FORURENSNING I DE NORSKE HAVOMRÅDENE - BARENTSHAVET, NORSKEHAVET OG NORDSJØEN

Rapport fra Overvåkingsgruppen 2021

RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2022-3

Tittel (norsk og engelsk):

Forurensning i de norske havområdene - Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen

Pollution in the Norwegian sea areas - Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea

Undertittel (norsk og engelsk):

Rapport fra Overvåkingsgruppen 2021

Report from the Monitoring Group 2021

Rapportserie:	År - Nr.:	Dato:
Rapport fra havforskningen	2022-3	04.03.2022

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Sylvia Frantzen, Stepan Boitsov (HI), Nina Dehnhard (NINA), Arne Duinker, Bjørn Einar Grøsvik (HI), Eldbjørg Heimstad (NILU), Dag Hjermann (NIVA), Henning Jensen (NGU), Louise Kiel Jensen (NP), Øystein Leiknes (Miljødirektoratet), Bente Nilsen (HI), Heli Routti (NP), Merete Schøyen (NIVA) og Hilde Kristin Skjerdal (DSA)

Forskningsgruppeleder(e): Mette Skern-Mauritzen (Økosystemprosesser) og Monica Sanden (Fremmed- og smittestoff (FRES))
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Huse og Gro-Ingunn Hemre
Programleder(e): Maria Fossheim

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15165

Oppdragsgiver(e):

Styringsgruppen for de helhetlige forvaltningsplanene for norske havområder

Oppdragsgivers referanse:

Mandat for den rådgivende gruppen for overvåking (Overvåkingsgruppen), KLD 23. august 2021

Program:

Barentshavet og Polhavet

Forskningsgruppe(r):

Fremmed- og smittestoff (FRES)
Økosystemprosesser

Antall sider:

103

Samarbeid med

DSA Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet

NIVA Norsk institutt for vannforskning

NORSK·POLARINSTITUTT

NINA Norsk institutt for naturforskning

NILU Norsk institutt for luftforskning Norwegian Institute for Air Research

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE · NGU ·

MILJØ-DIREKTORATET

Sammendrag (norsk):

Denne rapporten sammenstiller kunnskap om forurensningstilstanden i forvaltningsplanområdene Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen/Skagerrak, med hovedvekt på miljøgifter og radioaktiv forurensning. Rapporten oppsummerer resultater fra overvåkning av Overvåkingsgruppens indikatorsett, som publiseres på miljostatus.no, det vil si 43 indikatorer for forurensning og fire indikatorer for potensielt forurensende menneskelig aktivitet i havområdene. Rapporten inneholder også annen relevant kunnskap. Det er også gjort en evaluering av indikatorsettet og de ulike indikatorenes egnethet til å vurdere tilstand, utvikling og effekter på mattrygghet og miljøkvalitet.

Nivåene av miljøgifter som kvikksølv, PCB, PBDE og DDT i organismer er generelt høyest i Nordsjøen og lavest i Barentshavet, med noe variasjon. Også i sediment er nivåene av de miljøgiftene som måles, høyest i Nordsjøen. Nivåene som måles i sedimenter, er for mange metaller og PAH høyere i Barentshavet enn i Norskehavet, det antas at dette skyldes et naturlig høyere bakgrunnsnivå. Størstedelen av tilførslene av miljøgifter til havområdene er fra luft, og målinger i luft ved målestasjoner i de ulike havområdene i dag viser nokså lik tilførsel over de ulike områdene. Tilførsler fra land og spredning av «gammel» forurensning har trolig større betydning for nivåene av miljøgifter i næringskjeden i Nordsjøen og til dels i Norskehavet, enn i Barentshavet. Motsatt er det noen miljøgifter, deriblant klorerte pesticider som heksaklorbenzen (HCB), cis- og transklordan med flere, som øker fra sør mot nord i biologiske prøver, med de høyeste nivåene målt i Barentshavet.

Tilførslene av mange av miljøgiftene via luft har avtatt siden målingene startet fra 1990-tallet og utover, men nedgangen har til dels flatet ut de siste årene. Nedgangen reflekteres bare delvis i nivåene som måles i sedimenter og i biologiske prøver fra ulike deler av næringskjeden. For eksempel for kvikksølv er nivåene som måles i fisk og sjøpattedyr stabile eller økende på tross av nedgang i lufttilførsel, og nivåene i øverste sedimentlag er også stabile. For mange av de organiske miljøgiftene er det en tydeligere nedgang i biologiske prøver, og særlig nivået av PBDE har vist en klar nedgang siden rundt 2005.

Sjømat i de norske havområdene er trygg å spise, da nivåer av miljøgifter i spiselige deler av de fleste arter er under grenseverdier for mattrygghet. I noen tilfeller der det forekommer overskridelser av slike grenseverdier, er det gjort tiltak for å forhindre at den aktuelle fisken kommer på markedet. For eksempel er det et område ved Ytre Sklinnadjupet i Norskehavet, der det er forbud mot fiske av atlantisk kveite på grunn av høye nivåer av både kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB. Det er også utkastpåbud for atlantisk kveite større enn 100 kg.

Miljøkvalitetsstandarder (Environmental Quality Standards, EQS) er grenseverdier satt av miljømyndighetene for å beskytte de mest sårbare delene av økosystemet, som toppredatorene sjøfugl og sjøpattedyr. Nivåene av kvikksølv, PCB og PBDE i de fleste indikatorartene overskrider miljøkvalitetsstandardene, som ikke er arts- eller vevsspesifikke. Lodde og polartorsk i Barentshavet og blåskjell langs kysten mot Barentshavet var imidlertid innenfor miljøkvalitetsstandarden for kvikksølv ved siste måling. Nivåer av miljøgifter over miljøkvalitetsstandarden i arter på lavt nivå i næringskjeden, antas å potensielt kunne påvirke toppredatorer ved at konsentrasjonene øker oppover i næringskjeden. Derfor egner miljøkvalitetsstandarden seg til å vurdere nivåene i arter på lavt nivå i næringskjeden, mens arter høyere i næringskjeden med naturlig høyere konsentrasjoner alltid vil overskride standarden for enkelte stoffer. For disse artene er derfor miljøkvalitetsstandarden dårligere egnet. For andre stoffer var alle indikatorene innenfor miljøkvalitetsstandardene.

Det er forskning som tyder på at sjøfugl og sjøpattedyr i Barentshavsområdet er påvirket av miljøgifter, og spesielt sultende isbjørn kan være særlig sårbar for effekter av miljøgifter på fettmetabolismen. I Nordsjøen viser overvåking at fisk nær petroleumsinstallasjoner påvirkes av PAH-forurensning.

Det er fremdeles radioaktiv forurensning i havområdene som skyldes Tsjernobyl-ulykken. Nivået av cesium-137 som måles i både sjøvann, tang og flere fiskearter, er lave og synkende. Nivåene er høyest i sør på grunn av utstrømming fra Østersjøen, og avtar nordover. I tang måles også technetium-99, som i hovedsak stammer fra utslipp fra Sellafield, og også her er det lave og synkende nivåer.

Kort oppsummering for hvert havområde:

Av de tre undersøkte havområdene, er det Barentshavet som generelt sett har de laveste forurensningsnivåene, med unntak av enkelte stoffer som HCB. Overvåkning av isbjørn og sjøfugl i Barentshavet viser likevel at miljøgiftene øker i konsentrasjon oppover i næringskjeden og kan påvirke toppredatorer.

I Norskehavet er konsentrasjonene av de fleste stoffene som overvåkes på nivå med Nordsjøen, Barentshavet eller et sted imellom, men en direkte sammenligning er vanskelig. Det er ukjent hvorfor noen sjømatarter som fiskes i Norskehavet i enkelte tilfeller og områder har uvanlig høye nivåer miljøgifter, over grenseverdier for mattrygghet.

Nordsjøen/Skagerrak er generelt mer forurenset enn de andre havområdene, men nivåene av de fleste miljøgifter i sjømatarter fra forvaltningsplanområdet er likevel under grenseverdiene for mattrygghet. Det mangler indikatorer for nivåer og effekter av miljøgifter i sårbare toppredatorer som sjøfugl og sjøpattedyr i dette havområdet, og det er heller ingen overvåking av metaller i sedimenter.

Sammendrag (engelsk):

This report compiles knowledge about the state of pollution in the management plan areas the Barents Sea, the Norwegian Sea and the North Sea/Skagerrak, with main emphasis on contaminants and radioactive pollution. The report summarizes results from monitoring of the indicator set of the Monitoring Group, published at miljostatus.no, i.e. 43 indicators for pollution and four indicators for potentially polluting human activities in the sea areas. The report also includes other relevant knowledge. An evaluation of the set of indicators has also been made, evaluating of their suitability to be used in assessment of condition, development and effects on food safety and environmental quality.

The levels of contaminants such as mercury, PCB, PBDE and DDT in biota are generally highest in the North Sea and lowest in the Barents Sea, with some variation. Also in sediment the levels of the measured contaminants are highest in the North Sea. The levels measured in sediments are for many metals and PAHs higher in the Barents Sea than in the Norwegian Sea, and this is assumed to be caused by higher natural background levels. The main input of contaminants to these sea areas are from atmospheric transport, and measurements in air at monitoring stations in the different sea areas today show similar levels. Inputs from land and dispersion of "old" pollution probably has a greater effect on the levels of contaminants measured in biota in the North Sea/Skagerrak and partly in the Norwegian Sea, than in the Barents Sea. Other contaminants measured in biota, such as chlorinated pesticides including hexachlorobenzene (HCB), cis- and trans-chlordane, are increasing in levels from south to north, with the highest levels measured in the Barents Sea.

Levels of many of the contaminants in air have decreased since the measurements started in the 1990s and forward, but the decline has partly leveled off in the latest years. The decline is only partly reflected in the levels measured in sediments and in biological samles from different levels of the food chain. For instance for mercury, the levels measured in fish and sea mammals are stable or increasing despite a decline in atmospheric deposition, and the levels in upper layers of sediments are also stable. For many of the persistent organic contaminants, there is a more pronounced decline in biota, and particularly the levels of PBDEs have clearly declined since around 2005.

Seafood in the Norwegian sea areas is safe, with levels of contaminants in edible parts of most species below the EU and Norway's maximum levels set for food safety. In some cases where maximum levels iare exceeded, measures have been made to prevent the fish in question from entering the market. For instance, in an area at Ytre Sklinnadjupet in the Norwegian Sea, fishing of Atlantic halibut is prohibited due to high levels of both mercury and dioxins and dioxin-like PCBs. It is also mandatory to re-release Atlantic halibuts larger than 100 kg.

Environmental quality standards (EQS) are regulatory limits set by environmental authorities to protect the most vulnerable components of the ecosystem, top predators like seabirds and sea mammals. The levels of mercury, PCBs and PBDEs in most indicator species exceed the current EQS values, which are not species- or tissue specific. Exceptions are capelin and polar cod in the Barents Sea and blue mussels along the Barents Sea coast, which had levels of mercury below the EQS at the last measurement. Levels of contaminants above the EQS measured in species at a low trophic level, are assumed to potentially affect top predators due to increasing concentrations upwards in the food chain. Therefore, the EQS are suitable to assess the contaminant levels in species at a low trophic level, while species higher in the food chain always will exceed the EQS for some of the contaminants. For these species the EWS are not as well suited. For other contaminants all indicators were below the EQS.

