønlandssel, klappmyss, ringsel, steinkobbe, havert, storkobbe, hvalross
	Uregelmessig eller sjelden	Ingen arter
Hval	Regelmessig forekomst	Vågehval, finnhval, knølhval blåhval, spermhval, nise, spekkhogger, kvitnos, kvitskjeving, nebbhval, hvithval, narhval, grønlandshval
	Uregelmessig eller sjelden	Seihval, grindhval

Kunnskapen om sjøpattedyrenes vandringer, habitatkrav, tallrikhet og fordeling er mangelfull. Også en pattedyrbestand påvirkes av bl.a. mattilbud, tilgjengelige kasteplasser, ulike klimatiske faktorer og jakt i utstrakt grad.

Vågehval, nise, springere (kvitnos og kvitskjeving), samt spekkhogger og spermhval er tallrike i norske og tilstøtende farvann. I tillegg til disse finner vi også betydelige bestander av grindhval, nebbhval og de høyarktiske artene narhval og hvithval (beluga). Blåhval, seihval og grønlandshval observeres nå derimot sjelden i farvannene utenfor fastlands Norge og ved Svalbard.

3.7.5.1 Sel

Ringsel er den mest tallrike selarten i isfylte deler av Barentshavet, ved Svalbard og i russisk Arktis. Utbredelsen avhenger av pakk- og drivisen. Store mengder ringsel overvintrer på isen i Petsjorahavet, og drar på næringsvandring i vårmånedene. Arten kaster unger i huler i isen, både ved kysten og i flerårsis over åpent hav. ***Grønlandssel*** er en vanlig art i Barentshavet. Den overvintrer i Østisen og trekker nord og vestover i vårmånedene. ***Storkobbe*** er vanlig i isfylte deler av Barentshavet og den opptrer nesten alltid alene. Det er registrert at store deler av populasjonen av storkobbe som holder til i Kvitsjøen, i det sørlige Karahavet og i Barentshavet vandrer til de nordlige delene av Barentshavet og Karahavet i løpet av sommeren og høsten.

Steinkobbe er en relativt stasjonær art som er knyttet til faste hvileplasser i skjærgården og fjordområdene gjennom hele året. Verdens nordligste bestand av steinkobbe finnes ved Prins Karls Forland vest av Spitsbergen. Flere viktige kasteområder langs Norskekysten. Steinkobben kan foreta lokale næringsvandringer over flere mil. ***Havert*** er en kystart uten pelagisk og ren arktisk forekomst. Den er mindre stedbunden enn steinkobbe, og foretar blant annet lange næringssøk i åpent hav. Selv om de er lite stasjonære det meste av året, samler haverten seg på få spesifikke kasteplasser om høsten, hvor de kaster ungene i september-oktober. Froan i Trøndelag er Norges desidert viktigste kasteplass for havert. I Lofoten og Vesterålen finnes flere mindre, lokale kasteplasser.

Hvalross er svært sosiale dyr og kan opptre i flokker på flere hundre individer. Hvalross foretrekker drivisområder, men har faste liggeplasser på land når isen er borte. Utbredelsen i Svalbardområdet omfattet tidligere et større område enn i dag, men siden bestanden nå er i vekst, er det sannsynlig at tidligere habitat vil bli gjenerobret. Om sommeren er den vanligst i områdene nord for Spitsbergen og Nordaustlandet, ved Kvitøya og syd for Edgeøya. Det antas at det finnes ca. 2.000 hvalross i Svalbardområdet .

Sosiale selarter som steinkobbe, grønlandssel og hvalross, kan forekomme i store flokker, noe som kan gjøre dem mer utsatt for ytre påvirkninger.

3.7.5.2 Hval

I utredningsområdet dominerer sel i antall og hval i biomasse. For de fleste artene avgjøres forekomst og utbredelse av klimatiske og oseanografiske forhold som regulerer forekomst av byttedyr. Noen hvalarter har polare beiteområder og tempererte parrings- og kalvingsområder (eks. vågehval, finnhval og knølhval), mens andre oppholder seg i polare områder året rundt (eks. hvithval, narhval og grønlandshval). Kun grønlandshval, narhval, beluga og vågehval går inn i isen i arktiske farvann. De store konsentrasjonene av overvintrende sild i Vestfjorden-Tysfjorden-Ofotfjorden i perioden oktober-januar har ført til at en betydelig andel av spekkhoggere i norske farvann finnes i dette området på denne tiden fordi de følger silden på dens årlige vandringer.

3.7.5.3 Isbjørn

Isbjørnen ved Svalbard tilhører en bestand med utbredelse fra Øst-Grønland til nordvestlige deler av Russland. Selv om mange av isbjørnene ved Svalbard viser seg å være svært stedbundne, er alle isbjørnene i norsk Arktis en del av en felles norsk-russisk bestand. Det finnes ingen gode anslag for størrelsen av denne bestanden. Grove beregninger gjort på 1980-tallet foreslo at det var ca. 3.000 isbjørn i Svalbard-

området, og ca. 5.000 i hele bestanden. Ringsel og storkobbe er hovedføde, men grønlandssel blir noe vanligere om sommeren. Isbjørnen foretrekker iskantområdene, der det er mest sel. Drektige isbjørnbinner går i hi i snøen senhøstes. Kong Karls Land og Hopen er de viktigste hiområdene.

Isbjørnen opptrer tidvis i et stort antall i området ved Bjørnøya. Ved Hopen opptrer isbjørnen i iskantområdene fra november til april. Selv om isbjørner kan vandre over store avstander er det konkludert med at migrasjon mellom populasjoner på Grønland og Svalbard, og mellom Svalbard og Russland er relativt liten og at bestanden på Svalbard kan betraktes som en lokal populasjon.

4 KLIMA

4.1 Innledning

Klimaet er i stadig endring, og det er stadig mer sannsynlig at menneskeskapt forurensning av atmosfæren har ført til, og vil komme til å føre til, endringer i det globale klimasystem. Det internasjonale klimapanelet IPCC har i sin tredje utredning[15] om den globale klimautviklingen påpekt flere klimamodeller gir en 40% høyere oppvarming i Arktis vinterstid enn det globale gjennomsnitt. Årsaken til dette er komplekse tilbakekoplingsmekanismer mellom atmosfære, hav og is[16]. I klimasammenheng er det i tillegg slik at den arktiske regionen ventilerer verdens dyphav gjennom dypvannsdannelse og tilførsler av ferskt smeltevann, samtidig som snø og is er viktig for jordas albedo[17].

Konsekvensutredningen skal i utgangspunktet vurdere påvirkning fram til 2020. For klimautvikling er dette tidsperspektivet for kort, da prognosene ikke gir vesentlige endringer for denne perioden. Vha. Bergen Climate Model (BCM) og Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) gis det derfor prognoser for perioden fram til 2020 (BCM og ACIA), 2050 (BCM og ACIA), 2075 (BCM) og 2080 (ACIA).

4.2 Hovedelementer i det arktiske klima

Arktiske marine systemer har noen fysiske karakteristika som gjør dem spesielle i forhold til andre oseaniske regioner, og som er avgjørende for hvilken respons ("feedback") disse systemene gir på klimaendringer:

- kontinentalsokler og grunne farvann
- store sesongskiftinger, spesielt i innkommende sollys
- isdekke, både permanent og sesongbetont
- stort ferskvanntilførsel fra elver og issmelting
- høy refleksjon (albedo) pga. snø- og isdekke
- lite nedbør

Den høye andelen av reflektert sollys, samt tapet av langbølget stråling i atmosfæren, medfører at Arktis store deler av året har et netto tap av stråling. Dette tapet er særlig stort om vinteren ("polarnatten").

Barentshavet har i tillegg en annen viktig tosidighet. Den vestlige delen av utredningsområdet i Norskehavet og Barentshavet er dominert av varmt atlantisk vann, mens den nordøstlige delen er dominert av kaldt arktisk vann. Det er møtet mellom disse to vannmassene som skaper forutsetningene for den høye produksjonen av biomasse, som alt liv i området er avhengig av.

[15] IPCC 2001. Third Assessment Report. (Se http://www.ipcc.ch).
[16] NFR (International Conference on Climate Change in the Arctic - Future Challenges) og IPCC.
[17] Albedo = andelen av solstråling som reflekteres fra et objekt.

4.3 Klimascenarier: BCM og ACIA

Som nevnt ovenfor vil det i denne konsekvensutredningen bli benyttet "input" fra to hovedkilder når det gjelder framtidig mulig klimautvikling. Den ene er fra kjøringer av BCM for utredningsområdet, og den andre er ACIA.

Det refereres mange ganger til NAO-indeksen. NAO er en forkortelse for "North Atlantic Oscillation" eller den nordatlantiske svingningen, og er et uttrykk som beskriver en trykkforskjell mellom trykksystemer plassert hhv. over Island og Azorene. Denne trykkforskjellen varierer mellom år, og har stor betydning for klimatypen i Norge, på kontinentet og i Nord-Atlanteren.

4.3.1 BCM

Bergen Climate Model er en regional klimamodell som består av en atmosfæremodell (ARPEGE/IFS), utviklet i Frankrike, og en havmodell (MICOM), utviklet i USA. Havmodellen har en modul for havis, som er utviklet ved Nansensenter for miljø og fjernmåling (NERSC). Kjøringer av BCM er foretatt ved NERSC, Geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen, og Bjerknessenter for klimaforskning. På grunnlag av disse kjøringene er det foretatt en vurdering av naturlig klimavariabilitet og mulige endringer av klimasystemet i Barentshavet for perioden 1948 til 2100.

Utgangsscenariet for modellkjøringene av BCM er en dobling av CO_2-utslippene. For mer om utgangspunktet for og vurderinger av modellsystemet, se grunnlagsnotatene[18].

4.3.2 ACIA

ACIA ble startet i regi av Arktisk Råd i 2000 og skal evaluere og sammenstille eksisterende kunnskap om klimavariasjon, klimaendringer, økt UV-stråling og konsekvensene av dette. Målsettingen er å gi nyttig og pålitelig informasjon til politikere, myndigheter, organisasjoner og befolkningen i Arktis for å gi disse et bredere beslutningsgrunnlag, og understøtte det videre arbeidet til FNs klimapanel (IPCC). ACIA-arbeidet iverksetter således ikke selv ny forskning, og vurderingene vil primært bli basert på resultater som produseres gjennom nasjonale og regionale forskningsprosjekter og forskningsprogram.

Det forventes at ACIA-arbeidet vil bidra til å øke kunnskapen om virkningene av klimaendringer i våre nordlige områder. Resultatene av det vitenskapelige ACIA-arbeidet skal etter planen legges frem i løpet av våren 2004 og de endelig ACIA-rapportene skal legges fram for Arktisk Råds ministermøte på Island i november 2004.

ACIA benytter seg av IPCCs scenario B2.

[18] Teksten i utredningen er i hovedsak redigert fra grunnlagsrapport nr. 4 og 5. Fullstendig nettadresse i kap. 10.1.

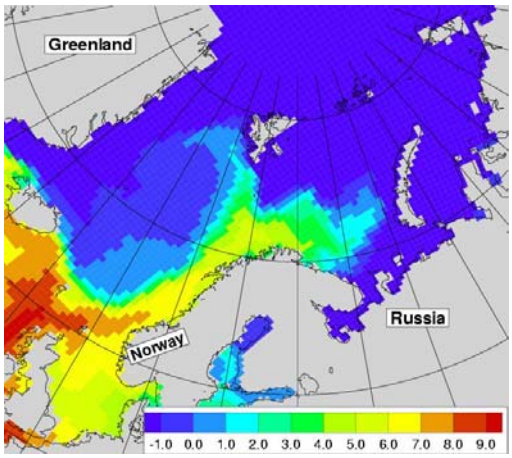
4.4 Klima i Barentshavet - naturlig variasjon

Som beskrivelse av nåsituasjon benyttes simuleringer basert på historiske data og kjøringer av BCM.

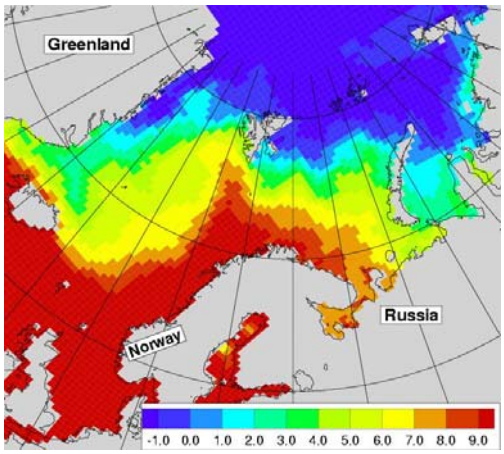
4.4.1 Overflatetemperatur (SST)

Figur 4.1a og 4.1b viser simulert overflatetemperatur midlet over perioden 1948-2001 for hhv. mars og september. Dersom vi beregner overflatetemperatur midlet over år med hhv. høy[19] og lav[20] NAO-indeks, og tar differansen mellom de langtidsmidlede feltene og årene med høy og lav NAO-indeks, får vi temperaturanomaliene som vist i figur 4.1c og 4.1d for mars, og i figur 4.1e og 4.1f for september.

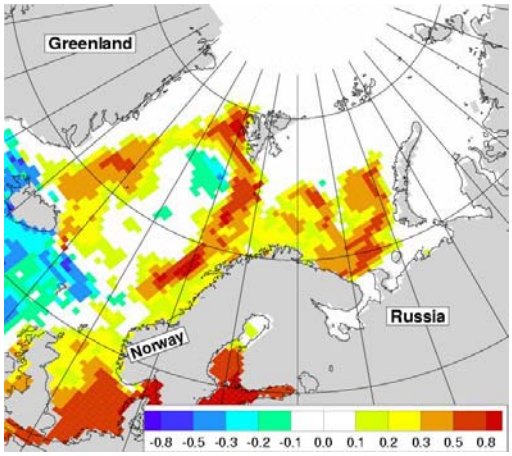
For mars måned gir en situasjon med høy NAO-indeks overflatetemperatur omkring 0.5 °C over middeltemperatur (figur 4.1c), mens år med lav NAO-indeks gir overflatetemperatur omkring 0.5 °C under middeltemperatur (figur 4.1d). Differansen mellom disse to ekstremsituasjonene angir naturlig variabilitet i Barentshavet.



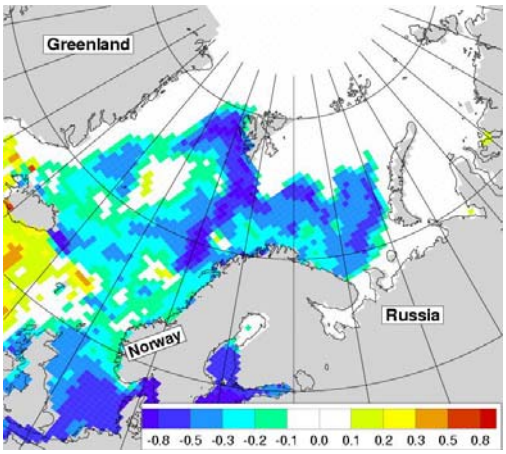
(a) Simulert middeltemperatur for mars.



(b) Simulert middeltemperatur for september.

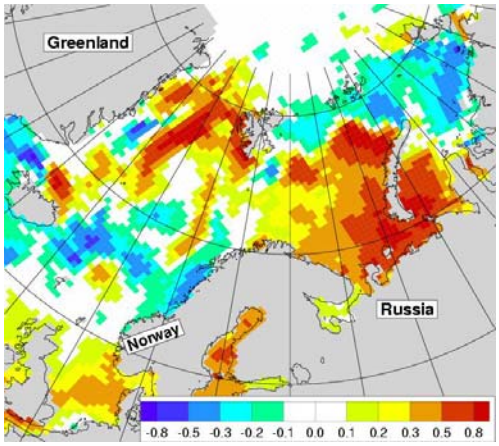


(c) Temperaturanomali for høy NAO-indeks, mars.

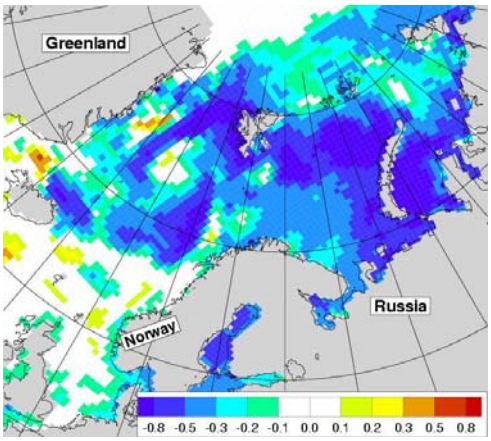


(d) Temperaturanomali for lav NAO-indeks, mars.

[19] År med høy NAO-indeks er: 1957, 1961, 1973, 1975, 1976, 1981, 1983, 1984, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995 og 1999.
[20] År med lav NAO-indeks er: 1958, 1960, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1968, 1969, 1970, 1971, 1977, 1979, 1987 og 1996.



(e) Temperaturanomali for høy NAO-indeks, september.



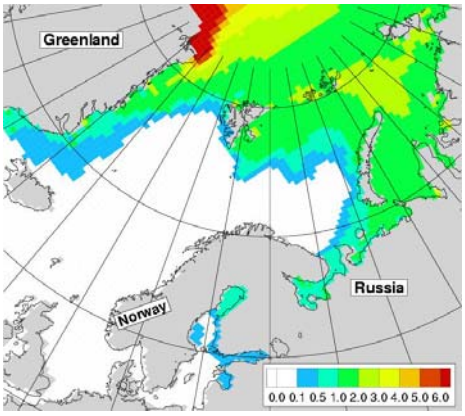
(f) Temperaturanomali for lav NAO-indeks, september.

Fig. 4.1 Simulert midlet overflatetemperatur for perioden 1948-2001 for (a) mars og (b) september. Anomalier for høy og lav NAO-indeks for mars måned er gitt i hhv. (c) og (d), mens tilsvarende verdier for september er gitt i (e) og (f). Negative verdier i (c)-(f) betyr lavere temperatur enn normalt.

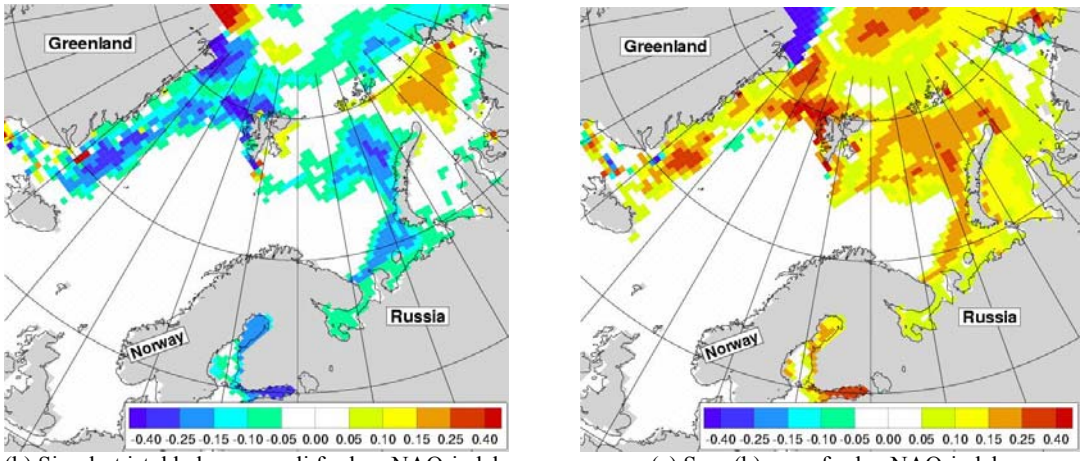
4.4.2 Isutbredelse og -tykkelse

Satellittdata fra perioden etter 1987 viser at utbredelsen av førsteårsis i Arktis har blitt redusert med 3% per tiår (tilsvarende to ganger Norges areal), mens utbredelsen av flerårsis har blitt redusert med 7% per tiår. Det er også indikasjoner på at den midlere istykkelsen har blitt redusert i Arktis over de siste par tiår.

Simulert, midlere istykkelse i mars måned for perioden 1948-2001 er vist i figur 4.2a. Den simulerte iskanten ligger nær den observerte, med havis bare i det østligste og nordligste Barentshav.



(a) Simulert midlere istykkelse for mars.



(b) Simulert istykkelsesanomali for høy NAO-indeks, mars. (c) Som (b), men for lav NAO-indeks.

Fig. 4.2 Simulert midlere istykkelse for perioden 1948-2001 for mars (a), og endring i istykkelsen for vintre med høy (b) og lav (c) NAO-indeks. Negative verdier betyr tynnere is enn normalt.

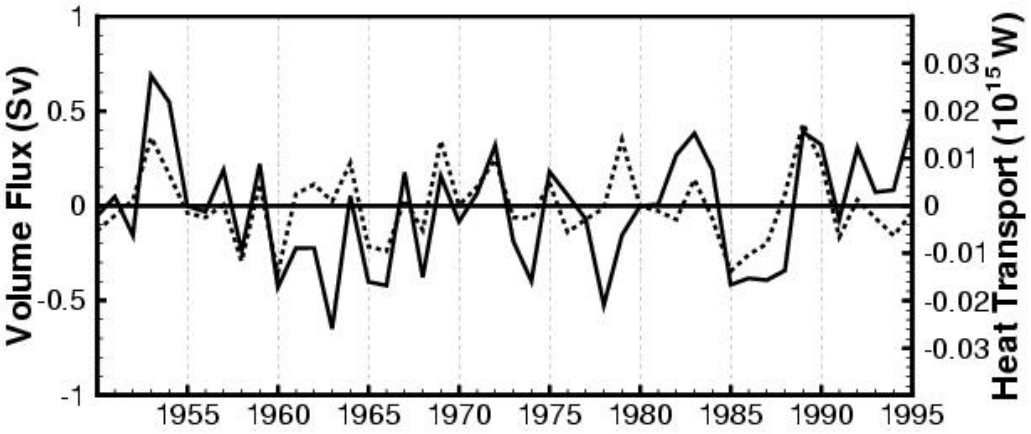
For år med høy NAO-indeks avtar istykkelsen i De nordiske hav med omlag 25 cm. Tilsvarende økning fås for vintre med lav NAO-indeks. Variasjonen i istykkelse influerer også til en viss grad isutbredelsen, med en tendens for mindre isutbredelse for høy NAO-indeks, og økt isutbredelse for lav NAO-indeks.

4.4.3 Volum- og varmetransport

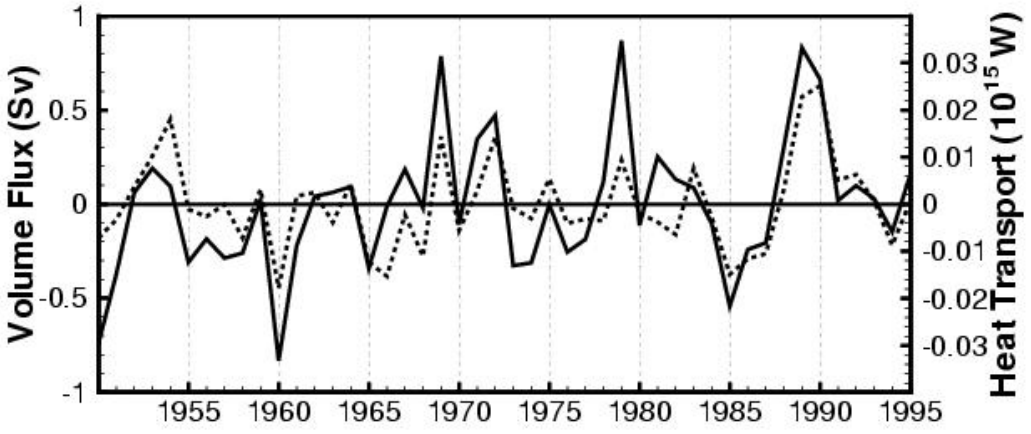
Mengde og temperatur til vann som strømmer inn i Barentshavet er av betydning for det lokale klima og de lokale økosystemene i området. Figur 4.3a viser simulert netto (dvs. nordgående minus sørgående) vanntransport og varmetransport mellom Norge og Svalbard. Modellsimuleringen viser at netto tilført varmemengde mellom Norge og Svalbard i hovedsak er styrt av variasjoner i mengden vann som strømmer inn i Barentshavet. I tillegg er, som forventet, nordgående volum- og varmetransport (figur 4.3b) høyere korrelert enn sørgående volum- og varmetransport (figur 4.3c).

Det er ellers verdt å merke seg den kraftige økningen i nordgående volum- og varme-transport fra 1985 til 1990 (figur 4.3b), og at nordgående varmetransport i 1990 er klart høyest for perioden f.o.m. 1948. I tilsvarende tidsrom, men med to års tidsforskyvning, øker temperaturen markant langs Kolasnittet[21].

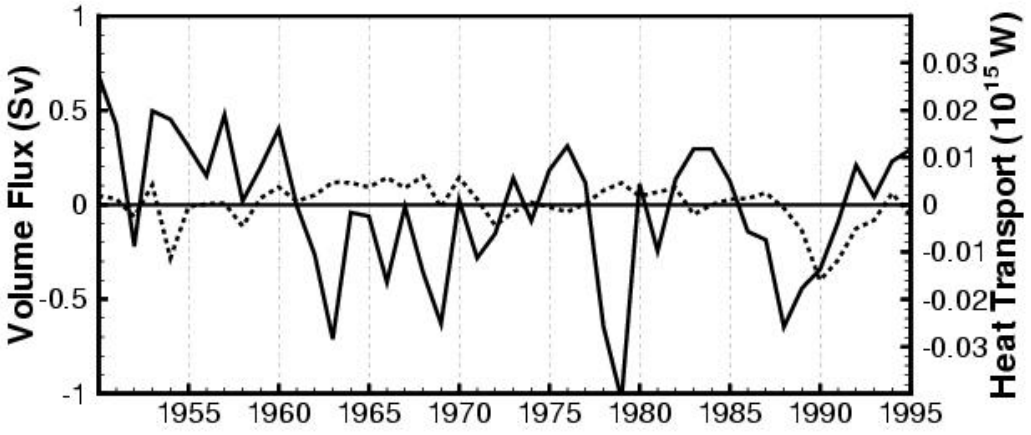
[21] Se grunnlagsrapport nr. 4, figur 2.



(a) Simulert netto (d.v.s. nordlig minus sørlig) volumtransport (Sv; heltrukken kurve) og varmetransport (PW; stiplet kurve) anomalier mellom Norge og Svalbard.



(b) Simulert volumtransport (Sv; heltrukken kurve) og varmetransport (PW; stiplet kurve) anomalier for vann som strømmer nordover mellom Norge og Svalbard.



(c) Simulert volumtransport (Sv; heltrukken kurve) og varmetransport (PW; stiplet kurve) anomalier for vann som strømmer sørover mellom Norge og Svalbard.

Fig. 4.3 Simulert volumtransport (Sv, 1 Sv = 10^6 m^3 s^{-1}; heltrukken kurve) og varmetransport (10^{15} W = 1 PW; stiplet kurve) anomalier mellom Norge og Svalbard. Netto (d.v.s. nordgående minus sørgående), nordgående og sørgående volumtransport for hele perioden er hhv. 2.1 Sv, 4.1 Sv og 2.0 Sv. De tilsvarende varmetransportene er 0.06 PW, 0.08 PW og 0.02 PW.

4.4.4 Overflatestrøm

Det er en klar sammenheng mellom nordgående vanntransport inn i Barentshavet (heretter BO, Barents Opening) og den tilhørende varmetilførsel (figur 4.3b). Hovedkomponenten til den nordgående transporten av vann gjennom BO kommer fra Den nordatlantiske drift, eller forlengelsen av Golfstrømsystemet.

I det følgende vil årene 1985 og 1989 bli brukt som representative for år med hhv. svak og sterk innstrømming av atlantisk vann til Barentshavet (se figur 4.3b). Disse årene er ekstremår hvor vanntemperaturen langs Kolasnittet gikk betydelig ned og opp. Dette betyr ikke at variasjonene i vanntemperatur langs Kolasnittet i sin helhet er styrt av tilførselen av atlantisk vann, men at innstrømming av atlantisk vann gjennom BO er en viktig komponent for den marine klimatilstanden i området.

Det er stor og signifikant sammenheng mellom nordgående vanntransport i BO og et trykksystem (figur 4.4) som karakteriseres ved at Islandslavtrykket ligger sentralt i De nordiske hav, mens Azorehøytrykket brer seg i et belte fra Azorene og øst-/sørøstover. Dette trykksystemet ligner på NAO. Det synes derfor sannsynlig at framtidig vanntransport inn i Barentshavet i betydelig grad vil være styrt av posisjon og styrke til Islandslavtrykket.

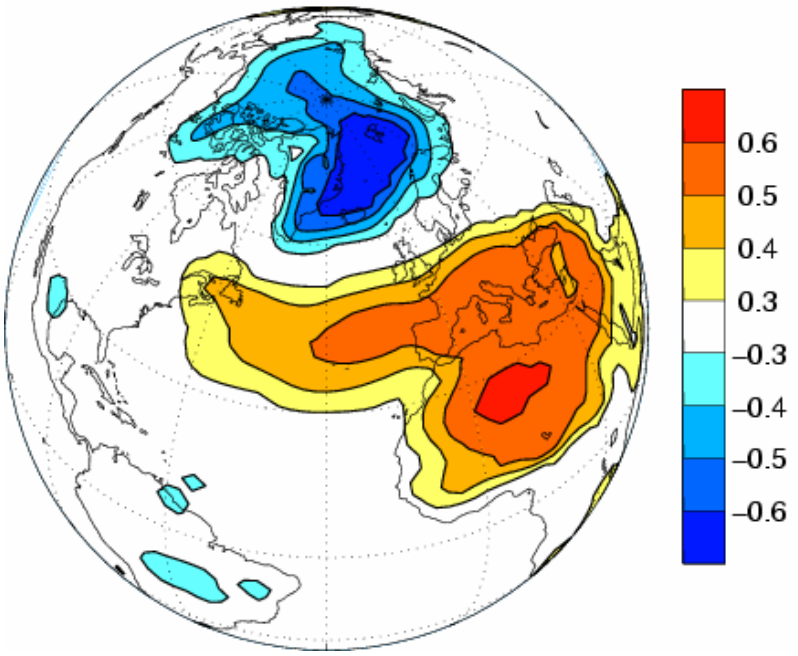


Fig. 4.4 Korrelasjon mellom simulert nordgående vanntransport gjennom BO (heltrukken kurve i figur 4.3b) og vinter (desember-mars) atmosfærisk overflatetrykk på den nordlige halvkule. 99 % signifikant korrelasjon er gitt ved 0.36.

Figur 4.5 viser simulert midlere overflatestrøm for perioden 1948-2002 for en typisk vintersituasjon (mars), en typisk sommersituasjon (september), og for årsmidlet strøm. Som figuren viser er hovedtrekkene i strømsystemene i Barentshavet noenlunde like vinter og sommer.

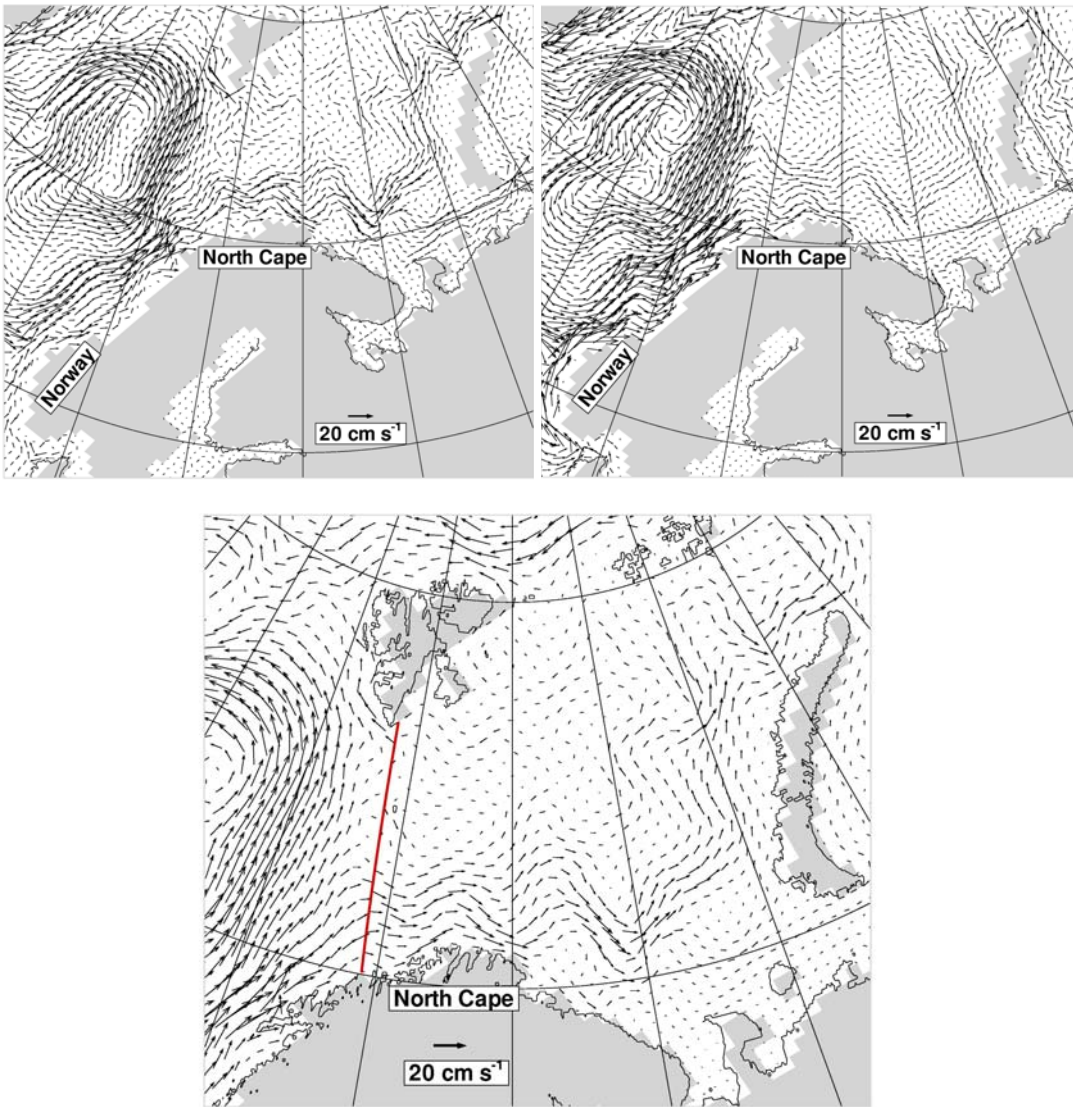


Fig. 4.5 Simulert midlere overflatestrøm for perioden 1948-2002 for mars (øvre venstre figur), september (øvre høyre figur), og for året gjennom (nedre figur). Referansevektor er gitt nederst på figurene..

Årene 1985 og 1989 var ekstremår. Dersom en tar avviket mellom midlere årsmidlet overflatestrøm for perioden 1948-2002 og årsmidlet overflatestrøm for hhv. årene 1985 og 1989, får en et bilde på simulert ekstremutslag av strømvariasjonene i Barentshavsområdet som vist i figur 4.6. Den storstilte sirkulasjonen sør for Svalbard er betydelig svekket i 1985 og betydelig styrket i 1989.

Videre er det en sørgående anomali av overflatestrøm fra området nord for Tromsø og sørover langs Lofoten på opp til 5 cm s^{-1} i 1985 (d.v.s. en svekket nordgående strøm), men bare en svak endring av kyststrømmen nord for Tromsø (øvre panel i figur 4.6). Situasjonen er noe annerledes i 1989. Nå er det sterkere enn normal innstrømming (opptil 5 cm s^{-1}) til Barentshavet fra nordre del av Lofoten og nordover langs hele Norskekysten og videre inn i Barentshavet. Vest for Lofoten settes det opp en intern sirkulasjonsanomali mot land og med enn sterkere enn normalt nordgående strøm mot kjernen av det nordgående atlantiske vannet i vest. Ved å sammenligne styrken på disse strømanomaliene med midlere strøm i samme område (nedre panel i figur 4.5), får vi at strømvariasjonene kan utgjøre opptil 50% av midlere strømstyrke.

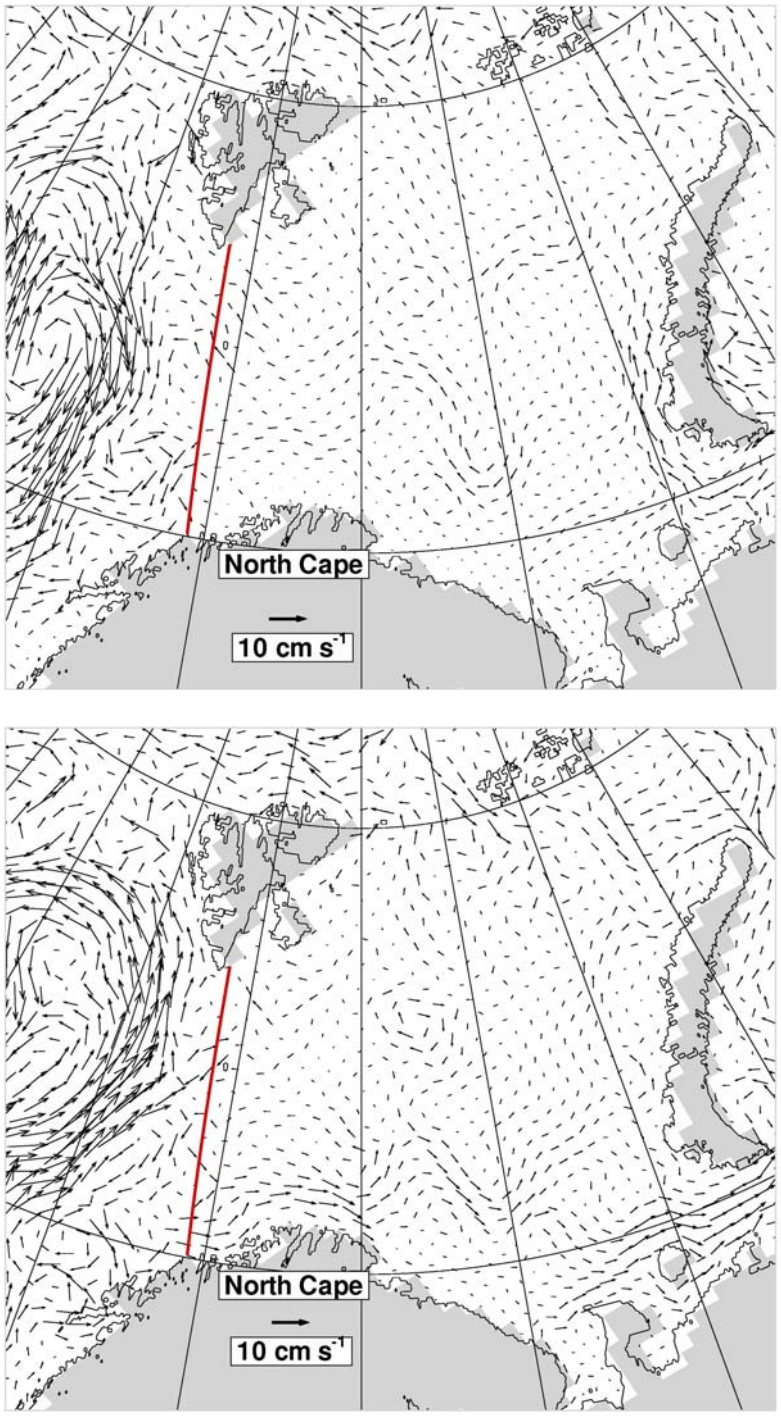


Fig. 4.6 Simulert avvik i årsmidlet overflatestrøm for 1985 (over figur) og 1989 (nedre figur). Styrken på strømanomaliene er gitt nederst på figurene.

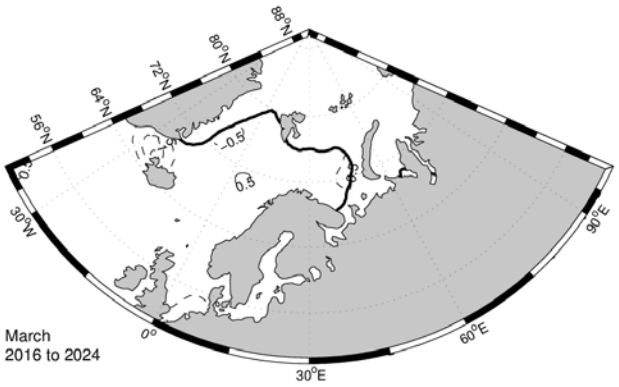
4.5 Klima i Barentshavet - forventet utvikling

4.5.1 Overflatetemperatur (SST)

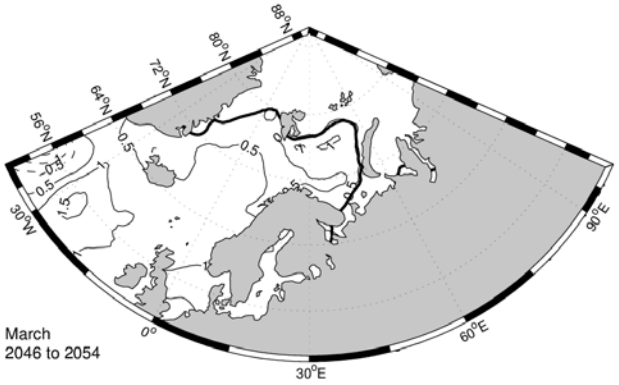
I en kjøring fra Hadleysenteret (England), er temperturøkningen i overflatevannet langs kysten av Norge, i Norskehavet og i Barentshavet på omlag 3 ºC for de neste 100 år, mens overflatetemperaturen i Grønlandsbassenget viser en temperaturreduksjon på opptil 1 ºC. Temperaturreduksjonen (som også finner sted i Labradorhavet i denne modellen) skyldes endringer i den termohaline sirkulasjonen i Grønlandsbassenget. Det skal her nevnes at kjøringen det her er snakk om ikke inkluderer den avkjølende effekten av aerosolpartikler. Dersom denne effekten hadde vært med er det grunn til å tro at oppvarmingen langs kysten av Norge, i Norskehavet og i Barentshavet ville ligge nær 2 ºC.

I en kjøring fra Max-Planck Institute für Meteorologie i Hamburg hvor effekten av både økende drivhusgasser og aerosolpartikler er inkludert, er temperaturendringene omlag 2/3 av endringene i Hadley senter modellen med bare drivhusgasser, eller i samsvar med forventet temperaturendring om effekten av aerosol partikler var med i Hadleysenter kjøringen (altså 2 ºC).

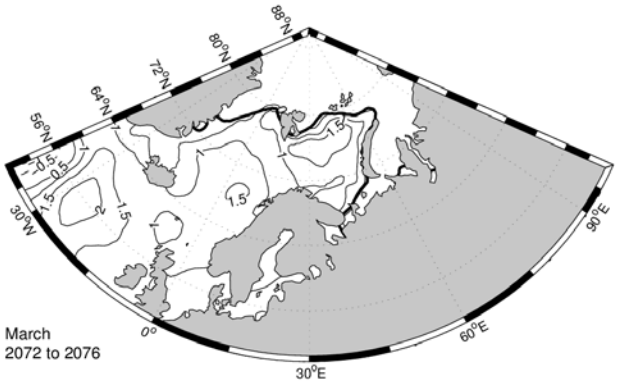
Endring av overflatetemperatur for årene 2020, 2050 og 2075 fra en kjøring med Bergen Climate Model er vist i figur 4.7. Endringene i overflatetemperaturen er mindre enn 0.5 C for 2020, de er omkring 0.5 C for 2050, og er på mellom 1 og 1.5 C rundt år 2075.



(a) Simulert endring i overflatetemperatur rundt år 2020.



(b) Simulert endring i overflatetemperatur rundt år 2050.



(c) Simulert endring i overflatetemperatur rundt år 2075.

Fig. 4.7 Simulert endring av havoverflatetemperaturen i Bergen Climate Model for (a) rundt år 2020, (b) rundt år 2050 og (c) rundt år 2075.

Tab. 4.1 Endringer i SST innenfor utredningsområdet

	2020	2050	2075/2080
BCM	Små endringer	0.5°C oppvarming i et lite område helt i utredningsområdets sørvestlige del utenfor Lofoten og i en østlig sektor med utgangspunkt i Sørkapp, 1°C i et lite område omtrent rundt Hopen	1°C i utrednings-områdets sørvestlige del utenfor Lofoten og østlige halvdel fra Nordkapp til eggakanten vest om Svalbard, 1.5°C i en sektor mot øst fra et punkt sør om Storfjor-den
ACIA	Avventer offentliggjøring av ACIA		

4.5.2 Lufttemperatur

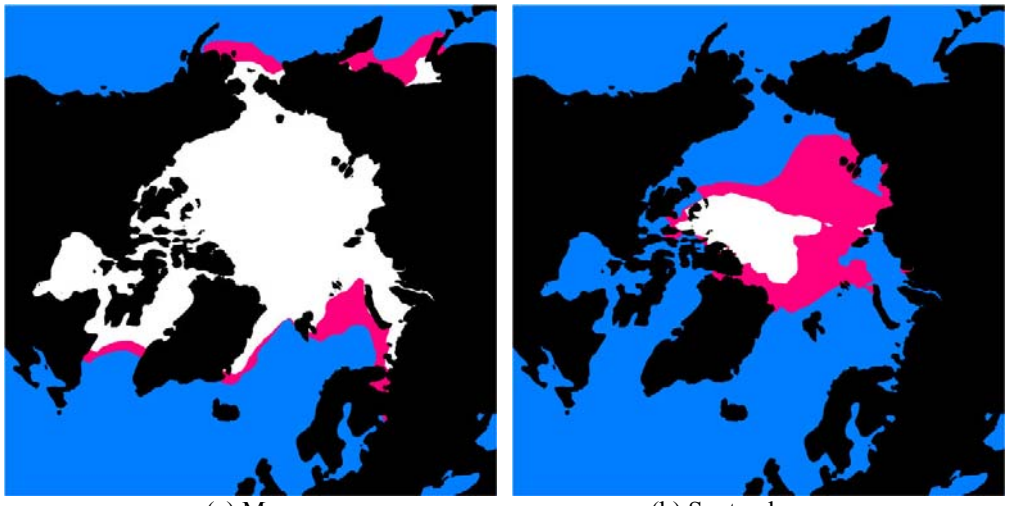
Et av de mest robuste resultatene basert på instrumentelle observasjoner og modell-studier er at den globale temperaturen 2 m over bakke- og havnivå vil øke mest over høye nordlige breddegrader, med høyere temperatur over land enn over hav, og størst temperaturøkning om vinteren. Forventet temperaturøkning på høye nordlige bredde-grader over de neste 100 år, for vinterhalvåret og over land, varierer fra 4 til 8 ºC, med 2 til 4 ºC oppvarming sommerstid. Oppvarmingen over hav og isområdene er mindre, typisk halvparten av temperaturøkningen over land.

Tab. 4.2 Endringer i lufttemperatur (årsmiddel/sommer/vinter) innenfor utredningsområdet

	2020	2050	2080
BCM	Ingen modellkjøringer for denne utredningen		
ACIA	Avventer offentliggjøring av ACIA		

4.5.3 Isutbredelse

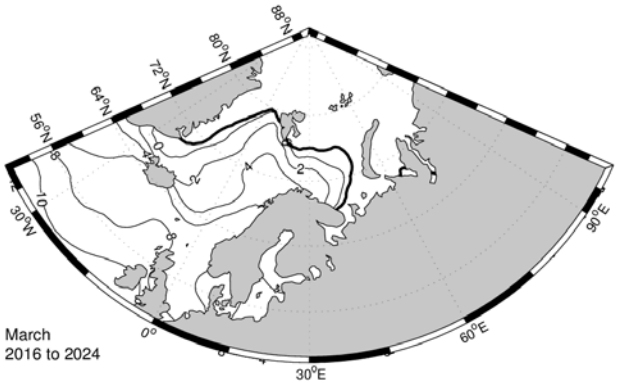
I henhold til klimakjøringer foretatt i England (ved Hadleysenteret) i Tyskland (ved Max-Planck instituttet) og i Frankrike (ved Meteo France) forventes havisen å fullstendig forsvinne, eller nær fullstendig å forsvinne, i Arktis i september måned innen 60-80 år fra nåtid. Dette er også i tråd med hva Bergen Climate Model gir ved en dobling av før-industriell CO_2 konsentrasjon, se figur 4.8. Figuren viser i tillegg at BCM gir at Barentshavet kan forventes å være fullstendig isfritt vinterstid rundt år 2075. Det kan også nevnes at for de siste 5 år av kjøringen med BCM er havisen i september fullstendig borte.



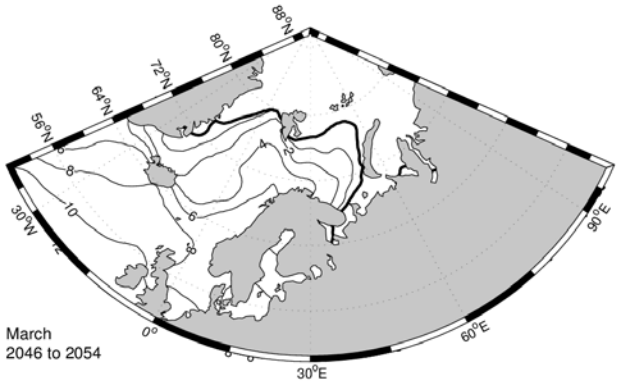
(a) Mars (b) September

Fig. 4.8 Simulert isutbredelse i BCM for dagens klima (lilla farge) og ved en dobling av CO_2, omkring 75 år fra nå (hvit farge). Isutbredelsen er midlet over 10 år.

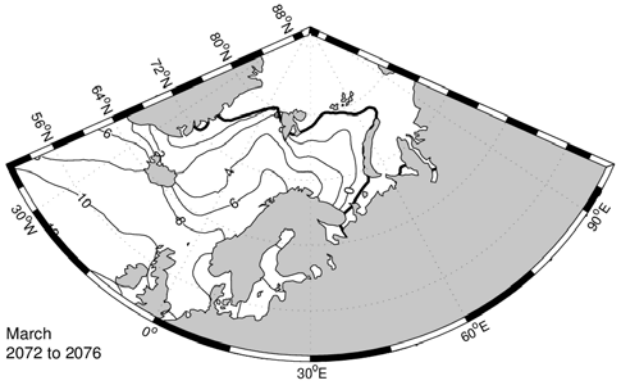
Tids- og romutviklingen av iskanten i Barentshavet er vist i figur 4.9. Det er ingen spesiell endring i iskanten fram til år 2020. I år 2050 er havisen borte fra størstedelen av Barentshavet, og rundt år 2075 er hele området mellom nordlige Novaja Semlja, Frants Josef land og Svalbard praktisk talt isfritt.



(a) Simulert overflatetemperatur (°C) og isutbredelse (tykk konturlinje) rundt år 2020.



(b) Simulert overflatetemperatur (°C) og isutbredelse (tykk konturlinje) rundt år 2050.



(c) Simulert overflatetemperatur (°C) og isutbredelse (tykk konturlinje) rundt år 2075.

Fig. 4.9 Simulert havoverflatetemperatur (°C) i Bergen Climate Model for (a) rundt år 2020, (b) rundt år 2050 og (c) rundt år 2075. Den tykke linjen, som representerer frysetemperaturen for havvann på omlag -1.8 °C, angir utbredelsen av havis.

Tab. 4.3 Endringer i havis innenfor utredningsområdet

	2020	2050	2075/2080
BCM	Ingen spesiell endring i iskantens plassering	Havisen borte fra størstedelen av utredningsområdet	Helt isfritt vinterstid
ACIA	Avventer offentliggjøring av ACIA		

4.5.4 Volum- og varmetransport

Tilsvarende tidsserier som vist i figur 4.3 er ennå ikke tatt ut fra kjøringene med BCM. Det er derfor for tidlig å si om volum og varme-anomalien på slutten av 80- og begynnelsen av 90-tallet er unik, eller hvorvidt denne situasjonen kan oppstå i tiden som kommer.

Av mer generell karakter kan ikke utelukkes at styrken til Den nordatlantiske drift (dvs. forlengelsen av Golfstrømsystemet) kan endre karakter ettersom drivhuseffekten forsterkes. Indikasjoner tilsier at dypvannsstrømmen gjennom Færøybankkanalen har

blitt redusert med ca. 20%, eller 0.5 Sv over de siste 50 år[22]. Dette kan en av de første observasjonene av at Den nordatlantiske drift er i ferd med å svekkes.

Når det gjelder modellkjøringer over de neste 100 år indikerer disse at Den nordatlantiske drift kan svekkes med omlag 30% over de neste 50 år, men at intensiteten så vil stabilisere seg eller endatil øke mot dagens styrke etter år 2050. Grunnen til dette er at økende fordampning ved lavere breddegrader fører til gradvis saltere overflatevann der. Deler av dette salte overflatevannet blir så transportert mot nord med Golfstrømmen og Den nordatlantiske drift, og kompenserer dermed for reduksjonen i tetthet som skyldes økt nedbør og oppvarming i nord.

Det synes lite sannsynlig at den termohaline sirkulasjonen vil stoppe opp over de neste par hundre år; skal dette skje må det sannsynligvis en betydelig endring til i ferskvannstilførselen i Det nordlige Atlanterhav, De nordiske hav og i Arktis.

En faktor som er av stor betydning for innstrømmingen av varmt atlantisk vann til Barentshavet er de lokale vindene over De nordiske hav og i Barentshavet. Det er umulig med eksisterende klimasimuleringer å si med sikkerhet hvorvidt disse vindsystemene kan komme til å endre karakter med økende drivhusgasspådriv. Mange (men ikke alle) modellsystemer gir at det er en viss sannsynlighet for at Islandslavtrykket vil bevege seg nordøstover ettersom drivhuspådraget styrkes. Dette vil i så fall kunne føre til at mer atlantisk vann vil bli ført inn i Barentshavet.

4.5.5 Vind, middelstyrke og ekstremvær

Regionale nedskaleringer indikerer at den midlere vindstyrken kan forventes å øke med 10-20% over Norge og Norges nærområder i inneværende århundre. Størst økning i vindhastigheten kan forventes om høsten. Disse resultatene er basert på dynamisk nedskalering av en Max-Planck simulering.

Resultater fra flere kjøringer ved Hadleysenteret indikerer at antall vinterstormer vil avta ettersom drivhuseffekten øker, men at intensiteten av stormene vil øke. Det er store usikkerheter til hvor stormene vil treffe det europeiske kontinent, men det kan ikke utelukkes at Midt- og Nord-Norge vil få økende stormintensitet.

Det er, som tidligere nevnt, umulig med eksisterende klimasimuleringer å si med sikkerhet hvorvidt disse vindsystemene kan komme til å endre karakter med økende drivhusgasspådriv. Mange (men ikke alle) modellsystemer gir at det er en viss sannsynlighet for at Islandslavtrykket vil bevege seg nordøstover ettersom drivhuspådraget styrkes. Dette vil i så fall kunne føre til at mer atlantisk vann vil bli ført inn i Barentshavet, med temperaturøkning og endring i livsbetingelser for arktisk biota som resultat.

[22] Hansen, B, WR Turrell og S Østerhus. 2001. Decreasing overflow from the Nordic seas into the Atlantic Ocean through the Faroe Bank channel since 1950. *Nature 411*: 927-930.

Tab. 4.4 Endringer i vind og ekstremvær innenfor utredningsområdet

	2020	2050	2075/2080
Regionale nedskaleringer	Midlere vindstyrke øker med 10-20% i løpet av kommende hundreår		
ACIA	Avventer offentliggjøring av ACIA		

4.5.6 Overflatestrøm

Basert på kommentarene rundt figur 4.4 er det rimelig å anta at variasjoner i overflatestrøm i Barentshavsområdet i betydelig grad vil være styrt av framtidig posisjon og styrke til Islandslavtrykket. Dette er igjen nær knyttet til utviklingen av NAO ettersom drivhusgasseffekten styrkes.

Det er pr. dags dato umulig å si noe sikkert om hvordan Islandslavtrykket (eller NAO) vil endre karakter over de neste par tiår til 100 år, men det er mer sannsynlig at NAO-indeksen vil øke enn avta i dette århundret. Det kan likevel ikke utelukkes at det vil forekomme perioder på 10 år eller mer med avtagende eller negativ NAO-indeks. Dersom NAO-indeksen øker i styrke i framtiden, er det plausibelt å forvente at styrken på den nordgående strøm inn i Barentshavet vil ligge på et høyt nivå (kanskje tilsvarende som for 1989)

Det er stor naturlig variasjon av overflatestrømmen i Barentshavsområdet, og variasjoner i overflatevind en særdeles viktig drivkraft for disse variasjonene. Det er en entydig sammenheng mellom innstrømmingen av atlantisk vann til Barentshavet og standard NAO-indeks.

Da variasjonene i den nordgående transport av vann inn i Barentshavet i stor grad er styrt av vindpådraget, er det grunn til å tro at en mulig svekking av Den nordatlantiske drift (forlengelsen av Golfstrømsystemet) *ikke* vil være styrende på styrken til innstrømmingen til Barentshavet. Dette vil sannsynligvis gjelde for inneværende århundret, men ikke nødvendigvis videre fram i tid.

4.6 Andre klimarelaterte faktorer

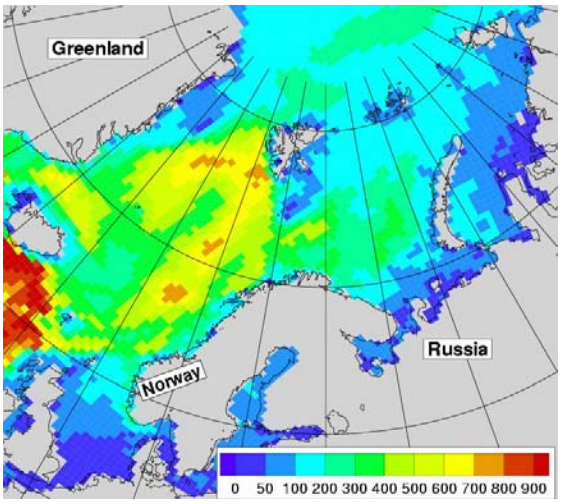
4.6.1 Dypvannsdannelse

Tungt havvann dannes på store dyp og er viktig for opprettholdelsen av strømmønstrene i verdenshavene, og de tyngste vannmassene blir dannet i et par lokaliserte områder. I Atlanterhavet er disse områdene avgrenset til Labrador-, Irminger- og Grønlandshavet. Det er kjent at kraftig dypvannsdannelse ikke har funnet sted i Grønlandshavet siden seint på 60-tallet, mens kraftig dypvannsdannelse fant sted i Labradorhavet i begynnelsen på 90-tallet.

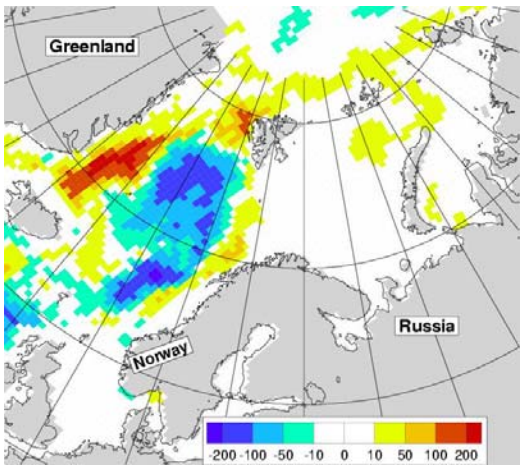
BCM gir økt dypvannsdannelse i perioden 1948-2001 (karakterisert som økt tykkelse på det øverste blandede laget i modellen) for år med lav NAO-indeks, og redusert dypvannsdannelse for år med høy NAO-indeks (figur 4.10).

Dypvannsdannelsen i f.eks. Grønlandshavet styres av overflatelagets temperatur- og saltverdi. Generelt vil kaldt (se figur 4.1d) og salt overflatevann føre til dypvannsdannelse vinterstid. Mange av klimamodellene viser en moderat økning av overflate-

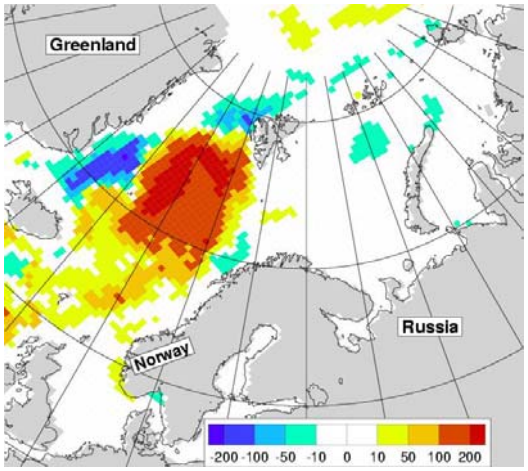
temperatur i Grønlandsbassenget (figur 4.9) mens overflatelagets saltinnhold først minker grunnet økt nedbør og avrenning fra land, og deretter øker grunnet transport av stadig saltere vann fra sør (se over). Det er derfor vanskelig å si noe sikkert om hvorvidt dypvannsdannelsen i Grønlandshavet vil forsvinne eller om den vil være aktiv i perioder (som i dag) grunnet tilførsel av stadig saltere atlantisk vann fra sør.



(a) Simulert midlere dybde til det øverste blandede laget i mars for perioden 1948-2001.



(b) Endring ML-tykkelsen for høy NAO-indeks.



(c) Som (b), men for lav NAO-indeks.

Fig. 4.10 Midlere dyp av det øverste blandede laget (mixed layer; ML) for perioden 1948-2001 (a), og endring i tykkelsen på dette laget ved høy (b) og lav (c) NAO-indeks. Negative verdier betyr tynnere ML enn normalt.

4.6.2 Polarfronten

Polarfronten i Norskehavet er bl.a. styrt av de vedvarende vindsystemene over våre havområder, og da særlig vindstyrke og -retning vinterstid. Flere klimamodeller indikerer at Den nordatlantiske/Arktiske svingningen vil intensiveres ettersom drivhuseffekten styrkes. Dette vil i så fall føre til forsterket vestavindsbelte vinterstid (se over). Det er derfor mulig at polarfronten vil få en vedvarende østlig beliggenhet i Norskehavet. Dette er i så fall i tråd med dagens situasjon etter at polarfronten i Norskehavet har beveget seg østover siden 1960-tallet.

Det er ikke kjent at klimamodeller har adressert plasseringen av Polarfronten øst for Svalbard. Denne fronten er i tillegg av såpass lokal at det fremdeles er vanskelig for klimamodeller å oppløse denne på en noenlunde realistisk måte.

I og med at fronter i stor grad er knyttet til topografi, vil endringer i strømmønstre kunne medføre raske endringer i Polarfrontens plassering og varighet.

4.6.3 Solinnstråling (skydekke)

Skydekket (i tillegg til nedbør) er meget usikre parametere i klimamodeller. Det er sannsynlig at hyppigheten av skyer kan øke i de nordlige delene av våre farvann med redusert utbredelse av havis, men det er ikke kjent at det er modellstudier som på en troverdig måte adresserer dette problemet.

Tab. 4.5 Endringer i skydekke innenfor utredningsområdet

	2020	2050	2075/2080
BCM	Ikke tilgjengelige troverdige data		
ACIA	Avventer offentliggjøring av ACIA		

4.6.4 Havnivå

Verdenshavenes havnivå vil øke grunnet termisk ekspansjon av havmassene (den viktigste effekten), pluss smelting av innlandsis fra breer på Nordkalotten og isen på Grønland. For våre nærområder forventes midlere vannstand å stige med mellom 20 til 60 cm innen utgangen av dette århundre, en økning som ligger 2/3 under den globalt midlede middeløkningen av havnivået. Usikkerheten i vannstandsendringen er knyttet til de ulike utslippsscenariene for drivhusgasser og aerosolpartikler. Basert på eksisterende klimakjøringer er det ikke sannsynlig at det vil være særlig store regionale eller statistisk signifikante endringer i vannstandsnivået i våre områder.

Tab. 4.6 Endringer i havnivå innenfor utredningsområdet

	2020	2050	2075/2080
BCM	Ikke sannsynlig store regionale eller statistisk signifikante endringer i våre områder.		
ACIA	Avventer offentliggjøring av ACIA		

4.6.5 UV-stråling

Ozon i stratosfæren absorberer skadelig ultrafiolett stråling (UV) fra sola. Særlig pga. utslipp av klorfluorokarboner (KFK) og haloner, reduseres ozonmengden, særlig i polarområdene. Økt UV-stråling kan forårsake skader på biota. Endringer i UV-stråling endrer også temperaturfordelingen i atmosfæren og dermed klimaet. Klimaendringer kan også forsterke ozonreduksjonen ved å kjøle ned stratosfæren og endre sirkulasjonsmønstre slik at luft med lavt ozoninnhold føres inn i Arktis. Dessuten vil økt ultrafiolett stråling begrense karbonkretsløpets omløpshastighet. Resultatet er større produksjon av karbondioksid. Økning av karbondioksid i atmosfæren vil forsterke drivhuseffekten ytterligere.

Arktis har ikke samme type distinkte årlige ozonhull som Antarktis. Imidlertid forekommer mindre og kortvarige hull fra tid til annen også i Arktis, særlig senvinters/tidlig vår. Det er rapportert om betydelig ozonreduksjon (opp til 40 % i Ny-Ålesund i 1997 i forhold til middelverdien over perioden 1984-91), men dette er svært varierende fra år til år.

I tillegg til tilfeldige ozonhull er det imidlertid en generell tendens til at hele ozonlaget over Arktis reduseres med 8 % per tiår om vinteren og våren. Dette bidrar til økt UV-stråling ved jordoverflaten, men i hvilken grad avhenger også av skyer og snødekke. Snø vil kunne reflektere ultrafiolett stråling med opp til 90 %. Når skydekket er tynt vil ultrafiolette stråler reflekteres frem og tilbake mellom snø og skyer. Dermed økes ultrafiolett dose i alle retninger.

4.7 Oppsummering klimautvikling

Tab. 4.7 Oppsummering av hovedtrekk i klimautviklingen fram mot 2020, 2050 og 2080, basert på simuleringer av BCM og ACIA.

Periode	Endringer
I dag - 2020	Ingen store endringer. Årsmidlet lufttemperatur opp 1-1.5° i hele Arktis, det samme for sjøtemperatur i isfrie områder. Ingen endring i utredningsområdet.
2020 - 2050	Iskanten trekker seg nord og østover. SST øker med 0.5°C i hele utredningsområdet, opp til 1°C i nordøstre del.
2050 - 2080	Iskanten fremdeles ned mot Svalbard om vinteren, hele Arktis muligens isfritt om sommeren. Økning av SST 1-1.5°C i hele utredningsområdet

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[23] samtidig som det er vinterkonsentrasjoner av næringssalter og gode lysforhold fører til en intens

[23] 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.

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 plante-planktonoppblomstring. 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 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[24] produksjon og heterotrof[25] 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.

[24] autotrof produksjon = syntetisering av organiske forbindelser fra uorganiske forbindelser
[25] heterotrof aktivitet = syntetisering av organiske forbindelser fra andre organiske forbindelser

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.

Redusert is/fravær av is vil også influere på frekvensen av og egenskapene til polynyaer[26]. 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.

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

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.

4.8.1.5 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 primær-

produsentene 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 klimaendringer 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[27]. Forhøyet SST synes å føre til nedgang i bestandstrender for lomvi men en oppgang for polarlomvi[28]. 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 klimaparameter alene.

Data fra ***lunde*** på Røst[29] 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.

[27] PDO = Pacific Decadal Oscillation (NAO's "motstykke" i Stillehavet)
[28] Irons et al. In prep.
[29] Durant, JM, T Anker-Nilssen og NC Stenseth. 2003. Trophic interactions under climate fluctuations

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 næringsemner[30]. 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 bestandstrend.

Endelig har en analyse av en 50-års tidsserie av bestandsdata på ***havhest*** på Orknøyene[31] vist at det er sammenheng mellom klimaparametere (temperatur og NAO) og kolonistørrelse.

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.

[30]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.
[31]Thompson, PM og JC Ollason. 2001. Lagged effects of ocean climate on fulmar population analysis. Nature 413: 417-420.

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 forplantning 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 - Sannsynlig at lodde, polartorsk og blåkveite vil få et mer avgrenset utbredelsesområde og bli mindre vanlig	- Sørlig grense for kaldtvannsart er flyttes nordover - 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 - mer sørlige arter kan forekomme lenger nord - pelagisk larvestadium hos flertallet av boreale bentiske arter gir relativ rask spredning ved oppvarming	- færre kaldtvanns-arter, bl.a. noen muslinger og krepsdyr - flerbørstemark, blå-skjell og noen andre grupper øker i antall - artsdiversiteten minker ved munningen av elver og brefronter der-som avrenning øker - 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 - 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 - 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 - 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 - Redusert produksjon i områder som i dag er isfri dersom økt sky-dekke - I enkelte områder: økt brutto, men redusert netto autotrof produk-sjon (økt hetero-trof aktivitet) - 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. **A: a.** Total prod-uksjon: vanskelig å skille mellom endrete lokale forhold og endret transport inn i Barentshavet. **b.** Modeller tar sjelden hensyn til alle para-metrene (fysiske og biologiske) som påvirker produksjonen. **c.** Modellenes oppløsning er ofte for grov til f.eks. å fange opp fronter og virvler (stor betydning for produksjonen). **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 - 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 - 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 - Økt veksthastighet hos larver (sårbart stadium kortere)	**A: a.** Modellbruk: feil resultater (bl.a. transporthastigheten) ved grov oppløsning. **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: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser
Strandsonen	- Økning i temperatur (land og hav); kan forskyve nordlig/østlig utbredelsesgrenser (alle typer samfunn) - Svekking eller endring i fremherskende strømmer; kan redusere spredning av egg og larver til Bjørnøya og Svalbard - Heving av havnivå; vil endre dagens vertikalsonering - 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. **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: N: nåsituasjonen A: effekter av aktiviteter og prosesser
	utbredelse	artssammen-setning og diversitet	produksjon og biomasse	
Iskant	- sørlig grense for isut-bredelse trekkes nordover - kun ettårsis - det lille som i dag er flerårsis forsvinner - 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 - ettårsis må koloniseres hvert år - flerårssamfunn i isen forsvinner - tynnere sjøis og økt ferskvannstilførsel endrer isens morfologi. Påvirker bl.a. artssammensetningen på undersiden - på sikt vil redusert isdekke og høy temperatur muligens favorisere små arter med mindre energi per individ (f.eks. rauåte) - nye sørlige arter vil komme til der isen forsvinner	- produksjonen av isflora og isfauna reduseres/forsvinner - planteplanktonproduksjon knyttet til iskanten reduseres/forsvinner - dersom noe is: nordlige deler av Barentshavet vil muligens få økt total produksjon (lengre vekstsesong enn i dag) - 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 . **b.** Usikkert hvordan andre klimatiske faktorer vil hemme/øke produk-sjonen i områder som i dag har is i deler av/hele året. **c.** Lokale forhold slår ut forskjellig i ulike områder. **d.** Arter har ulik evne til å tilpasse seg endrete forhold. Totale effekt for økosystemet (produksjon + diversitet) er derfor vanskelig å forutsi.

4.9 Kunnskapshull

4.9.1 Fisk

Det er et komplekst samspill mellom fysiske og biologiske faktorer og hvordan disse påvirker fiskebestandene. Den relative betydningen av disse vil være artsspesifikke og ulike arter vil derfor reagere forskjellig på endringer i klima. For å øke forståelsen av hva som kan skje er det derfor viktig å:

- Kvantifisere de økologiske relasjonene mellom fisken og dens bytte, samt predatorer på fisken.
- Få bedre kunnskap om i hvilken grad gyte-, beite,- og overvintringsområder varierer for ulike arter og hva som er styrende faktorer, samt mulige konsekvenser av disse endringene.
- Få bedre forståelse av hvordan klima virker inn på styrken av en årsklasse, bl.a. mulig årsakssammenheng mellom svake årsklasser av fisk og sterk utstrømning fra Barentshavet.
- Utprøve teorien om at klimaet virker sterkest på larve-/ungfiskstadiet, samt at en fiskebestand er mer sårbar for klimavariasjoner når den er på et lavt nivå.
- Avklare hvilken betydning variasjoner i atlanterhavsstrømmen har for transport av rauåte og dermed oppvekstvilkårene for fisk i Barentshavet.
- Klargjøre hvilken betydning økt temperatur har på rekruttering på kort sikt i forhold til betydningen av økt fisketetthet på lang sikt for ulike arter.

4.9.2 Bunnsamfunn

Bunnsamfunn har stort sett stasjonære arter (selv om det er noen unntak og noen som har planktoniske larvestadier) og vil risikere å få endret sammensetning ved eventuelle klimaendringer. For å oppdage slike endringer er det viktig å:

- Få bedre kvantitativ kunnskap om forekomst, tetthet av de forskjellige artene og diversitet. Dette gjelder bl.a. områder som påvirkes av ferskvann, isskuring, atlanterhavsstrømmen og sjøis, faktorer som alle vil påvirkes ved klimaendringer.
- Få bedre kunnskap om faktorer som styrer utbredelse for å kunne si noe om endringer over tid.
- Identifisere benthosarter som kan brukes som indikatorer på klimaendringer. Dette inkluderer kartlegging av Lophelia-korallrev som viser seg å inneholde detaljert informasjon temperaturforholdene i Atlanterhavet i de siste 8500 år. Imidlertid er det behov for mer forskning for å skille mellom effekten av vekstrate og temperatur.
- Få bedre forståelse for hvordan endringer i klima vil kunne påvirke andelen av den pelagiske produksjonen som når bunnen og konsekvenser dette måtte ha for bunnsamfunnene.

4.9.3 Plankton (plante- og dyreplankton, egg og larver)

Både plante- og dyreplankton har store sesongmessige variasjoner i biomasse og art, i tillegg til variasjoner mellom ulike år og områder i Barentshavet. Kvantitativ kunnskap om hvordan klima påvirker produksjon og diversitet er imidlertid begrenset. For å kunne forutse utviklingen over lang tid er det derfor behov for å:

- Få en bedre forståelse av hvordan enkelte faktorer påvirker planktondynamikken, inkludert startstidspunkt for planteplanktonoppblomstringer og koblingen mellom beitere og våroppblomstringen (sannsynligheten for match/mismatch).
- Kvantifisere primærproduksjonspotensialet under forskjellige klimaregimer.
- Øke kunnskapen om konsekvensene en endret artssammensetning av plankton vil ha for beitere høyere opp i næringskjeden.
- Få en bedre forståelse av den relative betydningen ulike faktorer som påvirker utvikling og transport av egg og larver har for forskjellige arter av fisk og konsekvenser eventuelle endringer vil ha for interaksjoner arter imellom.
- Utføre kvalitative og kvantitative reproduksjonsstudier for å få bedre kunnskap om effekten av store endringer i gytebestandens sammensetning på reproduksjonskapasiteten og dermed betydningen som rekrutteringsmekanisme. Det er indikasjoner på at det er sammenheng mellom naturlig eggdødelighet samt dårlig miljøtilpasning på larvestadiet og størrelse på gytefisken. Fordi overbeskattede fiskebestander ofte har et økende innslag av førtsegangsgytere (dvs. liten fisk) vil dette forsterke effekten av rekrutteringspåvirkning fra miljøet.

4.9.4 Iskant

Fordi iskant har stor betydning som habitat for en rekke arter, samtidig som at det er et viktig område for pelagisk produksjon forutsetter dette god kunnskap om iskantens økosystem for å kunne si noe om hvilke konsekvenser endrete isforhold vil få. Det er bl.a. behov for å:

- Kartlegge hvilken betydning arter knyttet til iskanten har som startsamfunn for algeoppblomstringen i ulike områder som i dag er påvirket av sjøis.
- Få bedre forståelse for hvilken betydning isorganismer har som energioverførere i økosystemet.
- Utvikle bedre modeller som gjenspeiler koblingen mellom fremtidig primærproduksjon i Barentshavet og endrete isforhold, hvor også andre faktorer som endret stormfrekvens, skydekke osv. tas hensyn til.
- Studere i hvilken grad beitere ved iskanten har evne til å omstille seg i forhold til fødeinntaket. Særlig viktig er mulige konsekvenser for arter som er spesialister med hensyn til fødevalg og hvordan dette vil kunne påvirke hele økosystemet.
- Kartlegge alternative livsstrategier for arter som i dag er avhengig av is i deler av/hele livssyklusen.
- Få bedre forståelse av den relative betydningen polynyaer har for den totale produksjonen i Barentshavet, samt som næringsområde i deler av året, og hvordan dette vil endres med endrete isforhold.

4.9.5 Sjøfugl

Kunnskapshullene er:

- Bestanders dynamikk og endringer over tid
- Oppdatering av viktige grunnlagsdata for å anslå bestandsstørrelser.
- Øke kunnskapen om fordeling av sjøfugl i utredningsområdet vinterstid
- fordeling på åpent hav hele året
- Studier av sammenhengen mellom fuglenes utbredelse, forekomsten av byttedyr og andre fysiske betingelser gjennom året og mellom år.
- Det er behov for studier som benytter genetiske teknikker for å avklare/avgrense bestandstilhørighet.

- Kartlegging av trekkveier og overvintringsområder. Spesielt gjelder dette for arter som man vet (eller antar) er utsatt for negative faktorer i overvintringsområdene (f.eks. polarlomvi).

4.9.6 Sjøpattedyr

Når det gjelder sjøpattedyr finnes lite kunnskap om ikke-kommersielle arter. Når det gjelder de kommersielle artene (vågehval, grønlandssel og klappmyss) har kunnskapsinnhentingen i stor grad vært fokusert omkring tallrikhet (antall), fødevalg og energikrav.

Kunnskapshullene er:
- Kunnskap om bestandsstørrelser og endringer over tid.
- Mangelfull kunnskap om utbredelsesområde til ulike årstider.

5 FORURENSNING FRA KILDER UTENFOR NORSK DEL AV BARENTSHAVET[32]

5.1 Innledning

Lofoten-Barentshavet er det reneste av de norske havområdene. Det er relativt lite forurensende aktivitet innenfor utredningsområdet. Arktiske områder er imidlertid ikke isolert fra resten av verden. Tvert imot er det slik at størstedelen av den forurensning som kan være et problem tilføres fra kilder langt utenfor arktiske områder, som Syd-Europa, Øst-Europa og Asia.

Vind, havstrømmer, elver og is fører alle med seg forurensning inn i området. Overvåkingen av miljøet har etter hvert gitt god oversikt over tilførslene, og til en viss grad også effektene på livet i regionen. Klimaendringer vil kunne endre dette mønsteret, og det er vanskelig å forutsi hvordan situasjonen vil være om en generasjon. Når temperatur, isdekke og tilførsler endrer seg vil også livet i havet endre seg, og tilførslene og effektene av forurensning kan bli helt annerledes enn det vi er i stand til å forutse i dag. Klimaendringene i seg selv vil utgjøre en betydelig stressfaktor for arktiske planter og dyr, noe som kan gjøre dem mer sårbare for tilleggsstress fra forurensning.

I arktiske områder måles det som regel svært lave konsentrasjoner av forurensende stoffer i vann og luft. Spesielle fysiske og meteorologiske forhold gjør imidlertid at mange av stoffene, som kommer luftveien til Arktis fra varmere strøk, "destilleres ut" i kalde områder. Her kan de lagres i jord, snø, is og sedimenter, slik at de utgjør en kilde til påvirkning over lang tid, eller de kan tas opp direkte av organismer. Mange miljøgifter samler seg spesielt lett i fett. Siden planteplankton og de fleste arktiske dyr bruker fett som opplagsnæring, vil forurensningene samle seg opp i fettvev og konsentreres opp gjennom næringskjeden. Vi ser derfor de største effektene av miljøgifter på de øverste trinnene i næringskjeden som isbjørn, enkelte selarter, tannhval og mange sjøfugl.

5.2 Tilførselsveier

Atmosfærisk transport er den raskeste tilførselsveien for flyktige og halvflyktige organiske miljøgifter. Det kan ta mindre enn en uke fra en miljøgift slippes ut i Asia til den havner i Arktis. Havstrømmer kan, til sammenlikning, bruke flere tiår fra sørlige breddegrader til polare områder. Strømmene er imidlertid viktigere enn tidligere antatt for polare og vannløselige organiske forbindelser som vaskes ut fra atmosfæren og føres videre med havet, for eksempel HCH, pentaklorfenol og endosulfan. Avrenning fra land spiller antakelig bare en rolle langs kysten, mens elvetilførslene fra de store russiske elvene neppe fører forurensning direkte inn i våre områder. Havis har imidlertid et potensial til å frakte forurensning inn i de nordligste delene av utredningsområdet.

[32] Bygger på grunnlagsrapport nr. 2 – fullstendig nettadresse i kap. 10.1.

5.2.1 Atmosfæren

Luften i Arktis inneholder relativt små mengder forurensende stoffer sammenlignet med jord, sedimenter og vann. Likevel er det slik at mye av forurensningene kommer inn i området med luftstrømmene.

Lufttransporten er svært avhengig av årstidene og svingningene i de store værsystemene. Om vinteren og våren vil et høytrykkssystem over Sibir skyve den arktiske fronten mot sør slik at forurensende virksomhet i Eurasia er innenfor den arktiske luftmassen. Vinder som kan føre forurensninger til Arktis er derfor hyppigere om vinteren og våren enn om sommeren og høsten (figur 5.1).

I løpet av den arktiske vinteren blir transporten mer effektiv på grunn av at det er lite skyer og nedbør over områder med høytrykk. Lave vindhastigheter og temperatur-intervensjoner som skyldes det kalde vinterværet gjør at forurensningen samles i atmosfæren og følger den atmosfæriske sirkulasjonen. Lite lys bidrar til at mindre av forurensningen omdannes fotokjemisk. Dette er grunnen til at sulfater og sot fra Eurasia kan bidra til disen i det lavere laget av den arktiske atmosfæren om vinteren og våren. Nord-Amerika og Øst-Asia bidrar sjelden til dette siden luftmassene fra disse områdene må bevege seg over store havområder der lavtrykksystemene gir regn og snø en sjanse til å rense luftmassene før de når Arktis. Hovedbidraget til luft-transportert forurensning kommer derfor først og fremst fra de store industriområdene i Europa og Eurasia.

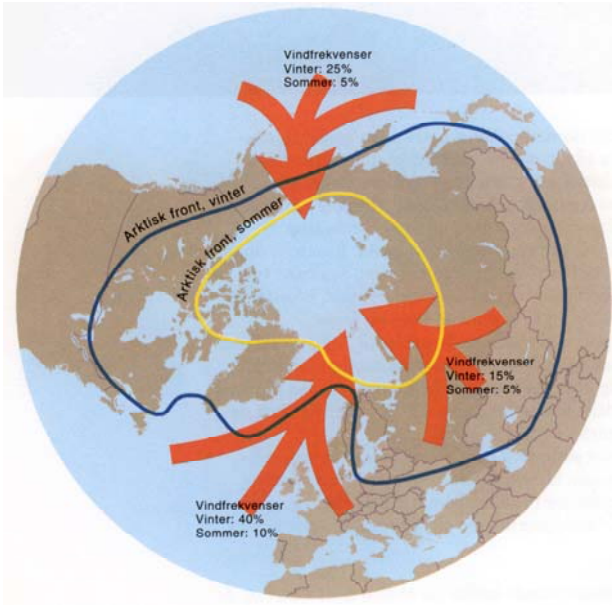


Fig. 5.1 Gjennomsnittlige plassering av de arktiske luftmassene i januar og juli, og vinter- og sommer-frekvenser for vinder som utgjør transportveier fra sør til nord (Kilde: AMAP 1997).

Om sommeren løses de kontinentale høytrykksystemene opp og lavtrykkene over havområdene blir svakere. Lufttransporten av forurensninger fra de midlere breddegrader blir derfor mindre viktig om sommeren enn om vinteren. Sommeren er også varmere, noe som bidrar til skydannelser og regn som kan fjerne forurensninger fra lufta før de blir transportert langt av gårde. Sollyset om sommeren bidrar i tillegg til fotokjemisk nedbrytning av noen av de forurensende stoffene.

Enkelte typer forurensning, særlig flyktige og halvflyktige organiske forbindelser og kvikksølv, transporteres i gassform og oppfører seg forskjellig fra forurensning som er

bundet til partikler eller aerosoler. Transporten kan skje i flere sprang. Til å begynne med blir forbindelsene transportert som gass med vind. Deretter kan de binde seg til partikler på bakken, på is eller i havet. De kan også løses i vann. I sommerperioden med høyere temperaturer kan forbindelsene bli flyktige igjen, stige opp i atmosfæren og bli transportert videre i gassform. Stabile organiske miljøgifter og kvikksølv kan gjenta denne prosessen flere ganger. Slike forbindelser kan bli spredt over hele kloden, og dette kan forklare hvorfor kjemikalier som aldri har vært brukt i Arktis likevel finnes i vev hos mennesker og dyr i området.

For noen forbindelser er nivåene høyere i Arktis enn det som er forventet. En viktig forklaring på dette er det kalde klimaet. Etter hvert som temperaturen faller kondenseres forbindelsene fra gassform over på partikler eller snøflak i lufta og deponeres til slutt på bakken. Stoffene kan også kondenseres direkte på snø, is og jord. Ved de lave temperaturene i Arktis er sannsynligheten for at de igjen blir flyktige liten. Arktis fungerer derfor som et utfellingsområde for slike forbindelser. I tillegg løser forurensninger i gassform seg lettere i vann ved lave temperaturer enn i varmere omgivelser.

5.2.2 Elver og avrenning fra land

Det er ingen store elver som kan transportere forurensning direkte ut i utredningsområdet. Jenisej (630 km^3 ferskvann per år) og Ob (404 km^3 ferskvann per år) kan imidlertid føre forurensning ut i Karahavet. Her kan den inkorporeres i is, eller i sedimenter som inkorporeres i is, og transporteres til Barentshavet.

Avrenning fra land kan spille en viss rolle for forurensningstilførslene. Regn fører forurensninger ut i elver og bekker, og når snøen smelter konsentreres vannløselige kjemikalier i smeltevannet. De første 20 - 30 % smeltevann kan fjerne 40 - 80 % av den vannløslige forurensningen som var til stede før smeltingen startet. Avrennings- og smeltevann kan derfor gi økt forurensning, men dette vil hovedsakelig påvirke de kystnære områdene.

5.2.3 Istransport

Utredningsområdet er for størstedelen et grunt havområde. Nord og øst i Barentshavet dannes det havis om høsten og vinteren som smelter om våren og sommeren. Det driver også inn is fra Polbassenget og fra Karahavet. Isdekket i Barentshavet utgjør en effektiv felle for lufttransportert forurensning. I tillegg kan forurensning tas opp fra vannet og bunnen under isdannelsesprosessen. Havis kan ta opp partikler på samme måte som elveis, der isnåler og grunnis fanger opp materiale fra vann og sedimenter. Opptaket er særlig effektivt for mindre partikler opp til siltstørrelse. Fordi mange typer forurensning binder seg til slike finkornete partikler kan isen bli mer forurenset av disse stoffene enn vannet. Vannløselige stoffer vil oppføre seg forskjellig fra de som fester seg til partikler, men dannelsen av havis kan likevel utgjøre en vei for langtransport. Når havvann fryser skilles det ut konsentrert saltløsning som kan ta med vannløslige forurensninger ned til de dypere delene av havet.

Havis kan også være en effektiv transportvei inn i utredningsområdet for større akuttutslipp av forurensninger som havner på isen, som olje fra en tankskipsulykke eller et større utslipp av andre typer forurensninger på land.

Når isen smelter stabiliseres overflatevannet, og forurensningene frigjøres slik at de kan tas opp av encellede alger som blomstrer opp og deretter akkumuleres i næringskjeden. Mekanismene og hovedprosessene ved omfordeling av forurensning er vist i figur 5.2.

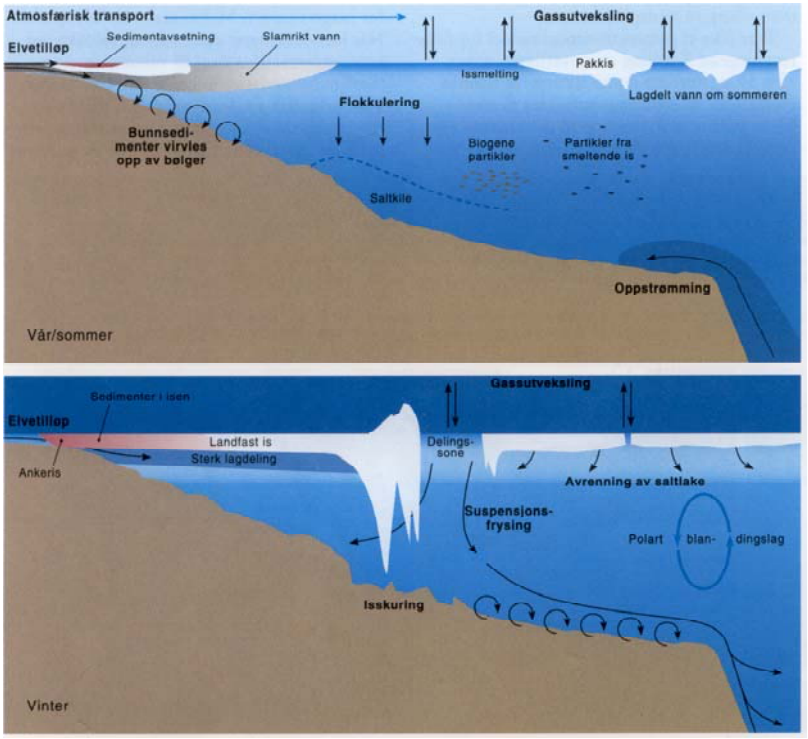


Fig. 5.2 Oversikt over prosesser som bestemmer forurensningens bevegelser langs kysten og i sokkelhavene om våren/sommeren og om vinteren (Kilde: AMAP 1997).

5.2.4 Havstrømmer

Tre forskjellige vannmasser strømmer inn i utredningsområdet. Varmt atlantisk vann kommer inn fra sørvest (figur 3.1 s. 19). Innstrømmingen til Barentshavet er i størrelsesorden 2 - 3 Sv[33]. Mellom fastlandet og det atlantiske vannet ligger den norske kyststrømmen. Kyststrømmen har sin opprinnelse i Østersjøen og Skagerrak og følger kysten nordover inn i Barentshavet, hvor den fortsetter videre østover opp langs kysten av Russland. Arktisk vann trenger inn i Barentshavet fra nord og møter det atlantiske vannet i Polarfronten. Denne fronten er markert og klart definert i de vestlige områdene av Barentshavet, mens den i de østlige områdene er mer diffus.

Vannmassene sydfra, og særlig kyststrømmen, transporterer forurensning inn i Lofoten-Barentshavet. Radionuklider fra Sellafield kommer f.eks. inn i Barentshavet med den norske kyststrømmen. Det samme vil være tilfellet med andre forurensninger fra det europeiske kontinentet.

5.2.5 Klimaendringer

Tilførselsveier og avsetninger av organiske forbindelser og tungmetaller i Arktis vil i svært stor grad bli påvirket av eventuelle endringer i klimaet (kap. 4). Tilførslene og

[33] Sv = Sverdrup. 1 Sv er 1 million m^3 vann per sekund.

avsetningene av forurensninger i polare områder er resultatet av komplekse, interaktive systemer som styres av mange faktorer som temperatur, nedbør, vind, havstrømmer, samt snø- og isdekke. Endringer i tilførsler og avsetninger vil påvirke opptak, akkumulering og effekter i arktisk miljø, på enkeltindivider og i næringskjeder. Modellering av klimaet viser at det kan forventes store endringer i de atmosfæriske og oseanografiske tilførselsveiene for forurensninger til Arktis. Endringene i klimaet de siste tiårene kan bidra til å forklare noen av trendene i forurensningsutviklingen. Det forventes moderate endringer i utredningsperioden. De største endringene forventes etter 2020, og betydningen for forurensningssituasjonen vurderes derfor ikke i denne utredningen.

5.3 De viktigste stoffene (kilder, mengder, trender, generelle effekter)

Det finnes over 100 000 kjemiske forbindelser på det europeiske markedet[34]. Det er ikke kjent hvilke miljøeffekter det store antallet av disse kjemikaliene har. Tabell 5.1 viser en oversikt over myndighetenes prioriterte miljøgifter og andre viktige miljøfarlige stoffer som er påvist som forurensninger i miljøet, sortert i stoffgrupper. De prioriterte kjemikaliene representerer bare de mest miljøfarlige av de kjemikaliene hvor skadelige effekter er kjent, eller hvor det er særlig grunn til å tro at det kan være slike effekter. Det eksisterer imidlertid svært liten kunnskap om effektene av et eventuelt samvirke mellom stoffene, og av den totale belastningen de utgjør.