There is scientific evidence that seabirds and sea mammals in the Barents Sea area are affected by contaminants, and especially starving polar bears may be particularly vulnerable to the effects of contaminants on lipid metabolism. In the North Sea monitoring of fish near petroleum installations are affected by PAH pollution.

There is still radioactive pollution in the oceans caused by the Chernobyl incident. The level of Cesium-137 measured in both seawater, seaweed and several fish species, are low and declining. The levels are highest in the south due to outflow from the Baltic Sea, and they decrease northwards. In seaweed, also Technetium-99 is measured, mainly originating from effluents from Sellefield, and also here the levels are low and declining.

Short summary for each sea area:

Of the three studied sea areas, it is the Barents Sea which generally has the lowest level of pollution, except for some pollutants including HCB. Even so, monitoring of polar bears and seabirds in the Barents Sea shows that the contaminants increase in concentration towards the top of the food chain and may affect top predators.

In the Norwegian Sea, concentrations of most monitored pollutants are at similar levels as in the North Sea, the Barents Sea or intermediate, but a direct comparison is difficult. It is unknown why some seafood species harvested in the Norwegian Sea in some cases and areas have had unusually high levels of contaminants, above maximum levels for food safety.

The North Sea/Skagerrak is generally more polluted than the other sea areas, yet levels of contaminants in seafood species from the management plan area are below maximum levels for food safety. There are no indicators and little knowledge about the levels and effects of contaminants in seabirds and sea mammals from this area, and there is

no monitoring of metals in sediments.

Innhold

1 Innledning 10
1.1 Bakgrunn 10
1.2 Formål 11
1.2.1 *Klassifiseringssystem og grenseverdier* 11
1.2.2 *Forkortelser* 12
2 Barentshavet 15
2.1 Tilførsler av forurensende stoffer til Barentshavet 15
2.1.1 *Lufttilførsler av miljøgifter til Barentshavet* 15
2.1.2 *Tilførsler av forurensinger fra elver og kystnære landområder til Barentshavet* 16
2.1.3 *Annen kunnskap om tilførsler av forurensning til Barentshavet* 16
2.2 Nivåer av forurensende stoffer i Barentshavet 17
2.2.1 *Strandsøppel på Svalbard* 17
2.2.2 *Forurensning i sedimenter i Barentshavet* 17
2.2.3 *Radioaktiv forurensning i sjøvann i Barentshavet* 19
2.2.4 *Radioaktivitet i tang langs kysten av Barentshavet* 20
2.2.5 *Forurensning i blåskjell langs kysten av Nordland, Troms og Finnmark* 20
2.2.6 *Forurensning i reker i Barentshavet* 20
2.2.7 *Forurensning i lodde i Barentshavet* 22
2.2.8 *Forurensning i polartorsk i Barentshavet* 22
2.2.9 *Forurensning i torsk i Barentshavet* 23
2.2.10 *Forurensning i polarlomvi i Barentshavet* 24
2.2.11 *Forurensning i ringsel i Barentshavet* 24
2.2.12 *Forurensning i isbjørn i Barentshavet* 25
2.2.13 *Annen kunnskap om nivåer av miljøgifter i Barentshavet* 27
2.3 Menneskelig påvirkning i Barentshavet 29
2.3.1 *Annen kunnskap om menneskelig påvirkning* 29
3 Norskehavet 30
3.1 Tilførsler av forurensende stoffer til Norskehavet 30
3.1.1 *Lufttilførsler av miljøgifter til Norskehavet* 30
3.1.2 *Tilførsel av forurensninger fra elver og kystnære landområder til Norskehavet* 30
3.1.3 *Annen kunnskap om tilførsler av forurensning til Norskehavet* 30
3.2 Nivåer av forurensende stoffer i Norskehavet 32
3.2.1 *Forurensning i sedimenter i Norskehavet* 32
3.2.2 *Radioaktiv forurensning i sjøvann i Norskehavet* 34
3.2.3 *Radioaktivitet i tang langs kysten av Norskehavet* 34
3.2.4 *Miljøgifter i blåskjell langs kysten av Norskehavet* 34
3.2.5 *Forurensning i reker i Norskehavet* 36
3.2.6 *Miljøgifter i kolmule i Norskehavet* 37
3.2.7 *Forurensning i norsk vårgytende sild i Norskehavet* 38
3.2.8 *Forurensning i kysttorsk i Norskehavet* 41
3.2.9 *Miljøgifter i blåkveite i Norskehavet* 43
3.2.10 *Miljøgifter i brosme i Norskehavet* 44
3.2.11 *Miljøgifter i toppskarvegg i Norskehavet* 45
3.2.12 *Miljøgifter i klappmyss i Norskehavet* 46
3.2.13 *Annen kunnskap om nivåer av miljøgifter i Norskehavet* 46
3.3 Menneskelig påvirkning i Norskehavet 47

3.3.1 *Oljetilførsler fra petroleumsinstallasjoner i Norskehavet* 47
3.3.2 *Annen kunnskap om menneskelig påvirkning* 48
4 Nordsjøen 49
4.1 Tilførsler av forurensende stoffer til Nordsjøen 49
4.1.1 *Lufttilførsler av miljøgifter til Nordsjøen og Skagerrak* 49
4.1.2 *Tilførsler av forurensing fra elver og kystnære områder til Nordsjøen og Skagerrak* 50
4.1.3 *Annen kunnskap om tilførsler av forurensning til Nordsjøen* 50
4.2 Nivåer av forurensende stoffer i Nordsjøen 50
4.2.1 *Radioaktivitet i sjøvann i Nordsjøen* 50
4.2.2 *Radioaktivitet i tang i Nordsjøen* 50
4.2.3 *Forurensning i blåskjell i Nordsjøen* 51
4.2.4 *Forurensning i reker i Nordsjøen* 51
4.2.5 *Forurensning i tobis i Nordsjøen* 52
4.2.6 *Forurensning i nordsjøsild* 53
4.2.7 *Forurensning i rødspette i Nordsjøen* 54
4.2.8 *Forurensning i torsk i Nordsjøen* 56
4.2.9 *Imposex hos purpursnegl langs kysten av Nordsjøen og Skagerrak* 58
4.2.10 *Plast i havhestmager i Nordsjøen* 59
4.2.11 *Oljepåvirket fisk i Nordsjøen* 61
4.2.12 *Sjøbunn i Nordsjøen påvirket av hydrokarboner (THC) og barium* 61
4.2.13 *Annen kunnskap om nivåer av forurensning i Nordsjøen* 63
4.3 Menneskelig påvirkning i Nordsjøen 64
4.3.1 *Tilførsel fra olje fra petroleumsinstallasjoner i Nordsjøen* 64
4.3.2 *Utslipp av radioaktive stoffer fra olje og gass til Nordsjøen* 64
4.3.3 *Utslipp fra kjernekraftindustri til Nordsjøen og Skagerrak* 64
4.3.4 *Oljetilsølt lomvi i Sørvest-Norge* 65
4.3.5 *Annen kunnskap om menneskelig påvirkning i Nordsjøen og Skagerrak* 65
5 Annen ny kunnskap som gjelder alle havområdene 67
5.1.1 *Miljøgifter i hyse* 67
5.1.2 *Miljøgifter i snabeluer og vanlig uer* 67
5.1.3 *Miljøgifter i rødspette, breiflabb og lyr* 68
6 Diskusjon 69
6.1 Geografiske trender for forurensningsnivå 69
6.1.1 *Kvikksølv* 69
6.1.2 *Kadmium (og bly)* 70
6.1.3 *Arsen* 70
6.1.4 *Dioksiner, PCB og PBDE* 71
6.1.5 *Klorerte plantevernmidler* 74
6.1.6 *Per- og polyfluorerte alkylstoffer* 76
6.1.7 *Polyaromatiske hydrokarboner* 76
6.1.8 *Radioaktivitet* 77
6.1.9 *Forsøpling og plast* 77
6.1.10 *Nye miljøgifter* 78
6.2 Utvikling 78
6.2.1 *Kvikksølv* 78
6.2.2 *Bly og kadmium* 79
6.2.3 *Dioksiner, PCB og PBDE* 79
6.2.4 *Klorerte plantevernmidler* 80

6.2.5 *Per- og polyklorerte alkylstoffer* 81
6.2.6 *Polyaromatiske hydrokarboner* 82
6.2.7 *Radioaktivitet* 82
6.2.8 *Forsøpling og plast* 82
6.3 Er sjømat fra norske havområder trygg mat for oss mennesker? 82
6.4 Er miljøgiftnivåene så høye at de kan ha effekter på økosystemet? 84
6.5 En samlet vurdering av indikatorsettet 86
6.6 Kunnskapsmangler 87
6.7 Indikatorer 89
6.7.1 *Liste over alle indikatorene* 89
6.7.2 *Egnethetsvurdering av indikatorene* 90
6.7.3 *Tabell med oppsummering av resultater* 92
7 Referanser 93

1 - Innledning

1.1 - Bakgrunn

Overvåkingsgruppen har ansvaret for miljøovervåkingen av de marine økosystemene i norske havområder og har fra starten i 2006 produsert statusrapporter om miljøtilstand og utvikling (se Statusrapporter | Overvåkningsgruppen (hi.no)). Statusrapportene er basert på overvåkingen av for tiden 122 havindikatorer, jevnt fordelt i de norske havområdene. Havindikatorene publiseres på miljostatus.no (Havindikatorer - indikatorer for tilstanden i havet (miljodirektoratet.no)) og oppdateres jevnlig. Basert på indikatorene og annen publisert kunnskap har det til nå årlig blitt laget en statusrapport fra ett av havområdene Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen og Skagerrak, rullerende mellom de tre havområdene. Siste statusrapporter fra de tre havområdene var fra Barentshavet i 2020 (Status for miljøet i Barentshavet | Havforskningsinstituttet (hi.no)), Norskehavet i 2019 (Status for miljøet i Norskehavet | Havforskningsinstituttet (hi.no)) og Nordsjøen i 2018 (NS_2018.pdf (hi.no)). Fra i år er det bestemt at Overvåkingsgruppen i stedet skal lage en samlet rapport om miljøstatus for alle de norske havområdene hvert fjerde år, og den første samlerapporten kommer i 2022. Tilstand og utvikling for forurensning i alle tre havområdene er skilt ut som en egen rapport (denne rapporten), mens resten av tilstandsvurderingen av de marine økosystemene kommer senere i 2022.