Som et utgangspunkt for utredningen ble det laget en liste over stoffer som har dannet basis for gjennomgangen av eksisterende kunnskap om situasjonen i Barentshavet (tabell 5.1). For organiske forbindelser og tungmetaller er tabellen basert på AMAPs siste rapport "Arctic Pollution 2002"[35] og på prioritetslisten i St.meld. nr. 25 (2002-2003) "Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand" (RM). Prioritetslisten inneholder i tillegg kriterier som skal gjøre det mulig å identifisere miljøfarlige stoffer som ikke er spesifisert på listen (nederst i tabellen).

[34] "White paper" om EU's kjemikaliepolitikk ("Strategy for a future chemicals policy", Commission of the European Communities, Brussels 2001). Pdf-versjon kan lastes ned fra http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/0188_en.pdf.

[35] AMAP. 2002. Persistent organic pollutants in the Arctic (http://www.amap.no/Assessment/ScientificBackground.htm#pops).

Tab. 5.1 Stoffer og stoffgrupper som vurderes som relevante for konsekvensanalysen av ytre påvirkningsfaktorer for Barentshavet (RM = stoffet står på prioriteringslista i Rikets Miljøtilstand 2002-2003)[36].

Stoffgruppe	Stoff	RM	Kommentarer
Persistente organiske forbindelser (POP'er)	Aldrin og dieldrin		
	Klordaner		
	DDT og metabolitter		
	HCB		
	HCH		Alpha, beta og gamma (lindan)
	Mirex		
	Toksafener		
	1,2 dikloretan (EDC)	x	
	Tetrakloreten (PER)	x	
	Triklorbenzen	x	
	Trikloreten (TRI)	x	
	Klorerte alkylbenzener (KAB)	x	
	Muskxylener	x	
	Endosulfan		
	Pentaklorfenol	x	
	Dioksiner, furaner, dioksinlignende PCBer og metabolitter	x	
	Andre PCBer	x	
	Klorerte parafiner (SCCP)	x	Kortkjedete og høyklorerte
	PCN (polyklorerte naftalener)		
	PBDE, BBPh/HBCD og metabolitter	x	Bromerte flammehemmere
	PFOS, PFOA og PFAS		
	TBT og metabolitter	x	
	TFT og metabolitter	x	Evt. andre organometall-forbindelser
	PAH	x	
	Pentaklorfenol	x	
	Enkelte tensider	x	
	Oktyl- og nonylfenoler	x	Inkl. stoffenes etoksilater
Hydrokarboner	Olje		
Tungmetaller	Kvikksølv	x	
	Kadmium	x	
	Bly	x	
	Kobber	x	
	Krom	x	
Radioaktive stoffer	Cesium-137		
	Strontium-90		
	Plutonium-239		
	Technetium- 99		
	Radium-226, radium-228 og datterprodukter		

RM 2002-2003 prioriterer i tillegg stoffer som oppfyller ett av 3 kriterier:

1. Lite nedbrytbare stoffer, som hoper seg opp i levende organismer og som har alvorlige langtidsvirkninger for helse, eller er svært giftige i miljøet.
2. Svært lite nedbrytbare stoffer som svært lett hoper seg opp i levende organismer.
3. Stoffer som gjenfinnes i næringskjeden i nivåer som kan representere en helse- eller miljørisiko, eller gir tilsvarende grunn til bekymring slik som hormonforstyrrende stoffer og tungmetaller.

SFT har bl.a. identifisert følgende stoffer (ny på prioritetslista i RM):

- arsen og arsenforbindelser, høyklorerte mellomkjedete parafiner (C15-17), diethylheksylftalat (DEHP), enkelte PFAS/PFOS-forbindelser

[36] I tillegg utredes aktuelle stoffer fra prioritetslister utarbeidet av EU og OSPAR:

- List of priority substances in the field of water policy", Official Journal of the European Communities 15.12.2001, L 331/4, Annex X.
- List of chemicals", directive 67/548/EØF, annex I and later adaptations.
- OSPAR List of substances of possible concern. OSPAR Commission, ref.no.2002-17.
- OSPAR List of chemicals for priority action. OSPAR Commission, ref.no. 2002-18.

5.3.1 Persistente organiske forbindelser (POPer)

5.3.1.1 Egenskaper og effekter

Persistente stoffer er tungt nedbrytbare i naturen. De vil derfor forbli i miljøet og lettere kunne spres til områder langt fra utslippsstedet. De fleste vil kunne anrikes i næringskjedene (bioakkumuleres). Dette gjelder særlig de stoffene som binder seg til fett. Planktonalgene, som er basis for de marine næringskjedene i Arktis, produserer fett (lipider) og akkumulerer forurensning. Dyrene videre oppover i næringskjeden er avhengige av å legge opp store fettreserver om sommeren for å overleve vinteren og oppkonsentrerer derfor miljøgiftene videre. Dermed blir de arktiske økosystemene spesielt sårbare. Selv om det generelle forurensningsnivået i vannet i Barentshavet kan være lavere enn lenger sør, er det derfor funnet meget høye nivåer i arter høyt oppe i de arktiske næringskjedene, som isbjørn, polarmåke og røye. Når fettet brukes til energiproduksjon i løpet av vinteren, frigjøres miljøgiftene, og nivåene i blod og organer øker kraftig. Det er påvist effekter særlig på hormonsystemet, enzymsystemene, nervesystemet og immunsystemet. Disse effektene kan føre til redusert forplantningsevne, redusert utvikling, dårligere overlevelsesevne for ungene, samt endringer i adferd og evnen til å tåle sykdommer.

Det er påvist kroniske effekter, bl.a. av PCB (polyklorerte bifenyler), hos enkelte arter. Redusert immunrespons hos isbjørn og nordlig pelssel har ført til redusert motstand mot infeksjoner. Immunologiske, reproduktive og adferdsrelaterte effekter, så vel som redusert overlevelsesevne, er blitt funnet hos polarmåke. Vandrefalk er utsatt effekter på det reproduktive systemet og fortynning av eggeskall. Langs alle arktiske kyster er det påvist effekter av organotinnforbindelser, særlig TBT (tributyltinn), på snegl og muslinger. Utenfor norsk område, blant annet på Færøyene og Grønland, er det funnet effekter av POP-forurensning hos mennesker i områder hvor det er høyt inntak av tradisjonell, sterkt fettholdig mat, særlig fra marine dyr.

5.3.1.2 Kilder

Tilførslene av POPer er studert i snø på Lomonosovfonna på Svalbard. Høye avsettingsflukser av DDT, ni ganger høyere enn på Grønland (Summit), tyder på at tilførslene skriver seg fra lokale kilder. HCH-, dieldrin- og endosulfanfluksene var også høyere på Svalbard, mens PCB-fluksene var høyest på Grønland. De persistente, organiske miljøgiftene blir først og fremst langtransportert til Arktis fra kilder i Europa, Nord-Amerika og Asia. Mange havner langs norskekysten er sterkt forurenset, og forurensede havneområder langs kysten av Nord-Norge er mulige kilder til deler av området. Nivåene av PCB og DDT er høyest i de østlige delene av Barentshavet og Karahavet, med avtagende konsentrasjoner mot øst og vest. Ved å sammenligne sammensetningen av PCB i krykkje og polarmåke fra ulike kolonier i Barentsregionen, er det påvist at de minst nedbrytbare organiske miljøgiftene finnes på Jan Mayen, mens de mest flyktige PCB-forbindelsene finnes i Petsjoraområdet. Dette tyder på at PCB-forurensningen i Barentshavet kan være knyttet til utslipp fra russiske områder. i Elvene Ob, Taz, Nady, Pur og Jenisej har høyt innhold av klororganiske forbindelser. Det er derfor trolig at disse elvene er de dominerende kildene for tilførslene til Karahavet, og derfra til nærliggende arktiske havområder.

Nivåene av toksafen er relativt høyere i vågehval fra Barentshavet og østlige Svalbard sammenlignet med Vest-Grønland. Polybromerte difenyletere (særlig PBDE 47 og 99) finnes i høyere nivåer i polarmåke, ringsel og hvithval på Svalbard sammenlignet med i kanadisk Arktis. Nivåer av PBDE 47 i torskelever fra kysten av Nord-Norge er tilsvarende høyere sammenlignet med torskelever fra Kodiak og Anchorage i Alaska.

5.3.1.3 Tilførsler

Det finnes ikke kvantitative estimater for de totale tilførslene av persistente organiske forurensninger til utredningsområdet. Selv om det finnes enkelte lokale kilder nær tett befolkede områder, antas det at langtransportering av forurensning fra sørligere breddegrader er den viktigste tilførselsveien.

Luftmålinger fra midten til slutten av 1990-årene viser lave nivåer av HCH, klordaner og DDT i Arktis. Konsentrasjoner av PCB og HCB i luft ved Zeppelin (Ny-Ålesund, Svalbard) er imidlertid høyere enn tilsvarende målinger i Canada. Resultatene tyder på at europeisk Arktis fremdeles mottar mer PCB enn tilfellet er i nordamerikansk Arktis. Luftdata indikerer også at PAH langtransporteres fra kilder i Eurasia, og at kilden er kull- og oljeforbrenning. Mange nye kjemiske forurensninger er funnet i arktisk luft. Dette inkluderer plantevernmidler (endosulfan, metoksyklor, trifluralin og pentakloranisol), industrielle biprodukter (trikloroveratrol, tetraklorveratrol og oktaklorstyren), klorerte naftalener, PBDEer og kort-kjedete klorparafiner.

5.3.1.4 Trender/utvikling

Det finnes svært få lange måleserier for persistente organiske forurensninger i og omkring utredningsområdet. Det er derfor vanskelig å vurdere i hvilken utstrekning vedtatte tiltak i de ulike land, og forbud mot bruk av slike stoffer, har bidratt til reduserte konsentrasjoner i miljøet. Det er inngått internasjonale avtaler som regulerer bruken av en rekke stoffer. Dette har bidratt til at mange er faset ut. Det gjelder f.eks. industrikjemikaliet PCB, som er mest vanlig å finne i arktiske dyr, og sprøytemidler som DDT og HCH. Disse stoffene er allerede spredd i naturen og det er etablert store reserver i jord og sedimenter. De finnes også i produkter som fremdeles er i bruk. Dette betyr at det vil ta lang tid før de er borte fra miljøet.

Generelt avtar nivåene av total PCB, total DDT og dieldrin i Arktis. Reduksjon av α-HCH i arktisk luft følger reduksjonen i global bruk, mens reduksjonen i vevet til marine dyr er mye langsommere. For andre POPer er nedgangen minimal og i noen tilfeller øker påvirkningen, til tross for redusert bruk og utslipp. Dette illustrerer at det kan gå lang tid fra en aktuell reduksjon til at man ser samme nedgangen i arktiske biota. Denne utviklingen finner en for eksempel for PCB, toksafen og β-HCH. Samtidig introduseres det hele tiden nye kjemikalier, ofte som erstatning for stoffer som fases ut. Både forekomst, nivåer og effekter av disse er mindre kjent enn for de ”gamle” stoffene. Det er eksempelvis påvist en sterk økning i nivåene av bromerte flammehemmere.

En tidsserie med målinger på sjøfuglegg i perioden 1973 til 1993 fra ulike kolonier i Nord-Norge, på Svalbard og på Kolakysten, viser en nedgang i PCB i flere måke- og alkefugler fra 1973 fram til 1993. En annen tidsserie viser PCB-153 i isbjørn for perioden 1990-1998 (figur 5.3). Denne viser en fallende tendens i første halvdel av tidsserien og en utflating i andre halvdel. Nedgangen i løpet av første del av tidsserien er signifikant og kan tolkes som resultat av regionale restriksjoner i bruk og utslipp av

PCB. Denne utflatingen er nå stabilisert, og PCB i isbjørn ser ut til å ha nådd en likevekt. Sammenlignet med Alaska og Canada er PCB-nivået i isbjørn på Svalbard 2-6 ganger høyere. Dette kan skyldes både geografisk fordeling og størrelsen på de regionale utslippene, samt forskjeller i avsetningene over det nordlige Stillehavet og Nord-Atlanteren.

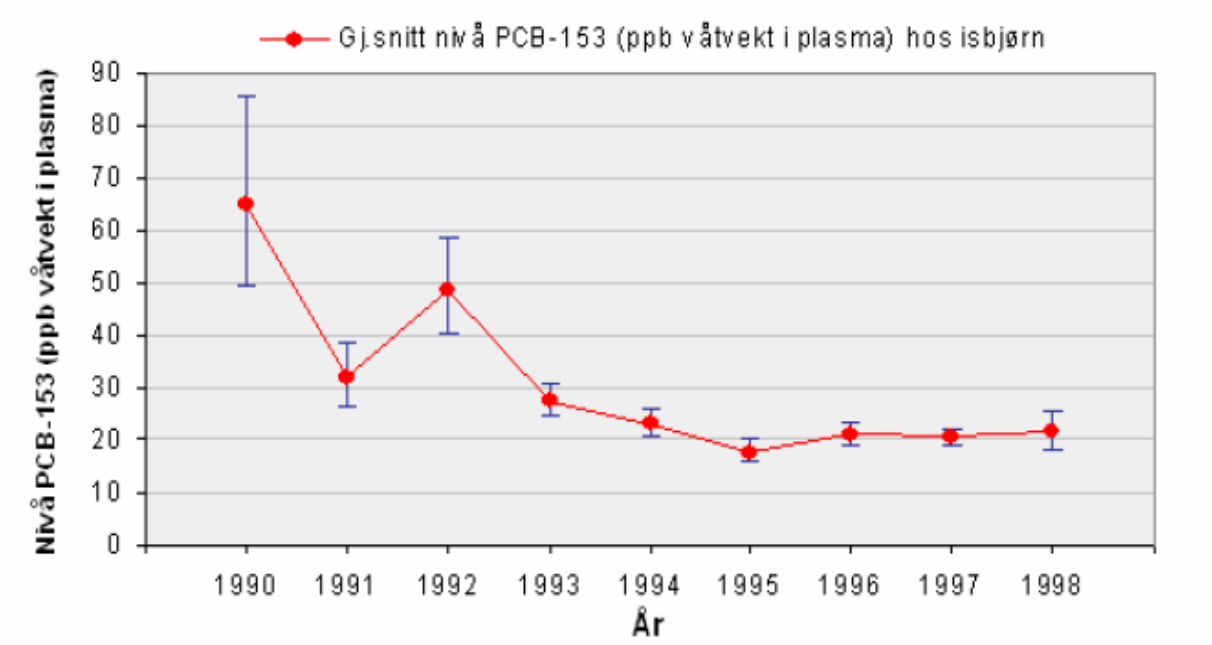


Fig. 5.3 Gjennomsnittsnivå ± standard avvik for PCB 153 i blodplasma fra isbjørn målt i norsk Arktis 1990 - 98. Det er brukt en lineær regresjonsmodell som inkluderer justeringer for lipidinnhold i plasma, ernæringsstatus, alder, østlig lengdegrad for prøvetaking og eliminering gjennom melk[37].

5.3.1.5 Nivåer i utredningsområdet

Det er gjort få målinger av persistente organiske forbindelser i de åpne havområdene, men det er påvist høye nivåer i enkelte marine pattedyr. Tydelige effekter er påvist hos isbjørn og fugl på toppen av næringskjeden. Bromerte flammehemmere som polybromerte difenyletere (PBDE), polyklorerte naftalener (PCN) og plantevernmidler som ennå er i bruk, slik som endosulfan, er blitt påvist i luft og biota. Mest overraskende er de høye nivåer av PFOS i isbjørn, sammenlignet med andre dominerende miljøgifter som PCB, klordaner og HCH forbindelser.

Organiske tinnforbindelser, som tributyltinn (TBT), har også ført til betydelige skader på enkelte arter langs kysten. TBT er giftig for alger og dyr og har derfor blitt brukt i antibegroingsmidler på fartøyer og petroleumsinstallasjoner. Dette stoffet og beslektede forbindelser har imidlertid hormonforstyrrende effekter, og det er vist omfattende skader på bunnlevende dyr, som purpursnegl og kongesnegl, langs hele norskekysten (imposex). Det er også påvist rester av TBT rundt enkelte petroleumsinstallsjoner. Det antas imidlertid at tinnorganiske forbindelser ikke tilføres utredningsområdet i så store mengder at det kan påvirke livet i de åpne havområdene. Forbud mot bruk av TBT på småbåter har ført til visse tegn på forbedringer langs

[37] Se MOSJ (Miljøovervåkingssystem for Svalbard og Jan Mayen) marine tolkning (http://miljo.npolar.no/mosj/MOSJ/reviews/review024.pdf)

kysten. En internasjonal avtale som forbyr TBT på skip etter 2008 trådte i kraft i 2004 (FNs sjøfartsorganisasjon – IMO).

5.3.2 Tungmetaller

Tungmetaller forekommer både naturlig og som forurensning fra aktiviteter som gruvedrift, forbrenning og industrivirksomhet. Mange av de kjemiske formene tungmetallene opptrer i kan langtransporteres. De bioakkumuleres og er ofte giftige, selv i lave konsentrasjoner.

Kvikksølv (Hg) , bly (Pb) og kadmium (Cd) er de mest problematiske metallene i arktiske områder. Særlig er det knyttet stor bekymring til at Arktis fungerer som et globalt utfellingsområde for kvikksølv som følge av kjemiske prosesser som starter når sola kommer tilbake om våren. Da stiger kvikksølvmengdene i miljøet, og reaktivt kvikksølv blir tilgjengelig for opptak i planter og dyr. Nivåene i miljøet går heller ikke ned, til tross for reduksjon i utslippene i Vesten. Bly er på den annen side en av suksesshistoriene fra bekjempelsen av forurensing, ettersom utfasing av blybensin har redusert avsetningene i Arktis betydelig. Kadmium vet man fremdeles for lite om til å kunne bedømme hvilken risiko det kan utgjøre på lengre sikt, men metallet finnes i relativt høye konsentrasjoner hos noen arter og i enkelte områder.

5.3.2.1 Forekomst og effekt

Generelt synker tungmetallnivåene i luft, vann og snø ned mot bakgrunnsnivåene når man beveger seg bort fra lokale kilder, men dette gjelder ikke metaller som kan opptre i gassform, som kvikksølv. Nivåene av kvikksølv og kadmium i enkelte arktiske dyr er høye nok til å gi effekter på enkeltindivider og på mennesker som spiser mye fisk, fugl og marine pattedyr. Det er blant annet påvist helseskader av kvikksølv hos barn på Færøyene. Det er særlig på fosterstadiet og hos unge individer at det oftest oppstår skader av tungmetallforgiftning.

5.3.2.2 Kilder

Kildene til kvikksølv i Arktis ser ut til å være hele verden. Særlig bidrar kullbrenning i Sørøst-Asia vesentlig, og metallet føres i gassform med luftstrømmene nordover. På grunn av reduksjon av blyholdig drivstoff på globalt nivå i 1970-80 årene har avsetningene av bly blitt redusert, men nivåene i dyr i den europeiske delen av området reflekterer foreløpig ikke denne endringen. Dette tyder på at det er et kontinuerlig opptak fra blyreserver i jord og sedimenter. Det samme gjelder trolig for kadmium.

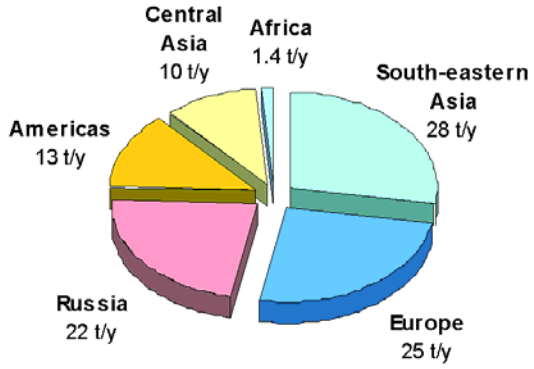


Fig. 5.4

Tilførsler av kvikksølv til Arktis fra ulike regioner (t/y = tonn pr. år). Kilde: EMEP/MSC-E

5.3.2.3 Tilførsler

Tilførslene av kvikksølv har øket i enkelte områder, men ikke i europeisk del av Arktis. Atmosfærisk tilførsel er den viktigste transportveien for metaller, spesielt for kvikksølv, men elver er også viktige tilførselsveier for bly, kadmium og spesielt sink. Nye resultater viser at kvikksølv felles ut fra atmosfæren og blir avsatt på snø og is i en form som er biotilgjengelig (blir tatt opp av mikroorganismer). Dette kan være en viktig mekanisme for overføring av atmosfærisk kvikksølv til arktiske næringskjeder.

5.3.2.4 Trender

Utslippene av kadmium, kvikksølv og bly fra industrialiserte land har avtatt de senere årene som følge av utslippsreduserende tiltak. Blynivåene er forventet å fortsette å avta over tid hvis nåværende trend med reduksjon i bruken av blyholdig bensin fortsetter. Kadmiumnivåene i enkelte marine arter er generelt høyere i Arktis enn på andre deler av kloden, men nivåene ser ikke ut til å være økende.

5.3.2.5 Nivåer i utredningsområdet

Med unntak av for kvikksølv er det ikke påvist direkte biologiske effekter av tungmetaller i Arktis, men nivåene av kadmium er høye nok til at det forventes skader på arktiske organismer, siden det er kjent at tilsvarende nivåer gir effekter på ikke-arktiske arter. Kvikksølvnivåene i sjøfugl er generelt lavere i Barentshavet enn på Grønland, i Canada og i Nordvest-Sibir, bortsett fra hos ærfugl som hadde like nivåer i alle områdene. Nivåene av kadmium ser ikke ut til å være stigende i arktiske dyr. Kadmiumkonsentrasjonene i ringsel fra Svalbard er lavere enn i Canada og Grønland. Sjøfugl fra Barentshavet har de laveste nivåene av kadmium i Arktis. De høyeste nivåene er målt i de nordøstlige delene av Sibir. Selv om konsentrasjonene av kadmium overstiger forventete effektnivåer i noen marine pattedyr i Arktis, så er det ikke påvist kadmiumrelaterte effekter.

5.3.3 Hydrokarboner

Skipstrafikk og utvinning av olje og gass kan føre til utslipp av en rekke hydrokarbonforbindelser. I tillegg er det en naturlig lekkasje av hydrokarboner fra petroleumsforekomster i berggrunnen. En gruppe hydrokarboner, såkalte polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH - tjærestoffer), tilføres i tillegg fra en lang rekke andre kilder som forbrenning og industriutslipp.

5.3.3.1 Forekomst og effekter

Hydrokarboner finnes i havvann og sedimenter overalt i Arktis. De største konsentrasjonene er påvist utenfor elvemunninger og i havner. Siden PAH er nedbrytbart har det sannsynligvis bare lokale effekter, for eksempel i nærheten av oljebrønner, metallurgisk industri og utenfor urbane områder. Forhøyete verdier er kun funnet i skjell og muslinger som vokser i områder med direkte utslipp. Fisk og andre organismer fra åpne haveområder inneholder svært lave nivåer, og PAH antas derfor ikke å være et generelt problem i utredningsområdet.

5.3.3.2 Kilder

Industri og byområder i regionen er lokale kilder, men langtransportert luftforurensning er trolig også av betydning. Utslippene kan være kroniske, det vil si at de forekommer regelmessig som følge av en aktivitet, eller de kan være akutte. De viktigste kildene til akutte utslipp vil være skipstrafikk og petroleumsvirksomhet nær

grensene til utredningsområdet. Oljeutslipp i Barentshavet vil kunne ha andre effekter enn lenger syd på grunn av is, lave temperaturer og mørketid (se ULB og US).

5.3.3.3 Tilførsler

Bortsett fra ved akutte utslipp og lokale kilder, er tilførslene av hydrokarboner til Arktis relativt lave. Det er ikke tilgjengelig informasjon om samlede tilførsler av PAH til regionen. Det antas at noen hydrokarbonforbindelser kan tilføres utredningsområdet fra petroleumsvirksomheten i Nordsjøen og Norskehavet, men det finnes ikke målinger som kan bekrefte dette. I 2000 var de totale utslippene av PAH fra den norske petroleumsvirksomheten vel 5 tonn. Planlagte rensetiltak vil redusere denne mengden til i overkant av 2 tonn i 2006. Fortynning, utfelling og omdanning vil bidra til at svært lite av de opprinnelige stoffene kommer inn i området Lofoten-Barentshavet. Noen av omdanningsproduktene kan imidlertid være kreftfremkallende. Det er liten kunnskap om utslippene på russisk side, men strømsystemene er slik at det ikke forventes direkte tilførsler fra dette området.

5.3.3.4 Betydning i utredningsområdet

Det er målt lave konsentrasjoner av PAH i muslinger langs kysten. Det er ikke påvist direkte biologiske effekter av olje og PAH i Barentshavet, og det er bare målt meget lave nivåer i dyr. På grunn av generelt lave konsentrasjoner i sjøvann er det lite sannsynlig at det forekommer biologiske effekter av betydning.

Akutte oljesøl kan gi store og langvarlige effekter. Erfaringene fra Exxon Valdez ulykken i 1989 viser at både akutt- og langtidseffektene kan bli omfattende. De største effektene oppstår dersom oljen strander. Utredningsområdet kan tilføres betydelige mengder olje fra et oljesøl eller en utblåsning umiddelbart utenfor grensene. Men effektene vil utvilsomt bli størst ved et søl eller en utblåsning inne i området. Det henvises derfor til de effektvurderinger og scenarier som er gjort i US og ULB.

5.3.4 Alkylfenoler

5.3.4.1 Egenskaper og effekter

Alkylfenolene er en stor gruppe forbindelser som blant annet finnes naturlig i petroleumsreservoarene. Noen alkylfenoler er også blitt brukt som industrikjemikalier. De har liten til moderat akutt toksisitet (2 mg/l-0.2 mg/l). Industrikjemikaliene og noen av de naturlig forekommende forbindelsene har vist seg å ha sterkt hormonforstyrrende egenskaper på vannlevende organismer. Havforskningsinstituttet har i kontrollerte forsøk vist at alkylfenoler kan ha effekter på torskens formeringsevne. Tilsvarende effekter er imidlertid ikke påvist hos ville bestander, selv om noen undersøkelser har indikert effekter som kan ha sammenheng med slike utslipp. Det er imidlertid metodisk vanskelig å påvise slike effekter og knytte dem til en kilde i åpne havområder.

5.3.4.2 Forekomst i området

Det er ikke målt alkylfenoler i utredningsområdet, men siden alkylfenoler er en naturlig bestanddel i produsert vann fra petroleumsvirksomheten, kan det ikke utelukkes at det er en viss tilførsel fra utslipp lenger syd.

5.3.4.3 Kilder

Alkylfenoler ble tidligere brukt i flere industriprosesser og i vaskemidler, men nå er generelt faset ut av bruk i Norge, både i landbasert industri og offshore. Hovedkilden til alkylfenoler i det marine miljøet er utslipp av naturlig forekommende alkylfenoler med produsert vann fra oljeindustrien (se ULB for flere detaljer, bl.a. tabell 3-1).

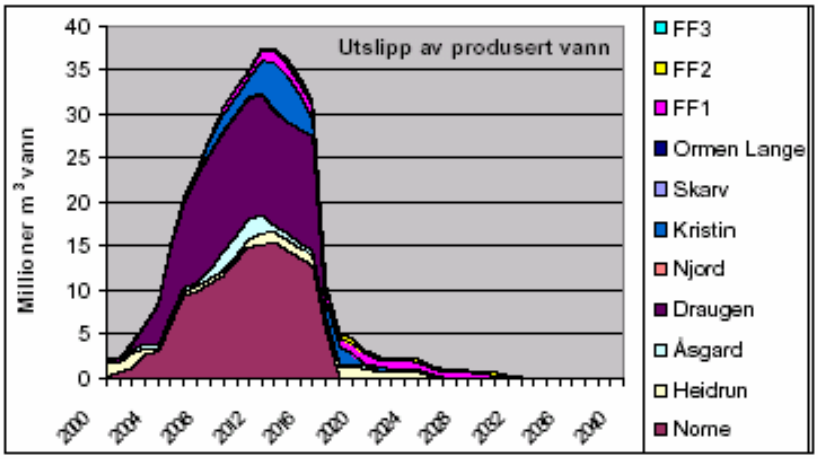


Fig. 5.5 Prognoser for utslipp av produsert vann fordelt på utslippspunkt i Norskehavet. FF er fiktive felt (kilde: Anon. 2003).

5.3.4.4 Tilførsler

Strømsystemene er slik at alkylfenoler fra petroleumsvirksomheten (fra produsert vann) i Nordsjøen og Norskehavet vil kunne føres inn i Barentshavet. I 2002 ble det sluppet ut totalt 204 tonn alkylfenoler på norsk sokkel, hvorav gruppen C4-C9, som inneholder de mest miljøfarlige stoffene inkludert oktyl- og nonylfenoler, utgjorde 8 tonn.

5.3.4.5 Trender/utvikling

Utslippene av produsert vann fra Nordsjøen og Norskehavet er forventet å øke i årene som kommer (figur 5.5). Det er vanskelig å forutse hvor mange funn som blir gjort på sokkelen i fremtiden. Utslippene etter 2015 kan derfor øke mer enn det figuren antyder dersom vannet ikke injiseres. Hvor lenge utslippene holder seg på et høyt nivå avhenger av hvor mye av det produserte vannet som injiseres og hvor mange nye felt som kommer i produksjon.

5.3.4.6 Betydning i utredningsområdet

Det er ikke forventet effekter av alkylfenoler i utredningsområdet fra dagens utslipp, men kunnskapen er fortsatt mangelfull. Myndighetene og industrien har sammen etablert et forskningsprogram under ledelse av Norges forskningsråd (NFR)[38] som skal se på langtidseffektene av petroleumsvirksomhetens utslipp (PROOF)[39].

[38] http://www.forskningsradet.no
[39] http://www.program.forskningsradet.no/proof/no/index.html?3568

5.3.5 Radioaktive stoffer

5.3.5.1 Egenskaper og effekter

Stråling fra radioaktive stoffer vekselvirker med materien den går gjennom, f.eks. celler og vev, og kan føre til skader på DNA. Høye stråledoser kan være dødelig, mens lavere stråledoser øker risikoen for kreft og genetiske skader. Strålingen kan også gi effekt på immunsystem og reproduksjon. Kunnskap om effekter av små stråledoser er imidlertid fortsatt begrenset.

5.3.5.2 Kilder

Utslipp av radioaktive stoffer til det marine miljø fra nåværende virksomheter har sin opprinnelse fra mange ulike kilder. Blant de viktigste kildene til nåværende radioaktiv forurensning er globalt nedfall fra de atmosfæriske prøvesprengningene som hovedsakelig foregikk på 1950- og 60-tallet. Denne aktiviteten har bidratt til en generell bakgrunnsforurensning i arktisk havmiljø. Fremdeles blir også Cs-137 fra Tsjernobylulykken transportert fra Østersjøen langs Norskekysten til Barentshavet.

Atomgjenvinningsanleggene Sellafield på nordvestkysten av England og La Hague i Nord-Frankrike, samt kjernetekniske anlegg for produksjon av brensel er de største kildene til radioaktive utslipp til marint miljø. Gjenvinningsanlegget i Sellafield bidrar med mest Tc-99 til Nordsjøen, og derfra følger stoffet med kyststrømmen videre nordover. I tillegg er sedimentene i Irskesjøen betydelig forurenset av tidligere utslipp. Disse forurensningene kan over tid remobiliseres og transporteres fra Irskesjøen og nordover langs kysten av Norge.

Andre kilder som bidrar i mindre grad er drift av atomkraftverk, medisinsk og forskningsmessig bruk av kilder, og utslipp av oppkonsentrerte naturlig forekommende radioaktive stoffer i det produserte vannet fra utvinning av olje og gass offshore.

5.3.5.3 Forekomst og trender i området

Barentshavet er blant de reneste havområdene i verden. Aktivitetskonsentrasjoner av radioaktive stoffer fra menneskelig aktivitet er generelt lave, og nivåene er generelt synkende som følge av reduksjoner i utslipp og fortynning av tidligere tilførsler. Atomulykker kan imidlertid gi økte nivåer.

I OSPAR[40]-sammenheng er landene forpliktet til årlig å rapportere utslipp til det marine miljø. De siste ti årene har utslippene samlet sett gått ned. For såkalte beta-emitterende radioaktive stoffer har nedgangen vært relativt beskjeden, mens nedgangen i utslipp av alfa-emitterende radioaktive stoffer, som for eksempel plutonium, har vært merkbart større. En av årsakene til disse trendene er bruken av det britiske renseanlegget EARP som sto ferdig i 1994, og som medførte en klar reduksjon i utslipp av mange av de viktigste radioaktive stoffene. Et viktig unntak er utslippene av technetium-99, som har økt betydelig etter 1994. Utslippene av strontium-90 har også økt. Disse økningene skyldes at renseanlegget ikke er effektivt til å fjerne disse stoffene.

[40] Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (Oslo-Paris konvensjonen) – http://www.ospar.org

5.4 Oppsummering av eksisterende kunnskap

Kunnskapen om miljøgifter i utredningsområdet er med få unntak mangelfull. Usikkerheten er særlig stor når det gjelder effekter og konsekvenser for arter og økosystemer. Kunnskapsstatus for de viktigste stoffgruppene er oppsummert i tabell 5.2.

Tab. 5.2 Oversikt over kunnskapsstatus for viktige stoffgrupper

	POP	Tungmetaller	PAH og alkylfenoler	Radioaktive stoffer
Kilder	Europa, Asia og Nord-Amerika. Noen nye kilder til PCB og DDT i Russland	Europa, Asia og Nord-Amerika. (Hg, Pb) og elver (Pb, Cd). Lokalt problem ved gruver og industri.	PAH: olje, forbrenning. Alkylfenoler: Industrikjemikalier, rengjøringsmidler og produsert vann.	Gjenvinningsanlegg, prøvesprengninger og ulykker.
Trender	Tydelig reduksjon i luft, sen nedgang i biota. Økende nivåer av "nye" stoffer som PFOS.	Kvikksølv øker. Bly forventes å avta med avtakende bruk av blybensin. Cd og Hg lavere i Barentshavet enn andre steder i Arktis. Tilførsler av "nye" tungmetaller fra katalysatorer.	Alkylfenoler: Fases ut av bruk i industrien. Tilførslene fra produsert vann ventes å avta.	Nedgang i tilførslene dersom det ikke skjer ulykker.
Effekter	Påvist hos isbjørn og polarmåke. Høye nivåer hos enkelte andre arter høyt oppe i næringskjeden.	Ikke påvist direkte effekter, men nivåene av Hg og Cd høye nok til at effekter kan forventes.	PAH: kreftfremkallende, giftig, kan skade arvestoffet, men effekter ikke påvist i utredningsområdet. Alkylfenoler: Påvist hormonforstyrrende effekter på fisk i laboratorieforsøk. Ikke påvist effekter i miljøet.	Lite kunnskap om effekter i marint miljø. Betydning for omsetning av sjømat.

5.5 Scenarier

Usikkerhetene omkring utviklingen i tilførslene av miljøgifter og effektene på miljøet i utredningsområdet, gjør at det er vanskelig å lage scenarier. Det er derfor valgt å legge vekten på forventet utvikling. Radioaktive stoffer er behandlet i ulike scenarier og presenteres separat i kap. 5.5.2.

5.5.1 Organiske miljøgifter og tungmetaller

I tabell 5.3 er sannsynlig utvikling frem mot 2020 oppsummert, basert på tilgjengelig kunnskap.

Tab. 5.3 Sannsynlig utvikling for utvalgte stoffer innenfor influensområdet.

Stoff	Sannsynlig utvikling mot 2020	Usikkerhet
PCB, dioksiner/furaner	Svak nedgang i nivået innenfor utredningsområdet på grunn av utfasing av klorholdige innsatsstoffer og andre tiltak. Forventes betydelig reduksjon i dioksinutslipp fra avfallsforbrenning i Europa og Nord-Amerika. Utfasing/forbud mot PCB til bruk i industrien siden 1980. Stoffene inngår i den regionale UN-ECE-POP protokollen og den globale POP-konvensjonen med mål om total utfasing.	Nedgangen er avhengig av at lekkasjer fra eksisterende fyllinger og lagre stoppes og at PCB fases ut. Det er stor usikkerhet knyttet til utslipp av dioksiner som forurensning fra termiske prosesser.
DDT	Nedgang i nivået innenfor utredningsområdet. De fleste bruksområder opphørte i 1969, og siste lovlige bruk i Norge var i 1985. Stoffet inngår i den regionale UN-ECE-POP protokollen og den globale POP-konvensjonen med mål om total utfasing.	Nedgangen er avhengig av at ulovlig bruk ikke forekommer, og at internasjonale avtaler og konvensjoner overholdes.
Toksafen	Forventet nedgang i nivået innenfor utredningsområdet. Forbudt i USA i 1982, men toksafen benyttes ennå i Mellom-Amerika og i Øst-Europa. Stoffet inngår i den regionale UN-ECE-POP protokollen og den globale POP-konvensjonen med mål om total utfasing.	Nedgangen er avhengig av at stoffet fases ut i de områdene de er i bruk per i dag, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner overholdes.
Klordaner	Forventet nedgang i nivået innenfor utredningsområdet. De fleste land har nå forbudt klordaner, og stoffene inngår i den regionale UN-ECE-POP protokollen og den globale POP-konvensjonen med mål om total utfasing.	Nedgangen er avhengig av at stoffet fases ut i de områdene de er i bruk per i dag, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner overholdes.
Bromerte flammehemmere	Nivåene forventes å øke innenfor utredningsområdet. Stoffet er en relativt "ny" miljøgift, og enkelte stoffgrupper av bromerte flammehemmere er forbudt innenfor EU. USA har ingen restriksjoner for bromerte flammehemmere, og stoffet er særdeles stabilt i miljøet.	Liten usikkerhet
PFOS/PFAS	Det forventes økning i nivå av PFOS/PFAS innenfor utredningsområdet. Per i dag er det ingen restriksjoner i forbindelse med bruk av disse stoffene som er særdeles persistente i miljøet.	Liten usikkerhet
TBT og TFT	Nedgang i nivåer innenfor utredningsområdet. Stoffet har vært forbudt på båter mindre enn 25 m og i notimpregneringsmidler siden 1990. Konvensjonen om forbud mot TBT på skip innen 2008 (IMO) trådte i kraft i 2004.	Nedgangen er avhengig av at IMO får gjennomført målsetningen om forbud på skip, og at dette forbudet respekteres globalt.

PAH	Forventer ingen endringer i nivået av PAH innenfor utredningsområdet. Det har vært store reduksjoner i utslippene av PAH fra for eksempel aluminiumsindustrien. Produsert vann fra petroleumsvirksomheten inneholder PAH, men det forventes reduserte utslipp. Biltrafikken vil sannsynligvis øke fram mot 2020, noe som kan bidra til å opprettholde nivået av PAH innenfor utredningsområdet.	Uendret nivå av PAH innenfor utredningsområdet er avhengig av at reduksjonen i utslipp fra landbasert industri og offshoreindustri balanserer forventet økning i langtransporterte tilførsler .
"Nye" miljøgifter	Det kan forventes en økning i antall nye ukjente miljøgifter innenfor utredningsområdet.	Liten usikkerhet om at antallet nye stoffer vil øke, men det er stor usikkerhet knyttet til hvilke stoffer som vil bli tilført, og hvilke effekter disse kan ha på miljøet.
Kvikksølv	Forventes nedgang i nivået av kvikksølv innenfor utredningsområdet, men økende påvirkning i andre deler av Arktis. Kvikksølv fases i stor grad ut fra ulike produkter, noe som vil redusere tilførslene av kvikksølv fra forbrenningsanlegg og avløp.	Nedgang er avhengig av at langtransportert kvikksølv fra Asia ikke øker.
Kadmium	Usikker utvikling.	
Bly	Det forventes sterk nedgang i nivået av bly innenfor utredningsområdet på grunn av utfasing av blyholdig bensin.	Liten usikkerhet.
Kobber	Det forventes økning i nivået av kobber innenfor utredningsområdet. Utslipp fra produkter har økt betydelig siden 1985, og det er et stort forbruk av kobber i notimpregnering og bunnstoff til båter.	Liten usikkerhet.
Alkylfenoler	Nivå av alkylfenoler innenfor utredningsområdet er sannsynligvis avhengig av hvor mye produsert vann som slippes ut på norsk sokkel. Utslippene av produsert vann antas å bli sterkt redusert fra ca. år 2015.	

I tabellene nedenfor er status og påvirkning frem mot 2020 for POPer, tungmetaller og alkylfenoler sammenstilt for de viktigste konsekvensvariablene.

Tab. 5.4 Oversikt over påvirkning fra organiske miljøgifter (POPer) på ulike økosystemkomponenter i dag og fram mot 2020.

Tema	Dagens situasjon	Sannsynlig utvikling mot 2020	Usikkerhet
Torsk	Forhøyede verdier i torskelever av enkelte POPer som har ført til kostholds-råd lokalt. Likevel anses dette ikke som et problem for torskebestanden i dag.	DDT og PCB vil sannsynligvis avta.”Nye” POPer som PBDEer og PFOS antas å øke, og dette kan gi en konsekvens for konsumentene.	Medium. Usikkerhet knyttet til hvordan internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves.
Sild og lodde	Lave verdier av POPer i individer. Dette gjenspeiler at artene er langt nede i næringskjedene.	Sannsynligvis samme situasjon som i dag.	Liten
Sjøpattedyr	Det er påvist kroniske effekter hos enkelte arter. Redusert immunrespons hos isbjørn og nordlig pelssel har ført til redusert motstand mot infeksjoner.	Sannsynligvis samme situasjon som i dag. Kjente POPer som DDT og PCB vil sannsynligvis avta. ”Nye” POPer som PBDEer og PFOS antas å øke. Effektene vil sannsynligvis tilsvare dagens situasjon, men kunnskapsmangel om effekter av ”nye” POPer.	Medium Usikkerhet knyttet til hvordan internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves..
Sjøfugl	Immunologiske, reproduktive og adferdsrelaterte effekter, så vel som redusert overlevelsesevn hos polarmåke. Sjøfugl på lavere trofiske nivå antas ikke å ha effekter. Høye nivåer av POPer i måkeegg langs kysten av Nord-Norge har resultert i kostholdsråd.	Sannsynligvis samme situasjon som i dag. Kjente POPer som DDT og PCB vil avta, og mest sannsynlig vil ”nye” POPer som PBDE og PFAS/PFOS øke. Noen av effektene vil sannsynligvis tilsvare dagens situasjon i tillegg til potensielle nye ukjente effekter	Medium. Usikkerhet knyttet til hvordan internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves.
Bunnsamfunn	Lavt trofisk nivåer som har lave nivåer av POPer.	Sannsynligvis samme situasjon som i dag	Sedimentene kan inneholde store mengder POPer som potensielt kan frigjøres og gi effekter.
Plankton	Lavt trofisk nivåer med lave nivåer av POPer.	Sannsynligvis samme situasjon som i dag	Sediment kan inneholde store mengder POPer som potensielt kan frigjøres og gi effekter.
Strandsone	Langs alle arktiske kyster er det påvist effekter av organotinn-forbindelser, særlig TBT, på snegl og muslinger.	Sannsynligvis forbedring som følge av IMO-konvensjon, hvis ikke nye stoffer blir et problem.	Medium.
Iskanten	Lavt trofisk nivå med lave nivåer av POPer.	Sannsynligvis samme situasjon som i dag	Medium. Usikkerhet knyttet til klimaforandringer og avsetting ved iskanten samt smelting .

Tab. 5.5 Oversikt over påvirkning av tungmetaller på ulike økosystemkomponenter i dag og fram mot 2020.

Tema	Dagens situasjon	Sannsynlig scenario mot 2020	Usikkerhet
Torsk	Nivåene overskrider ikke gjennomsnittlig global bakgrunn. Effekter er lite sannsynlig.	Som i dag.	Liten. Situasjonen er avhengig av at metallene fases ut i de områdene hvor de er i bruk, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves.
Sild og lodde	Nivåene overskrider ikke gjennomsnittlig global bakgrunn. Effekter er lite sannsynlig.	Som i dag	Liten. Situasjonen er avhengig av at metallene fases ut i de områdene de er i bruk per i dag, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves.
Sjøpattedyr	Kadmiumnivåene i enkelte er høye nok til at det forventes effekter som nyreskader. Høye nivåer i enkelte arter har resultert i kostholdsråd. Nivåene av kadmium og kvikksølv er generelt et problem i Arktis, men de er lavere i utredningsområdet enn i resten av Arktis.	Fortsatt avtagende tilførsler av bly. Kvikksølv- og kadmiumtilførslene antas å avta. Det er økende tilførsler av de "nye" tungmetallene platina, rhodium og palladium fra katalysatorer i biler, men lite er kjent om disse stoffenes egenskaper.	Medium. Situasjonen er avhengig av at metallene fases ut i de områdene de er i bruk, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves.
Sjøfugl	Kadmiumnivåene hos sjøfugl i Arktis er høye nok til at det forventes effekter som nyreskader. Generelt er nivåene av kadmium og kvikksølv lave i norsk Arktis sammenlignet med Canada, Grønland og Nordøst-Sibir	Det er økende tilførsler av de "nye" tungmetallene platina, rhodium og palladium fra katalysatorer i biler, men lite er kjent om disse stoffenes egenskaper.	Medium. Situasjonen er avhengig av at metallene fases ut i de områdene de er i bruk, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves.
Bunnsamfunn	Ukjent, men sannsynligvis ikke et problem. Effekter er lite sannsynlig.	Sannsynligvis som nå eller lavere nivåer	Situasjonen er avhengig av at metallene fases ut i de områdene de er i bruk, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves
Plankton	Nivåene overskrider ikke global bakgrunn. Effekter er lite sannsynlig.	Sannsynligvis som nå eller lavere nivåer	Situasjonen er avhengig av at metallene fases ut i de områdene de er i bruk, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves
Strandsone	Nivåene overskrider ikke global bakgrunn. Effekter er lite sannsynlig.	Sannsynligvis som nå eller lavere nivåer	Situasjonen er avhengig av at metallene fases ut i de områdene de er i bruk, samt at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves

Iskanten	Ukjent, men sannsynligvis ikke et direkte problem. Direkte effekter er lite sannsynlig.	Sannsynligvis som nåtid eller lavere nivåer	Medium, Usikkerhet knyttet til klimaforandringer som påvirker iskanten som mottaksområde, samt smelting av is. Situasjonen er også avhengig av at internasjonale avtaler og konvensjoner etterleves.

Tab. 5.6 Oversikt over påvirkning av alkylfenoler på ulike økosystemkomponenter i dag og fram mot 2020.

Tema	Dagens situasjon	Sannsynlig scenario mot 2020	Usikkerhet
Torsk	Studier utført i forbindelse med den regionale konsekvensutredningen for Norskehavet viser at utslipp av alkylfenoler ved en "worst case" tilnærming antas å føre til at fiskeegg og -larver som kommer i kontakt med denne utslippsplumen går til grunne. Beregningene viser imidlertid at dette ikke i noen tilfeller vil kunne gi effekter av betydning på bestandsnivå. Det er ikke utført målinger av nivåer av alkylfenoler innenfor utredningsområdet. Det er heller ikke utført studier av mulige kroniske effekter av alkylfenoler.	Alkylfenoler fases ut i landbasert industri, slik at hovedkilden til alkylfenoler i det marine miljøet er utslipp med produsert vann fra petroleumsvirksomheten. Prognosene viser at utslipp av produsert vann i Norskehavet vil avta fra ca 2005. Det forventes en viss reduksjon i utslippene av alkylfenoler fra produsert vann fram mot 2015, og etter dette vil reduksjonen bli enda større.	Liten, dersom målsetningene for utslipp av produsert vann nås.
Andre grupper	Ingen kjente påvirkninger		

5.5.2 Radioaktive stoffer

Innenfor temaet radioaktive forurensninger er det valgt å foreta vurderinger av tilførsel av radioaktive stoffer til Barentshavet som følge av normal, forventet aktivitet utenfor området, samt modellert tilførsel som følge av to tenkte uhellsscenarier. Resulterende opptak i og doser til marine organismer er også modellert.

Det er betydelig usikkerhet forbundet med slike beregninger av tilførsel av radioaktive stoffer, opptak i og doser til organismer. Estimatene som presenteres vil derfor ha betydelige usikkerhetsmarginer. Det mangler også kunnskap når det gjelder mulige effekter av radioaktiv forurensning, og det er derfor vanskelig å trekke bastante konklusjoner om effekter på miljøet på grunnlag av de presenterte resultatene. Mer utfyllende informasjon om modeller, scenarier og resultater er gitt i en grunnlagsrapport fra Statens Strålevern som er under arbeid.

5.5.2.1 Scenario 1 – Sannsynlig utvikling

I en ministererklæring fra 1998 er det i OSPAR-regi inngått forpliktende målsettinger om reduksjon i utslipp til det marine miljø. Utslippene skal reduseres "vesentlig og progressivt" frem til år 2020. I år 2020 skal konsentrasjonene i miljøet være "nær

null" for menneskeskapte stoffer og nær bakgrunnsnivåer for naturlig forekommende radioaktive stoffer. HELCOM[41] har en tilsvarende målsetting. En "normalsituasjon" vil være at disse målsettingene overholdes og at utslippene dermed reduseres. På lang sikt vil dette medføre at konsentrasjonene og forurensningen i miljøet også reduseres. Historisk har en sett en klar korrelasjon mellom utslipp og forurensningsnivåer i miljøet. En forutsetning for en slik antagelse er at det i mellomtiden ikke forekommer alvorlige atomulykker med påfølgende forurensning av det marine miljøet.

5.5.2.2 Scenario 2 - Uhellsscenario ved Sellafieldanlegget

Sellafieldanlegget på nordvestkysten av England driver blant annet med gjenvinning (reprosessering) av plutonium og uran fra brukt kjernebrensel. I forbindelse med gjenvinningsaktiviteten dannes det såkalt høyaktivt flytende avfall som lagres i tanker før det støpes inn og deponeres. Totalbeholdningen av Cs-137 i de 21 tankene ved anlegget tilsvarer en aktivitet som er nærmere 100 ganger høyere enn det som ble frigjort ved Tsjernobyl-ulykken. Rundt 95% av aktiviteten i en typisk tank skyldes aktivitet av Cs-137 og Sr-90.

I uhellsscenariet som er valgt som utgangspunkt i denne undersøkelsen utsettes tankene med høyaktivt avfall for en ytre påvirkning (for eksempel flykrasj) med påfølgende utslipp av 5% av totalbeholdningen av Cs-137 og 4 % av totalbeholdningen av Sr-90 fra til sammen fire av tankene. Som en forenkling antas det her at alt unnsluppet materiale avsettes i sjøen like ved anlegget og kan følge med havstrømmene nordover langs Norskekysten og videre til polare områder.

5.5.2.3 Scenario 3 - Uhellsscenario ved Kola kjernekraftverk

På grunn av den store mengden brensel i reaktorkjernen og de sikkerhetsmessige forholdene, vurderes Kola Atomkraftverk å være det anlegget i Nordvest-Russland som ved en ulykke kan gi de største utslippene. Sikkerhetsmessige mangler har spesielt vært knyttet til de to eldste av de fire reaktorene ved anlegget.

Scenariet som er brukt her, bygger på en tidligere konsekvensvurdering av en verst tenkelig ulykke ved anlegget for befolkning i Nord-Norge og Murmansk-regionen. Det innebærer et totalt tap av kjøling og blottlegging av reaktorkjernen ved en av de to eldste reaktorene med påfølgende smelting av kjernen. Det resulterende utslippet er på 12% av totalbeholdningen av Cs-137 og Cs-134, og 2% av totalbeholdningen av Sr-90. Som en forenkling er det her antatt at alt radioaktivt materiale som unnslipper, transporteres med luftmassene tvers over Kolahalvøya og avsettes jevnt og i sin helhet i en definert del av havområdet rett nord for anlegget.

5.5.2.4 Vurderinger av uhellsscenariene

Begge de to uhellsscenariene som er vurdert her, kan gi betydelige bidrag til radioaktiv forurensning i Barentshavet. I Sellafieldscenariet tyder beregningene på at aktivitetskonsentrasjonene av Cs-137 (figur 5.6) og Sr-90 i vann og marine organismer vil nå et maksimum i Barentshavet om lag 10 år etter det skisserte utslippet fra Sellafield. I Kolascenariet er naturlig nok aktivitetskonsentrasjonene i vann og marine organismer høyest for alle nuklidene umiddelbart etter utslipp, og de vil avta forholdsvis raskt (Cs-137 er vist i figur 5.7). Siden dette siste scenariet

[41] Baltic Marine Environment Protection Commission (Helsinki Commission) - http://www.helcom.fi/.

forutsetter utslipp direkte i Barentshavet, vil de innledende konsentrasjonene her være spesielt usikre og avhengige av forutsetningene i beregningene.

På grunn av usikkerhetene og forenklingene i scenarier og modeller, kan de beregnede aktivitetskonsentrasjonene i vann, sedimenter og marine organismer kun betraktes som grove estimater. De er imidlertid relativt høye sammenlignet med de nåværende aktivitetskonsentrasjonene i området. Dette vil også gi tilleggskonsentrasjoner i marine organismer. Spesielt gjelder dette Cs-137, hvor dagens aktivitetskonsentrasjoner i vann ligger på ca. 2-6 Bq/m^3 i Barentshavet.

I tillegg til aktivitetskonsentrasjoner, er det også beregnet totale doserater til marine organismer for begge scenariene. Generelt er de estimerte doseratene lave. Det er imidlertid betydelig kunnskapsmangel når det gjelder langtidseffekter av lavdosestråling i miljøet, og det er ikke utarbeidet felles internasjonale standarder eller dosegrenser på dette området. Det er derfor vanskelig å trekke konklusjoner på grunnlag av konsentrasjons- og doseanslagene som er fremkommet. Internasjonalt arbeid for å øke kunnskap og komme fram til felles standarder på dette feltet er omtalt nærmere under avsnittet om kunnskapshull.

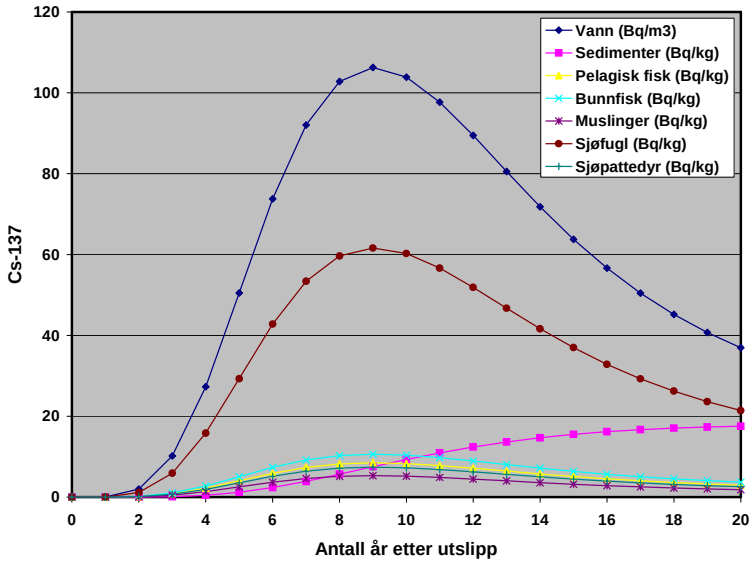


Fig. 5.6 Modellerte tilleggsbidrag til aktivitetskonsentrasjoner av Cs-137 i vann, sedimenter og marine referanseorganismer i Barentshavet i en 20-årsperiode som følge av en tenkt ulykke med tankene for høyaktivt avfall i Sellafield. Sedimentkonsentrasjoner er gitt i tørrvekt, konsentrasjoner i marine organismer er gitt i ferskvekt.

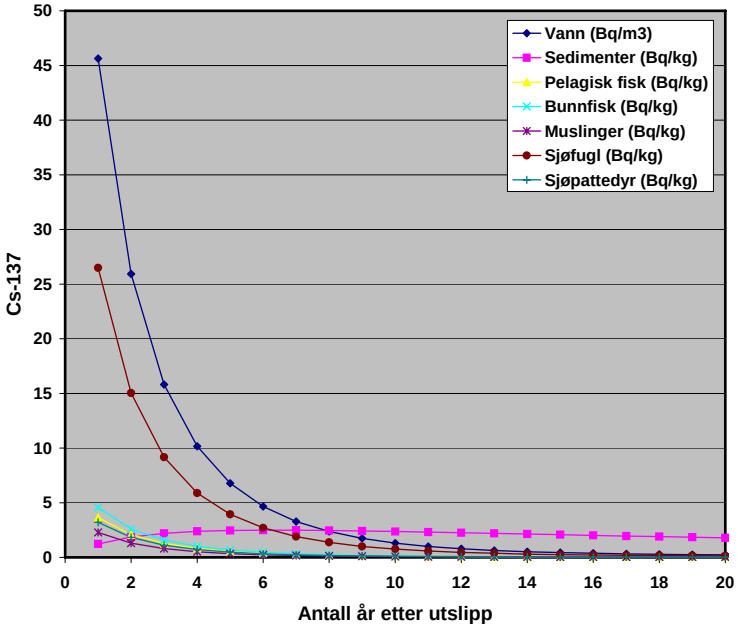


Fig. 5.7 Modellerte tilleggsbidrag til aktivitetskonsentrasjoner av Cs-137 i vann, sedimenter og marine referanseorganismer i Barentshavet i en 20-årsperiode som følge av en verst tenkelig ulykke ved Kola atomkraftverk. Sedimentkonsentrasjoner er gitt i tørrvekt, konsentrasjoner i marine organismer er gitt ferskvekt.

5.6 Konsekvenser for arter og økosystemer

De tydeligste påvirkningene i utredningsområdet skyldes persistente organiske forbindelser. I tillegg er det bekymring knyttet til økende kvikksølvbelastning, uten at det er påvist direkte biologiske effekter. Nedenfor er påvirkningene av POPer på en del av de utvalgte konsekvensvariablene omtalt. For de øvrige miljøgiftene i tabell 5.1 er kunnskapen for usikker til at det er hensiktsmessig med en tilsvarende oversikt.

Arktiske arter øverst i den marine næringskjeden, som isbjørn, polarrev og en del sel og hvalarter, ser ut til å være mest belastet med miljøgifter som PCB, DDT, toksafen, klordaner mv. Konsentrasjon av miljøgifter hos sjøfugl henger sammen med deres næringsvaner. Ærfugl, som beiter på bunnorganismer som skjell og muslinger, har de laveste PCB- og DDT-nivåene. Gråmåke, svartbak, polarmåke og storjo har nivåer som er 5-10 ganger høyere enn andre sjøfuglarter fra samme område (figur 5.8). Mange av disse fuglene fungerer som ”renovatører” i miljøet. De spiser andre sjøfugl og åtsler og får dermed høyere belastning av POPer. Nivået av organiske miljøgifter kan også være bestemt av hvor fuglene oppholder seg om vinteren. Sjøfugl som overvintrer i sørlige områder har for eksempel høyere nivå av PCB og DDT enn de som overvintrer lenger nord.

Flere arter har nå så høye nivåer av organiske miljøgifter i kroppen at det kan forventes effekter på adferd, reproduksjon og immunsystem. Figuren nedenfor viser typiske nivåer av DDT og PCB i arktiske sjøfugl.

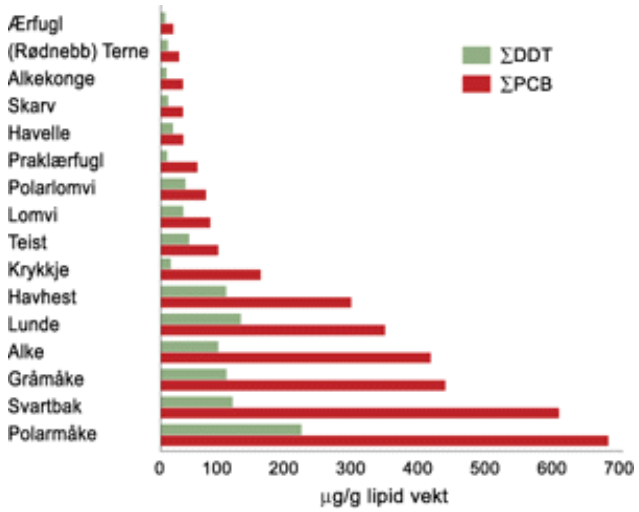


Fig. 5.8 DDT og PCB i fettvev (lipid) i arktiske sjøfuglarter (kilde: Miljøstatus i Norge)[42].

Konsentrasjonene av PCB i isbjørn, fjellrev og polarmåke i Barentshavet er like høye eller høyere enn konsentrasjoner som vanligvis gir biologiske effekter hos sjøfugl og sjøpattedyr i Østersjøen og Nordsjøen. Nivåene av miljøgifter i havørn fra Norskekysten er på et nivå som kan gi reproduksjonsskader. Nivåene av polybromerte difenyletere (PBDE) i havørn er også relativt høye, men det finnes foreløpig ingen grenseverdier for effekter som det kan sammenlignes med.

Som en konklusjon er det grunn til å anta at POP-belastningene generelt i Arktis fører til at:

- Isbjørn har større risiko for infeksjoner på grunn av effekter på immunsystemet. Det er indikasjoner på redusert overlevelse av unger, redusert immunfunksjon, og forstyrrelse av tyroidbalansen og retinolstatus som følge av høye PCB nivåer
- Polarmåke har stor risiko for infeksjoner på grunn av svikt på immunsystemet, med effekter på adferd, reproduksjon og overlevelsesevne.
- Nordlig pelssel er utsatt for infeksjoner på grunn av forstyrrelse i immunrespons.
- Vandrefalk har fremdeles eggskallfortynnelse og reproduksjonsskader.
- Arktisk røye har immunskader.

Artene som er nevnt ovenfor er alle sterkt belastet på grunn langtransporterte organiske miljøgifter. Vi vet lite om effekten av samvirke med andre forurensninger, men det er rimelig å anta at ethvert tilleggsstress kan gi store effekter både på individ- og bestandsnivå. De egner seg derfor svært godt som indikatorer på endringer i belastningssituasjonen, og bør overvåkes nøye.

I tabell 5.7 er påvirkningene er det gitt en forenklet oppsummering av effektene av POP-forurensning. Som det fremgår, har det bare vært mulig å vurdere effekter på individnivå.

[42] http://www.miljostatus.no

Tab. 5.7 POPer som påvirkningsfaktor for ulike ressurser på individ og bestandsnivå innenfor utredningsområdet. E og V er arter på rødlista, A er norske ansvarsarter. Vurderingene er gjort ut fra konsekvensvariablene innenfor hvert konsekvensområde (indikator) gitt i tabell 2.1. Vurderingene er basert på AMAP 1998 og AMAP 2002. NB! Det er usikkerhet knyttet til vurderingene av risiko siden det er gjort få effektstudier på de ulike organismene. I tillegg er effektene ofte ikke påvist i det som er målområdet for denne utredningen.

Indikator	Individ	Bestand
Torsk	Nivåer som ikke forventes å gi effekt	Ukjent
Lodde	Nivåer som ikke forventes å gi effekt	Ukjent
Sild	Nivåer som ikke forventes å gi effekt	Ukjent
Lunde (A)	Nivåer som kan gi skade	Ukjent
Lomvi (V)	Nivåer som kan gi skade	Ukjent
Islom (A)	Ukjent	Ukjent
Gulnebblom (A)	Ukjent	Ukjent
Toppskarv (A)	Nivåer som kan gi skade	Ukjent
Nordlig sildemåke (E)	Ukjent	Ukjent
Krykkje (A)	Nivåer som kan gi skade	Ukjent
Stellerand (A)	Nivåer som ikke forventes å gi effekt	Ukjent
Praktærfugl (A)	Nivåer som ikke forventes å gi effekt	Ukjent
Polarlomvi	Ukjent	Ukjent
Ærfugl	Nivåer som ikke forventes å gi effekt	Ukjent
Polarmåke	Nivåer som sannsynligvis gir skade	Ukjent
Ismåke	Ukjent	Ukjent
Grønlandshval (E)	Ukjent	Ukjent
Blåhval (A)	Ukjent	Ukjent
Finnhval (A)	Ukjent	Ukjent
Knølhval (A)	Ukjent	Ukjent
Spermhval (A)	Ukjent	Ukjent
Hvithval (A)	Nivåer som kan gi/sannsynligvis gir skade	Ukjent
Nise (A)	Nivåer som kan gi/sannsynligvis gir skade	Ukjent
Hvalross (A)	Nivåer som kan gi/sannsynligvis gir skade	Ukjent
Grønlandssel (A)	Nivåer som kan gi/sannsynligvis gir skade	Ukjent
Klappmyss (A)	Ukjent	Ukjent
Ringsel	Nivåer som kan gi/sannsynligvis gir skade	Ukjent
Vågehval	Nivåer som kan gi/sannsynligvis gir skade	Ukjent
Spekkhogger	Ukjent	Ukjent
Isbjørn (A)	Nivåer som sannsynligvis gir skade	Ukjent
Oter (A)	Ukjent	Ukjent
Korallrev	Ukjent	Ukjent
Bunnflora/fauna	Ukjent	Ukjent
Makroplankton	Ukjent	Ukjent
Fiskeegg/larver	Ukjent	Ukjent
Strandsone	Ukjent	Ukjent
Planteplankton iskant	Ukjent	Ukjent
Dyreplankton iskant	Ukjent	Ukjent

Som beskrevet i kap. 5.5.2, er det anslått at uhellsscenariene med utslipp av radioaktive stoffer til miljøet vil kunne medføre relativt høye konsentrasjoner av de aktuelle stoffene i Barentshavet sammenlignet med dagens situasjon. Beregnede totale doserater til marine organismer vurderes som lave. Mangel på kunnskap gjør det imidlertid vanskelig å trekke klare konklusjoner på grunnlag av de grove konsentrasjons- og doseanslagene som er fremkommet i undersøkelsen.

5.7 Kunnskapshull

Basert på omtalen av de viktigste forurensingsparametrene ovenfor, er det satt opp en punktvis liste for det som er vurdert som de viktigste kunnskapshullene som må fylles for å kunne gjøre en tilstrekkelig sikker vurdering av effektene av tilført forurensning i utredningsområdet. Listen er basert på anbefalingene i underlagsrapporten og er ikke uttømmende. Den må fylles ut og detaljeres mer ved en senere oppfølging.

Kunnskapshull for POPer:

- Virkningsmekanismer og effekter av POPer på de arktiske økosystemene
- Generell kunnskap om arktiske arters fysiologi
- Langtidstrender for endringer i biota og miljø

Kunnskapshull for alkylfenoler:

- Metodeutvikling for måling av alkylfenoler i mulige kilder
- Måling av nivåer innenfor utredningsområdet
- Langtidseffekter av alkylfenoler i biota

Kunnskapshull for tungmetaller:

- Tidstrender for innhold i biota og miljø
- Effekter av tungmetaller på individnivå

Kunnskapshull for radioaktive stoffer:

Fram til nå har internasjonale retningslinjer for strålevern basert seg på antagelsen om at så lenge menneskene er beskyttet fra skadevirkninger av stråling, så vil også alle andre deler av økosystemet være beskyttet. I den seinere tid er det stilt spørsmålstegn ved gyldigheten av en slik antagelse. Det er også påpekt at dette ikke er i tråd med miljøbeskyttelsesstandarder for andre miljøgifter. Miljøets verdi i seg selv og dets krav på beskyttelse har fått økt fokus, og det er nå omfattende internasjonal interesse for å utvikle et felles system for beskyttelse av miljøet når det gjelder stråling. I dette systemet ønsker man å organisere alle data som eksisterer på dette feltet på en systematisk måte og å utvikle sammenlignbare standarder og felles doseberegningsmodeller for å få et bedre grunnlag for konsekvensvurderinger. Arbeidet med å utvikle dette systemet har nå kommet i gang, bl.a. innenfor IAEA[43], IUR[44] og ICRP[45], foruten i EUs 5. og 6. rammeprogram.

Det er imidlertid fortsatt omfattende kunnskapsmangler på dette feltet. Det mangler til dels grunnleggende informasjon om aktivitetskonsentrasjoner av naturlig forekommende nuklider i miljøet, doserater og effekter av kronisk lavnivåeksponering til dyr. I det spesielle arktiske miljøet er det mangel på kunnskap om spesielle forhold ved blant annet stoffomsetning hos organismer. Dette er det viktig å ha kunnskap om fordi informasjon fra varmere strøk ikke nødvendigvis er overførbare til de spesielle arktiske forholdene. Det er fortsatt mye arbeid som gjenstår før man kan komme fram til felles standarder for beskyttelse av miljøet på dette feltet.

[43] International Atomic Energy Agency - http://www.iaea.or.at/
[44] International Union of Radioecology - http://www.answeb.net/~iuruir/
[45] International Commission on Radiological Protection - http://www.icrp.org/

5.8 Konklusjoner

Utredningsområdet er i de fleste sammenhenger det reneste og minst forurensede av de norske havområdene. Det skiller seg imidlertid ut som det området som synes å være mest påvirket av langtransportert forurensning, hovedsakelig via vind fra områder langt fra Arktis. Fysisk-kjemiske prosesser, som har sammenheng med lave temperaturer og perioder med lite lys, bidrar til at enkelte forurensninger skilles ut, konsentreres og blir biotilgjengelige i Arktis. Oppkonsentrering i næringskjedene og lagring i fettvev gjør at artene høyt oppe i næringskjedene blir særlig utsatt.

Overvåkingsdata tyder på at flere persistente organiske miljøgifter fortsatt tilføres det arktiske miljøet. Dette gjelder for eksempel DDT og lindan. Tilførslene av nye POPer som bromerte flammehemmere forventes å stige, og det er vist at nivået av den ekstremt persistente forbindelsen PFOS øker i arktiske dyr.

Det er først og fremst påvist effekter av flere persistente organiske forbindelser, særlig PCB, dioksinlignende forbindelser og DDT. For disse er effektene så store at det kan forventes at det vil påvirke hele bestander, særlig gjelder dette isbjørn på Svalbard og polarmåke på Bjørnøya.

For tungmetallene kvikksølv, bly og kadmium er nivåene i marine pattedyr og enkelte sjøfugl høye nok til at det kan forventes effekter, men det er ikke påvist konkrete skader på dyr i Arktis. Det er økende tilførsler av de ”nye” tungmetallene platina, rhodium og palladium fra katalysatorer i biler, men lite er kjent om disse stoffenes egenskaper.

Dersom utslippene av radioaktive stoffer til sjø reduseres i henhold til internasjonale forpliktelser, forventes det at konsentrasjonene og forurensningen i Barentshavet, som i dag er blant de reneste havområdene, også reduseres. Verst tenkelige uhellsscenarier ved anlegg som atomgjenvinningsanlegget i Sellafield og Kola kjernekraftverk kan imidlertid medføre betydelig tilførsel av kunstige radioaktive stoffer sammenlignet med dagens aktivitetskonsentrasjoner av disse stoffene i området. Resulterende doser til marine organismer er i følge anslagene lave. På grunn av manglende kunnskap om effekter av lavdosestråling i miljøet og manglende internasjonale standarder på dette området, er det imidlertid vanskelig å trekke konklusjoner om mulige effekter på miljøet. Internasjonalt pågår det nå arbeid for å øke kunnskapen på dette feltet og med tiden sette felles standarder for beskyttelse av miljøet mot stråling.

Generelt er det mange kunnskapshull når det gjelder tilførsler, forekomst og effekter av viktige miljøgifter i Arktis. Det synes også å være et tydelig behov for en koordinert overvåking av miljøgifter i Arktis, hvor alle relevante sektorer blir involvert.

6 PETROLEUMSAKTIVITET UTENFOR UTREDNINGSOMRÅDET[46]

Utredningen av hvordan Barentshavet påvirkes av petroleumsvirksomhet er splittet opp på tre delutredninger (ULB, US og UY). I denne utredningen er det vurdert hvordan utredningsområdet påvirkes av petroleumsvirksomhet i Nordsjøen - Norskehavet og russisk petroleumsvirksomhet i de østlige delene av Barentshavet.

Under arbeidet med grunnlagsrapporten har det vært et nært samarbeid med russiske forskere og myndigheter, bl.a. i forbindelse med utarbeidingen av scenarier for russisk petroleumsvirksomhet (bl.a. Murmansk Marinbiologiske Institutt, Administrasjonen i Nenets og petroleumsselskapet Gasprom). Nasjonale russiske myndigheter er også orientert om at det er igangsatt en prosess med sikte på å utarbeide en helhetlig forvaltningsplan for den norske delen av Barentshavet gjennom det bilaterale norsk-russiske samarbeidet.

Utgangspunktet for vurderingene av miljøpåvirkning fra petroleumsvirksomhet utenfor utredningsområdet er at de nordlige havområdene utgjør en økologisk enhet. Forurensninger fra ett område kan transporteres inn i tilstøtende områder. Fisk, fugl og marine pattedyr kan vandre over store avstander, ut og inn av utredningsområdet. Forurensning fra driftsutslipp og akutte utslipp i Nordsjøen-Norskehavet kan følge strømmene inn i området Lofoten-Barentshavet. Petroleum transporteres med tankskip fra Russland ned langs norskekysten, og særlig når det gjelder akutte oljesøl vil effektene av disse være større om de skjer inne i området enn utenfor. For utdypning i forbindelse med akuttuhell henvises det til ULB og US. US går også nærmere inn på konsekvenser av hhv. petroleumsvirksomhet og petroleumsrelatert skipstrafikk.

6.1 Petroleumsvirksomhet i Nordsjøen og Norskehavet

Det har foregått petroleumsvirksomhet på norsk og britisk sokkel i Nordsjøen siden 1960-tallet. På britisk side ble de første blokkene tildelt i 1964, og i 1965 ble 22 lisenser som omfattet 78 blokker tildelt på norsk side. På britisk sokkel startet West Sole gassproduksjon i 1967, og i 1975 begynte Argyllfeltet å produsere den første oljen. Ekofisk var det første produserende feltet på norsk sokkel, med oppstart i 1971. Av de anslåtte petroleumsressursene på norsk sokkel er ca. 29 % produsert (uoppdagede og oppdagede ressurser). I Nordsjøen regner en med at det er igjen inntil 4.7 mrd Sm^3 o.e[47] utvinnbare ressurser, hvorav olje utgjør 42 %. I Norskehavet regner en med gjenværende utvinnbare ressurser på inntil 2.8 mrd Sm^3 o.e, hvorav olje utgjør 20 %. I tillegg kommer 0.3 Sm^3 olje fra mulige framtidige tiltak for økt utvinning.

Petroleumsvirksomheten er gradvis blitt utvidet til Norskehavet og Barentshavet. Stortinget åpnet for petroleumsvirksomhet nord for Stad i 1980, og den første utvinningstillatelsen ble tildelt i Troms I samme år. I 1993 startet oljeproduksjonen på Draugenfeltet (Haltenbanken). Utviklingen i Barentshavet Syd er beskrevet i ULB. Olje- og gassfeltet Norne, som ligger ca. 200 km utenfor Helgelandskysten, er det produserende feltet som i dag ligger nærmest utredningsområdet.

[46] Kapitlet er basert på grunnlagsrapport nr. 2 – fullstendig nettadresse i kap. 10.1.
[47] o.e. = oljeekvivalent. Ved å summere energimengden i de forskjellige petroleumstypene får en et mål for ressursene. Summen oppgis i Sm^3 oljeekvivalenter. 1 Sm^3 råolje = 6.29 fat = 1 m^3

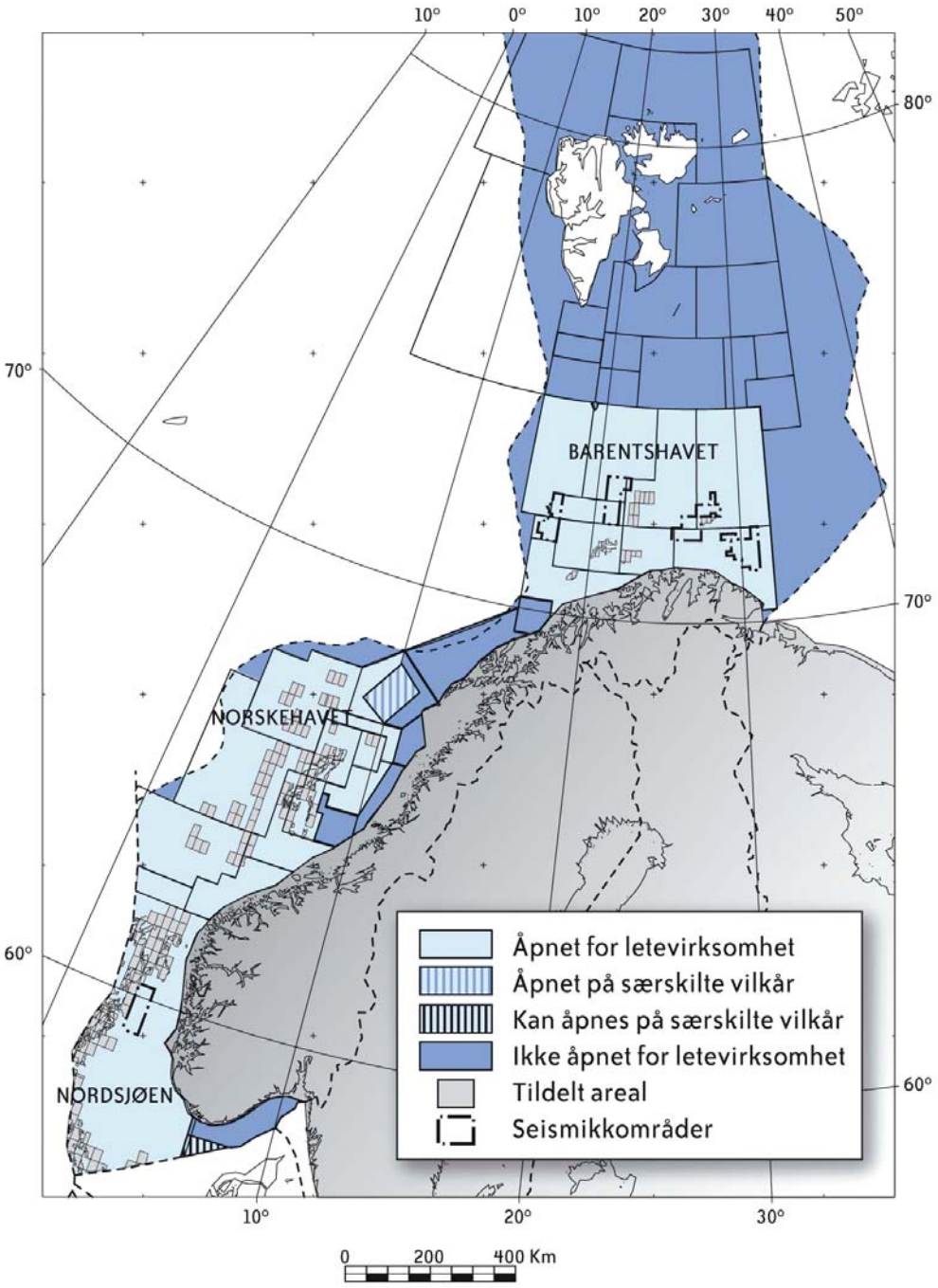


Fig. 6.1 Norsk kontinentalsokkel. Oversikt over åpnede og ikke åpnede områder (kilde: Oljedirektoratet).

Letevirksomhet medfører hovedsakelig utslipp fra boring. Det bores også brønner i utbyggings- og produksjonsfasen, og største utslippene av kjemikalier fra petroleumsvirksomheten stammer fra boreaktivitetene. De største utslippene til sjø fra produksjon er produsert vann (vann som følger med fra reservoaret og skilles fra petroleum på produksjonsinnretningen). Mengdene av produsert vann øker etter hvert som feltene blir eldre. Det produseres generelt betydelig mindre vann fra gassfelt enn fra oljefelt.

Havstrømmene fører store vannmasser fra disse områdene nordover og inn i Barentshavet. Langlivede forurensninger fra boring eller produksjon vil derfor kunne føres inn i havet lenger nord.

6.1.1 Status for utslipp

I dag er det 42 felt i produksjon i Nordsjøen og 6 i Norskehavet. Fire felt er under bygging, to i Nordsjøen, et i Norskehavet og et i Barentshavet, og Norge er en av verdens største eksportører av olje. I 2003 ble det produsert 262 mill. Sm^3 o.e. fordelt på 166 mill. Sm^3 olje, 12 mill. Sm^3 kondensat, 6 mill. tonn NGL[48] og 73 mrd. Sm^3 gass.

De viktigste kildene til utslipp til sjø er:

- *Produsert vann*, som er den største kilden til oljeutslipp (ca. 87 %). I tillegg inneholder vannet et stort antall oppløste/dispergerte organiske og uorganiske forbindelser, bl.a. tungmetaller, PAH, alkylfenoler, samt rester av produksjonskjemikalier og forhøyede konsentrasjoner av naturlig forekommende radioaktive stoffer, særlig radiumisotoper.
- *Fortrengningsvann* fra lagercellene for olje på enkelte innretninger. Inneholder noe olje og oppløste forbindelser.
- *Drenasjevann* som inkluderer vann fra plattformdekket. Kan også inneholde olje- og kjemikalierester. Utgjør et lite volum.
- *Borekaks* med vedheng av borevæske. Utboret steinmasse. Borevæsken består av vektstoffer, vanligvis mineralbasert, og tilsatskjemikalier. Borevæskene kan være oljebaserte (tillates ikke sluppet ut, verken hel eller som vedheng på kaks), syntetiske, basert på ester eller olefin (tillates sluppet ut som vedheng på kaks etter søknad) eller vannbasert (tillates sluppet ut).

Alle utslipp som inneholder olje skal renses til minimum 40 mg dispergert olje per liter vann. Gjennomsnittet på sokkelen ligger omkring 25 mg/l. I 2002 ble det sluppet ut 125 mill m^3 oljeholdig vann (produsert vann, fortrengnings- og drenasjevann), med et samlet oljeinnhold på vel 2850 tonn. Tilsvarende ble det sluppet ut 92 tonn olje ved små akuttutslipp. Det ble sluppet ut 82 000 tonn borekaks med vannbasert borevæske og 11 000 tonn borekaks fra boring med syntetisk borevæske.

Utslipp av miljøfarlige kjemikalier og de fleste naturlig forekommende miljøfarlige stoffer reguleres strengt på norsk sokkel. Utslipp av radioaktive stoffer i produsert vann reguleres ikke pr. i dag. Det er etablert en målsetning om at det skal være nullutslipp[49] av mulig miljøfarlige stoffer til sjø fra petroleumsvirksomheten (St.meld.nr.58 (1996-97)). Det skal heller ikke være andre utslipp som kan skade miljøet (St.meld.nr.25 (2002-2003)). Dersom det er svært tungtveiende sikkerhetsmessige eller tekniske grunner for det kan minimering av utslippene i enkelte tilfeller aksepteres. Boksen nedenfor (fra St.meld.nr.25 (2002-2003)) gjengir utslippsmålene for norsk sokkel som helhet. For utredningsområdet er det etablert et særskilt nullutslippsmål for produsert vann og borekaks (se ULB).

[48] NGL = Natural Gas Liquides
[49] Mer informasjon på SFT's nettsider om ullutslipp – (http://www.sft.no/arbeidsomr/petroleum/nullutslipp/)

Boks 6.1 Nullutslippsmål for petroleumsvirksomhetens utslipp til sjø

Miljøfarlige stoffer:

- Ingen utslipp, eller minimering av utslipp, av naturlig forekommende miljøgifter omfattet av resultatmål 1 for helse- og miljøfarlige kjemikalier i stortingsmeldingen om "Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand"
- Ingen utslipp av tilsatte kjemikalier innen SFTs svarte kategori (i utgangspunktet forbudt å bruke og slippe ut) og SFTs røde kategori (høyt prioritert for utfasing ved substitusjon).

Andre kjemiske stoffer:

Ingen utslipp eller minimering av utslipp som kan føre til miljøskade av:

- Olje (komponenter som ikke er miljøfarlige)
- Stoffer innen SFTs gule og grønne kategori
- Borekaks

- Andre stoffer som kan føre til miljøskade. Jfr.. forskrift om utføring av aktiviteter i petroleumsvirksomheten (aktivitetsforskriften) av 3. september 2001.

I 2002 utgjorde petroleumsvirksomhetens utslipp av miljøfarlige stoffer på myndighetenes prioritetsliste (tabell 5.1) omlag 1 % av de tilsvarende norske landbaserte utslippene[50].

Petroleumsvirksomheten på britisk side er i samme størrelsesorden som på norsk sokkel. I 2002 ble det sluppet ut nær 266 mill. m^3 vann med til sammen vel 15 000 tonn olje fra virksomheten. Danmark slapp til sammenlikning ut 12 mill. m^3 produsert vann med i overkant av 400 tonn olje. Det finnes foreløpig ikke sammenlignbare tall for petroleumsvirksomhetens utslipp av miljøfarlige stoffer fra de andre landene rundt Nordsjøen.

6.1.2 Tilførsler til utredningsområdet

Transportveiene inn til utredningsområdet er omtalt i kap. 5. Generelt er situasjonen slik at utslipp syd for Lofoten-Barentshavet kan transporteres inn i utredningsområdet med havstrømmene, mens utslipp nord og øst for området som hovedregel transporteres bort fra området. Dersom oljekomponenter eller annen forurensning fryser inn i is fra de store russiske elvene, eller i havisen, vil de kunne transporteres inn i den nordlige delen av utredningsområdet. Ulykker kan imidlertid skje i kortere tidsvinduer med helt andre strøm- og vindforhold enn slike gjennomsnittsbetraktninger og kan derfor gi andre tilførselsveier.

[50] Kilde: Statens Forurensningstilsyn – http://www.sft.no

6.1.3 Forventet utvikling

6.1.3.1 Fremtidige operasjonelle utslipp

Utslippene av **produsert vann** fra den norske aktiviteten i Nordsjøen og Norskehavet er forventet å stige til 190 millioner m^3 frem til 2010 for deretter å avta. Dette inkluderer utslipp fra forventede nye felt. Utslippene av olje og miljøfarlige komponenter vil gå ned sammenlignet med i dag som følge av nullutslippsarbeidet og utvikling av ny teknologi. Nye felt forventes å ha vesentlig mindre miljøfarlige utslipp enn eksisterende felt, fordi de bygges med teknologi som skal bidra til å nå nullutslippsmålet. Eventuelle miljøpåvirkninger forventes derfor å bli redusert i utredningsperioden, selv om det bygges ut nye felt.

Fram til og med år 2001 er det blitt sluppet ut 154.665 tonn **kaks** fra produksjonsboringer og 200.932 tonn kaks fra leteboringer i Norskehavet. I henhold til prognosene i den regionale konsekvensutredningen for Norskehavet forventes utslippene av kaks fra produksjonsboringer å nå sitt maksimum i 2003 med 36.191 tonn pr. år. I 2015 forventes utslippene å være redusert til 4.140 tonn pr. år i henhold til prognosene for forventet aktivitet. Fra leteboringer forventes ingen vesentlige endringer i den årlige utslippsmengden. Årlig utslipp av kaks forventes å ligge på 11.572 tonn.

Fram til og med 2001 det er det blitt sluppet ut 441.264 tonn **borevæske** i Norskehavet fra produksjonsboringer og 363.473 tonn borevæske fra leteboringer. Det var forventet et maksimum i 2003 med et antatt utslipp på 63.179 tonn. I 2015 er utslippsmengden beregnet til 16.100 tonn. Fra leteboringer er utslippet beregnet å ligge på 20.933 tonn pr. år i gjennomsnitt. Tiltak selskapene gjør som følge av nullutslippsarbeider forventes å redusere de prognostiserte utslippene ytterligere, og særlig vil andelen miljøfarlige komponenter i utslippene bli sterkt redusert.

Basert på eksisterende kunnskap om effekter av operasjonelle utslipp, er det lite sannsynlig at driftsutslippene i Nordsjøen/Norskehavet vil gi målbare økologiske og/ eller ressursmessige effekter i utredningsområdet. Dette gjelder både direkte påvirkning på utredningsområdet og påvirkning på ressurser som vandrer mellom utredningsområdet og Nordsjøen/Norskehavet. Det henvises til ULB for nærmere diskusjon av effekter av oljevirksomhetens utslipp.

6.1.3.2 Fremtidige akutte utslipp

Det vil først og fremst være akutte utslipp syd for utredningsområdet som kan gi effekter i området. Basert på internasjonal statistikk viser en grov sammenlignende vurdering at sannsynligheten for en utblåsning av olje er i størrelsesorden 0,003 hendelser pr. år (3 hendelser pr. 1000 år). Sannsynligheten for et rørledningsbrudd som gir oljeflak på sjøoverflaten er beregnet til å være i størrelsesorden 0,005 hendelser pr. år (5 hendelser pr. 1000 år). Dette anses som lave sannsynligheter for akuttutslipp.

Spredningsberegninger viser at eventuelle akutte utslipp av olje fra Norne har størst potensial for å påvirke utredningsområdet direkte. Det er lite sannsynlig at akutte utslipp fra andre felt vil nå Lofoten-Barentshavet. Nornefeltet er det nordligste feltet som er i produksjon i dag. Spredningsberegninger (sannsynlighet for treff) for Norne er vist i figur 6.2.

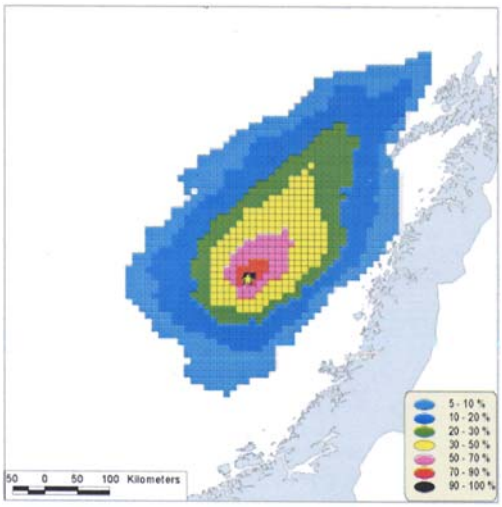


Fig. 6.2 Influensområder (sannsynlighet for treff av olje) ved et overflateutslipp fra Norne, det nordligste oljefeltet i produksjon. Grensen for utredningsområdet går sør for Lofoten, et område der det med mellom 30 og 50 % sannsynlighet vil forekomme olje under de gitte forutsetninger.

Mulige ulykkeshendelser med skytteltankere fra Nornefeltet kan gi utslipp på 120.000 tonn olje ved tap av hele lasten, mens utslipp fra en tank vil medføre et utslipp av 10.000 tonn. Sannsynligheten for utslipp fra skytteltankere er anslått til i størrelsesorden 0,0035-0,0045 hendelser per år. Av dette anslås ca. halvparten å være totalhavari. Av de totale antall skytteltanklaster går om lag 1/3 innom Mongstad for omlasting. Av de resterende går de fleste direkte til havner i Tyskland/ Nederland/ Frankrike eller i Storbritannia. Noen få går til andre havner i Norge eller i Sverige/ Danmark. Dersom det skjer en ulykke med flytende lager eller produksjonsskip er det relativt stor sannsynlighet for at hele lasten tapes. Utsluppet mengde blir i så fall opp til ca. 100.000 m^3. Sannsynligheten for utslipp fra flytende lager og produksjonsskip er anslått til 0,002 hendelser per år.

6.2 Russisk petroleumsvirksomhet

6.2.1 Status og utviklingstrekk

Russisk petroleumsproduksjon i nordområdene foregår i all hovedsak fra felt på land. Det er ingen produksjon i russiske deler av Barentshavet i dag. Det er imidlertid påvist en rekke mulige petroleumsforekomster på russisk sokkel, inkludert Barentshavet (figur 6.3). Det tas forbehold om at kartet er gammelt, men det har ikke vært mulig å skaffe oppdaterte opplysninger. Det er foretatt en rekke lete- og avgrensningsboringer, og flere petroleumsforekomster er bekreftet. Disse består i hovedsak av gass.