Utslipp av miljøgifter og annen forurensning fra industri og annen menneskelig aktivitet kan forurense havet lokalt og globalt ved at stoffene transporteres langt av gårde med luft- og havstrømmer (Miljøgifter - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)). Mange av de mest kjente miljøgiftene («legacy contaminants») er nå forbudt å produsere og bruke, men siden de er lite nedbrytbare finnes de i miljøet lenge etter at de er tatt ut av bruk (Stockholm konvensjonen Stockholm Convention - Home page (pops.int)). Andre, nyere stoffer («emerging contaminants») blir etter hvert funnet i områder langt fra der de ble sluppet ut, og det kan ta lang tid før det er nok kunnskap om dem til at de får status som miljøgifter og blir regulert. Marin forsøpling og mikroplast har fått mye oppmerksomhet de siste årene, men det er ennå for lite kunnskap om effektene. Det er viktig å overvåke nivået av forurensende stoffer over tid for å følge utviklingen og vurdere om internasjonale reguleringer gir ønskede utslippskutt slik at nivåene avtar. Dersom nivåene derimot øker, kan dette tyde på at det er behov for nye eller mer effektive tiltak.

Miljøgifter kjennetegnes ved giftighet, persistens og at de oppkonsentreres i levende organismer (Om miljøgifter - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)). I tillegg vil mange miljøgifter biomagnifiseres i næringskjeden, hvilket betyr at konsentrasjonen i organismer øker for hvert nivå oppover i næringskjeden og vil være høyest hos toppredatorer, som sjøfugl og sjøpattedyr. Toppredatorer kan derfor være spesielt sårbare for miljøgifter selv ved lave nivåer i miljøet ellers og effekten kan bli forsterket dersom andre forhold, som matmangel eller økte temperaturer, skaper stress (for eksempel hos isbjørn). Videre kan forskjellige miljøgifter og andre forurensende stoffer gi en samvirkende effekt og økt stress i organismer. Miljøgifter kan også påvirke og skade organismer på mange ulike måter. De kan for eksempel svekke immunforsvaret, forstyrre hormonbalansen eller være kreftfremkallende. Effektene vil i første rekke vises på individnivå, men kan ved høy miljøgiftbelastning gi effekter som vises på populasjons- og økosystemet-nivå.

For mennesker kan marin forurensning gi skade gjennom sjømatinntak, og i hvilken grad vi påvirkes avhenger av hvilke stoffer og mengden av disse vi får i oss over tid. Det samlede inntaket av miljøgifter fra sjømat avhenger av konsentrasjonene av miljøgifter i sjømaten og hvor mye og hvor ofte vi spiser den. Konsentrasjonen av miljøgifter varierer mellom ulike typer sjømat og området den er fisket i, i tillegg til mange ulike faktorer som skaper variasjon (størrelse, alder, hva de har spist, hvor de har vært). Miljøgifter kan påvirke menneskers helse dersom vi samlet sett får i oss for mye gjennom all maten vi spiser. Fordi miljøgifter ofte

havner i havet og oppkonsentreres i næringskjeden, og fordi vi høster av høyere nivå i næringskjeden i havet enn på land, finner vi gjerne høyere nivåer av miljøgifter i sjømat enn i landbasert mat. Grenseverdier for humant konsum er satt basert på et variert kosthold, siden de fleste mennesker ikke utelukkende spiser sjømat. Dessuten er sjømaten en viktig ressurs og matkilde som inneholder en rekke viktige næringsstoffer som vi trenger. Vitenskapskomiteen for Mattrygghet (VKM) (VKM, 2014) og FAO/WHO (FAO/WHO 2010) har vurdert nytte og risiko ved sjømatkonsum henholdsvis i Norge og i verden, og hovedkonklusjonene fra begge var at helsefordelene generelt oppveier ulempene ved sjømatinntak. Det arbeides for tiden med å oppdatere nytte-risikovurderingene basert på nyere kunnskap og nye data.

1.2 - Formål

I denne rapporten oppsummer og vurderer vi forurensningstilstanden i havområdene Barentshavet, Norskehavet og Nordsjøen/Skagerrak med fokus på forurensningsnivå og -utvikling, og effekter på miljø og mattrygghet. Kunnskapsgrunnlaget er 43 havindikatorer for forurensning og fire indikatorer for menneskelig påvirkning relatert til forurensning. En liste over alle indikatorene er gitt bakerst i rapporten. I tillegg er annen tilgjengelig publisert kunnskap tatt med.

De ulike indikatorene er også vurdert ut fra egnethet; om de har god nok geografisk og tidsmessig representativitet til å vurdere de ulike elementene gitt ovenfor.

Til slutt er det gjort en samlet vurdering av forurensningssituasjonen, utvikling, mattrygghet og effekter for de ulike havområdene, der forurensingsnivået i de ulike havområdene ses i sammenheng og havområdene sammenlignes.

1.2.1 - Klassifiseringssystem og grenseverdier

Nivåer av ulike stoffer i sedimenter og biota vurderes opp mot grenseverdier basert på ulike klassifiseringssystemer, der disse gjelder:

For å vurdere **forurensningsgrad i sediment** benyttes Miljødirektoratets klassifiseringssystem for sediment. Klassifiseringssystemet gjelder for konsentrasjoner av miljøgifter i sediment (men ikke for konsentrasjoner i biota) hvor klassene representerer en forventet økende grad av skader på organismesamfunnet i sedimentene. Forurensing i sediment er inndelt i fem tilstandsklasser; (I) Bakgrunn, (II) God, ingen toksiske effekter, AA-EQS, (III) Moderat, kroniske effekter ved langtidseksponering, MAC-EQS, (IV) Dårlig, Akutt toksiske effekter ved korttidseksponering, (V) Svært dårlig, omfattende toksiske effekter. Grenseverdier er angitt for ulike metaller og miljøfarlige stoffer i Miljødirektoratets veileder M-608 (Miljødirektoratet 2016), som ikke inkluderer radioaktive stoffer.

For å vurdere grad av **forurensning basert på nivåer av miljøgifter i organismer** må forurensningsnivået for mange arter vurderes ved å sammenligne de målte nivåene med nivåer som er målt i samme type prøve i andre områder. Dette fordi referanseverdier ikke er definert for de fleste arter. For stoffer som er menneskeskapte vil det at stoffene finnes i målbare mengder alltid være et tegn på forurensning, mens for stoffer som også kan finnes naturlig kan det være vanskelig å vite om de målte verdiene er naturlig bakgrunnsnivå eller forhøyet på grunn av forurensning.

For torsk (*Gadus morhua*) og blåskjell (*Mytilus edulis*) har NIVA utviklet PROREF klassifiseringssystem; Under Miljødirektoratets MILKYS kystovervåkingsprogram (Miljøgifter i kystområdene) er det blitt etablert en såkalt PROREF (*Norwegian Provisional High Reference Contaminant Concentration*, eller antatt provisorisk høy referansekonsentrasjon) for torsk og blåskjell. Begrepet «referanse» her kan i hovedsak betraktes som «bakgrunn» for kystområder. PROREF er ikke en endelig fastsatt verdi, men en indeks som oppdateres når nye

data er tilgjengelig. Nåværende verdier (per 2019) er basert på MILKYS data i perioden 1992-2016 . Programmet omfatter prøver fra både antatt forurensede steder og fra steder langs kysten langt fra kjente punktkilder. Formålet med systemet er å kunne skille mellom stasjoner med lite forurensning og forholdsvis lave nivåer og stasjoner påvirket av lokale kilder. Fremgangsmåte og resultatene er først beskrevet i MILKYS-rapporten for 2017 (Green m.fl. 2017).

For å vurdere om de målte miljøgiftnivåene påvirker **mattryggheten** vurderes de opp mot EUs og Norges grenseverdier for mattrygghet (EU 2018): Disse grenseverdiene angir den maksimale konsentrasjonen av en gitt miljøgift eller radioaktivt cesium som er tillatt i sjømat som omsettes for salg. Grenseverdiene for mattrygghet er forskjellig for ulike typer sjømat og er satt for å beskytte befolkningen der et normalt inntak av sjømat ikke skal gi for stort inntak av de farligste miljøgiftene. Til gjengjeld garanterer ikke grenseverdiene for at man ikke kan få i seg for mye av en type miljøgift dersom man spiser svært mye av en bestemt type fisk eller annen sjømat.

For å vurdere mulige **effekter** på økosystemet av forurensende stoffer benyttes Miljøkvalitetsstandarder: Vannforskriften har definert et sett med EU-definerte grenseverdier som kalles miljøkvalitetsstandarder eller EQS (Environmental Quality Standard; Forskrift om rammer for vannforvaltningen - Lovdata; Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018). Norge har i tillegg definert sine egne miljøkvalitetsstandarder for stoffer og medier som ikke er dekket av EUs liste (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018). Begrepet «miljøkvalitetsstandarder» er brukt i denne rapporten som en felles betegnelse for begge kilder. Miljøkvalitetsstandarder er satt for å beskytte de mest sårbare delene av økosystemet. Selv om det er målt miljøgiftnivåer over miljøkvalitetsstandarden, behøver ikke det å bety at organismene selv tar skade, men det viser at nivået er såpass høyt at andre deler av økosystemet kan ta skade, for eksempel sjøpattedyr. Miljøkvalitetsstandardene er ikke arts- og vevsspesifikk, men egner seg best for å vurdere nivåer av miljøgifter når de måles i arter på lavt nivå i næringskjeden. Det er tatt høyde for at stoffene biomagnifiseres gjennom flere ledd oppover i næringskjeden til topp-predatorene, som potensielt kan være negativt påvirket. For å vurdere nivåer av miljøgifter i fiskespisende fisk, som torsk, brosme (*Brosme brosme*) og blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*), samt i sjøfugl og sjøpattedyr, er miljøkvalitetsstandardene lite egnet, da disse artene alltid vil overskride miljøkvalitetsstandardene for enkelte av stoffene. I denne rapporten har vi derfor valgt å diskutere målte nivåer i blåskjell, reker (*Pandalus borealis*), lodde (*Mallotus villosus*), polartorsk (*Boreogadus saida*), kolmule (*Micromesistius poutassou*), tobis (*Ammodytes* sp.) og rødspette (*Pleuronectes platessoides*) opp mot miljøkvalitetsstandardene. For de øvrige fiskeartene er en sammenligning med miljøkvalitetsstandardene gitt i oppsummeringstabellen bakerst i rapporten (Tabell 4).

1.2.2 - Forkortelser

Ag – Sølv
AMAP –Arctic Monitoring and Assessment Programme | AMAP En av seks arbeidsgrupper under Arktisk Råd
As – Arsen
Cd – Kadmium
cm – centimeter
Co – Kobolt
Cr – Krom
Cu – Kobber
DDD - Diklordifenyldikloretan
DDE – Diklordifenyldikloreten
DDT – Diklordifenyltrikloretan
DEHP - Di-(2-etylheksyl)-ftalat, plastmykner

dl-PCB – Dioksinlignende polyklorerte bifenyler
EcoQOs –Ecological Quality Objectives – Miljøkvalitetsmål utviklet av OSPAR
EFSA – European Food Safety Authority EFSA | Trusted science for safe food (europa.eu)
EU – European Union
EQS – Environmental Quality Standard, miljøkvalitetsstandard
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations Home | Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org)
Fe – jern
fw – fresh weight (fersk vekt)
g – gram
HBCD – Heksabromsyklododekan
HCB – Heksaklorbenzen
HCH – Heksaklorsykloheksan
Hg – Kvikksølv
kg – kilogram
LB – Lowerbound: Ved konsentrasjoner under LOQ settes verdien lik 0
LOQ – kvantifiseringsgrense, bestemmelsesgrense. Den laveste konsentrasjonen av et stoff som en analysemetode kan måle med en gitt måleusikkerhet
m. fl. – med fler
MAREANO – Program som kartlegger dybde, bunnforhold, biologisk mangfold, naturtyper og forurensning i sedimentene i norske havområder Startside | Mareano - Samler kunnskap om havet
mg – milligram
µg – mikrogram
MILKYS – Miljøgifter i kystområdene –Overvåkingsprogram som gjennomføres av NIVA på vegne av Miljødirektoratet Miljøgifter i kystområdene (MILKYS) - Miljødirektoratet (miljodirektoratet.no)
Mn – Mangan
Mo – Molybden
MU – måleusikkerhet
ng – nanogram
Ni – Nikkel
NPD - Summen av naftalen, fenantren, dibenzotiofen og deres alkylerte homologer
NVG-sild – Norsk vårgytende sild
OSPAR – Oslo-Paris kommisjonen OSPAR Commission | Protecting and conserving the North-East Atlantic and its resources
Pb – Bly
PAH – Polyaromatiske hydrokarboner
PAH-16 – Sum av 16 PAH (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, krysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylen, indeno(1,2,3-c,d)pyren)
PBDE – Polybromerte difenyletere
PBDE7 – Sum av syv PBDE (PBDE-28, -47,-99, -100,- 153, -154 og -183)
PCB – Polyklorerte bifenyler
PCB6 – Sum av seks ikke-dioksinlignende PCB (PCB-28, -52, 101, -138, -153 og -180)
PCB7 – Sum av syv ikke-dioksinlignende PCB (PCB-28, -52, 101, -138, -153 og -180) + PCB-118
PCDD – Polyklorerte dibenzodioksiner

PCDF – Polyklorerte dibenzofuraner
PCDD/F – Sum av PCDD og PCDF
PCDD/F+dl-PCB – Sum av PCDD/F og dl-PCB
PFAS – Per- og polyfluorerte alkylstoffer
PFCA - Perfluoralkyl karboksylater
PFDA – Perfluordekansyre
PFDoDA – Perfluordodekansyre
PFHxS – Perfluorheksansulfonsyre
PFOA – Perfluoroktansyre
PFOS – Perfluoroktansulfonsyre
PFOSA – Perfluoroktansulfonamid
PFTeDA – Perfluortetradekansyre
PFTrDA – Perfluortridekansyre
PFUdA – Perfluorundekansyre
POP – Persistent Organic Pollutant
p,p'-DDE – para-para- diklordifenyldikloreten
PROREF - Norwegian Provisional High Reference Contaminant Concentration, eller provisorisk høy referansekonsentrasjon)
SD – Standard deviation - standardavvik
TE – Toksikologiske ekvivalenter; engelsk TEQ – Toxic equivalents
TEF – Toksikologiske ekvivalentfaktorer
THC – Totalt hydrokarboninnhold
TWI – Tolerabelt ukentlig inntak
UB – Upperbound: Ved konsentrasjoner under LOQ settes verdien lik LOQ
VKM – Vitenskapskomiteen for mat og miljø - Vitenskapskomiteen for mat og miljø (vkm.no)
vv – våtvekt
WHO – World Health Organization – Verdens helseorganisasjon WHO | World Health Organization
ww – wet weight
Zn – Sink

2 - Barentshavet

2.1 - Tilførsler av forurensende stoffer til Barentshavet

2.1.1 - Lufttilførsler av miljøgifter til Barentshavet

Tilførsler av miljøgifter til Barentshavet skjer med luft- og havstrømmer, fra elver, avrenning fra land, og transport med is. Luft- og havstrømmer står for hovedmengden av tilførslene, mens for kvikksølv er tilførsel fra elver også en betydelig kilde (Sonke m.fl. 2018). Områder i Russland kan være viktige kilder til tilførsler av PAH, blant annet fra forbrenning, vedfyring og skogbranner. Andre områder, for eksempel Sentral-Europa og Kina, påvirker også nivåene av miljøgifter som måles på Svalbard. Lave nivåer måles når luftmassene er lokale.

I overvåkningsprogrammet for atmosfæriske miljøgifter som NILU utfører for Miljødirektoratet, er det generelt nedadgående trender for både tungmetaller og organiske miljøgifter (POP-er) i luft siden oppstart av målingene i begynnelsen av 1990 tallet (HCB, HCHer, DDTer, klordaner og PAHer). Flere av disse POP-ene, har i de siste årene blitt målt i stabile nivåer, det vil si uten årlige endringer eller med kun små reduksjoner. Dette tyder på at de har oppnådd steady-state der nivåene ikke påvirkes av primære utslippskilder, og kontrolleres av sekundære kilder (Bohlin-Nizzetto m.fl. 2021). Unntatt er HCB der luftovervåkningen har vist økende nivåer i 2004-2015 på Zeppelin (78°54′ N 11°53′ Ø) og i 2011-2015 på Birkenes (58°23' N 8°15' Ø). Denne økende trenden har snudd etter 2015, og i 2020 var nivåene av HCB de laveste noensinne målt. For PCBer der måledata startet i begynnelsen av 2000 viser trendanalyser noe minkende nivåer av PCB-52, 118 og 153 over de siste 20 årene på Zeppelin med halveringstider på 10-15 år. Nivåene av PCB7 er 10 % lavere enn konsentrasjonene som rapporteres fra målestasjoner i Tyskland og Tsjekkia (Aas og Bohlin-Nizzetto 2019).

Siden 1994 har det vært en reduksjon av bly på 67 %, kadmium på 49 % og 13 % for elementært kvikksølv i luft på Zeppelin.

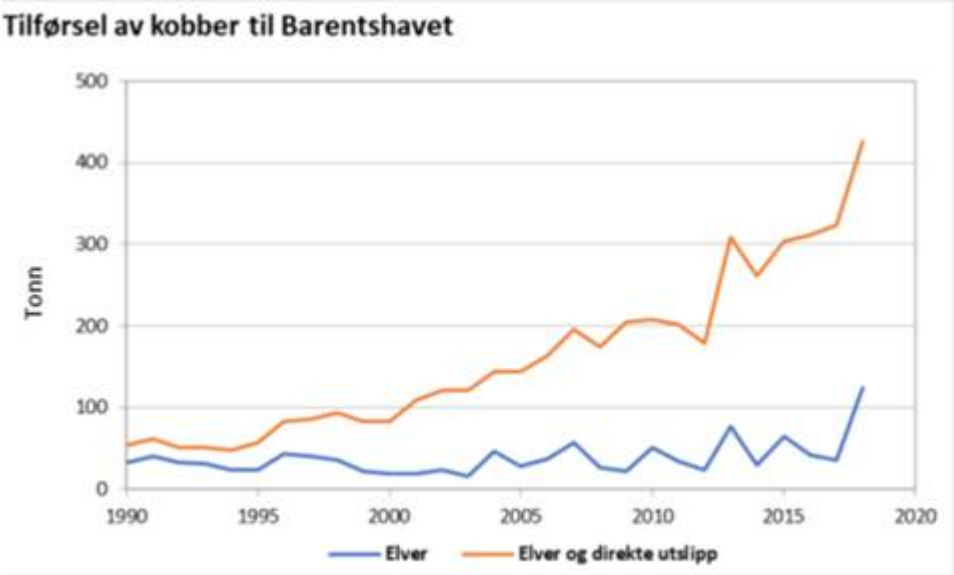
Lenke til indikatoren: [Lufttilførsler av miljøgifter til Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)]

Foto: Åse Husebø/ Havforskningsinstituttet

2.1.2 - Tilførsler av forurensinger fra elver og kystnære landområder til Barentshavet

Indikatoren ”tilførsel av forurensninger i elver” viser tilførslene fra land til kystsonen i forvaltningsplanområdet. Hvert år overvåkes utslipp til norskekysten av næringsstoffer, tungmetaller og organiske miljøgifter.

Elveovervåkingsprogrammet er en del av Norges forpliktelser i OSPAR-avtalen, som omfatter tilførsler og utslipp til Nord-Atlanteren. Overvåkingen utføres i til sammen 47 elver. Elver med utløp til Barentshavet som inngår i programmet er Målselva, Altaelva, Tanaelva og Pasvikelva. I tillegg beregnes tilførsler fra umålte felt, og direkteutslipp fra industri, kloakkrenseanlegg og fiskeoppdrett. Tilførslene av fosfor og nitrogen til kystområdene har økt med henholdsvis 366 % og 99 % i perioden 1990-2018. Konsentrasjonen av næringssalter som fraktes med elvene ut i dette havområdet, har vært relativt uforandret i perioden. Den store økningen i tilførslene av næringssalter skyldes derfor utslipp fra kilder i havet, og da hovedsakelig fra fiskeoppdrett.



Figur 1. Årlig tilførsel av kobber til den delen av kysten som grenser mot Barentshavet-Lofoten.

Tilførslene av kobber har også økt mye i den samme perioden (Figur 1). Mye av økningen skyldes økte utslipp fra oppdrettsnæringen, men det har også periodevis vært store tilførsler av kobber med elvene, for eksempel i 2013. Sistnevnte skyldes i hovedsak utslipp fra Kola i Russland (Bohlin-Nizzetto m.fl. 2019). Russiske utslipp av kobber og nikkel fører til forhøyede konsentrasjoner i norske elver som ligger lengst øst mot grensen. Dette påvirker også transporten fra land til den østlige delen av Barentshavet. Det er store variasjoner i tilførslene av nikkel fra år til år, blant annet som følge av variasjon mellom år i frekvens og intensitet av flommer. Det er imidlertid uklart hvor mye av disse utslippene som transporteres fra kystsonen og inn i selve forvaltningsplanområdet.

Lenke til indikatoren: Tilførsel av forurensninger fra elver og kystnære landområder til Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.1.3 - Annen kunnskap om tilførsler av forurensning til Barentshavet

I prosjektet Tilførselsprogrammet, som pågikk i perioden 2009 til og med 2012, var målet å beregne tilførsler av miljøgifter til norske havområder fra ulike kilder ved hjelp av modeller og målinger i biota, sedimenter og vann. Den siste rapporten gjaldt tilførsler til Barentshavet og Lofoten-området (Green m.fl. 2013). Beregningene viste at lufttransport utgjorde den største kilden for tilførsel av PCB, PAH, kvikksølv, bly, krom og kadmium til Barentshavet. Den beregnede tilførselen av PCB og PAH var større enn tidligere beregnet. Tilførsler fra land var

mindre enn tilførsler fra luft og ble beregnet å ha relativt sett størst betydning for krom og kadmium, mens skipstrafikk var største kilde for tilførsel av olje og TBT.