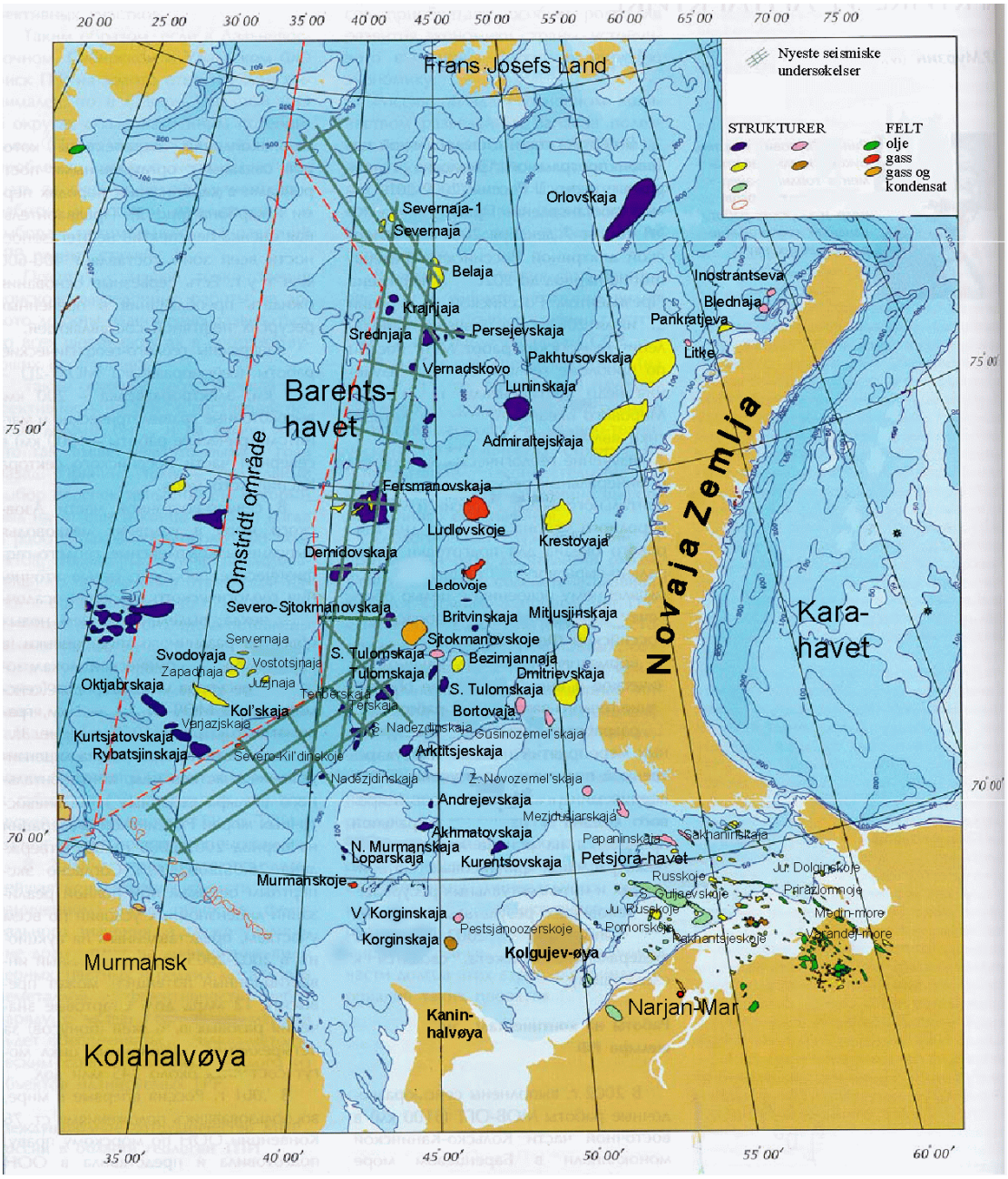


Fig. 6.3 Påviste felt og strukturer i Barentshavet. Kartet er basert på *Mineral'nye Resursy Rossii, Ekonomika i Upravlenie, 1-2, 2003*, og er bearbeidet av Fridtjof Nansens Institutt[51].

For hele den russiske kontinentalsokkelen er ressursanslaget 14,2 milliarder tonn olje og 82,5 trillioner m^3 gass. Dette er i størrelsesorden 2 ganger så mye olje og over 10 ganger så mye gass som de totale ressursene på norsk sokkel. Det høyeste potensialet finner en i vestlige arktiske hav, Barentshavet (inkl. Petsjorahavet) og Karahavet.

Oljeproduksjonen i Russland (det daværende Sovjetunionen) var på det høyeste i 1988 med over 600 mill. tonn. Etter dette falt den til et bunnivå på 307 mill. tonn i

[51] Moe, A. 2003. Offshore petroleumsproduksjon og transport i Nordvest-Russland: Utfordringer for norsk næringsliv og norske myndigheter. Fridtjof Nansens Institutt, november 2003, 27 pp. (http://www.olf.no/?18383.pdf)

1995-96. Siden dette har produksjonen økt langsomt, og var i 2002 på 324 mill. tonn. Russland eksporterte 301 mill. tonn olje i 1990 og 206 mill. tonn olje i 2000.

Gjennom hele 90-tallet har ikke russisk oljeindustri greid å erstatte produserte ressurser ved å klargjøre nye felt for produksjon. Oversikt og prognoser for total russisk oljeproduksjon frem til 2020 er vist i figur 6.4.

Den russiske **gassproduksjonen** har også vist en liten nedgang. I 1990 var produksjonen 640 milliarder m^3, mens den ble redusert til 584 milliarder m^3 i 2002. Av dette ble det eksportert 286 milliarder m^3 gass i 1990, og 184 milliarder m^3 gass i 2000.

I et strategidokument fra det russiske Energiministeriet pekes det på at mangel på avansert teknologi og effektiv organisering er et hovedproblem i russisk olje og gassektor. Dette gjør at man ikke får tilnærmelsesvis samme utvinningsgrad av verken olje- eller gassreservoarene sammenlignet med internasjonal oljeindustri, og energikostnaden ved å produsere er betydelig høyere. I tillegg produseres det i stor grad på felt som ble funnet i sovjetperioden og produksjonen på mange av de største feltene er fallende. Den russiske statsministeren, Kasyanov, uttalte i et møte med utenlandske investorer i Moskva 15. september 2003 at utenlandske investeringer må flerdobles dersom Russland skal nå sine økonomiske mål.

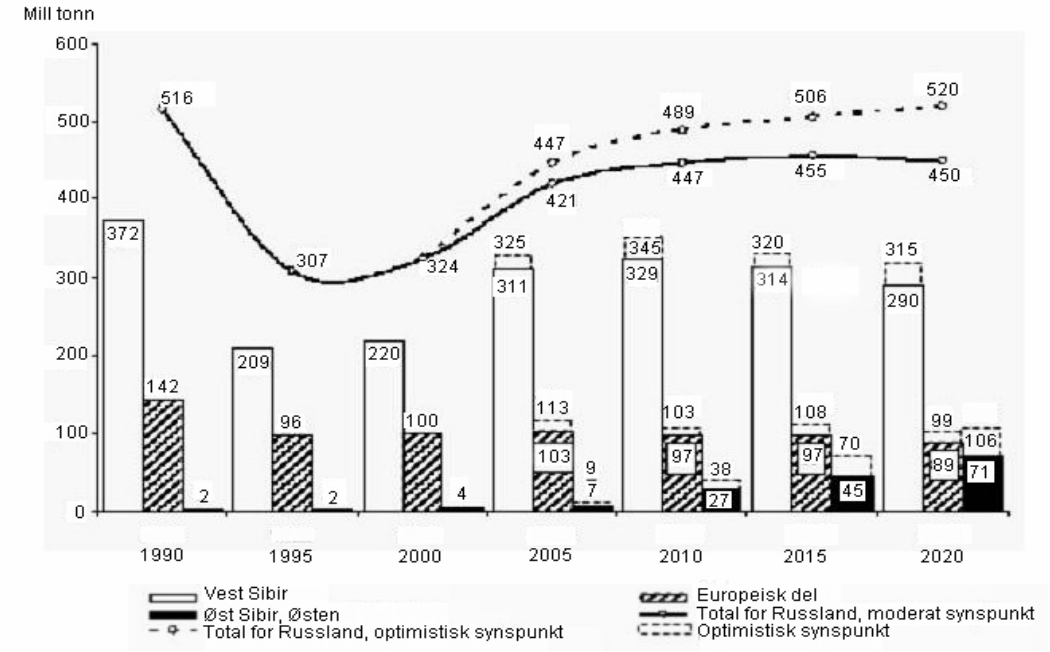


Fig. 6.4 Russisk oljeproduksjon pr region og totalt i perioden 1990-2000 og prognose frem til 2020. Det presenteres et moderat og et optimistisk estimat, som avhenger av at man greier de teknologiske utfordringene (kilde: den russiske regjeringens energistrategi, Anon 2003).

Russisk petroleumsvirksomhet i nordområdene har et stort omfang på land. Tradisjonelt har transporten foregått i rørledninger over land til markeder lenger sør i Russland og Europa. I 2001 ble det tatt i bruk en ny transportvei via en utskipingsterminal i Varandey ved Petsjorahavet. Her lastes olje over i middels store tankskip som bringer den videre til Europa via omlasting til supertankere underveis. Denne transporten analyseres i US.

De viktigste momentene for at en økende russisk oljeproduksjon vil bli tatt ut sjøveien i nord er :

- Begrenset kapasitet på det interne russiske statlige rørsystemet (Transneft).
- Det er stor usikkerhet knyttet til alternative utskipningshavner i Østersjøen og Svartehavet pga forventede restriksjoner på skipstrafikk gjennom de danske stredene og Bosporos.
- De russiske oljeselskapene (og den russiske stat) ønsker rask omsetning av petroleumsprodukter til internasjonale priser.
- De involverte vestlige selskapene er interessert i utskipning i nord i stedet for en avgiftstung og usikker transport gjennom et russisk eid og drevet rørsystem.

Fremtidig russisk petroleumsvirksomhet, som kan ha påvirkning på utredningsområdet, vil på bakgrunn av dette ikke bare omfatte direkte "offshore"-utbygging, men også den delen av utviklingen "onshore" der produksjonen med stor sannsynlighet vil bli transportert ut sjøveien i nord.

I følge strategidokumentet til det russiske Energiministeriet, vil Vest-Sibir (Tyumen Oblast, inkludert de autonome områdene Khanty-Mansisk og Yamal-Nenets) i hele perioden fram til 2020 fortsatt være Russlands dominerende område for olje- og gassproduksjon. Geologiske undersøkelser skal prioriteres i Barentshavet, Petsjorahavet og Karahavet, samt tilstøtende landområder, med det formål at potensialet i disse områdene skal kunne erstatte den fallende produksjonen i felt som tømmes. Russiske myndigheter forventer at 2/3 av de russiske offshore olje- og gassressursene er å finne i disse havområdene.

6.2.2 Tilførsler til utredningsområdet

Siden petroleumsvirksomheten i den russiske delen av Barentshavet i dag er begrenset til letevirksomhet, er det ikke forventet driftsutslipp av betydning fra offshorevirksomhet i utredningsperioden, men det er en fare for akuttutslipp ved boring. Det kan tenkes at eventuelle akuttutslipp fra leteboring offshore og drifts- og akuttutslipp fra landbasert virksomhet kan fraktes med strømmer og is inn i områdene rundt Svalbard, Hopen og Bjørnøya. Denne transportveien vil imidlertid være lang, og effektene av slike forurensningstilførsler forventes å bli små i norske områder.

I følge russisk lov er alle operasjonelle utslipp til sjø forbudt (fysisk nullutslipp). Det er i underlagsrapporten ikke vurdert i hvilken grad dette følges opp i praksis. Absolutt fysisk nullutslipp er imidlertid svært vanskelig å få til, og vi må derfor forvente at det kan bli driftsutslipp også fra russisk virksomhet.

Den største faren for miljøpåvirkning i norske områder kan forventes ved akutte uhell med tankskip som går fra russiske områder. Dersom det skjer et uhell øst for utredningsområdet, er sjansen for direkte påvirkning i norske områder relativt liten på grunn av at dominerende strømretninger går bort fra norske områder. Under spesielle vindforhold kan det imidlertid ikke utelukkes at olje fra et uhell på russisk side kan nå land i Norge. Olje kan også fryse inn i isen og bli transportert inn mot den nordvestlige delen av utredningsområdet, hvor den kan smelte ut og føre til miljøskade. Indirekte kan det skje en påvirkning gjennom at vandrende arter som trekker inn i norsk område blir berørt. Den største sjansen for negativ påvirkning av utredningsområdet får man imidlertid dersom det skjer et akuttutslipp lenger syd. Dette er omtalt i kap.

6.3. Miljøeffektene vil imidlertid bli betydelig større med et tankskipsuhell innenfor utredningsområdet. Dette omtales i US.

6.3 Antatt utvikling

Det er mange forhold både i Norge, Russland og internasjonalt som gjør det vanskelig å vite hva som kan være realistisk forventet utvikling. Nedenfor er det gitt en oversikt over antatt utvikling. Tidshorisonten er utvidet til 2050, siden det særlig på russisk side antas å skje lite utvikling offshore før etter 2020.

6.3.1 Norsk petroleumsvirksomhet

6.3.1.1 Nordsjøen

Letevirksomheten er fremdeles høyere i Nordsjøen enn i andre områder på norsk sokkel. Ressurstilveksten og funnstørrelsen har imidlertid vært avtagende de siste ti årene. Det forventes at framtidige funn vil være relativt små, selv om det fremdeles er muligheter for å gjøre enkelte større funn. Prognoser for produksjon av olje fram til 2020 er fremstilt i figur 6.5, og viser sterkt avtakende oljeproduksjon i utredningsperioden. Figuren nedenfor tar ikke høyde for nye funn, slik at det kan forventes at den reelle produksjonen framover vil bli en del høyere, men det tar ofte lang tid fra et funn blir gjort til det er ferdig utbygget og produserer.

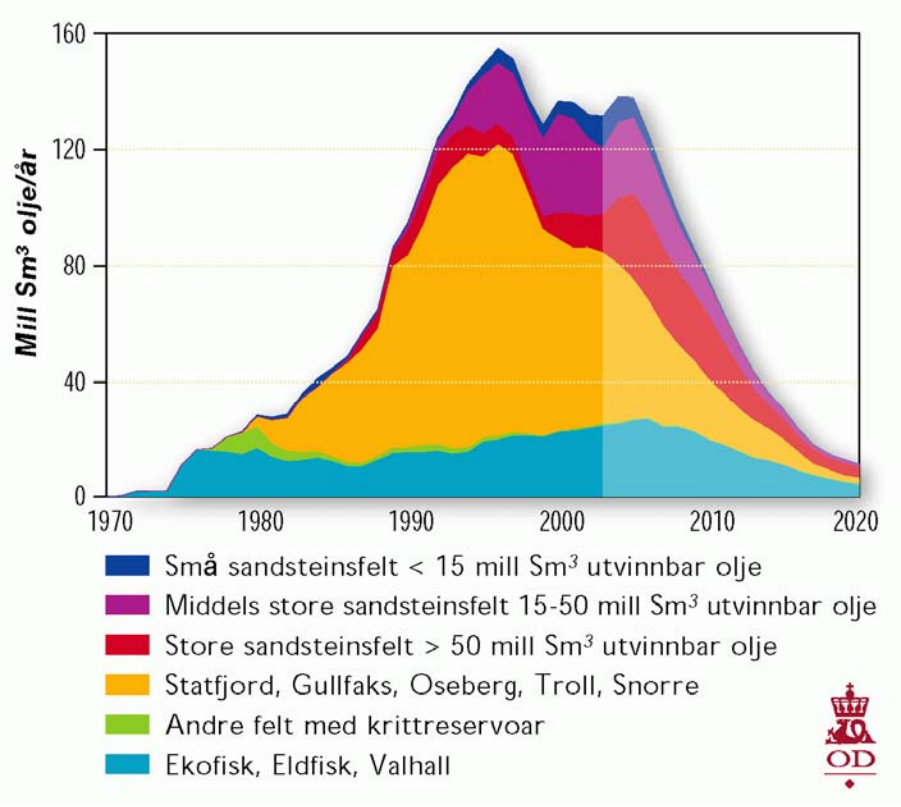


Fig. 6.5 Oljeproduksjonsprognose, angitt i Sm^3 o.e. fordelt på områder i Nordsjøen (Kilde: Oljedirektoratet 2003)[52]. Sandsteinsfelt gir raskt og høyt produksjonsnivå, en kort platåperiode og deretter rask avtrapping med lang haleproduksjon. Krittreservoarer har lav permeabilitet, produserer langsomt og har en langsommere respons på tiltak for økt oljeutvinning.

[52] Oljedirektoratet. 2003. Petroleumsressursene på norsk sokkel 2003. (http://www.npd.no/Norsk/Emner/Ressursforvaltning/Ressursregnskap_og_-analyse/Ressursrapport_2003/Ressrapp_03.htm).

Gassproduksjonen i Nordsjøen er forventet å være relativt stabil og svinge mellom en produksjon på 65 og 80 millioner Sm^3 o.e. per år.

6.3.1.2 Norskehavet

Det største bidraget til ressurstilveksten på norsk sokkel de siste ti årene har kommet fra Norskehavet, hvor det er gjort en rekke betydelige funn. Det har vært flere større utbygginger, og nye utbygginger er under planlegging. Det er forventet at framtidig letevirksomhet vil kunne føre til nye, betydelige funn. Prognosene for oljeproduksjon er vist i figur 6.6. Her er det tatt inn enkelte fiktive felt for å ta høyde for nye funn. Med flere funn, kan den reelle produksjonen bli høyere.

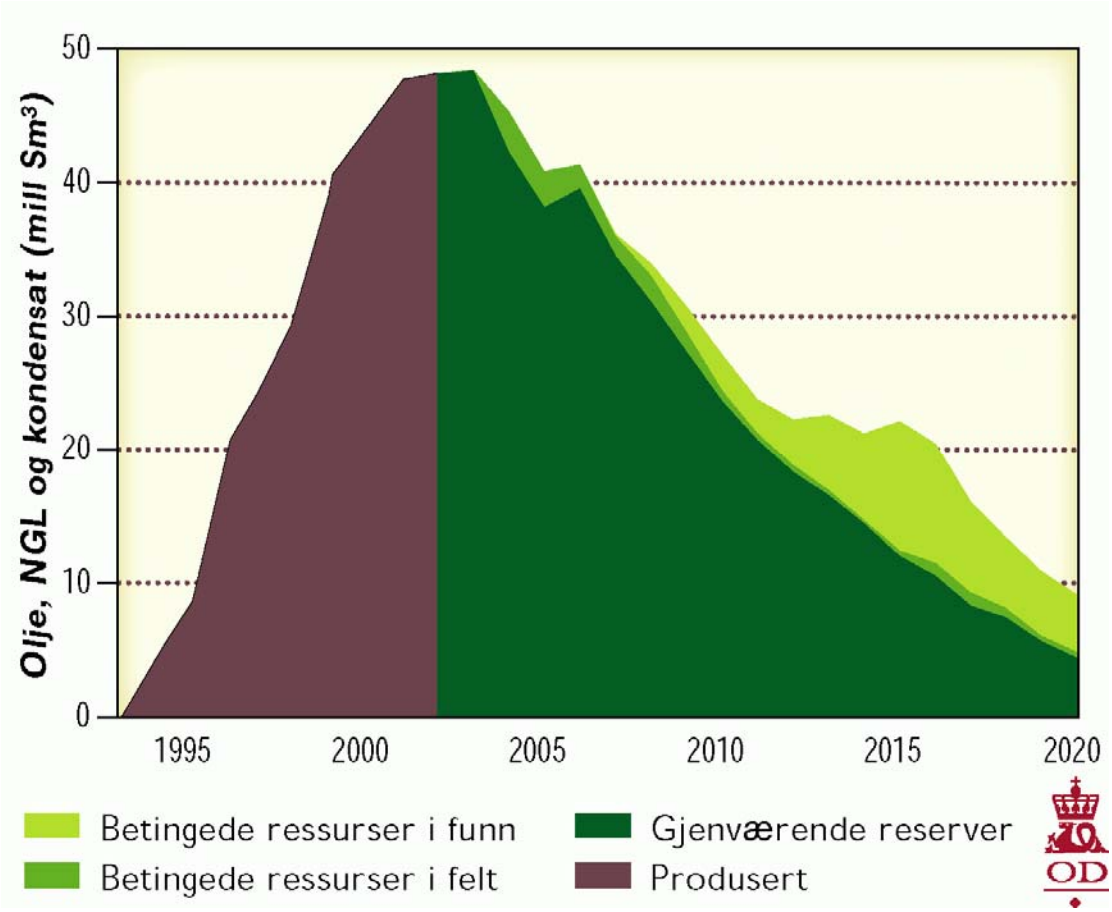


Fig. 6.6 Prognose for produksjon av olje, NGL og kondensat, regnet som standard m^3 oljeekvivalenter, (Sm^3o.e.) (Kilde: Oljedirektoratet 2003).

I Norskehavet er de gjenværende totale utvinnbare ressursene anslått til om lag 2800 mill. Sm^3 o.e. (uoppdagede og oppdagede ressurser). Av dette er 64% gass. Gassproduksjonen er forventet å øke frem til 2013 for deretter å avta. På topp vil produksjonen være om lag 40 mill. Sm^3 o.e. pr. år.

6.3.1.3 Framtidig virksomhet på dypere vann

I 1994 åpnet Stortinget for letevirksomhet på dypt vann (Vøringplatået), og i 15. konsesjonsrunde i 1996 ble de første utvinningstillatelsene i dette området tildelt. Ressursanslagene tyder på at disse delene av norsk sokkel kan inneholde betydelige mengder petroleum. Det er foreløpig gjort ett stort gassfunn i den sørlige delen av

dypområdet (Ormen Lange), og interessen retter seg først og fremst mot blokker nord for dette funnet.

Videre utvikling av virksomheten på dypt vann i Norskehavet vil kunne influere på miljøet i utredningsområdet, særlig dersom det skjer utslipp på dyp mindre enn 5-600 m. Disse vannmassene fraktes inn i Barentshavet med strømmen. På våren bringer denne strømmen med seg rike forekomster av dyreplankton.

I grunnlagsutredningen er mulige utviklingstrender for petroleumsvirksomheten oppsummert og lagt til grunn for utviklingen av tre scenarier.

6.3.1.4 Scenario 1 - Ingen utvikling

Ingen flere lisenser tildeles i Norskehavet. Fortsatt letevirksomhet og produksjon i Nordsjøen og i tidligere tildelte lisenser i Norskehavet. Produksjonen av olje og gass i Norskehavet når toppen før 2010 og faller deretter. De operasjonelle utslipp reduseres betydelig i samme periode, pga av at man tar i bruk injiseringsteknologi og andre tilpasninger til nullutslippsregimet, som skal være gjennomført innen 2005, også for eksisterende felt.

6.3.1.5 Scenario 2 - Sannsynlig utviklingsbane

RKU for Norskehavet forutsetter i hovedsak denne utviklingen, og det er gjort framskrivninger til 2015. Her er det lagt til grunn at de største utslippene av borekaks vil være først i perioden og at disse vil bli redusert betydelig fram mot 2015. Innføring av nullutslippsregimet for eksisterende felt i 2005 innebærer at estimatene fra RKU for Norskehavet er for høye. Både boreoperasjoner og produksjon går uten uhell.

6.3.1.6 Scenario 3 - "Worst case" uhell

I RKU Norskehavet vurderes havari av en oljetanker utenfor Lofotodden som "worst case". Sannsynligheten er liten, under 0.005 hendelser pr år. For utslipp fra lagertanker og produksjonsskip er sannsynligheten beregnet til 0.002 hendelser pr år. I US er det gjort tilsvarende vurderinger for havarier i ytre Lofoten. Det er ikke gjort en egen utredning av dette for UY for en ulykke umiddelbart utenfor utredningsområdet, men det antas at effektene på ressursene blir omtrent tilsvarende. Dersom slike uhell skjer på verst mulig tid, det vil si vår og/eller tidlig sommer, vil skadeomfanget kunne bli betydelig. Dette forutsetter dårlig vær slik at bare mindre deler av et oljesøl fanges opp av lensene. I så tilfelle vil gytesuksessen til sentrale arter som sild og torsk kunne bli kraftig redusert, strender i store deler av Lofoten vil bli tilgriset, og sjøfugl og marine pattedyr hardt rammet.

6.3.2 Russisk petroleumsvirksomhet

Figur 6.7 viser havområder som russiske myndigheter ønsker å invitere russisk og internasjonal petroleumsindustri til å utvikle i løpet av 2003-2006. Fram til nå har ikke russiske selskaper hatt teknologi til å gå inn i disse områdene. Det er derfor ventet at feltene vil bli utviklet i et samarbeid med vestlig petroleumsindustri. Det eneste oljefeltet som er forventet å kunne starte produksjon i utredningsperioden er oljefeltet Prirazlomnoye. Det er også mulig at det meget store gassfeltet Shtokmanovskoye vil komme i produksjon innen 2020.



Fig. 6.7 Planlagt petroleumsutvikling på russisk sokkel (figur er utarbeidet av Oljedirektoratet, basert på informasjon fra viseminister Sadovnik på ONS 2002).

Den utviklingen som vil ha størst betydning for norsk område er en eventuell opptrapping av petroleumstransporten langs norskekysten. Den øker raskt og forventes å vokse ytterligere i årene som kommer. Dette scenariet omtales mer detaljert i US.

Nedenfor er det skissert ulike utviklingsmuligheter som konkretiseres i tre scenarier for russisk petroleumsvirksomhet frem til 2020. Disse vil kunne påvirke utredningsområdet. Scenariene danner grunnlag for vurdering av konsekvenser, målt som påvirkning på de felles konsekvensvariable. Det er lagt til grunn ulike kombinasjoner av geografisk lokalisering, funn og utbygging (olje og/eller gass) samt aktivitetsnivå (høyt, middels eller lavt). Det er innenfor disse rammene svært mange mulige utfall, men det er ved beskrivelsen av scenariene lagt vekt på fange opp de aktiviteter og hendelser som vil gi størst variasjoner i miljømessige påvirkninger av utredningsområdet, både direkte og indirekte. Videre er det lagt inn alternativer for eventuelle eksterne bidrag i form av mulig petroleumsvirksomhet i andre deler av russisk Arktis.

Den fremtidige petroleumsvirksomheten vil sannsynligvis foregå konsentrert i fem geografiske områder:

- Det sentrale Barentshavet (Shtokmanovskoje)
- Petsjorahavet (nye og eksisterende lisenser)
- Kysten av Kolahalvøya (nye lisenser)
- Vestkysten av Novaja Semlja (nye lisenser)
- Området nord for Kap Kanin og vest for Kolguyev

I det russiske energistrategidokumentet skisseres det to utviklingshorisonter for russisk petroleumsvirksomhet fram mot 2020; en moderat og en optimistisk (se figur 6.4

for oljeproduksjonen). Det optimistiske anslaget avhenger av offshore teknologi som Russland pr. i dag ikke har. Ved beskrivelse av scenariene er det derfor lagt vekt på om det åpnes for internasjonal deltakelse og samarbeid eller ikke.

Foruten de faktorene som kontrolleres av russiske myndigheter vil produksjonsforløpene bli påvirket av en rekke globale mekanismer og konjunkturer. De viktigste forholdene som påvirker fremtidig russisk petroleumsvirksomhet er sammenfattet i første del av tabell 6.1. Basert på dette har vi definert tre scenarier som ligger til grunn for de videre analysene Vi har valgt å la ett scenario omfatte "worst-case" uhell, mens to scenarier ikke omfatter denne typen hendelse.

Tab. 6.1 Oppsummering av mulige utviklingstrender for russisk petroleumsvirksomhet i tre scenarier fram mot 2020.

Scenario	Betingelser	Teknologi	Utviklingstakt	Geografisk område	Aktivitet	Transportløsninger
Moderat	Liten deltakelse av vestlig industri og teknologisel-skaper	Russisk	Produksjon mer eller mindre i tråd med"moderat synspunkt" i energistrategi-dokumentet fra 2003	Feltutbygging på land i Nenets, meget begrenset offshore-utbygging. Prirazlomnojefeltet i produksjon, og enkelte andre felt i Petsjora-havet og utenfor Kola under utbygging/produksjon	Olje + gass Begrenset leteaktivitet	Terminalløsning i Petsjorahavet Oljerørledning fra Sibir til Severo-dvinsk eller Murmansk innen 2020. Videreutvikling av jernbanen og utskipning fra havner i Kvitsjøen og på Kola
Optimistisk	Høy deltakelse fra vestlig industri og teknologisel-skaper Løsning av teknologi-problemene Sikkert investerings-klima i Russland	Russisk og internasjonal	Produksjon i tråd med "optimistisk anslag" i energ strategi dokumentet fra 2003	Flere offshorefelt i Petsjora- og Barentshavet under utbygging og i drift. Shtokmanfeltet i drift med rør-ledning til Teriberka (Kola-kysten). Utbygging av kondensat-, gass- og oljefelt offshore og onshore i Karahavet og tilgrensende land-områder.	Olje + gass + høy lete-aktivitet LNG-anlegg på Kolakysten under bygging	Større terminalløsning i Petsjora-havet for offshore og onshore produksjon. Oljerørledning fra Sibir til Murmansk på plass 2010-2015. Oljerørledning til Severodvinsk Offshore oljeledning fra Petsjora-havet til isfritt område. Regulær transport av olje og kon-densat fra terminaler i Dickson og i Ob-bukta.
"Worst case" ulykke	En stor ulykke i isfylte farvann i sørøstlige Barentshav med påfølg-ende stort oljesøl reduserer utvik-lingen (kan skje både i forhold til "moderat" og "optimistisk")		Ulykkene medfører redusert utviklingstakt, spesielt offshore, produksjon mindre enn "moderat " scenario frem til 2020			

6.3.2.1 Scenario 1 - Lav lete- og utbyggingsaktivitet uten bidrag fra vestlig teknologi og uten alvorlige uhell som påvirker utredningsområdet.

Det føres en restriktiv linje overfor ikke-russiske selskapers deltakelse. Det benyttes russisk teknologi ved både letevirksomhet og utbygging av felt. Offshoreaktiviteten foregår i meget moderat tempo. På grunn av landets behov for valutainntekter oppskaleres utskipningen av olje fra landbaserte felt via Murmansk. Oljerørledningen fra Sibir blir forsinket, og tas ikke i bruk før etter 2020. Produksjonsmessig vil dette scenariet føre til at prognosene for petroleumsproduksjon fra regionen Vest-Sibir blir omtrent lik eller mindre enn "moderat" scenario i energistrategidokumentet fra 2003.

6.3.2.2 Scenario 2 - Høy lete- og utbyggingsaktivitet med russisk og internasjonal teknologi

I dette scenariet bygges det store gassfeltet Shtokmanovskoje ut med en kombinasjon av russisk og internasjonal teknologi. Gassen føres til land gjennom en rørledning til prosessering på Kolakysten, med produksjonsstart i 2015. Det etableres kun bunninstallasjoner på feltet. Leteaktiviteten er høy, og med god funnsuksess, slik at det kan bygges ut flere felt i området i løpet av andre halvdel av scenarieperioden. Internasjonale selskaper er deltakere, slik at det benyttes en kombinasjon av russisk og vestlig teknologi. Det etableres en stor oljerørledning fra Sibir til Murmansk som tas i bruk i 2015.

Shtokmanovskoje ligger i det sentrale Barentshavet. Russisk miljølovgivning forbyr operasjonelle utslipp. Dette overholdes av det russisk/internasjonale konsortiet som bygger ut feltet ved å reinjisere/injisere. I dette scenariet forekommer det ikke alvorlige uhellsbetingete utslipp.

Oljedelen av scenariet omfatter flere felt i Petsjorahavet, med tilhørende offshore utskipningsfasiliteter og 1-2 felt utenfor Kolakysten der det etableres rørledning direkte til Murmansk-området. Oljen fra feltene i Petsjorahavet skipes til Murmansk, og bidrar sammen med oljerørledningen fra Sibir og felt på Kolakysten til at Murmansk fra 2015 og utover i scenarieperioden blir en betydelig omlastningshavn, og tankskipstrafikken langs kysten av Norge øker.

Siden scenariet omfatter høy leteaktivitet og utbygging av oljefelt nær utredningsområdet, medføre dette scenariet større påvirkning på utredningsområdet enn scenario 1.

6.3.2.3 Scenario 3 – "Worst case" - Alvorlige ulykker medfører betydelige miljøskader og påfølgende redusert aktivitet

Ulykker kan inntreffe både ved "optimistisk" og "moderat" scenario. Forskjeller i omfang, oppbygning og tekniske løsninger for beredskap, ulykkesbekjempelse og opprydning vil påvirke miljøkonsekvensene vesentlig.

Ulykker vil uansett medfører redusert utviklingstakt og en produksjon som er mindre enn "moderat" scenario i energistrategidokumentet fra 2003 frem til 2020.

Det er en rekke aktiviteter på russisk side som er risikofylte og som kan medføre akutte utslipp:

- Uhell ved boreoperasjoner i både isfrie og isfylte farvann.

- Uhell knyttet til transport mellom land og offshore felt under utbygging eller i produksjon.
- Uhell i forbindelse med rørledninger både på land og i havet.
- Uhell med flytende terminaler i Kolafjorden, i åpen sjø utenfor Kolakysten (endepunkt for rørledning fra Petsjorahavet) og i åpent hav.
- Uhell ved lasting/omlasting ved terminaler på Kolahalvøya, i Petsjorahavet, Karahavet og Kvitsjøen.
- Uhell ved oljetransport med skytteltankere mellom felt og omlastingsterminal.
- Forlis av supertanker i russisk sone av Barentshavet..
- Uhell med transport internt i Russland (jernbane, på elvene, nordlige sjørute).

Graden av sannsynlighet for de enkelte hendelsene er meget vanskelig å vurdere uten mer informasjon om hvilke teknologiske løsninger som velges, og vil best kunne gjøres i samarbeid med russiske petroleumsmiljøer. Grunnlagsrapporten eksemplifiserer noen mulige, alvorlige ulykker, uten å ta stilling til sannsynligheten for dem. Dette er trukket med i vurderingene av hva slags konsekvenser som kan oppstå ved ulykker i russisk område.

6.3.2.4 Offshore versus onshore

Ulykker knyttet til offshoreaktiviteten vil kunne medføre betydelige miljøpåvirkninger, og vil mest sannsynlig føre til redusert tempo og økt fokus på sikkerhet og forebyggende arbeid. Det er imidlertid lite trolig at en ulykke offshore vil påvirke utvinning og produksjon fra landbaserte felt i særlig grad, da den landbaserte teknologien har lang historie i området, og foregår med en for russiske operatører kjent teknologi.

6.3.2.5 Tidshorisontene 2020 og 2050

Scenariene tar for seg et utvalg av mulige faktorer som kan påvirke utredningsområdet innenfor tre ulike tidshorisonter (dagens situasjon, 2020 og 2050) og omfatter mulige, konkrete hendelser, uhell osv. Scenariene er beskrevet for tre ulike påvirkningsgrader av utredningsområdet; liten påvirkning, moderat påvirkning og et mulig "worst case" forløp (tabell 6.2). Fremskrivningene av mulige utviklingsforløp til år 2050 er det ingen skriftlig dokumentasjon for, men vil bygge på kunnskap om russisk og internasjonal oljeindustri og informasjon fra russiske kontakter. Det er imidlertid knyttet stor usikkerhet til dette scenariet.

Tab. 6.2 Mulige hendelser i tilknytning til fremtidig petroleumsaktivitet i russisk del av Barentshavet som kan påvirke norsk del av Barentshavet[53].

Påvirkning av utredningsområdet	2004	2020	2050
Scenario 1: Liten utvikling		Operasjonelle utslipp av borekaks og -væsker og produsert vann	Begrensede uhellsutslipp ved leting og produksjon.
Scenario 2: Moderat utvikling	Uhell ved omlasting langt fra norsk sone.	Uhell ved boreoperasjoner nær norsk sone, større utslipp av kjemikalier og olje.	Lekkasje fra offshore rørledning for olje i Barentshavet. Stort oljesøl som fraktes med isen og smelter ut nord for Svalbard. Stort oljesøl i Petsjorahavet.
Scenario 3: "Worst case"	Uhell ved omlasting nær norsk sone. Havari av supertanker.	Ukontrollert utblåsning nær norsk sone. Havari av supertanker.	Ukontrollert utblåsning i isfylt farvann i Barentshavet. Havari av supertanker.

6.3.2.6 Usikkerhet knyttet til fremtidig utvikling

De tre skisserte scenarier representerer ulik påvirkning av utredningsområdet. For å kunne beskrive hvordan et scenario - sannsynlig eller ikke - vil kunne påvirke utredningsområdet, må en kjenne til de usikkerheter som påvirker vurderingene. Det er flere typer usikkerhet som er viktig, både de som går på omfang og innhold i petroleumsaktiviteten, og de som går på den økologiske forståelsen av ulike typer påvirkning av miljø og ressurser. Sistnevnte type usikkerhet vil bli drøftet i tilknytning til de enkelte konsekvensvariablene.

For utviklingen innen petroleumsindustrien er følgende momenter viktige:

Utslipp fra virksomheten
Russland har vedtatt nullutslipp offshore, og da i betydningen null fysiske utslipp. Scenariene er satt opp med den forutsetning at dette faktisk i all hovedsak blir etterlevet. Dersom det ikke etterleves, må mulige langtidsskader av operasjnelle utslipp vurderes nærmere.

Manglende kunnskap om fremtidens teknologiske utvikling
For offshoreaktiviteten er tempoet i utviklingen på russisk side avhengig av at enten vestlig oljeindustri deltar, eller at russiske selskap kjøper inn tjenester fra vestlige teknologiselskaper. Samtidig må man regne med at deltakelse fra vestlig industri vil kunne redusere risikoen for uhell og kortsiktige løsninger, bedre beredskapen og føre til mer effektiv opprydding dersom uhell skulle skje. Tempoet for utviklingen onshore er også avhengig av tilgang på vestlige teknologiløsninger, men ikke i like stor grad som offshore. Også her må man anta at deltakelse fra internasjonale oljeselskaper vil føre til bedre og sikrere teknologiske løsninger.

[53] Aktuelle hendelser i Petsjorahavet og Karahavet kan således gi store miljøskader regionalt, men ha liten påvirkning på miljøet i utredningsområdet

Oljepolitikk og konjunkturer
Den fremtidige politiske utviklingen i Russland er usikker. Russland trenger oljepenger, men ønsker samtidig å beholde sentrale oljeressurser på nasjonale og til dels statlige hender. Investeringsregimet er usikkert. Full deltakelse fra vestlig oljeindustri og teknologileverandører er betinget av at det i fremtiden blir stabile politiske og økonomiske forhold.

Klima
Den klimatiske utviklingen vil kunne føre til at det blir mindre is og dermed enklere å operere i havområdene. Dette vil imidlertid også kunne føre til at store områder med permafrost på land og på sokkelen tiner. Hvordan dette vil virke inn på eksisterende infrastruktur og utviklingen av petroleumsaktiviteter er usikkert.

6.4 Konsekvenser for arter og økosystemer

Basert på erfaringene fra områder lenger syd er det ikke forventet effekter av betydning i utredningsområdet av driftsutslippene fra oljevirksomhet som føres inn i området. Det at det ikke har vært mulig å påvise effekter i Nordsjøen og Norskehavet kan imidlertid også skyldes at det ikke har vært tilgjengelig metodikk for effektovervåking. Dette er nå i ferd med å utvikles, og slik metodikk prøves nå ut på norsk sokkel.

I RKU Norskehavet[54] er det gjennomført beregninger med en konservativ tilnærming av skadeomfanget av et eventuelt uhellsutslipp fra produksjon i Norskehavet. Beregningene viser at det er liten sannsynlighet for at akutt dødelighet som følge av uhellsutslipp av olje kan føre til effekter av betydning på fiskebestander.

Akutt oljeutslipp i Norskehavet kan påvirke tidlige livsstadier av sild, sei og torsk. Da disse artene vandrer mellom Barentshavet og Norskehavet, vil et akutt utslipp i Norskehavet kunne få konsekvenser for bestandene i utredningsområdet. Sannsynligheten for slik påvirkning er imidlertid liten. Beregnede maksimale tapsandeler som følge av f.eks. sjøbunnsutslipp ved Draugen er <1% for torsk og <2% for sildelarver. Disse teoretiske beregningene gir en restitusjonstid på mindre enn 2 år.

6.4.1 Vurdering av felles konsekvensvariable og særlig verdifulle ressurser

Gjennomgangen ovenfor har vist at det ikke er dokumentert at utredningsområdet er målbart påvirket av dagens petroleumsaktivitet utenfor utredningsområdet. Størst potensiell skade vil kunne oppstå ved et stort akutt oljesøl. Med bakgrunn i begrensningene i datagrunnlaget for spredning og konsekvenser av utslipp fra slike hendelser er konsekvensvariablene ikke vurdert i forhold til slik påvirkning. Konsekvensvariablene er derimot vurdert etter om et uhell som påvirker en art eller bestand er mer eller mindre sannsynlig, og hvor alvorlig et uhellsutslipp vil være for arten eller bestanden.

6.4.1.1 Fysisk - kjemisk miljø

I utredningsprogrammet er fysisk og kjemisk miljø definert som et av temaene hvor konsekvenser av aktivitet skal utredes. Fysisk - kjemisk miljø inkluderer forurensning, forsøpling, støy og seismikk.

[54] Se fotnote 12

Forurensning
De mest aktuelle forurensningene fra petroleumsvirksomheten er oljehydrokarboner, særlig PAH og alkylfenoler. Det antas at en del av oljen (inkludert alkylfenoler) i det produserte vannet ikke transporteres inn til utredningsområdet i konsentrasjoner som kan skade miljøet. De antas derfor heller ikke å påvirke miljøet i utredningsområdet. Uhellsutslipp av petroleum i Norskehavet vil kunne spres til den sørlige delen av utredningsområdet.

Radioaktive stoffer fra petroleumsvirksomhet på norsk sokkel kan tilføres Barentshavet på samme måte som annen forurensning i produsert vann. Tilført radioaktivitet vil gi et lite bidrag sammenliknet med naturlig radioaktivitet i sjøvann. Bidraget vil vanskelig kunne skilles fra naturlig variasjon i Ra-konsentrasjon selv med avanserte målemetoder. Lite er kjent om effekter av lave konsentrasjoner radioaktive stoffer i marint miljø. Det antas likevel at radioaktive stoffer fra petroleumsvirksomhet i Nordsjøen og Norskehavet ikke vil forekomme i miljøskadelige konsentrasjoner i Barentshavet.

Forsøpling
Det er etablert systemer for sortering, håndtering, transport og levering av avfall fra norsk petroleumsvirksomhet. Det er ikke kjent hvilket regelverk som gjelder på russisk side. Eventuell søppel fra virksomhet i Norskehavet eller Nordsjøen som havner i sjøen vil kunne føres med havstrømmene til utredningsområdet. Forsøpling fra petroleumsvirksomhet i russisk sektor vil imidlertid i hovedsak drive bort fra utredningsområdet med havstrømmene, men flytende søppel, eller søppel frosset inn i isen, kan havne i den nordvestlige delen av utredningsområdet. Det foreligger ikke kunnskap om omfanget av søppel fra petroleumsvirksomhet utenfor utredningsområdet. Det er derfor ikke grunnlag for å anta at søppel fra petroleumsvirksomhet påvirker det fysisk kjemiske miljøet i utredningsområdet.

Undervannsstøy og seismikk
Flere undersøkelser og forsøk har vist at seismiske undersøkelser med luftkanoner kan skade yngre stadier av fisk. Skadene vil imidlertid være begrenset til lydkildens umiddelbare nærområde, ut til ca. 5 m avstand. Voksen fisk vil reagere på lyd med adferdsmessige endringer. Skremmeeffekten er imidlertid kortvarig. Seismikk utenfor utredningsområdet vil derfor ikke ha konsekvenser for det fysisk-kjemiske miljøet innenfor utredningsområdet.

6.4.1.2 Biologisk miljø

Det er store bestander av fugl, sjøpattedyr og kommersielle fiskearter i området Lofoten - Barentshavet. Havområdet er høyproduktivt sammenlignet med øvrige arktiske hav. Nedenfor er mulige effekter av akuttutslipp fra petroleumsvirksomhet utenfor utredningsområdet på utvalgte ressurser beskrevet, med spesiell vekt på arter blant de felles konsekvensvariablene.

Det er ikke dokumentert at operasjonelle utslipp fra oljeindustrien i Nordsjøen, Norskehavet eller russisk del av Barentshavet direkte eller indirekte kan ha effekter på bestander av ulike biologiske ressurser som forekommer innenfor utredningsområdet. Selv om forskning har vist at enkelte operasjonelle utslipp fra petroleums-virksomheten kan ha effekter på miljø og/eller enkeltindivider av en rekke arter, vil vil omfanget av effektene være lokalt. Operasjonelle utslipp kan spres fra felt som ligger nær

utredningsområdet, men utslippene vil bli så fortynnet i løpet av driften til utredningsområdet at det antas at de ikke vil påvirke miljøet i området.

Sannsynligheten for at et oljeflak fra et akuttuhell på eksisterende innretninger utenfor området skal drive inn i utredningsområdet er meget liten. Skytteltankertrafikken til og fra Nornefeltet går sørover, bort fra utredningsområdet. Uhell knyttet til denne trafikken vil likevel kunne føre til oljeforurensning av utredningsområdet, selv om mengdene antas å bli små. Et forlis av en oljetanker på tur sørover ut for Lofotodden, etter å ha passert gjennom utredningsområdet, er den ytre hendelsen som vil kunne bidra med mest olje inn i utredningsområdet. Det vises til US for vurdering av konsekvenser av denne typen hendelse.

Hovedfokus er i det følgende lagt på eventuelle konsekvenser på arter og bestander som i deler av sin livssyklus, eller i deler av året, oppholder seg i områder utenfor utredningsområdet hvor det drives petroleumsvirksomhet, og hvor de kan bli påvirket av et oljesøl.

Primær- og sekundærproduksjon

Det antas at et akutt oljeutslipp i Nordsjøen, Norskehavet eller russisk del av Barentshavet ikke vil påvirke primær- eller sekundærprodusentene i utredningsområdet direkte. En stor del av primær- og sekundærprodusentene transporteres imidlertid inn i området fra Norskehavet. Et akutt oljeutslipp i Norskehavet kan derfor påvirke disse bestandene før de kommer inn i utredningsområdet. Et oljeutslipp vil imidlertid bare kunne påvirke en meget liten del av bestandene, fordi de er spredt over store områder. I tillegg vil det være en stor produksjon av slike organismer innenfor utredningsområdet. Det kan derfor antas at et akuttutslipp av olje i Nordsjøen, Norskehavet eller russisk del av Barentshavet ikke vil ha konsekvenser for primær- og sekundærproduksjonen innenfor utredningsområdet.

Fiskeressurser

Norsk arktisk torsk

Konsekvensene av et akutt oljeutslipp vil i første rekke kunne gi skader på egg og larver av torsk. Siden størsteparten av disse stadiene vil være til stede i området Lofoten - Vesterålen i perioden i mars-april, vil de primært være utsatt for skade av et akuttutslipp i denne perioden. Et akuttutslipp av olje i det sørlige Barentshavet, eller det grunne Petsjorahavet, vil kunne gi negative effekter på torskebestanden, enten direkte, eller ved at næringsgrunnlaget for yngel eller voksen fisk blir redusert.