Selv om luft- og havstrømmer står for hovedmengden av tilførslene til arktiske områder, er det nylig vist at for kvikksølv er tilførsel fra elver også en betydelig kilde (Sonke m.fl. 2018).

2.2 - Nivåer av forurensende stoffer i Barentshavet

2.2.1 - Strandsøppel på Svalbard

Innsamlingen av strandsøppel i Brucebukta gjennomføres en gang pr år (sommer) langs en fastsatt strekning. Det ryddes 2 x 100 meter og all søppel veies på stedet. Indikatoren viser at det årlig tilføres mellom 1,5 og 78 kg ny søppel til stranden.

Strandsøppel har vært overvåket i Brucebukta siden 2001 og presenteres i første omgang på MOSJ (Miljøovervåking Svalbard og Jan Mayen). Indikatoren viser ikke noen klar positiv eller negativ trend i total mengde søppel, og indikatoren er sensitiv til effekten av at store enkeltobjekter tidvis finnes på stranden. Siden innsamlingen kun foretas på én strand, er det vanskelig å vurdere om den totale mengden søppel er stor eller liten.

Marin søppel, og da særlig plast, har fått økt fokus de senere år. Dyr kan påføres betydelige skader og lidelser på grunn av søppel. Det er vist at plastfragmenter blir spist av både sjøfugl, fisk og hval som forveksler bitene med mat, og filtrerende organismer kan ikke nødvendigvis skille mellom mikroplast og fødepartikler. Forsøpling kan forårsake annen fysisk skade på dyrelivet i havet og på land ved at pattedyr, fugl og fisk kan sette seg fast i gamle liner, garnrester og annen søppel. Videre er det kjent at søppel i form av plast kan akkumulere og transportere miljøgifter i miljøet samt at fremmede arter kan vokse på søppel og transporteres over store avstander som passasjerer på denne. For befolkningen har plastsøppel negative økonomiske og sosiale konsekvenser som kostnader til opprydding, skader på båter, tapt fiskeutstyr og reduksjon av kystens estetiske verdi.

Lenke til indikatoren: Strandsøppel på Svalbard - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.2 - Forurensning i sedimenter i Barentshavet

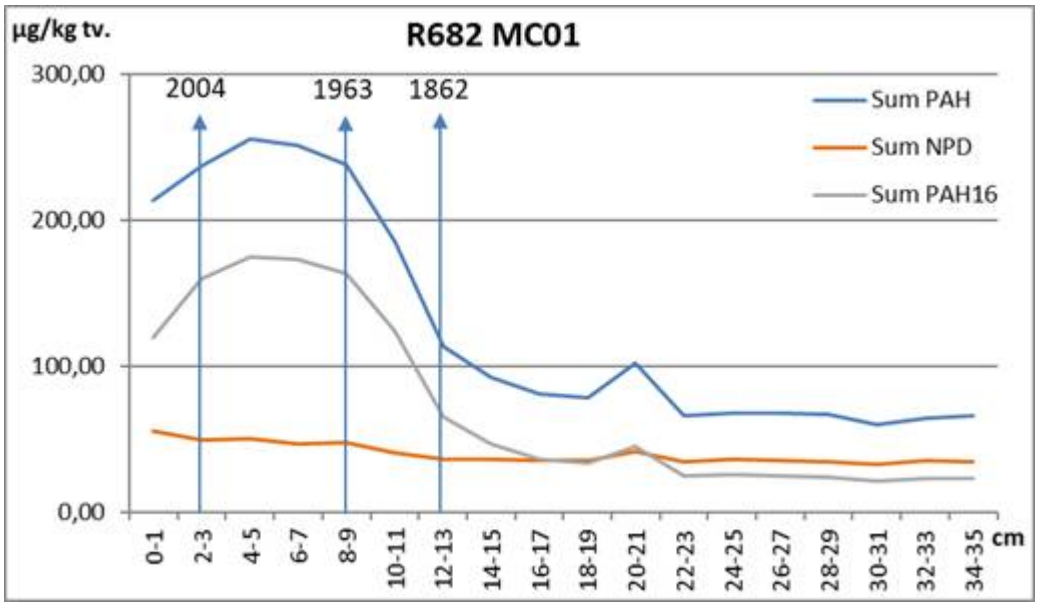
Målinger av hydrokarboner (totalt hydrokarboninnhold, THC, og polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH) i sedimenter utført gjennom MAREANO-programmet i 2006–2020 viste lavest nivå nordvest for Finnmarkskysten (Miljødirektoratets Klasse I, «bakgrunn», for PAH16). Den sørlige delen, vest for Lofoten, hadde noe høyere nivåer, tilsvarende Klasse II enkelte steder («god tilstand» ifølge Miljødirektoratets klassifiseringer). Det er også funnet noe høyere nivåer av PAH i den østlige delen av Barentshavet, som kan skyldes både naturlige forekomster av enkelte PAH-forbindelser (perylen) og oppkonsentrering av langtransporterte tilførsler i is-nedsmeltingssonen. De høyeste nivåene av PAH er målt i områdene rundt Svalbard, hvor naturlige forekomster av kull og olje fører til naturlig høye bakgrunnsnivåer av petrogene PAH (PAH som stammer fra fossile brensler). Dette bekreftes av målinger i sedimentkjerner, som viser stabilt høyt nivå for petrogene PAH gjennom kjernen, inkludert i mer enn 200 år gamle sedimenter.

Også persistente organiske miljøgifter (POPs) som bromerte flammehemmere (PBDE), PCB og klorerte pesticider, alkylfenoler og nyere organiske miljøgifter (PFAS, dekloraner, siloksaner, fosfororganiske flammehemmere og klorparafiner) undersøkes i sedimenter i Barentshavet under MAREANO-programmet. Nivåene som er målt er som regel meget lave, like over eller under målegrensene. Nivåene av disse stoffene ligger dermed nesten alle i Klasse II, den laveste tilstandsklassen etablert for disse menneskeskapte miljøgiftene som ikke har noe naturlig bakgrunnsnivå. For enkelte forbindelser, som γ-HCH og PFOS, finnes det

noen lokaliteter hvor nivåene kommer rett over grensen til klasse III, «moderat forurenset».

Analyser av sedimentprøver for metaller og arsen, viser at arsen finnes i høye konsentrasjoner i toppsjiktet i Barentshavet, svarende til klasse III (moderat) og IV (dårlig) på flere lokaliteter. Årsaken til de høye arsenkonsentrasjonene kan skyldes flere ting: naturlig høye nivåer i berggrunnen i deler av Barentshavet eller prosesser i sedimentene som fører til anrikning av arsen i de øverste sedimentene. Blant de øvrige metallene er kvikksølv, bly og nikkel til stede i overflatesedimenter i konsentrasjoner som tilsvarer klasse I og II for kvikksølv og bly, mens nikkel er til stede i konsentrasjoner som svarer til klasse I – III. Øvrige metaller, kadmium, krom og sink er til stede i konsentrasjoner som svarer til Klasse I (bakgrunn).

Studier av hydrokarboninnhold i sedimentkjerner har påvist økte nivåer av forbrenningsrelaterte PAH i øverste sedimentlag avsatt de siste ca. 150 årene, spesielt i den sørvestlige delen av Barentshavet (se eksempel fra MAREANO stasjon R682 ved Finnmarkskysten i Figur 2 under). Dette knyttes til menneskelig aktivitet (forbrenning av kull med mer). Det er videre observert nedgang i nivåene i de nyeste sedimentlagene flere steder, sannsynligvis knyttet til redusert bruk av kull de siste tiårene. Dette kommer fram som en topp i dybdeprofiler av Sum PAH og PAH16 i figuren under, mens oljerelaterte (petrogene) PAH, utrykt her som NPD, ligger stabilt lavt gjennom hele kjernen. POPs måles ikke i sedimentkjerner og man kan dermed ikke si noe om tidstrender.



Figur 2. Dybdeprofiler av PAH-konsentrasjoner målt i en representativ sedimentkjerne fra den sørlige delen av Barentshavet. Summerte nivåer av 49 PAH (Sum PAH, blå linje), nivåer av PAH16 (grå linje) og nivåer av petrogene PAH (NPD, oransje linje) er vist. Resultater av dateringer er også vist for utvalgte kjernesnitt som ca. årstall.

Analyser av metaller i prøver fra dypere lag i daterte sedimentkjerner viser at kvikksølv og bly har økt i konsentrasjon i de siste 100 – 150 årene, noe som tilskrives langtransportert forurensing med hav- og luftstrømmer. Kildene har vært forbrenning av fossile energikilder (kull) for kvikksølv sitt vedkommende mens økning i blynivåene tilskrives bruk av bly i blyholdig bensin frem til 1970-tallet i vestlige industrialiserte land. Blynivåene avtar i de øverste sedimentlagene, etter at det senere ble forbudt å bruke blyholdig bensin. Økning i arsennivåer mot toppen av sedimentene kan ha flere årsaker, både tilførsel av arsenholdige sedimenter eller økt arsenkonsentrasjon som følge av prosesser i de øverste centimeterne av sedimentene.

Lenke til indikatoren: [Forurensning i sedimenter i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)]

2.2.3 - Radioaktiv forurensning i sjøvann i Barentshavet

Radioaktiv forurensning i sjøvann overvåkes langs norskekysten og i havområdene, og nivåene av menneskeskapte radioaktive stoffer er lave. Det er høyere nivåer av cesium-137 langs kysten enn i åpent hav, på grunn av avrenning fra land og nivåene er lavere i Barentshavet enn lenger sør.

Stabile eller minkende tilførsler og radioaktiv nedbryting fører til at nivåene er stabile eller synkende.

Lenke til indikatoren: Radioaktiv forurensning i sjøvann i Barentshavet

2.2.4 - Radioaktivitet i tang langs kysten av Barentshavet

Blæretang (*Fucus vesiculosus*) er en god indikator for utviklingen av technetium-99-nivåene i miljøet, siden technetium-99 oppkonsentreres i blæretang. Nivåene i sjøvann er for tiden så lave at de som regel er under deteksjonsgrensen, mens nivåene i blæretang er lave, men målbare. Nivået av technetium-99 som måles i tang langs kysten av Barentshavet er på samme nivå som langs kysten av Nordsjøen.

Det måles også cesium-137 i blæretang. En generell trend er at nivåene i sør er høyere enn i nord på grunn av utstrømming av Tsjernobyl-relatert cesium-137 fra Østersjøen.

Etter en økning på 1990-tallet har det de siste 15 årene har det vært en nedgang i technetium-99 i blæretang. Nivåene av cesium-137 i blæretang er også synkende.

Lenke til indikatoren: Radioaktivitet i tang langs kysten av Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.5 - Forurensning i blåskjell langs kysten av Nordland, Troms og Finnmark

I Barentshavet overvåkes nivået av miljøgifter i blåskjell langs kysten av Nordland, Troms og Finnmark. I MILKYS-programmet som NIVA utfører for Miljødirektoratet starter noen av målingene fra 1994 (Schøyen m.fl. 2021). Tre stasjoner ble undersøkt; én i Lofoten og to i Varangerfjorden. Stasjonen i Lofoten er tatt med til orientering, men er diskutert under blåskjell i Norskehavet. Miljøgiftene som ble undersøkt var blant annet kvikksølv, kadmium, bly, HCB, DDT, PCB og PBDE.

Miljøgifter i blåskjell er en mye brukt og god indikator for forurensning i vannmassene langs kysten, siden blåskjell filtrerer partikler fra vannet. Lange tidsserier på miljøgifter i blåskjell fra faste stasjoner har gitt grunnlag for beregning av PROREF-verdier (se kap. 1.2.1). I 2018 var blåskjell langs kysten av Barentshavet generelt lite forurenset av miljøgifter. Konsentrasjonene av kvikksølv, bly og DDT var mindre enn to ganger PROREF. Nivåene av kadmium, HCB og PCB i skjell fra begge stasjonene i Varangerfjorden var imidlertid opp til fem ganger PROREF. De tre blåskjellstasjonene ligger inne i fjorder og litt utenfor forvaltningsplanområdet. Stasjonene kan allikevel ha en overføringsverdi til området i og med at de ligger langt fra kjente forurensningskilder som industri og havneområder. Dermed kan de gi en indikasjon på nivåer av miljøgifter i vannmassene som grenser til forvaltningsområdet.

Den eneste tidstrenden som ble registrert fra 2009 til 2018 var en nedadgående trend for bly på én av to stasjoner i Varangerfjorden.

Nivåene av kvikksølv, kadmium, bly og PCB i blåskjell fra kysten som grenser til Barentshavet er alle godt under grenseverdiene for mattrygghet.

Konsentrasjonene av PCB var over miljøkvalitetsstandarden på begge stasjonene i Varangerfjorden. For kvikksølv, DDT og HCB lå konsentrasjonene under miljøkvalitetsstandarden på samtlige stasjoner. Siden blåskjell er en lavtrofisk art (spiser planteplankton), egner miljøgift-konsentrasjoner i blåskjell seg godt til å vurderes opp mot miljøkvalitetsstanardene.

Lenke til indikatoren: Forurensning i blåskjell langs kysten av Nordland, Troms og Finnmark - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.6 - Forurensning i reker i Barentshavet

I Barentshavet måles miljøgifter og radioaktiv forurensning i reker fra åpent hav. Nivåene av kadmium og arsen i reker fra Barentshavet er høyere enn i reker fra både Norskehavet og Nordsjøen. Gjennomsnittlig kvikksølvnivå var i 2018-2020 mye lavere enn i reker fra Nordsjøen, men høyere enn i reker fra Norskehavet. Motsatt er nivået av sink i reker fra Barentshavet på nivå med Nordsjøen, men lavere enn Norskehavet. Nivået av kobber i

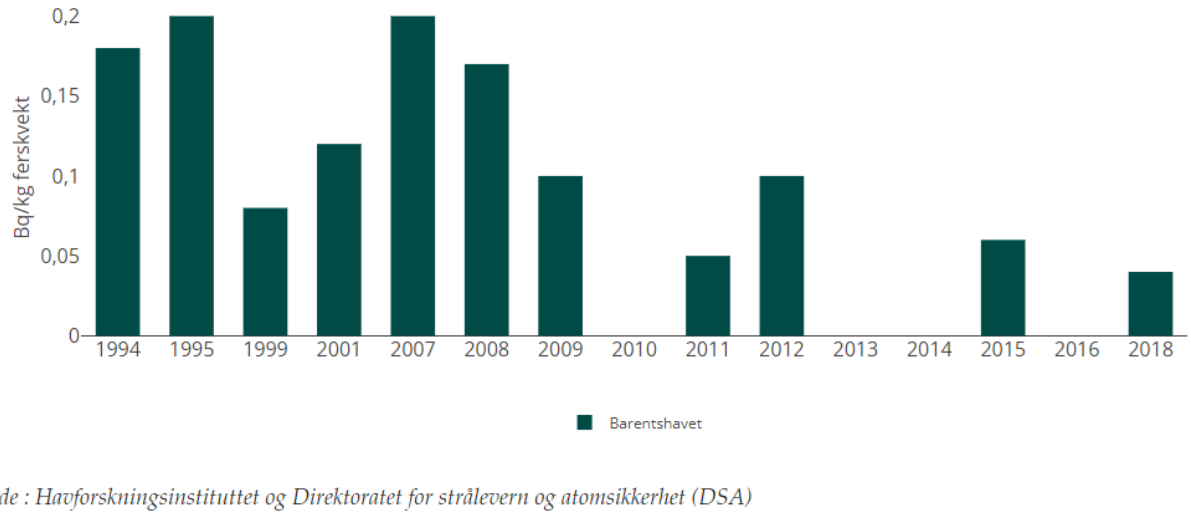
reker er betydelig lavere i Barentshavet enn i begge de andre havområdene.

Siden reker inneholder relativt lite fett (rundt 2-5g/100 g), er nivået av fettløselige organiske miljøgifter forholdsvis lavt. Nivået er høyere i hele reker enn i pillede reker. Gjennomsnittskonsentrasjonene i 2018-2020 av persistente organiske miljøgifter som dioksiner og dioksinlignende PCB, ikke-dioksinlignende PCB, DDT og PBDE var lavere i reker fra Barentshavet enn i reker fra både Nordsjøen og Norskehavet. Motsatt var nivåene av andre organiske miljøgifter, de klorerte plantevernmidlene dieldrin, HCB og trans-nonaklor, høyere i reker fra Barentshavet enn i reker fra de andre havområdene. For mange plantevernmidler er nivåene så lave at de ikke lar seg måle (<LOQ).

Av PFAS-forbindelser var det målbare nivåer av PFOS i hele reker i 2018–2020, med 1,0 µg/kg våtvekt som høyeste målte verdi. Nivået av PFOS var lavere i reker fra Barentshavet enn i reker fra de andre havområdene.

Av de målte PAH-forbindelsene var det flere med målbare resultat for en eller flere prøver av hele reker i 2018–2020. Forbindelsen med høyest konsentrasjon var krysen med opp til 1,71 µg/kg våtvekt i 2020. Nivået av krysen i reker i Barentshavet var på samme nivå som i Nordsjøen og høyere enn i Norskehavet.

Det er lave nivåer av radioaktiv forurensning i reker fra Barentshavet. Nivåene av cesium-137 i reker er i stor grad lavere enn tidligere observert (Figur 3).



Figur 3. Konsentrasjonen (Bq/kg ferskvekt) av cesium-137 i hele reker fra Barentshavet i perioden 1994 til 2018. Fra miljostatus.no.

Reker prøvetas i ulike deler av Barentshavet fra år til år, med samleprøver fra rundt tre posisjoner årlig. Det er et relativt lavt antall prøver hvert år, men fordi prøvetakingssted varierer representerer indikatoren en stor del av forvaltningsplanområdet. Fordi forurensning i reker overvåkes i alle havområdene Nordsjøen og Skagerrak, Norskehavet og Barentshavet gir dette et godt sammenligningsgrunnlag, slik at indikatoren er bra egnet til å vurdere det relative forurensningsnivået i Barentshavet.

Nivåene av miljøgifter i reker er stort sett stabile, bortsett fra nivået av PBDE, som har avtatt noe i perioden overvåkingen har foregått, fra 2008 og utover.

Kokte, pillede reker (muskel) har konsentrasjoner langt under grenseverdiene for mattrygghet for de stoffene

der grenseverdier finnes (kvikksølv, bly, kadmium, sum dioksiner, sum dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6). Reker er populær mat som det fiskes mye av i Barentshavet, og fordi nivåene av enkelte stoffer endres ved pilling, er nivåene i kokte og pillede reker særlig egnet til å overvåke mattrygghet. Reker som analyseres hele med skall og innvoller har mye høyere kadmiumkonsentrasjoner enn pillede, med gjennomsnitt opp mot grenseverdien for mattrygghet på 0,5 mg/kg våtvekt.

Gjennomsnittlig kvikksølvnivå i hele reker har vært like under miljøkvalitetsstandarden på 0,02 mg/kg våtvekt de siste årene, mens i 2010, 2013 og 2015 var gjennomsnittsnivåene litt høyere enn miljøkvalitetsstandarden. Nivåene av PCB7 og PBDE6 i hele reker er gjennomgående over miljøkvalitetsstandardene satt for biota, mens dioksiner og dioksinlignende PCB, DDT, HCB, PFOS, PFOA og PAH (benzo(a)pyren) er under de respektive miljøkvalitetsstandardene. Siden det er kokte reker som analyseres, er ikke nivåene som vi måler i reker 100 % representative for det som overføres i næringskjeden, avhengig av hvordan nivåene av de ulike stoffene påvirkes av koking. De fleste stoffene som overvåkes er imidlertid persistente og derfor sterkt bundet, og det totale innholdet i hele reker vil derfor stort sett være det samme før og etter koking.

Lenke til indikatoren: Forurensning i reker i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.7 - Forurensning i lodde i Barentshavet

Siden lodde bare finnes i Barentshavet har vi ikke noe referansenivå for naturlig forekommende stoffer. Nivået av miljøgifter i lodde er på nivå med eller noe høyere enn i polartorsk, som også er en liten planktonspisende fisk i midten av næringskjeden. Stoffer som kun er menneskeskapte, slik som PCB, PBDE, PFAS og ulike plantevernmidler, finnes i lave, men målbare nivåer i lodde. Nivåene av cesium-137 i lodde er lave.

Nivåene av tungmetaller i lodde er relativt stabile, men de gjennomsnittlige kvikksølvnivåene i perioden fra 2015 og fremover var noe lavere enn tidligere. Nivåene av PCB7 og PBDE har avtatt i perioden overvåkingen har foregått, fra 2007 og fremover. For PCB har nivåene vært lavere fra 2017 og fremover enn tidligere, mens for PBDE har det vært nedgang fra rundt 2010. For cis-klordan har nivåene i lodde fra og med 2014 vært lavere enn tidligere.

Barentshavslodde benyttes ikke som mat for mennesker. Lodde fiskes ved god bestand til industriell bruk som råvare til fiskefôr. Nivåene av målte miljøgifter ligger under de grenseverdiene som gjelder for råvarer til fiskefôr, og skal derfor ikke ha negativ effekt på oppdrettsfisken, mennesker som spiser oppdrettsfisken eller miljøet rundt.

Kvikksølvnivået i lodde er godt under miljøkvalitetsstandarden på 0,02 mg/kg våtvekt. Nivåene av PBDE6 i lodde er gjennomgående over miljøkvalitetsstandarden som er på bare 0,0085 µg/kg, mens PCB7 fra 2017 og fremover har vært like over eller under miljøkvalitetsstandarden på 0,6 µg/kg. I 2020 var gjennomsnittskonsentrasjonen av PCB7 i lodde over miljøkvalitetsstandarden, med 1,2 µg/kg våtvekt. De målte nivåene er ikke forventet å gi noen direkte effekter på lodde, men siden lodde er et viktig bytte for annen fisk i Barentshavet, vil man forvente høyere nivåer av noen av de fettbundne miljøgiftene i arter som er høyere i næringskjeden, på grunn av biomagnifisering.