Ungtorsken utnytter i stor grad bunnen som næringshabitat. I grunne områder vil et oljeutslipp kunne gi skader på organismene som lever i og på bunnen og dermed påvirke beitende torsk. Dette er imidlertid vanskelig å kvantifisere.

Norsk vårgytende sild

Akuttutslipp av olje har et potensial for å skade egg og larver av sild. Hvor stor andel av eggene som vil bli skadet avhenger av størrelsen på gytefeltet, og hvor stor andel av dette som eventuelt dekkes av olje. Estimater viser at dersom 50% av sildelarvene i en årsklasse går tapt, vil dette gi en bestandsreduksjon på i overkant av 10%, og en restitusjonstid for bestanden på opp mot 10 år. Sannsynligheten for at et akuttutslipp av olje skal kunne skade 50% av larvene i en årsklasse er imidlertid liten. Et oljeut-

slipp i Nordsjøen og Norskehavet vil på bakgrunn av dette kunne gi ubetydelige til moderate skader på sildebestanden i utredningsområdet.

Ungsild i Barentshavet er fordelt over store områder, og sterke årsklasser kan forekomme langt øst i russisk sone. Likevel vil mesteparten av ungsilda være fordelt i de sentrale og vestlige delene av Barentshavet. Et akuttutslipp av olje i russisk del av Barentshavet vil derfor ha ubetydelige konsekvenser på bestandsnivået innenfor utredningsområdet.

Lodde
Ut fra en antagelse om at akutte oljeutslipp fra Nordsjøen og Norskehavet ikke vil drive inn i Barentshavet i særlig omfang, og det faktum at lodda ikke vandrer ut av Barentshavet, vil det ikke oppstå overlapp mellom et oljesøl og gytefeltene til lodda. Konsekvensene av et akuttutslipp i disse områdene vil derfor være ubetydelige.

Om temperaturklimaet i Barentshavet er varmt, vil lodda trekke lenger øst for å gyte. Dette kan gi overlapp mellom lodde og eventuelle akutte oljeutslipp fra f.eks. en oljeterminal i Kolafjorden. Hvor store konsekvensene vil bli avhenger av om hele gytebestanden står i disse områdene, og av hvordan oljen spres, både horisontalt og vertikalt i vannsøylen. Det antas imidlertid ikke at et oljeutslipp i disse områdene vil kunne skade store deler av eggene og larvene av en loddegyting. I tillegg vil den umodne delen av loddestammen stå i de sentrale delene av Barentshavet. Det antas derfor at et akuttutslipp i russisk del av Barentshavet kun vil gi ubetydelige til moderate skader på bestandsnivået hos lodde, såfremt ikke kritiske gytehabitater påvirkes over flere år.

Polartorsk
Det er ingen vandring av polartorsk syd for utredningsområdet. For akuttutslipp fra Nordsjøen og Norskehavet er derfor risikoen for skade på bestandene innenfor utredningsområdet ubetydelig.

Et oljeutslipp i østlige delene av Barentshavet vil kunne gi et stort overlapp mellom olje og bestandene av polartorsk. Det er lite kunnskap om oljetoleransen hos polartorsk. Den lever store deler av livet i tilknytning til is, og et oljesøl langs iskanten, der iskanten fungerer som en lense og holder oljeflaket stasjonært over lang tid, vil kunne påvirke både polartorsken og dens næringsgrunnlag. Det er usikkert om det er utveksling mellom populasjonene i den østlige delen av Barentshavet og populasjoner i utredningsområdet. Det antas at det er liten til moderat sannsynlighet for skade på bestandene av polartorsk.

Andre fiskearter
Andre viktige arter i utredningsområdet er hyse, sei, vanlig uer, snabeluer og blåkveite, men disse artene vil mest sannsynlig ikke påvirkes av akutte oljeutslipp fra områder utenfor utredningsområdet. For alle disse artene gjelder imidlertid at vandringsmønstret ut og inn av utredningsområdet, gyteområder og oljesårbarhet er svært dårlig kartlagt. Flere av artene trives på større dyp, og et undervannsutslipp langs eggakanten eller på Vøringplatået vil kunne påvirke dem.

Sjøpattedyr

Sel

Dersom olje driver inn i en selkoloni er det grunn til å anta at et stort antall individer vil bli skadet eller dø. Det finnes større selkolonier både i Nordland, Finnmark og ikke minst i Russland ved Fiskarhalvøya, øst for Varangerfjorden.

Et akutt oljeutslipp i Nordsjøen eller i Norskehavet vil kunne påvirke bestandene av kystsel (steinkobbe og havert). Lokale populasjoner av disse selartene i Lofoten er innenfor et potensielt influensområde for utslipp i Norskehavet. Sjansen for at olje fra eksisterende petroleumsvirksomhet skal drive inn i dette området er imidlertid relativt liten.

Et akuttutslipp av olje i russisk del av Barentshavet, eller fra en landterminal på Kolakysten, har et stort potensial for å kunne påvirke selbestandene både på Kolakysten, i Østisen og i deler av Kvitsjøen, spesielt i vinterperioden når både storkobbe, ringsel og grønlandssel overvintrer i området. En kvantifisering av effektene på bestandsnivå er vanskelig, men konsekvensene kan bli store lokalt. Siden disse selbestandene vandrer nordover i sommerperioden, vil et oljeutslipp i den østlige delen av Barentshavet kunne påvirke selbestander innenfor influensområdet. Bestandene er imidlertid store, og det vurderes som lite sannsynlig at ett enkelt oljesøl kan føre til bestandsreduksjoner av betydning.

Hval

De fleste hvalartene er utbredt over store områder, og for disse vurderes konsekvensene av et uhellsutslipp av olje som begrenset til individnivå.

En eventuell påvirkning av hval innenfor utredningsområdet fra akuttutslipp i Norskehavet og Nordsjøen vil bare kunne skje i vandringsperiodene for de arter som ikke oppholder seg innenfor utredningsområdet om vinteren. Den individuelle sårbarheten hos hval er lav for olje, slik at konsekvensene av et akuttutslipp av olje i Nordsjøen eller Norskehavet sannsynligvis vil være ubetydelige for hval innenfor utredningsområdet.

Et utslipp av olje fra russisk del av Barentshavet vil kunne påvirke flere arter av hval i de østlige delene av Barentshavet. Spesielt er det store konsentrasjoner av hvithval i Petsjorahavet i sommerperioden. Det finnes ikke kunnskap om hvorvidt bestanden i de østlige delene av Barentshavet trekker inn i utredningsområdet. Det er derfor ikke mulig å si om et akuttutslipp i Petsjorahavet vil påvirke hval som tilbringer deler av sin tid i utredningsområdet.

Hvalross

Hvalross beiter primært på bunndyr som skjell og snegler. Slike dyr er kjent for å kunne akkumulere PAH. Siden hvalrossen kan bli relativt gammel, kan akkumuleringen av f.eks. PAH potensielt bli betydelig i voksne individer, og en kan ikke utelukke effekter på reproduksjonen. I likhet med for andre pattedyr antas imidlertid hvalross å kunne skille ut PAH .

Siden hvalross innenfor utredningsområdet hovedsakelig oppholder seg i områdene ved Svalbard, vil ikke et akuttutslipp av olje i Nordsjøen og Norskehavet kunne gi overlapp med utbredelsen til denne arten.

I russisk del av Barentshavet, særlig i Petsjorahavet, vil det i deler av året være store konsentrasjoner av hvalross. Et oljeutslipp her vil kunne gi skader på flere nivåer. Det kan tenkes en akutt dødelighet, spesielt om kalvene blir tilgriset av olje. I tillegg vil et oljeutslipp sannsynligvis forurense bunnen i deler av området. Dette kan påvirke næringsgrunnlaget for hvalross og føre til økt belastning med PAH. Det er ikke kunnskap om vandringsmønsteret til hvalross fra dette området, og det er ikke kjent om bestanden i Petsjorahavet utgjør en del av bestanden som finnes innenfor utredningsområdet.

Isbjørn
Faren for eksponering av eventuell olje som transporteres inn med is vil være størst i april - juni. Skader av oljesøl kan oppstå på individnivå, men bestanden vil ikke være truet av ett enkelt oljesøl

Siden isbjørn innenfor utredningsområdet hovedsakelig oppholder seg i områdene ved Svalbard og ved iskanten, vil ikke et akuttutslipp av olje i Nordsjøen og Norskehavet kunne gi overlapp mellom olje og isbjørnens utbredelse.

Selv om et oljeutslipp i russisk del av Barentshavet kan påvirke enkeltindivider av isbjørn i området Petsjorahavet - Novaja Semlja, vil dette neppe ha konsekvenser for isbjørn innenfor utredningsområdet, men kunnskapen om isbjørnens vandringer er ikke tilstrekkelig til å si dette sikkert.

Oter
Oter forekommer spredt, og det regnes derfor som lite trolig at et oljeutslipp vil kunne redusere oterbestanden, selv om det kan få store effekter lokalt. Bare stranding av olje innenfor utredningsområdet vil kunne påvirke bestanden i området. Siden det er lite sannsynlig at olje fra Nordsjøen, Norskehavet og russisk del av Barentshavet vil strande innenfor utredningsområdet, vil konsekvensene for bestanden av oter være ubetydelige.

Sjøfugl
En har i dag ikke tilstrekkelig oppdatert kunnskap om fordelingen av sjøfugl i åpent hav i Barentshavet. Dette gjør det svært vanskelig å vurdere konsekvenser av akutte oljeutslipp på bestandene.

Pelagisk dykkende sjøfugl
Pelagisk dykkende sjøfugl er den gruppen som er mest sårbar overfor oljesøl. Dette er fugler som hovedsakelig henter føde nede i sjøen, langt fra kysten. Denne gruppen oppholder seg ofte i åpent hav og har derfor ikke de samme begrensningene i områdevalg som de kystbundne artene. Samtidig har de også en mye større aksjonsradius. Et oljesøl under det spesielle svømmetrekket ut fra lomvi- og polarlomvikoloniene i august, der hannen ledsager sin flygeudyktige unge på sjøen i flere uker etter at de har forlatt kolonien, vil kunne ha store konsekvenser for disse artene.

Det antas at det er lite sannsynlig at olje vil drive inn i området utenfra. Øyene i Vest-Lofoten, der det er store konsentrasjoner av blant annet lundefugl, vil imidlertid kunne bli sterkt berørt. Særlig lunde vil være utsatt på grunn av den store konsentrasjonen av fugl i dette området. Bestanden på Røst har gått sterkt tilbake de senere årene, og

arten er sårbar for eksterne påvirkninger. Om et oljesøl treffer Røst kan konsekvensene bli store for lundefugl innenfor utredningsområdet, selv på bestandsnivå. De andre artene har et større utbredelsesområde og hekker både på Bjørnøya og på Svalbard.

For bestandene i russisk del av Barentshavet vil sannsynligvis konsekvensene være størst på bestandene av lomvi og alkekonge. Disse artene hekker og oppholder seg imidlertid også i andre deler av Barentshavet, slik at et akuttutslipp i russisk område bare vil gi moderate konsekvenser for bestanden av fugl innenfor utredningsområdet.

Pelagisk overflatebeitende sjøfugl
Denne gruppen er mindre utsatt for oljesøl enn de pelagisk dykkende sjøfuglene, fordi de søker næring i havoverflaten og ikke er avhengige av å dykke for å finne føde. Gruppen er vurdert å være middels sårbar for olje under næringssøk, og lite sårbarhet under hekking, hvile og myting. I sine vinterområder er de vurdert å være middels sårbare for olje.

Sårbarheten for overflatebeitende sjøfugl er beskrevet som lav til moderat. Det er vanskelig å vurdere konsekvenser av et utslipp i Norskehavet eller i russisk del av Barentshavet på grunn av den manglende kunnskapen om fordelingen av disse artene i åpent hav, samt at det ikke finnes data om en eventuell utveksling av fugl mellom utredningsområdet og områder utenfor som kan påvirkes av et akuttutslipp av olje. Med bakgrunn i at disse artene oppholder seg meget spredt på åpent hav og har en stor utbredelse, antas det at det kun vil være små til moderate konsekvenser av et akuttutslipp av olje i Nordsjøen, Norskehavet eller i russisk del av Barentshavet.

Kystbundne dykkende arter
Denne gruppen omfatter fugl som i hovedsak henter føden nede i sjøen eller fra havbunnen, nær kysten. Gruppen omfatter blant andre havdykkender, teist og lommer. De er alle arter som er svært utsatt for oljesøl. Havdykkendene er særlig utsatt, fordi de beiter på bentiske organismer som kan være forurenset i lang tid etter et oljesøl. Gruppen er vurdert å ha høy sårbarhet både under hekking, næringssøk, hvile og myting, samt når de er i vinterområdene.

Alle artene, med unntak av toppskarv, har overvintringsområde i Barentshavet. De artene som hekker på Svalbard og i Russland, med overvintring i Barentshavet, vil sannsynligvis ikke komme i kontakt med akutte oljeutslipp fra Nordsjøen og Norskehavet. Arter og individer som overvintrer i den sørlige delen av utredningsområdet og i Norskehavet vil kunne påvirkes av et oljesøl. Det eksisterer ikke data om hvor stor andel som overvintrer i disse områdene: Det er derfor ikke mulig å kvantifisere en eventuell påvirkning av et oljeutslipp for de ulike bestandene

I russisk del av Barentshavet vil et oljeutslipp særlig påvirke de artene som har hekke- og overvintringsområder i Barentshavet. Et eksempel er stellerand som hekker i Russland og har overvintringsområde i Varangerfjorden. For denne arten, som består av få individer, kan et oljeutslipp i hekkeperioden og i tiden etter være katastrofal.

Kystbundne, overflatebeitende sjøfugl
Denne gruppen er utsatt for tilsøling og forgiftning også ved at de benytter døde og halvdøde, tilgrisete sjøfugl som byttedyr. Artene i gruppen er imidlertid i mindre grad

utsatt for redusert varmetap, da de i større grad har muligheten for å oppholde seg og finne tilstrekkelig næring på land. Gruppen antas å ha middels sårbarhet under hekking og myting, men lav sårbarhet under næringssøk og hvile.

Nordlig sildemåke vil, som de fleste andre artene, ha en relativt høy individuell sårbarhet for olje på sjø. Om bestanden av denne arten fortsatt er så liten som oppgitt i 1998, vil til og med en liten nedgang i bestanden kunne ha katastrofale følger for artens eksistens i området. Et oljeutslipp fra Nordsjøen og Norskehavet som når kystområdene kan ha alvorlige effekter på bestanden av nordlig sildemåke, også innenfor utredningsområdet.

Siden utbredelsesområdet hovedsakelig er fra Trøndelag til Finnmark vil ikke et oljeutslipp i østlige deler av Barentshavet ha innvirkninger på bestanden av nordlig sildemåke innenfor utredningsområdet.

Bunndyrsamfunn

Effekter av petroleumsvirksomhet på koraller ble utredet i RKU Norskehavet[55]. Konklusjonen var at utslipp fra boring bare vil kunne påvirke koraller lokalt rundt petroleumsinnretningene, og at nedslamming ikke vil kunne medføre skader på regional skala.

Effekter av barytt (vektstoff i borevæske) er påvist på muslinger i laboratorieforsøk ved høy eksponering. Basert på resultatene fra de gjennomførte spredningsberegningene for Norskehavet kan slike effekter kun forventes lokalt nær utslippsstedene. Petroleumsvirksomheten i Nordsjøen og Norskehavet antas derfor ikke å være noen trussel for bunnsamfunnene i Lofoten - Barentshavet.

Et akutt oljesøl vil kunne føre til akkumulering av hydrokarboner (bl.a. PAH) i bunndyr. Dette vil være en type påvirkning som kan få konsekvenser også for høyere trofiske nivåer som beiter på bunnorganismer. Et oljeutslipp utenfor utredningsområdet vil imidlertid, med unntak av olje som frigis fra smeltende havis, neppe kunne transporters til området i så høye konsentrasjoner at det oppstår PAH akkumulering i områdets bunnfauna.

Strandsonen

Påvirkning av strandsonen i utredningsområdet avhenger av drift og stranding av eventuelle utslipp. Det antas at det kun er akutte utslipp fra Norne som kan strande innenfor utredningsområdet. I følge oljedriftsberegningene for Norne er stranding av olje kun sannsynlig i den sørlige delen av Lofoten. Skadepotensialet for strandsonen i utredningsområdet som følge av petroleumsvirksomhet utenfor området vurderes derfor som lite, med unntak av en situasjon der et tankfartøy forårsaker utslipp helt inn til grensen for utredningsområdet.

Iskanten

Det er muligheter for havis i de nordligste delene av utredningsområdet. Oljedriftsberegninger for uhellsutslipp fra petroleumsinnretninger i Norskehavet har vist at det er svært liten sannsynlighet for at olje fra slike utslipp vil treffe utredningsområdet, og

[55] Se fotnote 12.

i tilfellet bare den sørlige delen. Iskanten i utredningsområdet vil derfor ikke kunne påvirkes av uhellsutslipp fra petroleumsvirksomhet i Nordsjøen eller Norskehavet.

Havstrømmene går i hovedsak fra vest mot øst i det sørlige Barentshavet. Fra det sørøstlige Barentshavet går vannmassene ut i Karahavet eller nordover ved Novaja Semlja. Det trenger også inn polare vannmasser fra nord. Det er ikke sannsynlig at et utslipp fra petroleumsvirksomhet i det sørøstlige Barentshavet vil påvirke iskanten i utredningsområdet direkte.

6.4.2 Sammenstilling av konsekvensvurderinger

Konsekvensvurderingene er sammenfattet i tabell 6.3 for hhv. petroleumsaktivitet i Nordsjøen/Norskehavet og russisk sektor av Barentshavet. Det har vært arbeidet mindre med å lage scenarier for norsk virksomhet enn for russisk virksomhet. Det vises derfor bare et anslag for sannsynlig utvikling her, mens det på russisk side vises flere scenarier. Konsekvensene vises bare for biologiske ressurser, ikke for fysisk-kjemisk miljø. Det er forsøkt oppsummert på temanivå. Der det er motstridende tendenser mellom ulike arter/undergrupper under temaene, er dette tatt inn. Usikkerheten i vurderingene er stor, og angivelsene i tabellen nedenfor er derfor bare en indikasjon på mulige konsekvenser.

Ubetydelige konsekvenser dekker alt fra ingen til ubetydelige antatte konsekvenser.

Moderate konsekvenser betyr at det er grunn til å anta at det kan bli konsekvenser av et visst omfang på arter/bestander.

Store konsekvenser betyr at det under bestemte forutsetninger kan bli store effekter på arter/bestander.

Tab. 6.3 Sammenstilling av mulige konsekvenser av petroleumsvirksomhet i Nordsjøen/Norskehavet og russisk del av Barentshavet i 2020 for utredningsområdet.

Konsekvenser for		**Norsk side**	**Russisk side**		
		(ikke skilt høy-lav)	**"Moderat"**	**"Optimistisk"**	**"Worst case"**
Fisk:	Torsk	Ubetydelige -moderate	Ubetydelige	Ubetydelige-moderate	Ubetydelige-moderate
	Sild	Ubetydelige-store	Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelig
	Lodde	Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelige -moderat	Moderate-store
	Polartorsk	Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelige-moderate
Pattedyr:	Sel	Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelige	Store
	Hval	Ubetydlige	Ubetydlige	Ubetydelige	Ubetydelige
	Isbjørn	Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelige	Moderate
Sjøfugl:	Pelagisk	Moderate-store	Ubetydelige	Ubetydelige	Moderate-store
	Kyst	Moderate-store	Ubetydelige	Ubetydelige	Moderate- store
Bunndyr		Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelige	Moderate
Plankton		Ubetydelige -moderate	Ubetydelige	Ubetydelige-moderate	Ubetydelige-moderate
Strandsonen		Ubetydelig-store	Ubetydelige	Ubetydelige	Ubetydelige-moderate
Iskanten		Ubetydelige	Ubetydelige-moderate	Ubetydelige-moderate	Moderate

6.5 Kunnskapshull

Utgangspunktet for vurdering av miljøpåvirkning fra oljevirksomhet i områdene rundt Barentshavet er at disse havområdene utgjør en økologisk enhet. På samme måte som tilførsel av atlantiske vannmasser fra Norskehavet med sin last av overvintrende kopepoder, til rett tid og i rett utviklingsstadium, er avgjørende for etablering av en sterk torskeårsklasse, så er det like viktig at oppvekstområdene for ungtorsk i det østlige Barentshavet ikke blir negativt påvirket.

På en lang rekke områder er den faglige kunnskapen om oljens oppførsel og effekter i Arktis mangelfull. Et eksempel, som så vidt er berørt i rapporten, er fotooksidasjon og økt toksisitet av olje i is. Det er lite undersøkt i hvor stor grad enkeltkomponenter fra petroleumsvirksomheten i Nordsjøen og Norskehavet faktisk spres til utredningsområdet. Det er generelt antatt at det skjer en sterk fortynning, sedimentering, omdanning og nedbrytning underveis, uten at dette er verifisert. Det er ikke dokumentert negative effekter av petroleumsrelaterte komponenter i utredningsområdet, men det er en mulighet for at dette kan skyldes mangel på metodikk som kan påvise slike effekter. Metoder for påvisning og overvåking av effekter av petroleumsvirksomhetens utslipp er nå under utvikling og utprøving lenger syd på norsk sokkel, og forskningsprogrammet som gjennomføres for å se på langtidseffekter av petroleumsvirksomhetens utslipp – PROOF[56], vil også kunne bidra med ny kunnskap på dette området.

Det er identifisert flere kunnskapshull som bør fylles slik at det blir mulig å vurdere effektene av petroleumsvirksomhet med større sikkerhet, bl.a. manglende kunnskap om:

- Mengder, konsentrasjoner og tilstandsformer for forurensninger som spres til området.
- Vandringsmønster (innenfor og evt. ut og inn av utredningsområdet) og utbredelse i tid og rom for viktige biologiske ressurser og bestander.
- Kopepoder i dypere vannlag kan påvirkes av driftsutslipp.
- Sjøfugls næringssøk i åpent hav.
- Oljens fotooksydasjon og endring av giftighet i Arktis.

Denne kunnskapen er særlig viktig for vurdering av effekter av virksomhet innenfor området, men den er også nødvendig for å verifisere vurderingen av mulige effekter av petroleumsvirksomhet utenfor området.

Det er i tillegg et særlig behov for:

- Forbedring av miljørisikoanalyser knyttet til uhellsutslipp som er tilpasset arktiske forhold.
- Utvikling av økosystembasert metodikk for overvåking av kort- og langtidseffekter av oljesøl.

6.6 Konklusjoner

Miljøtilstanden innenfor utredningsområdet og i de nærliggende havområdene er generelt god. Også den russiske delen av Barentshavet synes i dag å være ubetydelig påvirket av petroleumsvirksomhet. Det er imidlertid forventet økende petroleumsvirksomhet i den russiske delen av Barentshavet, og sterkt økende transport av petroleum

[56] Se fotnote 30.

ned langs norskekysten. Samtidig vil aktiviteten i Norskehavet øke, med bl.a. boring og produksjon på dypt vann. Dette vil kunne utgjøre en potensiell fremtidig miljøpåvirkning som det ikke er mulig å vurdere nå.

Det er ikke dokumentert at arter eller økosystemer innenfor utredningsområdet vil bli skadet av driftsutslipp fra petroleumsvirksomhet utenfor området.

Akutte oljesøl syd for området kan imidlertid nå områdene utenfor Lofoten og gi moderate til store skader på sjøfugl og strandsone. Skadene vil imidlertid først og fremst være lokale. Effektene på strandsonen vil kunne bli langvarige. På bestandsnivå kan det først og fremst forventes vesentlig skade for lundefugl.

Akutte utslipp nord og øst for utredningsområdet vil kunne gi moderate effekter på arter som vandrer ut og inn av utredningsområdet, og på ressurser ved iskanten.

7 INTRODUSERTE ARTER

7.1 Avgrensing mot andre sektorutredninger

Introduserte arter er berørt også i de to utredningene om konsekvenser av hhv. skipstrafikk (US) og fiskeri (UF) i området Lofoten - Barentshavet. Mens denne utredningen tar for seg både effekter av introduserte arter på økosystemer og ulike former for spredning, ser US på det utsnittet som omhandler spredning med skip som vektor. US går i større detalj inn på denne problematikken enn denne utredningen, men belyser ikke økologiske effekter. UF tar for seg en av de introduserte artene i Barentshavet, kongekrabben, og ser både på hvordan denne arten kan utnyttes som ressurs og på eventuelle negative effekter på økosystemet. Som en del av det overordnede fokuset ser også denne utredningen på mulige negative økologiske konsekvenser av kongekrabben, men belyser ikke bruk av arten som ressurs.

7.2 Bakgrunn og problemstillinger

Introduksjoner av fremmede organismer regnes i dag som en av de alvorligste truslene mot det biologiske mangfoldet i marine systemer. Flere internasjonale avtaler og konvensjoner forsøker å regulere dette problemet (bl.a. IMOs ballastvannkonvensjon, UNCLOS, FNs havrettskonvensjon 1982, Rio-deklarasjonen 1992, Biodiversitetskonvensjonen 1992 med Jakarta-mandatet fra 1995, FAO "Code of Conduct on responsible fisheries", 1995). I Norge kjenner vi i dag til 46 marine arter som er introdusert til våre farvann[57]. Pga. manglende tilpasninger til temperatur, næring og salinitet, vil de fleste marine organismer ikke kunne overleve i nye omgivelser. De som gjør det, har imidlertid potensial til å forårsake stor skade både økologisk og økonomisk. Bestander av introduserte arter kan ekspandere raskt i fravær av naturlige predatorer, konkurrenter og infeksjonsorganismer, og dermed true og fortrenge stedegne arter. En introdusert art kan også bringe med seg sykdommer og parasitter som kan skade lokale marine arter. Det har også vært tilfeller der introduserte arter har blandet seg (hybridisert) med lokale arter. Dette gir ofte avkom med redusert forplantningsevne (fertilitet) og kan endre den lokale genetiske sammensetningen, noe som igjen kan medføre en reduksjon i bestandsstørrelsen og til slutt føre til utryddelse av den stedegne arten. Videre kan et økosystem som er påvirket av introduksjoner være mer sårbart ovenfor nye introduksjoner ved at stabiliteten i systemet kan bli endret. Ytterligere introduksjoner kan forrykke systemet enda mer, og man kan få kaskadeeffekter og store endringer i økosystemet. I tillegg spår klimaforskere en fremtidig økning i gjennomsnittstemperaturen i Barentshavet. Dette vil endre den naturlige artssammensetningen samt endre forutsetningene for introduksjoner i området. I første omgang kan man tenke seg at det vil åpne opp for at flere arter kan finne et fysisk miljø som de kan tolerere og etablere seg i.

Introduksjoner skiller seg på flere punkter fra andre typer skader som påføres miljøet. For det første kan det være vanskeligere å forutse effektene av introduksjoner enn effekten av annen menneskelig påvirkning. At de fleste marine introduksjoner skjer utilsiktet, gjør dem i tillegg vanskeligere å regulere enn annen miljøpåvirkning. En annen forskjell mellom introduksjoner og mange andre påvirkningsfaktorer er at

[57] Hopkins, CCE. 2001. Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including Svalbard. Utredning for DN nr. 2001-1. (http://www.dirnat.no/archive/attachments/01/26/Actua059.pdf)

introduserte arter fortsetter å virke inn på miljøet selv om den menneskelige aktiviteten som medførte at de faktisk ble introdusert er borte. Den største utfordringen ved miljøskadelige introduksjoner er likevel at introduksjoner i all hovedsak er en irreversibel endring; vi har svært få eksempler på at man har greid å utrydde introduserte marine organismer.

I utredningsprogrammet er det nedfelt tre spørsmål om innførte arter som det skal søkes å gi svar på:

- Hvilke transportveier/kilder for introduserte arter vil være mest sannsynlige?
- Hvilke introduserte arter og/eller artsgrupper vil representere potensiell påvirkning i Barentshavet fram mot 2020?
- Hvilke total påvirkning vil alle introduksjoner kunne ha på økosystemet i norsk del av Barentshavet?

Disse spørsmålene er omfattende. I det følgende vil det gis mulige svar og kommentarer omkring usikkerhet forbundet med disse svarene.

Videre retter spørsmålene seg mot innførte arter som har negative effekter på stedegen natur. Mange innførte arter vil av de fleste oppfattes å være uten skadeeffekter av betydning. F.eks. ser ca 50% av alle norske karplanter fra artsrike familier ut til å være innført i løpet av de siste 1000 år. I denne utredningen kan det derfor være naturlig å fokusere på *invaderende* arter, som av World Conservation Union (IUCN) er definert som *"en fremmed art som etablerer seg i naturlige eller seminaturlige økosystemer og habitater, forårsaker endringer, og truer naturlig biodiversitet."* Samtidig er det i praksis ofte umulig å vite hvilke arter som kan få invaderende egenskaper ved introduksjon til et nytt økosystem. I det følgende er det derfor lagt til grunn at enhver fremmed art som har tilpasninger som gjør at den kan leve i området Lofoten – Barentshavet må anses å være potensielt invaderende.

7.3 Transportveier

De to viktigste vektorene for introduksjoner av fremmede marine organismer i norske farvann er skipsfart og akvakultur. Dette gjelder også for Barentshavet[58]. I tillegg er enkelte arter satt ut bevisst (f.eks. kongekrabbe). Det finnes også eksempler på arter som er importert som mat og sluppet ut bevisst og ved uhell i norske farvann (amerikansk hummer *Homarus americanus*). Nedenfor beskrives de enkelte vektorene før en helhetlig vurdering gis.

7.3.1 Skipstrafikk

7.3.1.1 Overføringsmåter

Skipsfart bidrar til utilsiktet artsspredning ved at organismer overlever og forflyttes via ballastvann, i sedimenter i ballasttanker og som begroingsorganismer på skipsskrog.

Ballastvann tas opp i til dels enorme volum for å sikre stabilitet på skipet når det går med lite eller ingen last. Dette vannet inneholder vanligvis et bredt spekter av fremmede marine arter, fra virus og bakterier til fisk, og slippes ut i den havnen hvor

[58] Se fotnote 48.

skipet skal hente ny last. Arter innført på denne måten har skapt enorme miljømessige og samfunnsmessige konsekvenser (omtalt nærmere under punkt 7.5). I FN's Internasjonale Maritime Organisasjon (IMO) har man derfor i mange år arbeidet med et internasjonalt regelverk som har til hensikt å regulere ballastvannsutslipp, og en konvensjon ble vedtatt av IMO i februar 2004. Fra ikrafttredelsen krever konvensjonen at skip skal gjennomføre ballastvannutskifting. Dette skal skje i områder mer enn 200 nautiske mil fra land med havdybde på minst 200 meter, og hvis dette ikke er mulig i områder med samme havdybde minst 50 nautiske mil fra land. Kyststater kan ved behov også utpeke mer kystnære områder for ballastvannutskifting. Ballastvannutskifting er bare et midlertidig tiltak, og alle skip skal fra et gitt tidspunkt oppfylle krav til ballastvannrensing etter en nærmere definert standard. Krav til slik rensing vil fases inn i perioden fra 2009 til 2016, alt etter når det enkelte skipet er konstruert og dets ballastvannskapasitet. Det er imidlertid usikkerhet forbundet med hvilke land som vil ratifisere konvensjonen og når dette blir gjort. Samtidig er det åpner konvensjonen for unntak fra rensing. Med de standardene som er satt i konvensjonen, legges det heller ikke opp til absolutt rensing av vannet, slik at et betydelig antall organismer fortsatt vil slippes ut fra skip med renserutiner implementert. Konvensjonen kan derfor redusere risikoen for innføring av fremmede arter, men ikke fjerne den helt..

Mens ballastvann kan overføre pelagiske organismer, kan sedimenter i bunn av ballasttanker overføre bunnlevende organismer og hvilesporer. Bytte av ballastvann reduserer ikke det sistnevnte problemet, fordi sedimentene blir liggende i tankene når vannet byttes. Også dette problemet vil derfor bestå i årene fremover, men vil kunne reduseres med innføring av ballastvannsrensing.

Begroing på skip har vært et problem siden skipsfartens morgen, og i dag er det fortsatt et betydelig potensial for overføring av arter på denne måten.

7.3.1.2 Scenarier: trafikk og klima

For Barentshavet, kan fremmede arter innført via skip diskuteres ut fra fire scenarier:

- Med samme skipsruter og trafikktetthet som i dag
- Med økt og/eller raskere trafikk langs dagens ruter
- Som over, men med klimaendring i tillegg
- Med betydelig trafikkøkning langs lite brukte kommersielle skipsruter, spesielt Nordøstpassasjen

Med samme skipsruter og trafikktetthet som i dag er det fortsatt mulig at nye arter kan innføres via skip. Det er flere grunner til dette. Siden et skip vil frakte noe ulike arter hver gang den trafikkerer en strekning, kan vi forvente at det totale antall arter som er fraktet, øker over tid så lenge trafikk pågår på en strekning (innen visse grenser). I tillegg viser undersøkelser at jo flere ganger en art er forsøkt innført, jo større er sannsynligheten for at den vil etablere seg. Med konstant trafikknivå, kan vi derfor få økning både i det totale antall arter som blir transportert og antall arter som etablerer seg.

Dersom trafikken langs etablerte ruter i tillegg øker, vil dette ytterligere øke sannsynligheten for at nye arter eksponeres for Barentshavet og klarer å etablere seg. Raskere skip kan også øke sannsynligheten for innførsel, fordi flere arter da vil overleve transporten.

Mange av artene som innføres til Barentshavet, er sannsynligvis ikke klimatisk tilpasset området og har ikke mulighet til å etablere seg. Med et varmere klima, som er spådd for Barentshavet av mange klimaforskere, kan vi derfor, som nevnt i kap. 7.2, forvente at flere arter får bedre mulighet for etablering.

Et varmere klima kan også føre til økt trafikk i Nordøstpassasjen. På den måten kan det åpnes en ny spredningsvei fra Stillehavet. I så fall kan Barentshavet eksponeres for en rekke nye arter. Dersom trafikken går fra de nordlige delene av Stillehavet, hvor det kan finnes arter tilpasset de klimatiske forholdene i Barentshavet, virker det svært sannsynlig at man på denne måten kan få innført arter som også klarer å etablere seg i Barentshavet. Siden Stillehavet er relativt artsrikt, må dette potensialet anses for å være stort. En del av disse artene kan man også klart se for seg kan ha betydelige økologiske effekter. Snøkrabben, *Chionoecetes opilio*, som ligner kongekrabben, men er noe mindre, er f.eks. nylig observert i Barentshavet. Denne har sin naturlige utbredelse fra det nordlige Stillehavet til Grønlands vestkyst, og det antas at den er innført via ballastvann fra Stillehavet til Barentshavet. Kongekrabben kunne, dersom den ikke allerede hadde vært i Barentshavet, også blitt innført på denne måten.

7.3.2 Akvakultur

Akvakultur er globalt sett en viktig kilde til introduksjoner av fremmede arter. Nye arter eller genetiske varianter av lokale arter som benyttes i oppdrett rømmer i til dels enorme mengder fra oppdrettsanleggene eller slippes ut i naturen ved uhell. De har viste seg i mange tilfeller å etablere seg i naturen og påvirke det genetiske mangfoldet og økosystemene for øvrig. Et eksempel fra norsk del av Barentshavet er oppdrettslaks, som rømmer og kan hybridisere med villaks. Oppdrettslaks er resultat av en omfattende avl, og har derfor en annen genetisk sammensetning og lavere genetisk variasjon enn villaks. Hybridiseringen kan derfor føre til redusert genetisk variasjon og muligens tap av tilpasninger i den ville laksen.

Videre kan arter som innføres for oppdrett bringe med seg parasitter og andre organismer. Et eksempel er parasitten *Gyrodactylys salaris*, som sannsynligvis er innført gjennom aktiviteter forbundet med akvakultur. Et annet er alger. Det finnes flere eksempler på at slike organismer har fulgt med som blindpassasjerer i skjell innført til oppdrett

Oppdrett og havbeite av marine arter er næringer hvor man forventer stor vekst i årene fremover, også i nordlige områder av Norge. Det satses i dag f.eks. betydelig på oppdrett av torsk. I dette inngår det også et avlsprogram. Samtidig er det betydelig grad av rømming av oppdrettstorsk. Med tiden kan en derfor få tilsvarende problemstillinger med rømt torsk som dem vi ser med oppdrettslaks.

7.3.3 Andre innføringsmåter

Andre innføringsmåter enn skipstrafikk og akvakultur inkluderer bevisst utsetting. Det var f.eks. slik kongekrabben ble innført til den russiske delen av Barentshavet på 1960-tallet. Det er uklart om russiske myndigheter har forlatt tanken om bevisst utsetting av nye arter i Barentshavet, eller om det er noe som fortsatt vurderes.

Videre er det mulig at arter som er innført til tilgrensende havområder, kan spres inn i Barentshavet ved egen hjelp (såkalt sekundær spredning). I oversikten over innførte

marine arter i Norge som DN utarbeidet i 2001[59], er det listet en rekke arter som har en sørlig utbredelse i Norge. For flere av disse er det oppgitt at spredning nordover stanser på grunn av klima. Dersom vi får et mildere klima, er det mulig at flere av disse vil spre seg videre nordover, kanskje inn i Barentshavet.

7.3.4 Sammenfatning om transportveier

Ut over at skipstrafikk og akvakultur kan forventes å være viktige, er det vanskelig å anslå hvilke innføringsveier som vil representere den største risikoen for etablering av invaderende fremmede arter i Barentshavet. Likevel er det grunn til å påpeke at det ser ut til å være en spesiell risiko forbundet med en eventuell økt bruk av Nordøstpassasjen kombinert med manglende rensing av ballastvann. Dersom denne skipsruten blir benyttet i betydelig omfang samtidig med at det ikke er implementert rutiner for rensing av ballastvann, kan det åpnes for en betydelig strøm av nye arter fra det artsrike Stillehavet til Barentshavet. Mange av disse artene kan forventes å være tilpasset klimaet i Barentshavet, slik f.eks. kongekrabben og snøkrabben er. Det er også grunn til å være oppmerksom på muligheter for spredning av begroingsorganismer på skip på samme strekningen og for spredning selv med renseteknologi av ballastvann implementert (fordi dette som nevnt ovenfor reduserer, men ikke fjerner risiko for introduksjoner).

7.4 Viktige arter og grupper

7.4.1 Arter som har effekt i dag

For to innførte arter foreligger det opplysninger som kan tyde på at de har effekter på naturlige økosystem og/eller biologisk mangfold i Barentshavet, kongekrabbe og makroalgen pollpryd *Codium fragile* ssp *tomentosoides*.

Kongekrabben ble innført fra det nordlige Stillehavet i store mengder til Kolafjorden på 1960-tallet. Hensikten var å etablere en bestand i Barentshavet, noe som lyktes. I våre farvann har krabben siden begynnelsen av 1990-tallet vært etablert med betydelige bestander utenfor Øst-Finnmark, og ekspanderer nå nord- og vestover i Barentshavet. Kongekrabben ernærer seg på et bredt spekter av bunnlevende organismer, inkludert de fleste større bunndyr og tang og tare[60]

Med unntak av studier av mulige effekter av kongekrabbe på smitte av den encellete parasitten *Trypanosoma murmanensis* (omtalt nedenfor), har det ikke vært gjort feltstudier av økologiske effekter av kongekrabbe i våre farvann. Det er derfor svært vanskelig å anslå hvilke totale effekter arten kan ha på økosystemet i Barentshavet. Følgelig er det mulig å se for seg ulike scenarier, og det er ikke mulig å anslå om ett scenario er mer sannsynlig enn et annet. Som to ytterpunkter kan følgende to scenarier settes opp:

(i) Ingen negative effekter. Dersom effektene kongekrabben har på de artene den beiter på, er så små at de ikke truer populasjonene av disse, at disse små effektene ikke generer effekter videre i næringsnettet (f.eks. negative effekter på arter som

[59] Se fotnote 48.
[60] Jørgensen, LL, I Manushin, & JH Sundet. 2003. ICES alien species alert report on the intentional introduction of the marine red king crab *Paralithodes camtschaticus* into the southern Barents Sea. ICES CM 2003/ACME:04. Ref. E,F. s. 133-146.

beiter på de samme organismene) og krabben ikke har andre effekter (f.eks. endrede smitteveier for infeksjonsorganismer som får betydning for populasjonsdynamikken for andre arter), vil kongekrabben ikke ha negative effekter av betydning på økosystem og biologisk mangfold i Barentshavet.

(ii) Et verst tenkelig scenario for negative effekter. Dette bygger på følgende informasjon og antagelser: Eksperimentelt er det påvist at krabben kan ta livet av skjell tilsvarende 10% av sin egen kroppsvekt daglig[61]. I scenariet tolkes dette som at hvert individ har et betydelig potensial for påvirkning og at kongekrabben derfor har betydelige negative effekter på bestandene av artene den beiter på. I tillegg har det vært observert at krabben kan spise lodderogn. I scenariet antas det at kongekrabben gjør dette i så stor grad at det får negativ effekt på loddebestanden. Videre er det mulig at kongekrabbe kan bidra til økt smitte på torsk av *Trypanosoma murmanensis*. Parasitten har en igle som mellomvert. Iglen lever på krabbeskall, og ankomsten til kongekrabbe kan derfor ha ført til betydelig økning av "leveområder" for iglen og dermed grobunn for større populasjoner som bidrar til økt parasittsmitte. Observasjoner støtter dette. I områder av finnmarkskysten hvor kongekrabben allerede er etablert, er det betydelig høyere infeksjonsnivåer sammenlignet med farvann lenger vest med mindre eller ingen kongekrabbe[62]. Eksperimentelle studier har vist at parasitten kan føre til betydelig økning i dødelighet blant ungtorsk[63]. I scenariet antas det at kongekrabben fører til økt smitte av *T. murmanensis*, at dette fører til økt dødelighet blant ungtorsk i Barentshavet og at krabben på denne måten har negative effekter på torskebestanden.

Ut fra dette kan man (som et verst tenkelig scenario) tenke seg følgende utvikling: I første omgang kan overlevelsen til enkelte av de artene krabben beiter på trues, i hvert fall lokalt. Videre kan andre arter påvirkes gjennom effekter som forplanter seg i næringsnettet. I første rekke kan arter som ernærer seg av de samme bunnlevende organismer som kongekrabben berøres. Ærfugl, stellerand, storkobbe og hvalross, som i stor grad beiter på skjell, kan påvirkes negativt. Det samme gjelder bunnlevende fisk. Effekter på lodde og torsk kan bety påvirkning på arter som beiter på disse eller beites av dem. Samlet kan effektene nevnt så langt påvirke et tredje sett av arter gjennom endrede konkurranseforhold, endrede mengder av rovdyr og byttedyr og endrede smitteveier for infeksjonsorganismer. I neste ledd kan et fjerde sett av arter berøres osv. Hva de akkumulerte effektene av dette vil være for de enkelte artene i økosystemet, er vanskelig å si noe om uten detaljert kunnskap om hver enkelt art og hvordan de henger sammen i næringsnettet, og selv da ville det vært problematisk[64]. Det er imidlertid generelle holdepunkter for at effekter kan spres med betydelig styrke

[61] Se fotnote 51.
[62] Jansen, PA, K McKenzie & W Hemmingsen. 1998. Parasites and commensals of Red King Crabs, *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius) in the Barents Sea. *Bulletin of The European Association of Fish Pathology 18*: 46-49; McKenzie, K, W Hemmingsen & P Jansen. 2000. Interrelationships of crabs, leeches, fish and trypanosomes in coastal waters of North Norway. *Bulletin of The Scandinavian Society for Parasitology 10*:82-83; personlig meddelelse fra førsteamanuensis Willy Hemmingsen, Universitetet i Tromsø.
[63] Kahn, RA. 1985. Pathogenesis of *Trypanosoma murmanensis* in marine fish of the North-western Atlantic following experimental transmission. *Canadian Journal of Zoology 63*: 2141-2144.
[64] Yodzis, P. 1988. The indeterminacy of ecological interactions as perceived through perturbation experiments. *Ecology 69*: 508-515.

gjennom flere ledd i et næringsnett[65]. Sterke effekter på de artene som beites eller på andre måter påvirkes av kongekrabbe, kan derfor bety sterke, men uforutsigbare effekter på andre arter. Konsekvensene av dette kan være både tap av biologisk mangfold og endret funksjon til økosystemet.

Som nevnt ovenfor, er det ikke mulig å anslå om dette scenariet er mer eller mindre sannsynlig enn scenariet om at kongekrabben ikke har negative effekter av betydning (eller andre scenarier om mer moderate effekter), fordi det, som nevnt, så langt ikke er gjort feltstudier av økologiske effekter av kongekrabbe i våre farvann. Havforskningsinstituttet har derfor fra 2003 satt i gang et større forsknings- og overvåkingsprogram med sikte på å avklare mulige økosystemeffekter av kongekrabben[66].

Makroalgen pollpryd ble registrert i Norge første gang i 1964. I de neste 30 årene spredte den seg langs det meste av kysten nord til Nord-Troms. Den har muligens ført til at den stedegne arten *Codium vermilara* har blitt utryddet lokalt[67]. Det er ikke kjent om dette har ført til effekter på andre arter.

7.4.2 Nye arter

Til denne gruppen hører to potensielle undergrupper, arter som er etablert i Barentshavet men så langt ikke har hatt betydelige effekter og arter som ennå ikke har kommet til området.

Det kan ta lang tid fra en art er innført til et område, til den begynner å spre seg videre og/eller får effekter på stedegne arter. I enkelte dokumenterte tilfeller har en slik tidsforsinkelse vært på flere hundre år. Det er derfor mulig at det i dag er etablert fremmede arter i Barentshavet som vi ikke kjenner til eller som så langt ikke har hatt effekter av betydning, men som i fremtiden kan få det. Hva som kan finnes av slike "sovende" arter er vanskelig å anslå.