Lenke til indikatoren: Forurensning i lodde i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

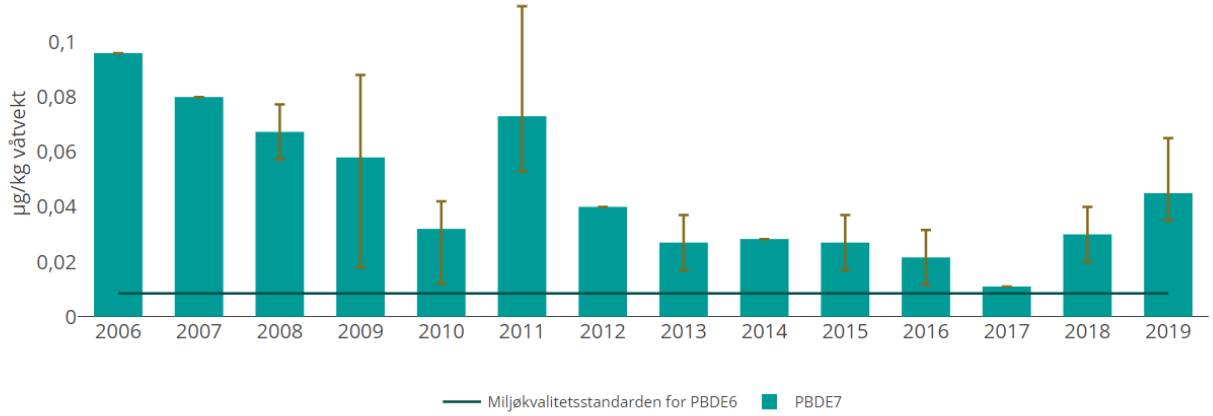
2.2.8 - Forurensning i polartorsk i Barentshavet

Siden polartorsk bare finnes i Barentshavet har vi ikke noe referansenivå å sammenligne med, men nivåene av de fleste stoffer er litt lavere i polartorsk enn i lodde. Noen stoffer er kun menneskeskapte, slik som PCB, PBDE, PFAS og ulike plantevernmidler. Det at disse finnes i målbare nivåer i polartorsk i Barentshavet, viser tydelig at havområdet er påvirket av menneskelig forurensning. Nivåene av radioaktiv forurensning i polartorsk er lave.

Nivåene av tungmetaller i polartorsk er relativt stabile, men de gjennomsnittlige kvikksølvnivåene i perioden fra 2015 og fremover var noe lavere enn tidligere. Nivåene av PCB7 og PBDE har avtatt i perioden overvåkingen har foregått, fra 2006 og fremover. Noe av nedgangen skyldes trolig at prøvene har blitt tatt lenger nord i Barentshavet de siste årene. Nivået av HCB i polartorsk var betydelig høyere i 2017 og 2018 enn tidligere år, og årsaken til dette er ikke kjent.

Nivåene av de miljøgiftene som det er satt grenseverdier for mattrygghet for, var godt under disse grenseverdiene. Dette er i liten grad relevant siden polartorsk ikke utnyttes kommersielt, hverken på norsk eller russisk side.

Kvikksølvnivået i polartorsk er godt under miljøkvalitetsstandarden på 0,02 mg/kg våtvekt. Nivåene av PBDE6 i lodde er gjennomgående over miljøkvalitetsstandarden som er på bare 0,0085 µg/kg (Figur 4), mens PCB7 fra 2017 og fremover har vært under eller lik miljøkvalitetsstandarden på 0,6 µg/kg. Polartorsk er en viktig art i økosystemet i den isdekte delen av Barentshavet, og er viktig mat for mange arter høyere i næringskjeden. Selv om nivåene av miljøgifter i polartorsk ikke forventes å påvirke polartorsken, kan biomagnifisering medføre at arter på toppen av næringskjeden får høye konsentrasjoner med potensielt negative effekter.



Kilde : Havforskningsinstituttet

Figur 4. Konsentrasjon av PBDE i målt i samleprøver av hel polartorsk hvert år fra 2006 til 2019. Gjennomsnitt, minste og største verdi er vist. Fra miljostatus.no.

Lenke til indikatoren: Forurensning i polartorsk i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.9 - Forurensning i torsk i Barentshavet

I Barentshavet overvåkes miljøgifter i torsk både fra kysten (MILKYS, NIVA) og ute i åpent hav (HI). Kvikksølv i filet og organiske miljøgifter i lever av torsk er gode indikatorer på forurensningsnivå. Siden det er etablert en PROREF (se kapittel 1.2.1) som fungerer som referanseverdi for torsk fra kysten, samt at det finnes gode data på miljøgifter i torsk fra mange områder både i åpent hav, langs kysten og i fjordene (bl.a. basisundersøkelse Julshamn m.fl. 2013a-d og lange tidsserier fra mange stasjoner) er indikatoren godt egnet til å vurdere forurensningsnivå i de områdene der prøvene tas.

Nordøstarktisk torsk i Barentshavet har lavere konsentrasjoner av de fleste stoffer enn torsk i Norskehavet og Nordsjøen. Nivåene er også under PROREF for de fleste stoffer der en slik referanseverdi er satt. Unntakene er

kadmium og HCB, der nivåene i lever av torsk er over PROREF og høyere i Barentshavet enn i havområdene lenger sør.

Miljøgifter i nordøstarktisk torsk har vært analysert siden 1990-tallet, med faste årlige prøver siden 2006, så tidsserien er forholdsvis god. Nivået av kvikksølv i filet av torsk er stabilt rundt 0,03-0,04 mg/kg våtvekt. Kadmiumnivået i torskelever ser ut til å øke nord og øst i Barentshavet. Nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB7 og PBDE i torskelever viser en svakt nedadgående trend. Nivået av DDT har avtatt siden 1990-tallet, mens nivået av HCB er stabilt.

Nivåene av cesium-137 i torsk har hatt en nedadgående trend, og det har vært en generell nedgang i nivåene av radioaktiv forurensning i det marine miljø siden tidlig på 1990-tallet.

Nordøstarktisk torsk er en av Norges viktigste kommersielle fiskebestander, og nivåene av miljøgifter i filet av torsk er av stor betydning for mattrygghet. Alle miljøgifter er godt under grenseverdier for mattrygghet som gjelder den magre fileten. Egne og høyere grenseverdier er satt for organiske miljøgifter i lever, som spises i mindre grad enn filet. Fra 2017 og utover har ingen leverprøver av torsk fra Barentshavet hatt nivåer av dioksiner og dioksinlignende PCB eller PCB6 over grenseverdiene på henholdsvis 20 ng TE/kg og 200 µg/kg som gjelder disse stoffene i fiskelever.

Torsk er en toppredator med naturlig høyere konsentrasjoner av mange miljøgifter enn arter lavere i næringskjeden, og miljøgiftene i torsk vil i liten grad føres oppover i næringskjeden. Nivåene av miljøgifter i torsk sammenlignet med miljøkvalitetsstandardene for ulike stoffer er vist i tabell 4.

Lenke til indikatoren: Forurensning i torsk i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.10 - Forurensning i polarlomvi i Barentshavet

Det er ikke oppdaterte data for forurensning i polarlomvi (*Uria lomvia*) siden 2014, og vi henviser til tidligere statusrapport fra 2017 for status og trend for miljøgifter i polarlomvi (Arneberg og Jelmert 2017).

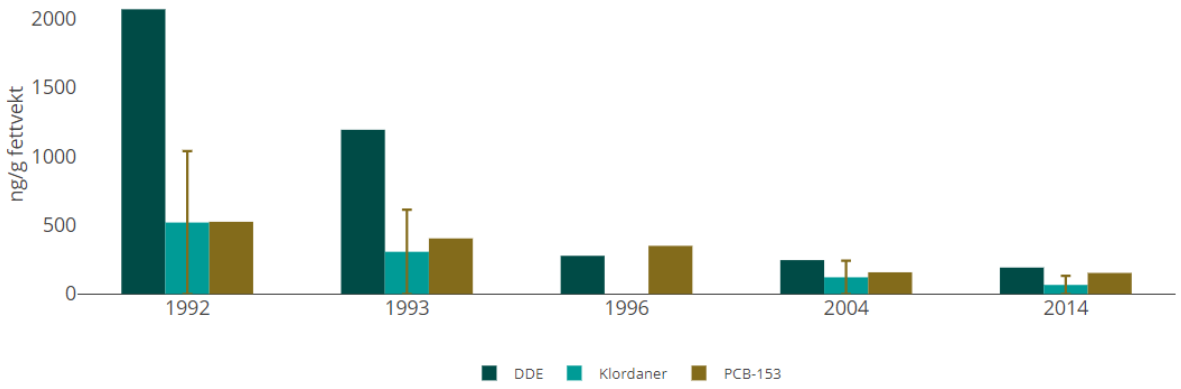
Basert på statusrapporten for 2017, har konsentrasjoner av PCB, klororganiske plantevernmidler (DDT/DDE, oksyklordan, HCH og toksafener), bromerte flammehemmere (BDE-47) og tungmetallet kvikksølv blitt lavere i perioden 1993-2014. HCB og PFOS viste ingen klare trender i den samme perioden.

Det er imidlertid ikke grunn til å anta at de konsentrasjonene vi i dag finner av organiske miljøgifter og kvikksølv i polarlomvi skal ha negative effekter på helse eller reproduksjon.

Lenke til indikatoren: Forurensning i polarlomvi i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.11 - Forurensning i ringsel i Barentshavet

Miljøgiftbelastingen i ringsel (*Pusa hispida*) i Barentshavet er dominert av fettløselige organiske miljøgifter, deres nedbrytningsprodukter (metabolitter) og perfluorerte forbindelser. Nivåer av PCB, klorerte plantevernmidler og PFAS hos ringsel er lave i forhold til isbjørn. Det er avdekket moderate nivåer av miljøgifter i ringsel fra Svalbard. Nivåene av PCB, plantevernmidler og bromerte flammehemmere er betydelig lavere i ringsel fra Svalbard enn i ringsel fra Østersjøen (Routti et al. 2008, 2009 a,b), og ligner nivåer målt i ringsel fra Canada (Houde et al. 2019).



Kilde : Norsk Polarinstitutt

FIgur 5. Konsentrasjoner (ng/g fettvekt) av DDE, klordaner og PCB-153 i spekk av ringsel mellom 1992 og 2014. Fra miljostatus.no.