Et eksempel kan være snøkrabben. Arten har som nevnt ovenfor nylig blitt oppdaget i Barentshavet. I norsk sone har noe få individer blitt fanget, mens det i russisk sone har blitt tatt betydelig antall ved Gåsbanken, inkludert hunner med utrogn, noe som viser at arten kan formere seg i Barentshavet. Snøkrabben har som nevnt ovenfor sin naturlige utbredelse i arktiske områder rundt Nord-Amerika og Grønland, og må anses å ha potensial for å kolonisere store områder av Barentshavet, muligens også tilstøtende havområder. Snøkrabbens økologi ligner mye på konkekrabbens. Blant annet er den tilnærmet alteter av bunnlevende organismer. I størrelse er snøkrabben som nevnt ovenfor noe mindre, omtrent midt mellom kongekrabbe og trollkrabbe. Det er vanskelig å anslå hvilke effekter snøkrabben eventuelt kan ha på økosystemet i området Lofoten – Barentshavet, men ut fra likhetene med kongekrabben er det mulig å se for seg at den kan ha potensial til lignende effekter.

---

[65] Menge, BA. 1995. Indirect effects in marine rocky intertidal interaction webs: patterns and importance. *Ecological Monographs 65*: 21-74; Estes, JA, MT Tinker, TM Williams & DF Doak. 1998. Killer whale predations on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *Science 282*: 463-476; Schmitz, OJ, PA Hambäck & PA Beckerman. 2000. Trophic cascades in terrestrial systems: a review of the effects of carnivore removal on plants. *American Naturalist 155*: 141-153.
[66] Havforskningsinstituttet. 2003. Forskningsplan – økosystemeffekter av kongekrabbe.
[67] Se fotnote 48.

Det er vanskelig å anslå hvilke arter som i fremtiden kan innføres til Barentshavet og få betydelige effekter. Det er også vanskelig å si noe om hvilke grupper de kan tilhøre, siden skipstrafikk og akvakultur har potensial til å innføre arter fra de fleste av de store gruppene av marine organismer. Dersom det blir betydelig økt trafikk gjennom Nordøstpassasjen uten at rutiner for rensing av ballastvann er implementert, er det imidlertid grunn til å tro at nye arter fra Stillehavet kan bli viktige.

7.4.3 Sammenfatning av arter og grupper

Kongekrabben har klart potensial til å ha store effekter på økosystem, men det er ikke mulig å anslå om sannsynligheten for at den vil ha slike effekter er større eller mindre enn at den ikke vil ha økosystemeffekter eller kun ha moderate effekter. Det er vanskelig å anslå hvilke andre arter som kan bli viktige, både fordi det i Barentshavet allerede kan finnes fremmede arter som kan "blomstre" opp og fordi det er vanskelig å anslå hvilke arter som kan komme i fremtiden. Arter fra Stillehavet kan imidlertid bli viktige dersom spredning som følge av en eventuell økt bruk av Nordøstpassasjen ikke kontrolleres.

7.5 Totale effekter

Gitt beskrivelsene ovenfor om de store usikkerhetene forbundet med å anslå hvilke transportveier som vil være de viktigste og hvilke arter/grupper som vil ha de største effektene, er det svært vanskelig å estimere hva den totale påvirkningen av innførte arter på økosystem og biologisk mangfold i Barentshavet fram mot år 2020 vil være. Diskusjonen her vil derfor dreie seg om mulig påvirkning.

Fra andre områder vet man at innførte arter kan ha betydelige negative økologiske og økonomiske effekter på akvatiske systemer. F.eks. har sebramuslingen *Dreissenia polymorpha*, som ble spredt fra Europa til de store sjøene i Nord Amerika gjennom ballastvann på 80-tallet, ført til ødeleggelse av sandstrender og tetting av avløps- og inntaksrør og har fortrengt stedegne muslinger og krepsdyr. Fram til i dag har bekjempelse og skadeoppretting kostet mer enn en milliard dollar[68], og skadevirkningene er i fremtiden beregnet å beløpe seg til flere hundre millioner dollar pr. år[69]. Et annet eksempel er den lille ribbemaneten *Mnemiopsis leidyi* som kom til Svartehavet via ballastvann fra østkysten av USA på 80-tallet. Den har ført til store endringer i økosystemet og betydelig tap for fiskeriene i Svartehavet[70], med totale økonomiske skadevirkninger anslått til flere hundre millioner dollar per år. Her hjemme har flere store algeoppblomstringer medført store tap for blant annet oppdrettsnæringen, og mange av disse algeartene antar man er introdusert via ballastvann. Et eksempel er algen *Chattonella* aff *verruculosa*, som forårsaket store tap for oppdrettsnæringen langs Sørlandskysten i 2001. Den ble første gang registrert i Norge i 1998 ved en liknende oppblomstring, og har høyst sannsynlig kommet til Europa fra Østen via ballastvann[71].

Kongekrabben har som nevnt ovenfor potensial til betydelig negativ påvirkning på stedegne arter og økosystem i Barentshavet. Det må understrekes at svært lite forsk-

[68] Ballast Water News, Issue 1, April - June 2000, Global Ballast Water Management Programme, London.
[69] Invasive alien species: A toolkit of best prevention and management practices. CAB international, Wallingford, UK.
[70] Shiganova, TA. 1998. Invasion of the Black Sea by the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* and recent changes in pelagic community structure. *Fisheries oceanography 7*: 305-310.
[71] Se fotnote 48.

ning er gjort på økologiske effekter av kongekrabbe, og at det derfor er stor usikkerhet forbundet med å anslå hva de totale effektene av arten kan bli. Ut fra et verst tenkelig scenario (se kap 7.4.1), er det imidlertid mulig å se for seg at skadene kan bli av samme størrelsesorden som i eksemplene ovenfor. I så fall vil den totale påvirkningen av fremmede arter i Barentshavet fram mot 2020 være betydelig.

Dersom også andre fremmede arter i fremtiden får effekter, som for eksempel snøkrabben, vil dette øke sannsynligheten for at Barentshavet vil bli betydelig påvirket av fremmede arter. Spesielt er det grunn til å tro at økt bruk av Nordøstpassasjen uten at rutiner for rensing av ballastvann er på plass, og dermed mulighet for etablering av flere nye arter som er godt tilpasset klimaet i Barentshavet, vil øke sannsynligheten for betydelig påvirkning. Det er grunn til å understreke at selv med rensekrav implementert, vil det fortsatt være risiko for spredning av arter gjennom ballastvann over Nordøstpassasjen, fordi betydelige mengder organismer vil unslippe rensingen samt at det finnes mulighet for unntak fra rensing i IMOs ballastvannkonvensjon.

Konsekvenser av innførte arter i utredningsområdet kan oppsummeres som vist i tabell 7.1. Det er kun oppgitt konsekvenser av arter som allerede er innførte og ser ut til å kunne ha effekter. I praksis er dette begrenset til kongekrabben, og det er bare tatt med direkte effekter av krabben (f.eks. på organismer den beiter på) og indirekte effekter som følger rett fra disse (f.eks. på arter som beiter på det samme som kongekrabben). Øvrige mulige konsekvenser er det beheftet så stor usikkerhet om vil inntreffe, at de er oppført som ukjente, selv om en kan se for seg at de kan bli alvorlige. Dette gjelder mulige effekter av kongekrabben som er spredd gjennom mange ledd i økosystemet og potensielle konsekvenser av andre arter. For eksempel er det ukjent hvilke arter som kan bli innført med ballastvann og derfor ukjent hvilke totale konsekvenser de kan få.

Tab. 7.1 Forventede konsekvenser av innførte arter i utredningsområdet i 2020 (se kommentarer ovenfor).

Konsekvensvariabel	**Konsekvens**	**Usikkerhet**
Fysisk-kjemiske forhold	Ingen	Liten
Plankton	Ukjent	Ukjent
Benthos	Kongekrabben vil kunne ha betydelige effekter på bunnlevende organismer. Konsekvenser ellers er ukjente.	Stor
Fisk	Kongekrabben vil kunne påvirke lodde gjennom predasjon på rogn, torsk gjennom økt smitte av parasitten *Trypanosoma murmanensis* og øvrige bentiske fiskeslag gjennom næringskonkurranse. Konsekvenser ellers er ukjente.	Stor
Truede arter	Ukjent	Ukjent
Sjøfugl og sjøpattedyr	Kongekrabbe vil kunne påvirke sjøfugl og sjøpattedyr som beiter på bunnlevende organismer gjennom næringskonkurranse. Konsekvenser ellers er ukjente.	Stor
Strandsone	Ukjent	Ukjent
Iskanten	Ukjent	Ukjent

7.6 Kunnskapshull

Nedenfor er de viktigste kunnskapshullene knyttet til påvirkning av fremmede arter i Barentshavet listet opp sammen med forslag til hvordan de kan følges opp.

- Til tross for at kongekrabben har vært etablert som et viktig element i Barentshavet i en årrekke, og betydelige beløp er blitt brukt i forskning, er det så langt publisert svært lite om hvilke effekter arten har på økosystem og biologiske mangfold i våre farvann. Det er et betydelig behov for å styrke innsatsen på dette området. Spesielt er det viktig å vite hvilke økologiske skadevirkninger kongekrabber har for å kunne legge opp til en forvaltning som kan begrense dem. Dette er i første omgang viktig for områdene vest for 26º østlig lengdegrad, der det nå legges opp til å forvalte kongekrabben som en uønsket introdusert art. I et større perspektiv er denne kunnskapen viktig for arbeid med grunnleggende revisjoner av norsk kongekrabbeforvaltning. Havforskningsinstituttet har nylig satt i gang et omfattende forskningsprosjekt om kongekrabbens økologi og effekter på andre arter og økosystemet. Dette vil dekke en del av kunnskapsbehovet[72]. Problemstillingene er imidlertid svært omfattende. F.eks. kan det ta svært lang tid før det fullstendige omfanget av eventuelle effekter blir synlige. Man må derfor også i fremtiden regne med å måtte forvalte kongekrabben med en betydelig grad av usikkerhet knyttet til kunnskapsgrunnlaget.
- Sammenlignet med kunnskapen vi har om terrestriske arter, er kunnskapen om marin biodiversitet meget dårlig. Det betyr at vi også har dårlig oversikt over introduserte arter i det marine miljøet. Kunnskap om forekomst og utbredelse av introduserte arter vil være verdifull på flere måter. For det første kan det danne grunnlag for tiltak mot enkelte arter, f.eks. tiltak for å begrense utbredelse eller for utryddelse. Videre kan det si noe om hvilke innføringsveier som er viktige, og dermed danne grunnlag for å utarbeide tiltak for å forebygge ytterligere introduksjoner. Det bør derfor gjøres økt innsats for å kartlegging og overvåking av introduserte arter langs kysten. Dette kan gjøres som en del av trendovervåkingen i utvalget områder langs kysten, f.eks. som ruteanalyser knyttet til eventuell overvåking av marine verneområder og til oppfølging av EUs vannrammedirektiv.
- Det er behov for å overvåke fremmede arter som ser ut til å ha et potensial for betydelig påvirkning. I første rekke gjelder dette kongekrabbe, og overvåkingen bør inkludere både utbredelse og tetthet av kongekrabbe og økologiske effekter. Snøkrabben er en annen art hvor det er tilsvarende behov for overvåking, i første omgang av utbredelse.
- Det er også behov for å utarbeide en liste over arter man frykter kan etablere seg i våre farvann for å få et bedre grunnlag for å utarbeide forebyggende tiltak. Dette kan basere seg på data over arter som har blitt innført andre steder og utrettet stor skade der. Listen kan med fordel utarbeides i samarbeid med andre skandinaviske land, og vil danne et bedre grunnlag for forebyggende tiltak.

[72] Havforskningsinstituttet. 2003. Forskningsplan - økosystemeffekter av kongekrabbe.

8 PÅVIRKNING PÅ TREKKENDE ARTER

Denne utredningen har valgt å belyse sjøfugl under temaet trekkende arter. Det finnes både fisk og sjøpattedyr som trekker ut og inn av utredningsområdet, og som i tillegg blir påvirket utenfor området. En del av de generelle problemstillingene som utredes vil også ha relevans for øvrige trekkende arter.

8.1 Innledning

Rødnebbternas årlige vandring fra hekkeplassene i Arktis til overvintringsområder langs Sør-Afrikas kyster og havområdene rundt Antarktis er det mest spektakulære fugletrekket vi kjenner. Alle de store fuglebestandene som lever i Barentshavsregionen foretar med få unntak regelmessige vandringer ut av dette havområdet. Barentshavet representerer globalt sett et av de viktigste leveområdene for marine fugler, med anslagsvis 20 millioner individer i sommerhalvåret. Alkekonge, polarlomvi, lunde, krykkje og havhest utgjør over 90% av den totale hekkebestanden, mens det totale artsantallet som på en eller annen måte er knyttet til regionen overstiger 200.

For de pelagiske artene er vinterutbredelsen svært dynamisk, fordi fuglene da er uavhengig av hekkeplassene og av den grunn kan følge byttedyras vandringer. Etter endt hekkesesong (juli-september) forflytter bestandene seg hovedsakelig i sør-sørvestlig retning. Fugler fra norskekysten og Svalbard har sine viktigste overvintringsområder i bl.a. Nordsjøen og Nordvest-Atlanteren, mens store russiske bestander overvintrer i åpne, isfrie deler av Barentshavet og langs kysten av Nord-Norge.

Dette gjelder også for flere tusen stellerender som trekker inn til kysten av Finnmark i vinterhalvåret, for så å vandre tilbake til hekkeområdene på tundraen i Vest-Sibir om våren. Stellerand er en globalt truet art og selv om arten ikke er norsk hekkefugl, har Norge et betydelig internasjonalt ansvar for å sikre artens eksistens.

Barentshavet spiller altså en viktig rolle for marine fugler gjennom hele året, selv om de fleste bestandene i deler av året befinner seg utenfor havområdet. Det samme gjelder for øvrig mange av de marine pattedyrartene. Bestandene kan dermed bli utsatt for negativ påvirkning også utenfor utredningsområdet. De antropogene påvirkningsfaktorene utenfor utredningsområdet er trolig grovt sett de samme som vi kjenner fra Barentshavsregionen; oljesøl, habitatforringelse, svikt i næringstilgang, bifangst, miljøgifter, jakt/fangst etc. For å kunne trekke slutninger om årsak/virkning til eventuelle bestandsendringer for trekkende arter, må en både kjenne trekkmønstre, og hvilke viktige påvirkninger de totalt sett blir utsatt for under hele livsløpet.

8.2 Trekk og trekkveier

Hoveddelen av de trekkende fugleartene i området omfatter i underkant av 100 arter, fordelt på dykkere, pelikanfugler, gjess og ender, alkefugler, måker og vadere. Gjennom det norsk-russiske sjøfuglsamarbeidet (under Den norsk-russiske miljøvernkommisjonen) er det laget en oppdatert status for marine fuglearter som hekker i Barentshavsregionen, med bl.a. bestandsestimater, trusselfaktorer osv. for denne regi-

onen og delregioner (inkludert russiske områder)[73]. Tabell 8.1 gir en summarisk oversikt over utvalgte arter knyttet til Barentshavet[74].

Ulike arter har ulike trekkmønstre og trekkvaner. F.eks. gjennomfører polarlomvi fra Bjørnøya et svømmetrekk ut i åpent hav som del av høsttrekket til vinterområdene utenfor Sørvest-Grønland, mens polarlomvi fra de nordvestrussiske øyene trekker inn i bl.a. norsk del av Barentshavet. Mange vadefugler fra både norske og russiske nordområder trekker langs kystene av Norge og Europa. Svalbardgjessene er sterkest knyttet til det marine miljø i myteperioden når vingefjærene skiftes og fuglene mister flygeevnen. I denne perioden – før høsttrekket til bl.a. De britiske øyer og Danmark/Nederland - er fuglene sårbare og oppholder seg gjerne i åpne sjøområder.

Trekkene varierer mht. lengde, retning og sesong. Trekkmønsteret kan også variere innenfor arten, avhengig av alder, bestandstilhørighet osv. Tilgangen på byttedyr er avgjørende, og vil som tidligere nevnt i rapporten meget sannsynlig være en avgjørende faktor i sjøfuglenes respons på klimaendringer. Kunnskapsgrunnlaget vedrørende trekk og trekkveier er mangelfullt, og mye av den kunnskapen man har bygger på ringmerkingsdata. Viktige deler av ringmerkingsmaterialet er nylig analysert og sammenstilt[75]. Mange trekkende artene innenfor utredningsområdet benytter seg av East Atlantic Flyway, illustrert i figur 8.1.

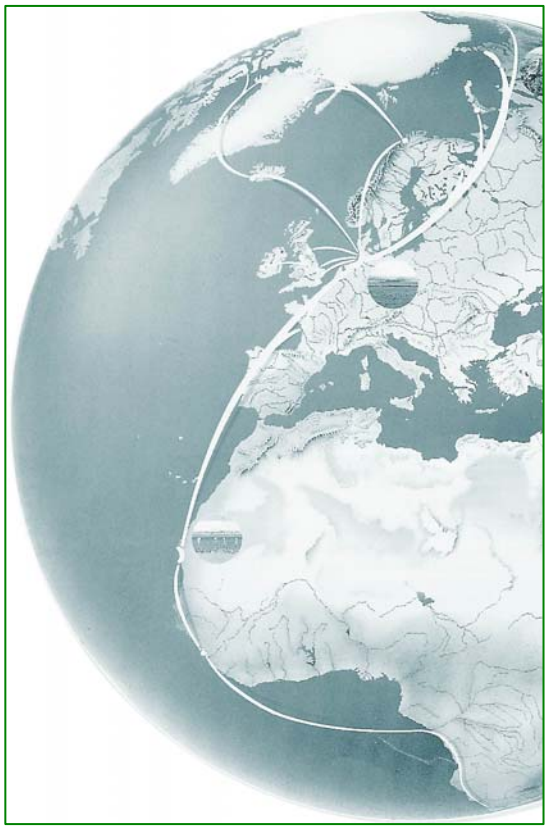


Fig. 8.1
East Atlantic Flyway. Hovedtrekkveier for mange av de trekkende fugleartene knyttet til Barentshavet. Dette kartet inkluderer trekkene til hvitkinngås, ringgås, tundralo, polarsnipe, sandløper. myrsnipe og lappspove. (Kilde: WWF). Nytt kart skal foreligge i løpet av våren 2004.

[73] Anker-Nilssen, T, V Bakken, H Strøm, AN Golovkin, VV Bianki og IP Tatarinkova (red.). 2000. The status of marine birds breeding in the Barents Sea Region. NP-rapportserie nr. 113-2000, 213 pp.
[74] Tabellen bygger på tabell 11.1 og 11.2 i grunnlagsrapport nr. 6 (se kap. 10.1).
[75] Bakken, V, O Runde og E Tjørve. 2003. Norsk ringmerkingsatlas. Vol 1. Stavanger Museum, Stavanger.

Alkefuglene representerer som gruppe de mest typiske sjøfuglene. Med unntak av hekkeperioden bruker alkefuglene hele livet i det marine miljø. Denne gruppen utgjør antallsmessig en dominerende del av fuglelivet i Barentshavet. De ulike bestandene/koloniene har noe ulike trekkforløp, men gjenfunn av ringmerkede fugler indikerer at trekket går i sørlig og sørvestlig retning. Lomvi, polarlomvi og alke gjennomfører svømmetrekk, der gjerne hannen svømmer ut i åpent hav sammen med ungen som enda ikke er flygedyktig. Polarlomvi og alkekonge trekker videre sørvestover og vesentlige andeler av bestandene overvintrer sør og vest av Grønland.

Skarver, stormfugler, måkefuglene omfatter mange arter med varierende trekkbevegelser. En del bestander er relativt stasjonære, mens andre foretar langdistansetrekk (bl.a. sildemåke og terner).

Andefugler har en mer varierende tilknytning til det marine miljø. En del arter omtales som havdykkender (bl.a. ærfuglartene), som utenfor hekketiden er sterkt knyttet til kystnære områder hvor de beiter på bunndyr. Trekkforholdene er kartlagt i varierende grad, men det generelle bildet tilsier en forflytning sørover. Stellerandas trekkmønster har blitt studert vha. indivder merket med satelittsendere, og dette har typisk nok gitt helt ny informasjon om trekket.

8.3 Påvirkningsfaktorer

For å kunne trekke slutninger om årsak og virkning til eventuelle bestandsendringer for trekkende arter, må en både kjenne deres trekkruter og hvilke påvirkninger de totalt sett blir utsatt for under hele livsløpet. Det foreligger ikke detaljert kunnskap om de ulike påvirkningsfaktorer utenfor utredningsområdet og deres betydning for trusselbildet til den enkelte art. For marine arter som hekker i Barentshavsregionen er viktige deler av kunnskapsgrunnlaget mht. påvirkning og trusler innenfor utredningsområdet omtalt i NP-rapport 113-2002. Hovedtypene av negative påvirkningsfaktorer:

- Redusert næringstilgang (overbeskatning)
- Habitatødeleggelse
- Bifangst i fiskeredskaper
- Oljeforurensning (akutt dødelighet og subletale langtidseffekter)
- Jakt/fangst
- Miljøgifter og marint søppel
- Introduserte arter (f.eks. mink)
- Forstyrrelse (ferdsel/turisme)
- Klimaendringer (hovedsakelig etter 2020)

Totalt vil diffuse eller kroniske faktorer kunne ha større effekt for bestandene enn enkeltepisoder, selv om akutte episoder der store antall rammes får størst oppmerksomhet. F.eks. er det grunn til å anta at tapet av marine fugler i ulike typer kystnært garnfiske er en vesentlig dødelighetsfaktor, selv om den enkelte fisker ikke fanger store antall.

Forskjell mht. registrert og reelt omfang er en viktig faktor når man skal vurdere konsekvenser. Oljesøl i åpent hav kan ramme store antall fugler, mens det som evt. regist-

reres som strandet er ubetydelig. Et ferskt eksempel som illustrerer dette forholdet er en episode som inntraff utenfor kysten av Midt-Norge i 2002, der ca. 300 lunder ble funnet døde eller døende over en kort periode i april. Fuglene var avmagret og det var mange spekulasjoner om årsaker. Fuglenes biometri avdekket at dette med stor sannsynlighet var hekkefugler fra Røst og fordi det pågår en omfattende langtidsstudie av lunden på Røst kunne man med basis i beregninger om forventet voksenoverlevelse, beregne den reelle dødeligheten til opp mot 100 000 individer[76]. Våren 2003 ble det registrert over 700 døde lomvi med oljeskader på kysten av Rogaland.

Ulike faktorer kan ramme forskjellige aldersegmenter ulikt, og dette vil ha stor betydning for hvordan bestanden påvirkes. Mange sjøfuglarter har sen kjønnsmodning, høy levealder og lav reproduksjonsrate, som en tilpassning til et ustabilt miljø hvor næringstilgang er en begrensende faktor for hekkesuksess. En eller flere sesonger med mislykket reproduksjon trenger nødvendigvis ikke å ha vesentlig betydning for bestandsstatus, mens faktorer som påvirker dødelighet eller fertilitet (reproduksjonsevne) hos voksne individer f.eks. i vinterområdene kan gi store utslag i utviklingen av fuglebestandene i Barentshavet.

8.3.1 Olje

Oljesøl er stor trussel mot de artene som i all hovedsak lever på og i havet, og massedød hos sjøfugl er dokumentert i en rekke episoder både i norske og utenlandske farvann. Oljesøl kan gi store ringvirkninger i økosystemet både i akuttfasen og over tid gjennom subletale systemiske effekter på individnivå og mer indirekte økosystemeffekter. Oljesølets treff i tid og rom kan ha større betydning enn mengden. Fuglearter som i deler av året opptrer samlet i store flokker er gjerne mer utsatt enn de som opptrer spredt. Så langt har oljesøl knyttet til skipsfart (forlis, ulovlig tankspyling) vært den dominerende faktor i våre områder, men avrenning fra land og offshore-uhell i petroleumssektoren har et betydelig skadepotensial.

8.3.2 Miljøgifter

Arter med naturlig tilhold i utredningsområdet kan eksponeres for miljøgifter både innenfor (langtransporterte miljøgifter) og utenfor utredningsområdet i forbindelse med trekk. Det er f.eks. dokumentert at polarmåke, som i norsk Arktis har samme rolle som rovfugl langs norskekysten, har både nedsatt reproduksjonssuksess og akutt voksendødelighet koplet til miljøgiftbelastning[77]. Hvor i polarmåkas utbredelsesområde denne eksponeringen skjer er fortsatt uklart.

8.3.3 Jakt/fangst

Innenfor norsk territorium er utgangspunktet for jakt bl.a. på marine fuglearter at bestandene ikke skal påvirkes - det høstes av et såkalt produksjonsoverskudd. Enkelte steder innenfor utbredelsesområdet for en del av de trekkende bestandene er jakt og fangst ikke tilstrekkelig regulert. I slike tilfeller kan jakt påvirke bestandene. F.eks. er sjøfugljakta rundt Grønland en vesentlig dødelighetsfaktor for polarlomvi fra bl.a. Bjørnøya.

---

[76] Anker-Nilssen, T, T Aarvak og G Bangjord. 2003. Mass mortality of Atlantic Puffins Fratercula arctica off Central Norway, spring 2002: causes and consequences. *Atlantic Seabirds 5*: 57-71.
[77] AMAP. 2002. Persistent organic pollutants in the Arctic. (http://www.amap.no/Assessment/ScientificBackground.htm#pops).

8.3.4 Fiskerikonflikter

Fiskeriene påvirker bestandene av marine fugler på flere måter. Næringssvikt som følge av bl.a. overfiske er en viktig faktor. Bifangst av fugler i tradisjonelle fiskerier med garn, trål og lineredskaper kan til dels også være betydelig. I tillegg er bifangst knyttet til fritidsfiske, akvakultur og habitatpåvirkning gjennom taretråling aktuelle påvirkningsfaktorer.

Bifangst i fiskeredskaper er oppfattet som en betydelig påvirkingsfaktor i alle arktiske nasjoner, og det foreligger til dels god dokumentasjon mht. enkeltepisoder der store mengder fugler har omkommet både i og utenfor utredningsområdet. Temaet har fått bred internasjonal fokus i senere år, bla. gjennom FAO[78], OSPAR og ICES. Arktisk Råds arbeidsgruppe for bevaring av sirkumpolar flora og fauna, CAFF, har også igangsatt et arbeid på dette gjennom sitt ekspertnettverk.

Ulike redskapstyper har ulik kapasitet til å fange fugler. Det er særlig garn som betraktes som mest effektivt og dermed problematisk. Gjennom FAO har man imidlertid på global skala satt fokus på bifangst i linefisket, som til dels foregår uregulert i internasjonale farvann og som er en stor trussel mot bl.a. truete albatrossarter. I våre farvann (i og utenfor Barentshavet) er det i stor grad havhest som dominerer i denne bifangsten og pga. at bestandene er store oppfattes dette mer som et etisk problem enn som en bestandsregulerende faktor. Man regner med at den norske autolineflåten tar minimum 20 000 havhest årlig. Det kystnære linefiske har man ikke oversikt over, men her kan det også være snakk store antall og arter med bekymringsfull bestandsstatus, f.eks. nordlig sildemåke (se under).

Drivgarnsfiske etter laks var før det ble forbudt i 1989, en betydelig dødelighetsfaktor for bl.a. alkefugler. Vi kjenner i liten grad status og omfang av bifangst av fugler i dagens garnfiske, men det er fortsatt grunn til å fokusere dette temaet som ledd i en utvikling mot mer bærekraftige fiskerier. Det foreligger noe dokumentasjon og estimater for omfattende "alkeslag"[79] innefor eksisterende norsk garnfiske og det har vært fremmet seriøse bekymringer knyttet rognkjeksfiske i overvintringsområdene for den truete stelleranda i Finnmark.

Bifangst kan også forekomme i andre fiskerier. Fritidsfiske med garn, kilnotfiske etter laks (ledegarn), samt overvåkingsfiske knyttet til lakseoppdrett har vist seg å være beheftet med bifangst av fugl. Overvåkingsfiske er lovpålagt med hjemmel i Oppdrettsloven for å oppdage rømming av laks, men fører i mange tilfeller til drukning for sjøfugl, særlig ærfugl. Det foreligger dokumentasjon fra områder både i og utenfor utredningsområdet som indikerer at dette er et omfattende problem. Det foreligger også udokumentert informasjon om ulovlig avliving av fugler som beiter i tilknytning til oppdrettsannlegg for laks og skjell. Miljøet rundt slike anlegg vil oppleves som stabilt gode næringslokaliteter for marine fugler og derved virke tiltrekkende for en del arter, både i og utenfor hekkesesongen. Dette kan også bidra til å endre betingelser og konkurranserammer for lokale fuglebestander.

[78] Food and Agricultural Organization of the United Nations (FN's matvareorganisasjon) – http://www.fao.org

[79] Et alkeslag = en episode med store mengder alkefugl i garnfangsten

Bifangst av fugler (og pattedyr) i fiskeriene er et forhold som alle parter ønsker å få bukt med. Det medfører merarbeid og redusert fangsteffektivitet for fiskerne og kan utgjøre en trussel for fuglebestandene, særlig av fåtallige og truede arter.

8.4 Artsomtaler

I dette kapitlet er en art, nordlig sildemåke, gitt spesiell omtale som et eksempel på hvordan en trekkende art kan påvirkes utenfor utredningsområdet, mens en del flere arter presenteres kort i tabellform (tabell 8.1). En utvidet omtale av en art er også ment å skulle gi en "case" for å øke forståelsen for temaet trekkende arter og påvirkning.

Tab. 8.1 Omtale av utvalgte sjøfuglarter i Barentshavet mht. bestandsstatus og trend, dominerende trekkmønster; overvintringsområder; påvirkning og trusler. Tabellen bygger i stor grad på NP-rapport 113-2002 (se fotnote 59).

Art/beskrivelse	Status/bestandstrend (Barentshavsregionen)	Trekk	Tilhold utenom hekkesesong	Påvirkning/trusler	Kommentarer
Havhest Fulmarus glacialis	100 000 – 1 000 000 par, Fluktuerende	Lever pelagisk utenfor hekketiden, foretar lange vandringer i Nord-Atlanteren. Ingen klare trekkmønster	Pelagisk	Det er dokumentert at arten er særlig utsatt for bifangst i linefiske (se tekst). Relativt høye nivåer av POPs, Utsatt for marint søppel (plastpartikler). Sårbar for oljesøl	Fokusert gjennom IPAO-seabirds (FAO)
Havsule Morus bassanus	Ca. 2 200 par Relativt stabil	I sitt første leveår ned til Nordsjøen og havet ved Nord-vest Afrika/ Middelhavet. Voksne trekker kortere	Pelagisk	Ingen kjente vesentlige faktorer	Hekker i Nord-Norge fordelt på fire kolonier (1995).
Storskarv Phalacrocorax carbo	8 000 par Fluktuerende	Hekkefuglene foretar en generell forflytning sørover fra hekkeplass. Noen trekker til Østersjøen/ Middelhavet	Kystnært i Nord-Norge, Midt-Norge, Vestlandet, Skagerrak, Kattegat	Antatt sårbar for overbeskatning av fisk; yngre årsklasser av torskefisk, tobis, lodde. Sårbar på hekkeplass. Jakt	Norsk ansvarsart (vinter)
Toppskarv Phalacrocorax aristotelis	9150 par Svak nedgang	Ikke-hekkende fugler trekker ned mot Midt-Norge (500 –1 500km)	Kystnært i Nord-Norge og Midt-Norge	Drukning i fiskegarn (vinter). Sårbar for svingninger i nærings-grunnlag. Jakt	Norsk ansvarsart (vinter)
Hvitkinngås *Branta leucopsis*	Ca. 25 000 ind (Svalbard) Stabil/økende	Fra hekkeområdene til Solway Firth (UK), kan stoppe kort underveis (bla. Bjørnøya). Vårtrekk via Helgelandskysten til Svalbard	overvintrer ved Solway Firth (UK) Vårtrekk: raster på Helgelands kysten i ca. 2-3 uker	Sårbar pga. flokk-egenskap. Konflikt med jordbruk i rasteområdet – kan påvirke kondisjon og hekkesuksess	Svalbardbestanden er en av de best studerte fuglebestander i verden. Egen flywayplan -AEWA
Ærfugl Somateria mollissima	120 000 – 150 000 par Relativt stabil	Ulike bestander trekker ulikt: Nord-Norge trekker lokalt (20 km); Russiske til åpent hav (BAR); Svalbard: Norskekysten og Island	Gruntvannsområder langs kysten	Drukning i fiskeredskaper/opp drett. Oljesøl. Habitatødeleggelse og forstyrrelse. Uttak av bentos (tare og skjell)	Omfattet av CAFFs ærfuglstrategi
Nordlig sildemåke Pagophila eburnea	Ca. 1000 par (Norge)	Trekker sør-østlig til Svartehavet/Middelhavet øst og videre til Øst-Afrika/ Persiske Gulf	Fra sjøer i Rift Valley sør til Malawi og Zambia	Næringssvikt. Miljøgifter i vinterområdet, konkurranse	Direkte truet (Norsk Rødliste).
Polarmåke Larus hyperboreus	7000 – 17 000 par Relativt stabil	Vandrer i stor grad, utenfor hekketiden og ringmerka individer er påvist rundt hele Atlanterhavet	Pelagisk i Atlanter-havet,(Grønland, Færøyene og Island) fra sept. til mars	Topp-predator i det arktiske økosystemet og sårbar for bla. POPs	
Krykkje Rissa tridactyla	Ca. 900 000 par Relativt stabil	Pelagisk. Fordeler seg vidt utenfor hekketiden: Østlige USA, Grønland, Nordsjøen, Biscaya, Nord-vest Afrika. Ungfuglene returnerer i sin 3. sommer. Voksne vandrer kortere	Pelagisk (kan trekke helt til Antarktis)	Genrelle, næringssvikt (bla. sildelarver)	
Ismåke Pagophila eburnea	Mindre enn 2000 par? Ukjent	Høyarktisk art som vandrer vidt i isfylte arktiske farvann. Kan trekke langt unna hekkeområdene bla. Beringsstredet.	Overvintrer pelagisk i isfylte farvann	Åtseleter på bla. bytter etter isbjørn. Utsatt for miljøgifter og trolig klimaendringer	Nye data fra Canada indikerer dramatisk bestandsreduksjon i bestanden. Status i Barentshavet er foreløpig ukjent!

forts. tab. 8.1

Rødnebbterne Sterna paradisea	Mer enn 130 000 par Svak nedgang	Trekker sør når ungene er flygedyktig (aug/sept). Trekkruten følger kysten langs Norge, Europa og Afrika til overvintrings områdene	Havområder på den sørlige halvkule (noen helt ned til Antarktis)	Næringstilgang er kritisk faktor, som påvirker hekking. Ukjent under trekk	En notorisk råtrekker!
Lomvi Uria aalge	130 000 – 150 000 par Kraftig tilbakegang	Trekker raskt vekk fra kolonien etter hekking (svømmetrekk). Flere utenlandske hekkebestander overvintrer i Barentshavet	Kystfarvann og til havs: Barentshavet, Norskehavet, Skagerrak. Det samme gjelder delvis også russiske hekkefugler	Svært sårbar for oljesøl, drukning i garn (flokkadferd). Næringssvikt. Ulike historiske faktorer.	Hekkebestanden redusert med 85 – 90 % ved Bjørnøya 1987 (antagelig pga. sammenbrudd i loddebestand). Bestandsit. på fastlandet er kritisk.
Polarlomvi Uria lomvia	1 750 000 par Relativt stabil?	Novja Semlja bestand trekker til sentrale BAR	Kystfarvann og i åpent/isfylt hav sørvest av koloniene. Mange trekker til Island og Grønland	Svært sårbar for oljesøl. Jakt på Grønland. Bifangst. Mindre nærings spesialist enn lomvi og ditto sårbar.	Omfattes sammen med lomvi av CAFFs strategi og handlingsplan
Teist Cepphus grylle	60 000 - 80 000 par	Trekkmønster dårlig kjent. Vandrer mindre enn andre alkefugler. Deler overvintrer ved hekkeplass, mensd deler av bestandene trekker sør (1310 km)	Kystfarvann og i åpent/isfylt hav (ikke-hekkende individer)	Drukning i fiskegarn. Svært sårbar for oljesøl.	Rødlisteart/ ansvarsart
Lunde Fratercula arctica	Ca. 2 000 000 par Relativt stabil	Pelagisk levesett utenom hekketid. Trekkmønster dårlig kjent.	Kystfarvann og lenger til havs. Vestlige deler av BAR; kysten av Midt-Norge; Grønland- Fæøyene	Næringssvikt. Oljesøl er hovedfaktorer	Rødliste/ansvarsart
Alkekonge Alle alle	Ca. 1 300 000 par Relativt stabil	Pelagisk. Ulike bestander har ulike trekkmønster	Kystfarvann og til havs: Nordlige havområder; Sør-vest Grønland; Nord Island; Midt-Norge	Oljesøl, jakt (Grønland). Små krepsdyr er hoved næring – mindre utsatt for overbeskatning	Vanskelig å taksere fordi de hekker i steinur

Nordlig sildemåke *Larus fuscus fuscus*

Denne underarten av sildemåke, som hekker fra Sør-Trøndelag til Finnmark, er listet som direkte truet (E) på den norske rødlista. Bestanden teller i dag anslagsvis 1000 par og har opplevd reproduksjonssvikt og sterk bestandsreduksjon de siste tiårene. Trekkveiene er ikke kjent i detalj, men bestanden trekker sør-sørøst over til land i Middelhavet og Svartehavet, og delvis videre til Øst-Afrika. Arten er knyttet til kysten og åpent hav, hvor den spiser fisk og andre sjødyr i overflaten, samt fiskeavfall fra båter. Sildemåken beiter også i innsjøer i Øst-Afrika.

Den negative bestandsutviklingen kan ha flere årsaker. Overfiske i nordlige farvann har vært foreslått som en sentral faktor. Nyere forskning viser at bestanden i tillegg til høye nivåer av PCB også har overraskende stor belastning av DDT/DDE, noe som også gjelder bestanden som hekker i Østersjøen/Finland og overvintrer i de samme områdene. I Øst-Afrika brukes DDT fortsatt aktivt for å bekjempe malaria. Gjennom disse vannøkosystemene tar sannsynligvis sildemåken opp DDT, som metaboliseres og gir høye DDE-nivåer. Høye nivåer av POPer kan være årsaken til at sildemåker fra Nord-Norge og Finland er utsatt for reproduksjonssvikt (lav klekkerate på egg og høy ungedødelighet). Høy miljøgiftbelastning kan også ha konsekvenser for kondisjon, næringsopptak, adferd, predasjon osv.

Endrete konkurranseforhold imellom måkeartene kan også ha tillleggseffekter. *L. f. intermedius* ekspanderer nordover langs Norskekysten. Dette kan både være en konsekvens av ledige nisjer/lokaliteter som følge av marginaliseringen av *fuscus*-bestanden og samtidig en påvirkningsfaktor på denne bestanden som i neste runde forsterker negativ bestandsutvikling. forurensningsprofil

Bestandsnedgangen hos nordlig sildemåke er også satt i sammenheng med inntak av marint søppel, som påvirker fordøyelse, kondisjon etc. Dette er dokumentert fra England, men står fortsatt uavklart for den norske hekkebestanden.

Bestander som er så fåtallig som sildemåken vil også lett kunne påvirkes gjennom andre faktorer som virker lokalt både i hekkeområdene, langs trekkruta og i overvintringsområdene: Bifangst i line- og/eller garnfiske, jakt (forveksling med svartbak), habitatødeleggelse og forstyrrelse i sårbare faser av hekkperioden er faktorer som ikke nødvendigvis har stort omfang, men som samlet kan være utslagsgivende for en allerede fåtallig art.

8.5 Kunnskapshull

Kunnskapsgrunnlaget knyttet til trekkende arter er svært mangelfullt på mange områder. Temaet omfatter mange arter og bestander, med til dels komplekse trekkveier og mange påvirkningsfaktorer. Kunnskapsinnhenting langs hele trekkveier er svært ressurskrevende, og fordi det også eksisterer store kunnskapshull i våre nærområder, har ofte kunnskapsinnhenting på "flyway-nivå" blitt nedprioritert.

Nødvendig oppdatering av kunnskapsgrunnlaget om trekkende arter, deres trekkveier og effekter av total påvirkning krever mer innsikt i bl.a. følgende forhold:

- Bestandstilhørighet (herunder populasjonsgenetikk).
- Vandringsmønster hos prioriterte arter/bestander, herunder identifisering av viktige raste- og overvintringsområder .
- Habitatkrav i relasjon til rasteområder og overvintringsområder.
- Dokumentasjon av sentrale påvirkningsfaktorer (bl.a. bifangst i fiskeredskaper) og økt økosystemforståelse.
- Overvåkingsdata på reproduksjon, næring og voksenoverlevelse (utvidelse av eksiterende overvåkingsprogram).

8.6 Kunnskapsoversikt og forvaltningsverktøy

Som tidligere nevnt er kunnskapen om påvirkninger langs de fleste av de trekkende artenes trekkveier svært mangelfull. Slik kunnskap er helt essensiell både for å kunne vurdere den betydningen påvirkning har for artenes status innenfor utredningsområdet, men også for i neste omgang å kunne utvikle bedre forvaltningsverktøy (inkl. bevisstgjøring av relevante sektorer) og oppfylle norske forpliktelser om rapportering til og implementering av internasjonale avtaler og konvensjoner.

For å skaffe en oversikt over eksisterende kunnskap om de arktiske trekkende artene har NP og DN i samarbeid startet utviklingen av en ny *database*, som forventes å være operasjonell i forbindelse med implementeringen av forvaltningsplanen for Barentshavet. Denne databasen tar utgangspunkt i den såkalte BACC-lista[80], som er kompilert av CBIRD, CAFF's sjøfuglgruppe. Databasen skal være et insitament for videre innhenting av kunnskap om arktiske arters "flyways" og påvirkninger de blir utsatt for langs trekkveiene. Databasen vil i operativ form ha som mål å redegjøre for kjent kunnskap om artenes totale trekkrute, påvirkninger, bestandsstatus,

[80] BACC = Birds of Arctic Conservation Concern

bestandstrender, vernestatus, delbestander og funksjonsområder (hvor artene hekker, raster, myter og overvintrer).

8.7 Konklusjon

Med få unntak trekker hele eller deler av fuglebestandene i Barentshavet ut av utredningsområdet vinterstid. Noen få, bl.a. stellerand og russiske bestander av alkefugl, trekker inn i området i vinterhalvåret. For en del arter er det snakk om kortere forflytninger langs norskekysten til Midt- og Sør-Norge, mens andre foretar langdistansetrekk som utsetter dem for påvirkning underveis på trekkveien og i overvintringsområder langt unna norsk territorium.

Disse artene har til dels svært ulik status innenfor utredningsområdet (mht. truethet, sårbarhet, ansvar, økologisk rolle etc.), og utvalget av arter/bestander som er benyttet som eksempler, viser store forskjeller i geografisk spredning, lokal påvirkning etc. Foruten et fåtall arter, bl.a. nordlig sildemåke, er kunnskapen i dag imidlertid så fragmentarisk at det ikke er grunnlag for å si at noen av disse artene peker seg spesielt ut når det gjelder statusendringer innenfor utredningsområdet som et resultat av påvirkning utenfra. Problematikken er imidlertid reell og "høystatus-arter" innenfor utredningsområdet påvirkes i dag i betydelig grad langs sine trekkveier. Dette problemet må få nødvendig oppmerksomhet i en framtidig forvaltningsplan.

9 OPPSUMMERING

”Ytre påvirkning” omfatter påvirkninger fra klima, forurensning fra kilder utenom norsk del av Barentshavet og fra introduserte arter. Disse påvirkningsfaktorene ventes å gi virkninger i lang tid framover, men det er sannsynlig at de største effektene vil vise seg senere enn 2020 for de fleste scenariene. At vi ikke vil se store endringer før 2020 vet vi også med bakgrunn i at klima endres over mange år, påvirkning fra norsk petroleumsaktivitet utenfor Barentshavet må forventes å avta i forhold til i dag, russisk ”offshore” petroleumsaktivitet kan trappes opp til omfattende leteaktivitet, men vil neppe rekke å få mange felt i produksjon før 2020, mens effektene av introduserte arter på det biologiske mangfoldet også i hovedsak vil skje over lang tid. Påvirkning fra øvrig norsk petroleumsaktivitet vil også avta, forutsatt at nullutslippsarbeidet har suksess.

Et unntak fra denne generelle betraktningen vil være det potensielt store akutte trusselbildet som ligger i økt transport av petroleum og petroleumsprodukter sjøveien fra russisk sektor langs Norskekysten gjennom utredningsområdet. Dette belyses i US.

I de foregående kapitlene har vi vurdert hver enkelt av de definerte påvirkningsfaktorene for å finne deres konsekvenser for miljøet. Et slikt perspektiv gir et fragmentert bilde. I dette kapitlet oppsummerer vi ved å ta det motsatte perspektivet: Hvilke konsekvenser vil opptre i miljøet når vi ser på alle de ytre påvirkningene samlet?

For hvert av temaene under ”biologisk miljø” i de felles konsekvensvariablene vil det oppsummeres hva som er sagt i de foregående kapitlene om konsekvenser. Det ligger imidlertid et viktig forbehold i dette: Vi har ikke laget helhetlige, gjennomgående scenarier for alle de ytre påvirkningene eller studert synergier (samvirkende effekter) mellom dem. Det er f.eks. åpenbare synergieffekter mellom en klimaendring og hvilke transportveier forurensningsstoffer finner inn i arktiske økosystemer (endringer i vind, strømmer og skipstrafikk), samt klimaendringer og utviklingen av norsk og russisk petroleumsvirksomhet (isforhold, åpning av nye områder og seilingsruter for skip).

De aktuelle ytre påvirkningene vil kunne ha virkninger med ulik grad av reversibilitet. Introduserte arter er eksempler på påvirkninger som ofte vil ha så godt som irreversible konsekvenser. Det vil ofte kunne være svært vanskelig å avgjøre på et tidlig stadium om en påvirkning kan gi irreversible effekter, og dette er en utfordring når en påvirkning skal reguleres og det skal gis forvaltningsmessige rammer for et område.

De ytre påvirkningene som vi analyserer vil i hovedsak ikke kunne påvirkes direkte av norske myndigheter. Bildet som vi tegner av ”sannsynlig utvikling”, vil derfor i stor grad måtte tas for gitt, uansett hva som gjøres i norsk del av Barentshavet (jfr. aktivitetene i utredningene om petroleum, skipsfart og fiskeri). Selv med forbeholdet om at vi ikke har laget en utredning av ”samlet ytre påvirkning”, så vil oppsummeringen i dette kapitlet likevel være et bidrag til å tegne et *0-alternativ* for Barentshavet: ”Hva vil skje dersom Norge ikke øker aktivitetene *i* Barentshavet?”. Dette vil være et nødvendig referansescenario når forvaltningsplanen senere skal se på samla påvirkning fra alle aktiviteter.

Oppsummeringen må derfor leses som en sammenstilling av hvilken retning de ulike påvirkningene vil trekke i, ikke som et helhetlig, sammensatt bilde av "samlet ytre påvirkning".

9.1 Hovedpåvirkninger

9.1.1 Klimaendringer

Det forventes ingen store endringer i klimaparametere før 2020, men store endringer fra 2020 til 2080. I perioden 2020-2080 vil iskanten trekke seg nord og østover, og havet vil bli praktisk talt isfritt om sommeren i hele polbassenget. Overflatetemperatur øker med 1.5°C i hele utredningsområdet. Midlere vindstyrke øker med 10-20%.

9.1.2 Forurensning fra kilder utenfor utredningsområdet

Utredningsområdet påvirkes i dag først og fremst av langtransportert forurensning som kommer inn med luft- og havstrømmene. Dette bildet forventes å endre seg forholdsvis lite i utredningsperioden. Etter 2020 vil fortsatte klimaendringer føre til mindre isdekke og høyere gjennomsnittstemperaturer i luft og sjø. Dette vil få effekter på omsetningshastigheten til kjemiske stoffer, og på opptaks- og effektmekanismene i planter og dyr. Dersom klimaendringene blir tilstrekkelig store kan det føre til at tilførselsveiene for forurensninger endres, slik at både sammensetningen av forurensningene og mengden forurensninger som tilføres området vil bli forskjellig fra i dag. Klimastresset på arktiske dyr vil også kunne gjøre dem mer sårbare for påvirkning fra kjemiske stoffer, og det eksiterer ikke tilstrekkelig kunnskap til å forutsi hvilke effekter dette kan få på økosystemene.

Internasjonale konvensjoner ventes å bidra til at tilførslene av "gamle", godt kjente miljøgifter vil gå ned på sikt. Samtidig vil tilførslene av "nye" miljøgifter, som tungmetaller fra katalysatorer og nye industrikjemikalier, kunne øke betydelig. Endringer i tilførselsveien vil også kunne føre til økte tilførsler av miljøgifter fra områder som i dag er i økonomisk og teknologisk vekst.

Målsetningen om nullutslipp av miljøfarlige stoffer på norsk sokkel gjør at det heller ikke forventes vesentlige effekter av driftsutslipp fra petroleumsvirksomheten syd for utredningsområdet. Risikoen for akuttutslipp av olje vil være på om lag samme nivå, men sannsynligheten for en slik hendelse vil fortsette å være liten.

Også når det gjelder radioaktive stoffer, forventes det nedgang i utslipp og tilførsel til Barentshavet som følge av de internasjonale forpliktelsene på dette området[81]. Verst tenkelige uhellsscenarier ved anlegg som atomgjenvinningsanlegget i Sellafield og Kola kjernekraftverk kan imidlertid medføre betydelig tilførsel av kunstige radioaktive stoffer sammenlignet med dagens aktivitetskonsentrasjoner av disse stoffene i området. Resulterende doser til marine organismer er i følge anslagene lave. På grunn av manglende kunnskap om effekter av lavdosestråling i miljøet og manglende internasjonale standarder på dette området, er det imidlertid vanskelig å trekke konklusjoner om mulige effekter på miljøet fra denne påvirkningen.

[81] For en noe mer utførlig diskusjon av radioaktive stoffer i det marine miljø, se US.

9.1.3 Introduserte arter

Introduserte arter kan ha betydelige negative økologiske effekter på akvatiske økosystemer. Kongekrabben er utredet spesielt. Dersom isen trekker seg tilbake er det meget sannsynlig at trafikken gjennom Nordøstpassasjen øker betydelig. Hvis så skjer kan en rekke nye arter med gode forutsetninger for å tilpasse seg forholdene i Barentshavet bli innført fra det artsrike Stillehavet. Dette vil øke sannsynligheten for at Barentshavet kan bli negativt påvirket av fremmede arter.

9.2 Konsekvenser for plankton

Tungmetaller og organiske forurensninger kommer inn i næringskjedene gjennom planktonorganismene. Nivåene er imidlertid så lave at de etter det man kjenner til idag, ikke gir effekter på dette leddet i næringskjeden. Dette bildet forventes ikke å endre seg til 2020.

Perspektiver etter 2020

Klimaendringer etter 2020 vil påvirke den totale primærproduksjon i Barentshavet. Hvordan og i hvor stor grad er omstridt, men mange tror den vil øke. Muligens vil andre artsgrupper enn i dag favoriseres. Dette kan få betydning for den totale produksjonen.

Et varmere klima vil sannsynligvis føre til økt transport av dyreplankton inn i Barentshavet. Grensen for utbredelse vil endres for både nordlige og sørlige arter. Effekt på produksjon av dyreplankton vil særlig henge sammen med grad av match/mismatch med planteplankton og temperatur.

Usikkerheten er for stor til at det er mulig å vurdere omfanget av påvirkning på plankton fra introduserte arter.

9.3 Konsekvenser for benthos

Tilførte tungmetaller, organiske miljøgifter og utslipp fra petroleumsvirksomheten utenfor utredningsområdet forventes ikke å få noen målbar effekt på bunndyrsamfunnene i utredningsområdet innen 2020.

Kongekrabben vil kunne ha betydelige effekter på bunnlevende organismer. En vurdering av hvilken påvirkning introduserte arter vil ha på bunnsamfunn er for øvrig beheftet med stor usikkerhet.

Perspektiver etter 2020

Varmere klima vil påvirke utbredelse, artssammensetning og total biomasse. Hvor stort omfang dette vil få avhenger av artenes tilpasningsevne i forhold til endrete miljøbetingelser, men en viktig faktor vil være mengde tilført føde fra vannmassene. Om avrenningen fra land øker vil sannsynligvis artsdiversiteten minke ved munningen av elver og breer. Økt kalving fra isbreer vil endre benthossamfunnene direkte ved isskuring.

9.4 Konsekvenser for fisk

Tungmetallforurensning forventes ikke å gi noen direkte effekter på fisk i utredningsområdet. Enkelte persistente organiske forbindelser finnes i høye nivåer i fisk lokalt, og dette kan ha betydning for konsum. Petroleumsvirksomheten forventes heller ikke

å ha vesentlige konsekvenser for fisk. Unntaket måtte være et større tankskipsuhell rett sør for utredningsområdet, som kan påvirke området Lofoten-Røstbanken-Vesterålen. Fordi dette området har så stor betydning som gyteområde for torsk og hyse og overvintringsområde for sild, vil eventuelle negative påvirkninger kunne ha store effekter over lang tid.

Kongekrabben har potensial til å påvirke lodde gjennom predasjon på rogn, torsk gjennom økt smitte av parasitten *Trypanosoma murmanensis*. Krabbe kan videre ha en negativ effekt på andre bunnlevende fiskeslag gjennom næringskonkurranse.

Perspektiver etter 2020
Klimaendringer vil påvirke gyte-, oppvekst- og beiteområder og kan dermed endre graden av overlapp mellom arter. Det vil få konsekvenser for de økologiske relasjonene mellom predator, byttedyr og konkurrenter. Styrken på en årsklasse vil bl.a. påvirkes gjennom at vekstrate og overlevelse av larver og ungfisk påvirkes, men det er usikkert hvordan effekten blir på hhv. kort og lang sikt. Flere viktige kommersielle arter (f.eks. torsk og sild) vil sannsynligvis få en mer nordlig og/eller østlig utbredelse, og mer sørlige arter som makrell vil kunne bli vanlig sør i Barentshavet.

9.5 Konsekvenser for sjøfugl og sjøpattedyr

Fram mot 2020 vil miljøgifter fortsatt være den påvirkningsfaktoren som har størst konsekvens for høye trofiske nivåer som sjøfugl og sjøpattedyr.

Kvikksølv og kadmium akkumuleres i så store mengder hos toppredatorer at de forventes å ha vesentlige konsekvenser for enkelte arter. Tilsvarende gjelder for persistente organiske forbindelser, f.eks. akkumuleres POPer i så høye nivåer i måkeegg at de kan forventes å ha effekter på individene, og det er innført kostholdsråd for måkeegg i Nord-Norge. Effekter på nervesystem, immunsystem og "hormonforstyrrende" effekter er allerede dokumentert hos bl.a. isbjørn, og dette forventes å være tilfellet også i 2020.

Nivåene av mange "kjente" POPer og tungmetaller forventes å synke i utredningsområdet, men nye stoffer med ukjente effekter forventes å øke (bromerte flammehemmere, PFOS etc.). Endringer i konsekvensbildet er vanskelig å forutsi.

Petroleumsvirksomhetens utslipp forventes ikke å ha effekt på bestander av fugl eller pattedyr, med unntak av skade ved akutte oljesøl. Konsekvens av akuttutslipp vil variere veldig med hvor og når akuttuhell skjer. Akutte oljeutslipp vil kunne få dramatiske effekter lokalt i Arktis. Det vil særlig gjelde ved et større utslipp av olje som treffer den marginale iskantsonen i oppblomstrings- og beiteperioden, og ved eventuelle påslag på land. I slike tilfeller vil et stort antall sjøfuglindivider kunne tilsøles og omkomme. Trekkende arter kan påvirkes av utslipp fra petroleumsvirksomhet når de er utenfor utredningsområdet, og dette kan få konsekvenser for bestandene i området. Særlig vil sjøfugl være utsatt. Enkelte sjøpattedyrarter, som isbjørn, oter og spekkhogger, kan også rammes hardt ved f.eks. et oljeutslipp utenfor den sørlige delen av utredningsområdet vinterstid. Forskning på langtidseffekter av oljeutslipp på økosystemet etter Exxon Valdez ulykken i 1989 viser at effektene på både arter og økosystemer kan bli omfattende og langvarige.

Kongekrabben vil gjennom næringskonkurranse kunne påvirke arter som ernærer seg av bunnlevende organismer, som ærfugl, praktærfugl, stellerand, storkobbe og hvalross. En vurdering av hvilken øvrig påvirkning introduserte arter vil ha vil være meget usikker.

Perspektiver etter 2020
Klimaendringer vil forventes å gi vesentlige konsekvenser for disse artene først etter 2020 om utviklingen fortsetter. Effekter vil da i hovedsak være indirekte gjennom effekter på forekomst av byttedyr i tid og rom. Slike effekter kan være svært alvorlige for bl.a. kolonihekkende fugler i hekkesesongen. Utbredelsesområder for både nordlige og sørlige arter vil generelt flytte seg nordover som en effekt av temperatur og isutbredelse. Bestandene av enkelte svært isavhengige arter, som f.eks. isbjørn, ringsel og ismåke, vil kunne bli dramatisk redusert i takt med isutbredelsen.

Kvikksølv forventes fortsatt å øke og kadmium går ikke ned. Nye POP, som bromerte flammehemmere, kan forventes å øke, med store konsekvenser for bl.a. isbjørn. Det forventes effekter på dagens nivå og nye effekter av i dag lite kjente stoffer.

9.6 Konsekvenser for strandsonen

Forurensinger forventes ikke å ha direkte effekter på strandsonen med unntak av for organiske tinnforbindelser og ved akutte oljesøl. Oljesøl fra uhell utenfor utredningsområdet kan forventes å ha de største effektene langs Lofoten. Olje i strandsonen kan gi omfattende akutteffekter i tillegg til langtidseffekter på arter og økosystemer, ofte i form av redusert levedyktighet både på kort og lang sikt. Effekter av oljeutslipp er mer lokale enn effekter av klimaendringer.

Siden ballastvann i stor grad vil inneholde organismer fra kystsonen (dersom vannet ikke har vært byttet i åpent hav), kan denne sonen være mer utsatt for effekter av innførte arter enn andre soner. Også dette er det knyttet stor usikkerhet til.

Perspektiver etter 2020
Sammensetningen av og tilstanden til strandsamfunn vil være svært påvirkelig av klimaeksponering (bølger og vind) og akutte oljeutslipp. Effektene av klimaendringer kan være mer gjennomgripende og langsiktige enn effektene av akutte oljeutslipp. Effekter av klimaendringer vil være forskyving av utbredelsesgrenser for arter, endring av vertikale og horisontale gradienter gjennom endringer i havnivå og graden av substraterosjon. Etter 2020 vil man ved gjentatte uhellsutslipp av olje både kunne ha akutt- og langtidseffekter fra tidligere utslipp i samme område.

9.7 Konsekvenser for iskanten

Med unntak av for akutte oljesøl vil ikke forurensning ha noen direkte effekter på iskanten. Avsatte tungmetaller, POP og olje kan imidlertid inkorporeres i plankton når isens smelter og deretter akkumuleres i næringskjeden. Olje som smelter ut av isen har potensial for å skade fugl og sjøpattedyr lokalt.

En vurdering av hvilken påvirkning introduserte arter vil ha på iskanten vil være meget usikker.

Perspektiver etter 2020

Klimaendringer reduserer isutbredelsen dramatisk, og polbassenget kan være isfritt sommerstid innen 2080. Dette vil ganske sikkert medføre en reduksjon i bestandene av arter som er avhengig av sjøis i hele/deler av sin livssyklus. Dermed reduseres også isbiotaens bidrag til den totale produksjonen. Betydningen av iskanten som næringsområde pga. forhøyet pelagisk produksjon vil bli redusert eller kan til og med forsvinne i noen områder, med betydelige konsekvenser for øvrige deler av økosystemet. Mindre is kan også føre til redusert tilførsel av biogent materiale til benthossamfunnene. Nye arter favoriseres i områder som blir isfrie.

Økende petroleumsvirksomhet og petroleumstransport kan ha effekter på iskanten ved akuttuhell. Etter 2020 vil man ved gjentatte uhellsutslipp av olje både kunne ha akutt- og langtidseffekter fra tidligere utslipp i samme område. Kvikksølv og enkelte POPer vil fortsatt bli gjort biotilgjengelig når snø og is smelter og vi kan forvente at oppblomstringen ved iskanten fortsatt vil være viktig som opptaksmekanisme for miljøgifter, men i et kortere tidsrom enn nå dersom sommeren blir isfri.

9.8 Oppsummeringstabeller

Nedenfor er konsekvenser av de forskjellige påvirkningsfaktorene i de forskjellige scenariene forsøkt oppsummert i tre tabeller. Disse vurderingene er forsøk på å si noe samlet om konsekvenser av påvirkning på de utvalgte konsekvensvariablene, og samtidig si noe samlet om usikkerhet.

Tab. 9.1 Oppsummering av forventa effekter av klimaendringer. Konsekvens i 2020 er utelatt pga. forventa små endringer i klimaparametere i perioden fram til 2020.

Konsekvens-tema	**Klimaendringer fra 2020 til 2080**	
	Konsekvens	**Usikkerhet**
Forurensning	Endrede transportveier, endrede tilførsler, endret nedbryting, endret opptak i organismer. Forurensningstilførsel fra nye områder, noen nye stoffer, andre tilførsler reduseres. Klimastress kan gjøre biota mer sårbare for virkninger av miljøgifter.	Stor
Forsøpling	Ukjent, mulig endring i strømmønstre og dermed tilførsler	Stor
Støy og seismikk	Ingen endring	Ukjent
Fisk	Utbredelse forskyves nord- og østover, effekt på biomasse avgjøres bl.a. av næringstilgang	Moderat
Truete arter	Stor for isbjørn og hvalross	Liten
Sjøpattedyr	Store effekter på de som er avhengig av is	Moderat
Sjøfugl	Utbredelse forskyves nordover	Moderat
Bunnsamfunn	Liten – moderat avhengig av område	Moderat
Plankton	Ukjent, men en teori er økt produksjon	Ukjent
Strandsonen	Ukjent	Ukjent
Iskanten	Stor	Liten

Tab. 9.2 Oppsummering av forventa effekter av forurensning i scenarier med aktivitet som i dag, og sannsynlig aktivitet i 2020.

Konsekvens-tema	Forurensning			
	Aktivitet som i dag		Sannsynlig i 2020	
	Konsekvens	Usikkerhet	Konsekvens	Usikkerhet
Forurensning	Nedgang i tilførsler av "gamle" miljøgifter som følge av internasjonal regulering. Økning i enkelte "nye" miljøgifter.	Moderat	Nedgang i PCB, dioksiner, furaner, DDT, toksafen, klordaner, TBT, TFT, Hg, Pb, alkylfenoler, radioaktive stoffer. Stabilt for PAH, Cd. Økning av bromerte flammehemmere, PFOS/PFAS, "nye miljøgifter".	Stor
Forsøpling	Usikkert	Stor	Usikkert	Stor
Støy og seismikk	Bare nær støykilde. Små effekter	Liten.	Små effekter	Liten
Fisk	Ukjent. Kan bli effekter av kronisk belastning med lave nivåer	Stor	Ukjent. Kan bli effekter av kronisk belastning med lave nivåer	Stor
Truete arter	Ingen ensartete konsekvenser. Moderat/stor på toppredatorer	Moderat	Ingen ensartete konsekvenser. Moderat for "gamle" miljøgifter, ukjent for nye.	Moderat
Sjøpattedyr	Moderat/stor på toppredatorer	Stor	Moderat for "gamle" miljøgifter, ukjent for nye.	Ukjent
Sjøfugl	Moderat/stor på toppredatorer	Moderat	Moderat for "gamle" miljøgifter, ukjent for nye.	Ukjent
Bunnsamfunn	Liten	Liten	Liten	Liten
Plankton	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent
Strandsonen	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent
Iskanten	Liten	Liten	Liten	Liten

Tab. 9.3 Oppsummering av forventa konsekvens av petroleumsvirksomhet utenfor utredningsområdet i 2020 og i 2050.

Konsekvens-tema	Petroleumsaktivitet utenfor utredningsområdet			
	Aktiviteter i 2020		Aktiviteter i 2050	
	Konsekvens	Usikkerhet	Konsekvens	Usikkerhet
Forurensning	Små effekter innen 2020, med unntak for akuttuhell	Liten	Små effekter innen 2050, med unntak for akuttuhell	Moderat
Forsøpling	Liten/Moderat	Liten	Liten/Moderat	Liten
Støy og seismikk	Liten/Moderat	Liten	Liten/Moderat	Liten
Fisk	Liten/Moderat, Lite kunnskap om langtids-effekter. Liten til mode-rat effekt av akuttuhell.	Stor	Liten. Forutsetter reduserte utslipp. Liten til moderat effekt av akuttuhell.	Moderat
Truete arter	Liten. Liten til moderat effekt av akuttuhell.	Moderat	Liten. Liten til moderat effekt av akuttuhell.	Liten
Sjøpattedyr	Liten. Moderat til stor effekt av akuttuhell.	Moderat	Lite. Moderat til stor effekt av akuttuhell.	Moderat
Sjøfugl	Liten. Moderat til stor effekt av akuttuhell.	Moderat	Liten. Moderat til stor effekt av akuttuhell.	Moderat
Bunnsamfunn	Liten	Moderat	Liten	Moderat
Plankton	Liten	Liten	Liten	Liten
Strandsonen	Liten. Moderat til stor effekt av akuttuhell.	Moderat	Liten. Moderat til stor effekt av akutt-uhell.	Moderat
Iskanten	Liten. Moderat til stor effekt av akuttuhell.	Moderat	Liten. Moderat til stor effekt av akutt-uhell.	Moderat

9.9 Prioriterte kunnskaps- og overåkingsbehov

Som grunnlag for utredningsarbeidet er det laget en oversikt over vesentlige kunn-skapsbehov for området Lofoten-Barentshavet slik det så ut før konsekvensutredning-ene forelå i form av rapporten "Kunnskapsbehov for området Lofoten-Barentshavet - Et supplement til miljø- og ressursbeskrivelsen for Lofoten-Barentshavet". Denne oversikten har fokus på basiskunnskap om miljøressursene i området, og ikke spesielt på påvirkningsfaktorer. Mange av kunnskapsbehovene vil likevel være relevante for å kunne si noe om effekter av påvirkninger utenfra, da basiskunnskap om individer, bestander, livshistorieparametere, trofiske relasjoner, reproduksjonsbiologi, ernæringsbiologi og sammenhenger mellom de ulike faktorene må danne utgangs-punkt for ny kunnskap om konsekvenser av mulige påvirkninger.

Kunnskapsbehovene nedenfor er igjen knyttet til de enkelte påvirkningsfaktorene.

9.9.1 Klima

9.9.1.1 Kunnskapsbehov

- Bedre kunnskap om samspillet mellom faktorer med betydning for økosystemenes produksjonspotensiale under ulike klimaregimer.
- Øke kunnskapen om økologiske relasjoner mellom predator, byttedyr og konkurrenter for å få en bedre forståelse av hvilken virkning endret utbredelse av enkeltarter kan få.

- Utvikle nye modeller med bedre oppløsning enn i dag.

9.9.1.2 Overvåkingsbehov

- Lange tidsserier med kartlegging av ulike organismer og klimatiske påvirkningsfaktorer gjennom hele året både i åpent hav og kystnære områder. Dette er nødvendig for å forstå dynamikk og endringer over tid, og dermed oppnå større forutsigbarhet i forhold til ytre påvirkning.
– Identifikasjon av gode klimaindikatorer som kan brukes i overvåkingssammenhenger.

9.9.2 Forurensning

9.9.2.1 Kunnskapsbehov

- Bedre kunnskap om effekter av tungmetaller og POP på viktige arter (årsak/-virkningsammenhenger fra dose til respons).
- Bedre kunnskap om direkte og indirekte effekter av tungmetaller og POP på økosystemene (effekter på økosystemenes struktur og virkemåte).
- Bedre kunnskap om tilførsler og effekter av "nye" miljøgifter.
- Bedre metoder for effektovervåking av forurensningspåvirkning.
- Utvikling av sammenlignbare standarder og felles doseberegningsmodeller for å få et bedre grunnlag for konsekvensvurderinger i forbindelse med stråling i miljøet.
- Skaffe til veie kunnskap om doserater og effekter av kronisk eksponering for lave stråledoser på dyr.
- Skaffe til veie kunnskap om spesielle forhold som sårbarhet og stoffomsetning hos organismer i forbindelse med stråling i arktisk miljø.

9.9.2.2 Overvåkingsbehov

- Bedre metodikk for effektovervåking av utsatte arter mht. tungmetaller og POP.
- Etablere langsiktig overvåking av miljøgifter i levende organismer i nordområdene.
- Generell overvåking av radioaktive stoffer for å avdekke eventuelle lekkasjer fra dumpet materiale, dokumentere nivåer i matvarer osv.

9.9.3 Olje

9.9.3.1 Kunnskapsbehov

- Bedre kunnskap om tilførsler (mengder, konsentrasjoner og tilstandsformer) og mulige effekter av langtransporterte komponenter fra petroleumsvirksomheten.
- Bedre kunnskap om vandringsmønstre (innenfor og evt. ut og inn av utredningsområdet), inkludert næringssøk og utbredelse i tid og rom for viktige biologiske bestander og arter.
- Bedre kunnskap om direkte og indirekte effekter på økosystemene av akutte oljeutslipp, inkludert giftighet og effekter av nedbrytningsprodukter av olje, f.eks. komponenter fra fotooksydasjon.
- Etablering av økosystembasert metodikk for overvåking av miljøet etter akutte oljeutslipp, og utvikling av retningslinjer for slik overvåking tilpasset Arktis.

9.9.3.2 Overvåkingsbehov

- Behov for økosystembasert overvåkingsmetodikk og retningslinjer for oppfølgende overvåking av miljøet etter oljesøl.
- Skaffe grunnleggende kunnskap om aktivitetskonsentrasjoner av naturlig forekommende radioaktive stoffer i marint miljø.

9.9.4 Introduserte arter

9.9.4.1 Kunnskapsbehov

- Viktige å få økt kunnskap om økologiske effekter av kongekrabbe for å få et bedre grunnlag for forvaltning av arten.
- Kartlegging av innførte arter i Barentshavet og effekter på lokale arter, inkludert for snøkrabbe.

9.9.4.2 Overvåkingsbehov

- Det er behov for å overvåke fremmede arter som ser ut til å ha et potensial for betydelig påvirkning. I første rekke gjelder dette kongekrabbe, og overvåkingen bør inkludere både utbredelse og tetthet av kongekrabbe og økologiske effekter.

9.10 Konklusjoner

9.10.1 Hva slags Barentshav får vi i 2020?

Konsekvenser av ytre påvirkning i 2020 vil ikke ha endret seg vesentlig i forhold til dagens situasjon. Endringene i klima vil ikke komme til syne i nevneverdig grad innen 2020. Russisk offshore petroleumsvirksomhet vil ha et svært begrenset omfang. Den totale belastningen av "gamle" og "nye" miljøgifter vil fortsatt være av en slik karakter at arktiske toppredatorer vil ha de samme problemene som i dag med immunsvikt og nedsatt reproduksjonsevne, og man kan regne med at flere effekter av kronisk eksponering vil komme til uttrykk.

Selv om sannsynligheten for uhellsutslipp fra skip og installasjoner er beregnet til å være liten, vil et uhellsutslipp fra et tankskipshavari være en det mest sannsynlige "worst case"-scenariet som kan finne sted. Hvilke konsekvenser et eller flere slike uhell vil ha er helt avhengig av hvor og når det forekommer, men det kan forventes store og langsiktige økologiske konsekvenser lokalt. Andre "worst case"-scenarier vil være radioaktive utslipp, med langsiktige virkninger vi enda ikke har oversikt over, og eventuelle alvorlige økologiske effekter ved etablering av kongekrabben i store deler av Barentshavet.

Generelt er det stor usikkerhet knyttet til fra mangelfull basisinformasjon om miljøtilstanden i Barentshavet, samt kunnskap om effekter av ulike påvirkningsfaktorer og de mekanismene de virker etter. Evnen til å gi gode prediksjoner om framtida vil være avhengig modeller som gir god detaljeringsgrad når det gjelder framtidig utvikling av essensielle miljøfaktorer. Samtidig er det usikkerhet knyttet til omfang og risiko ved utvikling av russisk petroleumsaktivitet.

9.10.2 Perspektiver etter 2020

Den viktigste påvirkningen på miljøet i utredningsområdet er de forventede klimaendringene i perioden 2020-2080. Først og fremst vil isens tilbaketrekking, med et

isfritt polbasseng sommerstid, medføre store og alvorlige konsekvenser for arter og økosystemer i isen. Fravær av is hele store deler av året vil endre arktiske økosystemer dramatisk, og hvordan et slikt framtidig Arktis kommer til å se ut og respondere på påvirkning, er beheftet med stor usikkerhet. Isbjørn og andre isavhengige arter vil gå sterkt tilbake og kanskje forsvinne.

En åpning av Nordøst-passasjen pga. redusert isdekke vil føre til økt skipstrafikk langs denne sjøveien, og risikoen for introduksjoner fra Stillehavet vil øke dramatisk. Økt petroleumsvirksomhet og relatert transport av petroleumsprodukter sjøveien vil øke sannsynligheten for uhell i Arktis. Slike "worst case"-hendelser vil komme i tillegg til klimautviklingen. Samvirkninger mellom klimaendringer og andre påvirkningsfaktorer vil kunne gi nye, dramatiske og hittil ukjente tilleggseffekter.

Etter 2020 vil usikkerheten være betydelig ved de fleste prediksjoner av størrelse og omfang av de ulike ytre påvirkningsfaktorene og konsekvensene av disse. Sikkerheten i prediksjonene av klimautviklingen er helt avhengige av at klimamodellene gir bedre oppløsning og bedre nedskaleringer til regionale forhold.

9.10.3 Videre arbeid

Denne utredningen ser ikke på synergieffekter av de ytre påvirkningsfaktorene. Likevel er noen hovedsynergier åpenbare. Klimafaktorer som temperatur og havstrømmer har stor betydning for transport og effekt av miljøgifter inn i arktiske økosystemer. Økte temperaturer vil ha en forsterkende effekt på kjemiske prosesser og virkningsmekanismer, men vil samtidig kunne ha en tilsvarende effekt på kompenserende mekanismer som utskillelse og immunreaksjoner. Dette gjør det vanskelig å si noe om den totale samlete virkningen av ytre påvirkninger. Transportveier inn i utredningsområdet kan opprettholdes, men kan endres både til det bedre og verre gjennom vanskelig forutsigbare endringer i retningen på klimaparametere som strøm og vind.

En konklusjon fra denne utredningen må være at analysehorisonten fram til 2020 er for kort til å få fram store endringer fra i dag. Dette gjelder særlig klima og russisk petroleumsvirksomhet. Selv om russiske myndigheter skulle bestemme seg for å satse sterkt og raskt på offshore olje- og gassproduksjon, vil det ta lang tid å utvikle og bygge ut nye felt. Prosjektgruppen vil derfor anbefale at det vurderes en lengre tidshorisont i den kommende utredningen av samlet påvirkning.

Selv om det er identifisert mange kunnskapshull mht. det fysiske og biologiske miljøet i området Lofoten-Barentshavet, er det likevel generelt dårligere kunnskap om direkte og indirekte effekter av ulike typer av påvirkning på miljøet, bl.a. effekter på økosystemenes struktur og virkemåte. Et problem er dårlig utviklete metoder. Særlig komplisert blir det når man skal vurdere økosysteminteraksjoner og flere påvirkningsfaktorer samtidig. Klimaendringer bidrar til at det blir særlig vanskelig å forutse hvordan tilførsel av miljøgifter til Arktis vil påvirke arter og økosystemer. Det gjenstår også en del før man har utviklet modeller med tilfredsstillende oppløsning som samtidig tar hensyn til det nødvendige antall regulerende faktorer i et økosystem.

En kombinasjon av kartlegging, overvåking og forskning er derfor nødvendig for å oppnå en bedre forståelse av hvordan miljøet kan påvirkes, samt for å oppnå en større forutsigbarhet.

10 LITTERATUR

Litteraturhenvisninger er tredelt:
- Direkte henvist litteratur (i fotnoter i hele utredningen).
- Grunnlagsrapportene for denne utredningen. Henvisninger til disse står først i fotnoter. I fotnotene finnes i sin tur hyperlenke til dette kapitlet (10.1), hvor man endelig vil finne hyperlenke til selve dokumentet, med fullstendig nettadresse.
- I kap. 10.2 listes litteratur som er brukt i utredningen, men som ikke er direkte henvist.

10.1 Grunnlagsrapporter

1. Agenda Utredning og Utvikling. 2003. Beskrivelse av samfunnsmessige forhold i Nord-Norge. OED temarapport 9A til ULB. http://npweb.npolar.no/cwobjekter/nettsted/YP5.pdf
2. Akvaplan-niva. 2004. Beskrivelse og vurdering av forurensning fra kilder utenfor norsk del av Barentshavet. Rapport 421.2872.02. ftp://ftp.npolar.no/Out/Barents/Apn-Forurensning.pdf
3. Akvaplan-niva. 2004. Konsekvenser av petroleumsvirksomhet utenfor norsk del av Barentshavet. Rapport 421.2872. ftp://ftp.npolar.no/Out/Barents/Apn-Olje.pdf
4. Drange, H. 2003. Naturlig klimavariabilitet over de siste 50 år – og mulig klimautvikling over de påfølgende 100 år – i Barentshavsregionen. Notat på bestilling fra Norsk Polar-institutt. ftp://ftp.npolar.no/Out/Barents/drange1.pdf
5. Drange, H. 2003. Naturlig klimavariabilitet over de siste 50 år – og mulig klimautvikling over de påfølgende 100 år – i Barentshavsregionen. Del II: Naturlig variabilitet og mulig framtidig endring av overflatestrøm i Barentshavsområdet. Notat på bestilling fra Norsk Polarinstitutt. ftp://ftp.npolar.no/Out/Barents/drange2.pdf
6. Føyn, L., CH von Quillfeldt og E Olsen. 2002. Miljø- og ressursbeskrivelse av området Lofoten-Barentshavet. Fisken og Havet 6. http://npweb.npolar.no/cwobjekter/nettsted/YP4.pdf
7. Moe, KA, og OW Brude. 2002. Strand – miljøkomponenter i littoralen. Forekomster og fordeling i området Lofoten-Barentshavet. Alpha Miljørådgivning Rapport 1137-01. http://npweb.npolar.no/cwobjekter/nettsted/YP6.pdf
8. Moe, KA, og OW Brude. 2004. Utredning av konsekvenser av ytre påvirkning – utvalgte miljøkomponenter strand. Alpha Miljørådgivning Rapport 1179-01. ftp://ftp.npolar.no/Out/Barents/Alpha_Strand_2004.pdf
9. Olsen, E og C von Quillfeldt. 2003. Identifisering av særlig verdifulle områder i Lofoten-Barentshavet. *Kart finnes som tillegg.* http://npweb.npolar.no/cwobjekter/nettsted/YP8.pdf
10. Statens Strålevern. 2004. Grunnlagsrapport om radioaktivitet. Tilgjengelig på http://www.nrpa.no .
11. von Quillfeldt, C. 2003. Kunnskapsbehov for området Lofoten-Barentshavet. Supplement til miljø- og ressursbeskrivelsen for Lofoten-Barentshavet. http://npweb.npolar.no/cwobjekter/nettsted/YP7.pdf

10.2 Ikke direkte henvist litteratur

Noen av artiklene kan lastes ned i pdf-versjon. Dette er angitt med en hyperlinket (pdf) etter referansen.

Aglen, A. 2003. Norsk-arktisk torsk. *Fisken og havet, særnummer 1*: 26-29.

Allen, AE, MH Howard-Jones, MG Booth, ME Frischer, PG Verity, DA Bronk og MP Sanderson. 2002. Importance of heterotrophic bacterial assimilation of ammonium and nitrate in the Barents Sea during summer. *J. Mar. Syst. 38*: 93-108.

Anon. 2003. Energy Strategy of Russia for up to 2020. Draft for the Government of the Russian Federation meeting on May 22, 2003. Adopted by Russian government 26. august 2003. Moskva, mai 2003.

Anon. 2003. On the main directions of the development of oil and gas complex of the North-West regions of Russia taking into account realization of perspective international projects (Presentert ved sesjon i russiske regjering 17. april 2003) (http://www.government.ru)

Anon. 2003. Forvaltningsplan for Barentshavet. Utredning av konsekvenser av ytre påvirkning. Klimaendring, forurensning og annen viktig påvirkning fra kilder utenfor norsk del av Barentshavet. Norsk Polarinstitutt. Fastsatt utredningsprogram, oktober 2003. (pdf)

Beaugrand, G & PC Reid. 2003. Long-term changes in phytoplankton, zooplankton and salmon related to climate. *Global Change Biology 9*: 801-817.

Beaugrand, G, F Ibanez, JA Lindley & PC Reid. 2002. Diversity of calanoid copepods in the North Atlantic and adjacent seas: species associations and biogeography. *Mar. Ecol.-Prog. Ser. 232*: 179-195.

Bentsen, M, H Drange, T Furevik & T Zhou. 2002. Variability of the Atlantic thermohaline circulation in an isopycnic coordinate OGCM, *Clim. Dynam.*, submitted. (pdf)

Bischof, K, D Hanelt & C Wiencke. 2000. Effects of ultraviolett radiation on photosynthesis and related enzyme reactions of marine macroalgae. *Planta 211*: 555-562.

Blindheim, J, R Toresen & H Loeng. 2001. Fremtidige klimatiske endringer og betydning for fiskeressursene. *Fisken og havet, særnummer 2*: 73-77.

Bochkov YuA. 1982. Water temperature in the 0-200 m layer in the Kola Meridian Section in the Barents Sea, 1900-1981. *Sb. Nauch. Trud. PINRO 46*: 113-122 (in Russian).

Boltovskoy, D, SM Vivequin & NR Swanberg. 1995. Tintinnids and other microplankton from the Greenland Sea - Abundance and distribution in the marginal ice-zone (May June 1989). *Marine Ecology-Pubblicazioni Della Stazione Zoologica de Napoli 16*: 117-131.

Browman, HI. 2003. Assessing the impact of solar ultraviolet radiation on the early life stages of crustacean zooplankton and ichthyplankton in marine coastal systems. *Estuaries* 26: 30.

Dalpadado, P, R Ingvaldsen & A Hassel. 2003. Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea. *Polar Biology 26*: 233-241.

Day, TA & PJ Neale. 2002. Effects of UV-B radiation on terrestrial and aquatic primary producers. *Annual review of Ecological and Systematics 33*: 371-396.

Durant, JM, T Anker-Nilssen & NC Stenseth. 2003. Trophic interactions under climate fluctuations: the Atlantic puffin as an example. Proc. R. Soc. Lond. B 270: 1461-1466.

Durant, JM, T Anker-Nilssen, DØ Hjermann & NC Stenseth. 2004. Regime shifts in the breeding of an Atlantic puffin population. *Ecol. Lett. 7*: 388-394.

Edvardsen, A., Tande, K.S. & Slagstad, D. 2003. The importance of advection on production of *Calanus finmarchicus* in the Atlantic part of the Barents Sea. *Sarsia 88*: 261-273.

Fouilland, E., M Gosselin, B Mostajir, M Levasseur, JP Chanut, S Demers & S deMora. 2003. Effects of ultraviolet-B radiation and vertical mixing on nitrogen uptake by natural planktonic community shifting from nitrate to silicic acid deficiency. *Limnology and oceanography 48*: 18-30.

Furevik, T, H Drange & A Sorteberg. 2002. Anticipated changes in the Nordic Seas marine climate. *Fisken og Havet 4*: 1-13.

Furevik, T, M Bentsen, H Drange, IKT Kindem, NG Kvamstø & A Sorteberg. 2003. Description and validation of the Bergen Climate Model: ARPEGE coupled with MICOM. *Climate Dynamics 21*, 27-51, doi:10.1007/s00382-003-0317-5. (pdf)

Furevik, T, M Bentsen, H Drange, J Johannessen & A Korablev. 2002. Temporal and spatial variability of the sea surface salinity in the Nordic Seas. *J.Geophys. Res. 107*, doi:10.1029/2001JC001118. (pdf)
Gall, MP, R Strzepek, M Maldonado & PW Boyd. 2001. Phytoplankton processes. Part 2. Rates of primary production and factors controlling algal growth during the Southern Ocean Iron Release Experiment (SOIREE). *Deep-See Res. Part II-Topical Studies in Oceanography 48*: 2571-2590.
Gao, Y, H Drange & M Bentsen. 2003. Effects of diapycnal and isopycnal mixing on the ventilation of CFCs in the North Atlantic in an isopycnic coordinate OGCM. *Tellus 55B*: 837-384. (pdf)
Gao, Y, H Drange, M Bentsen & OM Johannessen. 2003. Simulating the transport of radionuclides in the North Atlantic-Arctic region *J. Environ. Radioactivity* doi:10.1016/S0265-931X(03)00108-5. (pdf)
Gradinger, R. 1999. Integrated abundance and biomass of sympagic meiofauna in Arctic and Antarctic pack ice. *Polar Biol. 22*: 169-177.
Gulliksen, B, R Palerud, T Brattegard & JA Sneli (red.). 1999. Distribution of marine benthic macro-organisms at Svalbard (including Bear Island) and Jan Mayen. 148 pp. Direktoratet for naturforvaltning, forskningsrapport for DN 1994-4.
Hátún, H, AB Sandø, H Drange & M Bentsen. 2003. Seasonal to decadal temperature variations in the Faroe-Shetland inflow waters. *Geophys. Res. Lett.*, submitted. (pdf)
Hirche, HJ & K Kosobokova. 2003. Early reproduction and development of dominant calanoid copepods in the sea ice zone of the Barents Sea - need for a change of paradigms? *Mar. Biol. 143*: 769-781.
Huse, G. 2003. Effekter av klimaendringer på romlig fordeling av fisk. Foredrag gitt på årsmøte til Norske Havforskers Forening, Svalbard, oktober 2003.
Irons, D. et al. *Manuskript*. Seabird trends and climate change: a circumpolar seesaw.
Jeffery, SW, HS MacTavish, WC Dunlap, M Vesk & K Groenewound. 1999. Occurrence of UVA- and UVB-absorbing compounds in 152 species (206 strains) of marine microalgae. *Mar. Ecol.-Prog. Ser. 189*: 35-51.
Johansen, Ø, K Skognes, JLM Resby, J Wiklund, OW Brude & KA Moe. 2002. Regional konsekvensutredning, Norskehavet underlagsrapport: Uhellsutslipp - sannsynlighet, miljørisiko og miljømessige konsekvenser. SINTEF Kjemi på oppdrag av OLF. Sintef rapport nr. STF66 F02057.
Karnovsky, NJ, S Kwaśniewski, JM Wesławski, W Walkusz & A Beszczyńska-Möller. 2003. Foraging behavior of little auks in a heterogenous environment. *Mar Ecol Prog Ser 253*: 289-303.
Kershaw, P & A Baxter. 1995. The transfer of reprocessing wastes from north-west Europe to the Arctic. *Deep Sea Res. 42*, 1413-1448
Klages, M, A Boetius, JP Christensen, D Piepenburg, I Schewe & T Soltwedel. 2004. The benthos of Arctic Seas and its role for the organic carbon cycle at the seafloor. I Stein, R. & Macdonald, R.W. (red.): The organic carbon cycle in the Arctic Ocean. Pp. 139-167. Springer, Berlin.
Kristiansen, S. 2003. Mikroorganismer og klima. Foredrag gitt på årsmøte til Norske Havforskers Forening, Svalbard, oktober 2003.
Kuzmina, SI, OM Johannessen, L Bengtsson, H Drange, LP Bobylev & OG Aniskina. 2003. The North Atlantic Oscillation variability and change under anthropogenic forcing. *Geophys. Res. Lett.*, submitted.
Kvamstø, NG, P Skeie & DB Stephenson. 2002. Large scale impact of Labrador sea-ice on the North Atlantic atmospheric circulation. *J. Int. Climatology*, submitted.
Litchman, E, PJ Neale & AT Banaszak. 2002. Increased sensitivity to ultraviolett radiation in nitrogen-limited dinoflagellates: Photoprotection and repair. *Limnology and Oceanography 47*: 89-94.
Lomas, MW, PM Glibert, FK Shiah & EM Smith. 2002. Microbial processes and temperature in Chesapeake Bay: current relationships and potential impacts of regional warming. *Global Change Biology 8*: 51-70.

McMinn, A, C Ashworth & K Ryan. 1999. Growth and productivity of Antarctic sea ice algae under PAR and UV irradiances. *Botanica Marina 42*: 401-407.
Mostajir, B, S Demers, S de Mora, C Belzile, JP Chanut, M Gosselin, S Roy, PZ Villegas, J Fauchot, J Bouchard, D Bird, P Monfort & M Levasseur. 1999. Experimental test of the effect of ultraviolet-B radiation in a planktonic community. *Limnology and Oceanography 44*: 586-596.
Nilsen, JEØ, Y Gao, H Drange, T Furevik & M Bentsen. 2003. Simulated North Atlantic-Nordic Seas water mass exchanges in an isopycnic coordinate OGCM, *Geophys. Res. Lett. 30*, doi: 10.1029/2002GL016597. (pdf)
Odmark, S, A Wulff, SA Wangberg, C Nilsson & K Sundback. 1998. Effects of UVB radiation in a microbenthic community of marine shallow-water sandy sediment. *Mar. Biol. 132*: 335-345.
Otterå, OH, H Drange, M Bentsen, NG Kvamstø & D Jiang. 2003. The sensitivity of the present day Atlantic meriodinal overturning circulation to anomalous freshwater input, *Geophys. Res. Lett 30:* 1898, DOI: 10.1029/2003gl017578. (pdf)
Otterå, OH, J Dabang, H Drange, M Bentsen, NG Kvamstø & D Jiang. 2003. Transient response of enhanced freshwater to the Nordic Seas-Arctic Ocean in the Bergen Climate Model, *Tellus*, under revision. (pdf)
Ryan, KG, A McMinn, KA Mitchell & L Trenerry. 2002. Mycosporine-like amino acids in antarctic sea ice algae, and their response to UVB radiation. *Zeitschrift für Naturforschung C-A journal of Biosciences 57*: 471-477.
Sakshaug, E. 2004. Primary and secondary production in the Arctic Seas. I Stein, R. & Macdonald, R.W. (red.): The organic carbon cycle in the Arctic Ocean. Pp. 57-81. Springer, Berlin.
Schewe, I & T Soltwedel. 2003. Benthic response to ice-edge-induced particle flux in the Arctic Ocean. *Polar Biology 26*: 610-620.
Schluter, M & E Rachor. 2001. Meroplankton distribution in the central Barents Sea in relation to local oceanographic patterns. *Polar Biol. 24*: 582-592.
Sundby, S. 2003. Hvordan virker havklimaet på vekst og rekruttering til fiskebestandene? *Fisken og havet, særnummer 2*: 80-82.
Tereshchenko VV. 1997. Seasonal and year-to-year variation in temperature and salinity of the main currents along the Kola section in the Barents Sea. Murmansk, PINRO Press. 71 pp. (in Russian).
Thomas, CD, & JJ Lennon. 1999. Birds extend their ranges northwards. *Nature 399*: 213.
Verity, PG. 2000. Grazing experiments and model simulations of the role of zooplankton in *Phaeocystis* food webs. *J. Sea Res. 43*: 317-343.
Verity, PG, P Wassmann, ME Frischer, MH Howard-Jones & AE Allen. 2002. Grazing of phytoplankton by microzooplankton in the Barents Sea during early summer. *J. Mar. Syst. 38*: 109-123.
von Quillfeldt, CH (red.) 2002. Marine verdier i havområdene rundt Svalbard. Norsk Polarinstitutt Rapportserie nr. 118, 100 s.
Waniek, JJ. 2003. The role of physical forcing in initiation of spring blooms in the northeast Atlantic. *J. Mar. Syst. 39*: 57-82.
Wassmann, P, E Bauerfeind, M Fortier, M Fukuchi, B Hargrave, B Moran, T Noji, E-M Nöthig, K Olli, R Peinert, H Sasaki & V Shevchenko. 2004. Particulate organic carbon flux to the Arctic Ocean sea floor. I Stein, R. & Macdonald, R.W. (red.): The organic carbon cycle in the Arctic Ocean. Ss. 101-138. Springer, Berlin.
Werner, I, & R Gradinger. 2002. Under-ice amphipods in the Greenland Sea and Fram Strait (Arctic): environmental controls and seasonal patterns below the pack ice. *Marine Biology 140*: 317-326.
Zhou, T, T Furevik, H Drange & M Bentsen. 2003. Interannual Scale Adjustment of the North Atlantic Thermohaline Circulation to the Atmospheric Forcing in a Global Air-Sea Coupled Model, *J. Climate*, submitted (Figure 1, Figures 2-16). (pdf)