Tidstrender av miljøgifter hos ringsel er basert på innsamling av prøver med 3-10 års mellomrom. Prøvemateriale består av hanner, hunner og ungdyr som har vært samlet fra vestsiden av Spitsbergen. Konsentrasjonene av fettløselige organiske miljøgifter (PCB-153, DDE, klordaner) gikk ned 6-8 prosent per år mellom 1992 og 2014 (Figur 5). Nivåene av HCB, α-HCH og toksafener i ringsel fra Svalbard viste også en nedgang i denne perioden. Den årlige nedgangen var på mellom 6 og 11 prosent. Nivåene av PBDE-47 viste ingen nedadgående trend hos ringsel fra Svalbard fra 2004 til 2014, mens nivåene av PFOS varierte i perioden 1990-2010, men uten noen signifikant trend. De høyeste PFOS-nivåene ble målt i 2004, og i 2010 var nivåene halvert.

Det er ikke satt grenseverdier for mattrygghet som gjelder for sjøpattedyr som mat.

Studier viser at terskelgrense for nivåer av miljøgifter hvor endringer i genuttrykk kan oppstå er svært lave hos ringsel (Brown m.fl. 2014). Likevel er nivåer av miljøgifter i ringsel fra Svalbard betydelig lavere sammenlignet med terskelgrenser for skadelige effekter av miljøgifter definert av AMAP (AMAP, 2018).

Lenke til indikatoren: Forurensning i ringsel i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.12 - Forurensning i isbjørn i Barentshavet

Miljøgiftbelastningen i isbjørn (*Ursus maritimus*) i Barentshavet er dominert av fettløselige organiske miljøgifter (PCBer og klorete plantevernemidler), deres nedbrytningsprodukter (metabolitter) og perfluorerte forbindelser. Isbjørn er utsatt for høye nivåer av miljøgifter som er tungt nedbrytbare og øker i konsentrasjon oppover i næringskjeden. Isbjørnunger har vist seg å ha over dobbelt så høye nivåer av fettløselige miljøgifter sammenlignet med isbjørnbinner på grunn av overføring av miljøgifter via melk. Konsentrasjonene av de forskjellige miljøgiftene varierer mellom de ulike isbjørnpopulasjonene i Arktis (Routti m.fl. 2019a,b). Isbjørn fra Barentshavet viser høyere nivåer av perfluorerte stoffer enn isbjørn fra øst-Grønland eller Canada. Nivåer av PCBer og klorerte plantevernmidler i isbjørn er i noen områder høyere og i andre områder lavere sammenlignet med Barentshavet. Nivåer av kvikksølv er generelt lave i isbjørn fra Barentshavet sammenlignet med isbjørn fra andre områder. Nivåer av nye miljøgifter som ftalater, ftalatmetabolitter og nye bromerte forbindelser er generelt lave hos isbjørn (Routti m.fl. 2021).

Isbjørnmor med årsgammel unge på isen på Svalbard. Foto: Julio Alberto Erices/ HI

Pelagisk isbjørn fra Barentshavet, som følger isen mot øst når isen rundt Svalbard smelter på sommeren, har høyere inntak av organiske miljøgifter sammenlignet med kystisbjørn som blir ved Svalbard gjennom hele året (Blévin m.fl. 2020). Det er flere årsaker til disse forskjellene. For eksempel spiser pelagisk isbjørn en høyere andel marine byttedyr, og på et høyere trofisk nivå enn kystisbjørnene. De har også høyere energikrav og dermed et høyere inntak av byttedyr. I tillegg spiser pelagisk isbjørn en høyere andel byttedyr som de fanger i den marginale issonen og byttedyr som ligger nærmere forurensende utslippskilder/transportveier. Til tross for høyere energiforbruk var pelagisk isbjørn fetere sammenlignet med kystbjørnene (Blanchet m.fl. 2020). Dette skyldes mest sannsynlig høyt inntak av sel gjennom hele året. Selv om inntaket av miljøgifter er høyere hos pelagisk isbjørn enn hos kystisbjørn, har de like konsentrasjoner av fettløselige miljøgifter (Tartu m.fl. 2018). Dette er fordi pelagiske individer har en større mengde fett hvor fettløselige forbindelser lagres.

Tidstrender av miljøgifter hos isbjørn er basert på mellom 8 og 33 prøver per år samlet inn fra voksne binner på Svalbard. Trendstudiene inneholder også prøver fra samme individer over flere år, og dette er tatt hensyn til i de statistiske analysene. Prøver brukt for tidsseriene er hovedsakelig prøver fra kystisbjørn som blir ved Svalbard gjennom hele året. Konsentrasjonene av PCBer, β-HCH, p,p'-DDE og oksyklordan har avtatt siden begynnelsen av 1990-tallet (Lippold m.fl. 2019). Nivåene av PBDE-47 har hatt en gjennomsnittlig årlig nedgang på 3 % i perioden 1997-2017. Nivået av PFOS avtok med 14 % per år i perioden 2003-2009, men har vært stabilt siden. I motsetning til dette økte nivåene av perfluorkarboksylater med rundt to prosent per år i perioden 2000-2014. I motsetning til de organiske miljøgiftene økte kvikksølvnivåene i perioden 1995-2016, spesielt i den siste halvdelen av studieperioden. Isbjørnens diett har endret seg over tid; de spiser mindre av marine byttedyr høyt oppe i næringskjeden i dag enn før. Disse endringene påvirket ikke de observerte tidstrendene for organiske miljøgifter i isbjørn (Lippold m.fl. 2019, 2020; Routti m.fl. 2017).

Fra studier av isbjørn i Barentshavet er det rapportert en sammenheng mellom konsentrasjoner av miljøgifter og helseindikatorer som signaliserer en potensiell forstyrrelse av fettmetabolismen. Disse helseindikatorene inkluderer konsentrasjoner av skjoldbruskhormoner, gener som er involvert i fettmetabolismen og kliniske parametere (for eksempel kolesterol, triglyserider) (Bourgeon m.fl. 2017; Tartu m.fl. 2017a). Endringer i funksjon av gener som er involvert i energimetabolisme har også vært relatert til høye nivåer av miljøgifter hos isbjørnunger fra Barentshavet (Herst m.fl. 2020).

Eksperimentelle effektstudier har vist at miljøgiftbelastningen også har evne til å forstyrre fettlagrings- og

fettforbrenningsprosesser hos isbjørn samt aktiviteten av viktige molekylær i hjernen, immunforsvaret og hormoner som er viktige for utviklingsprosesser og energimetabolisme (Desforges m.fl. 2017; Krey m.fl. 2014; Routti m.fl. 2016, 2019b). Perioder med sult og tæring på kroppsfettet er naturlig for isbjørnen, men kan være kritisk fordi miljøgifter som er lagret i fettvevet blir mer konsentrert (i fett) og frigjøres til blodet når fett forbrennes (Tartu m.fl. 2017b). Miljøgiftene blir da tilgjengelige og tas opp i organer som lever og hjerne.

Sammenligning av nivåer av miljøgifter hos isbjørn med terskelgrenser for effekter hos andre dyr indikerer at helsen hos isbjørn fra Barentshavet kan være påvirket av miljøgifter (Dietz m.fl. 2015). Nivåer av miljøgifter i isbjørn fra Barentshavet er derimot lavere sammenlignet med konservative grenseverdier for skadelige helse-effekter av miljøgifter definert av AMAP (AMAP, 2018). De motstridende resultatene viser at det er svært utfordrende å definere en grenseverdi for effekter av miljøgifter hos isbjørn.

Lenke til indikatoren: Forurensning i isbjørn i Barentshavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

2.2.13 - Annen kunnskap om nivåer av miljøgifter i Barentshavet

2.2.13.1 - Miljøgifter i sjøfugl

Nivåer av miljøgifter i ulike sjøfuglarter fra Barentshavet viser stor variasjon mellom artene og mellom år. Årsvariasjon kan også henge sammen med temperaturvariasjon (Bustnes m.fl. 2012). Ikke minst arter som er åtseletere og utnytter rester av marine pattedyr, som for eksempel polarmåker (*Larus hyperboreus*), svartbak (*L. marinus*) og ismåker (*Pagophila eburnea*), har høyere nivåer av miljøgifter sammenlignet med krykkje (*Rissa tridactyla*) og alkefugler som spiser mest fisk av lavere trofiske nivåer. I en nylig analyse om kvikksølv i sjøfuglarter i hele Arktis, skilte måker seg også ut som gruppen av sjøfugler med høyest forurensningsnivå (Albert m.fl. 2019). Derimot viste polarlomvi fra Isfjorden (Svalbard) gjennomsnittlige kvikksølvnivåer som var over terskelen som antas som skadelig for helse og reproduksjon (Albert m.fl. 2021). Polarmåker fra Bjørnøya viser særlig høye nivåer av miljøgifter (Neumann m.fl. 2021 upublisert). Nivåer av PCB og klorerte plantervernmidler er 2-4 ganger høyere, og PFAS >25 ganger høyere hos polarmåker fra Bjørnøya enn hos polarmåker fra Kongsfjorden. PFAS nivåer har gått ned i polarmåker fra Bjørnøya i perioden 2010-2019. I samme perioden har HCB nivåene økt mens for PCB-nivåene var det en nedgående, ikke signifikant tendens (Neumann m.fl., upublisert). De høye nivåene av miljøgifter hos polarmåker og svartbak på Bjørnøya svekker antakelig fuglenes helse, reproduksjon og fuglenes overlevelse (Erikstad m.fl. 2013; Bustnes m.fl. 2015).

Mange sjøfuglarter er utsatt for plastforurensing gjennom plastinntak, og dette gjelder også arter som forekommer i Barentshavet som krykkje, alkekonge (*Alle alle*), toppskarv (*Phalacrocorax aristotelis*) og havhest (*Fulmarus glacialis*) (Baak m.fl. 2020; O'Hanlon m.fl. 2017; Dehnhard m.fl. 2019). Blant sjøfuglene som hekker rundt Nord-Atlanteren og i Arktis er havhest den arten som oftest spiser plast. Hovedårsaken er at havhestene alltid beiter på eller like under havoverflaten og ikke er særlig kresne. Havhest er derfor spesielt utsatt for å få i seg plast som flyter i overflaten. Mengde plast i havhestmager er derfor vurdert å være en rimelig representativ indikator for omfanget av havforsøpling, og arten blir brukt som indikatorart for overvåkingen til Oslo-Paris konvensjonen (OSPAR). OSPARs mål er at mindre enn 10 prosent av havhestene skal inneholde mer enn 0,1 g plast, et nivå som korresponderer med mengden av plast i havhester i den kanadiske del av Arktis, et miljø som er nesten uberørt av plastforurensning (van Franeker m.fl. 2021).

Av havhest samlet fra Svalbard i 2013 hadde 88 % plast i magesekken og hos 23 % oversteg mengden av plast grenseverdien på 0,1 g plast satt av OSPAR (Trevail m.fl. 2015). Blant havhest som ble tatt som bifangst i 2012 og 2013 i nordlige Norskehavet og i Barentshavet hadde 35 % mer enn 0,1 g plast i magen (Herzke m.fl. 2016). Flere bifangstfugler fra samme områder som ble tatt i 2017 og 2018 viste et sammenliknbart nivå av forurensing (Dehnhard m.fl. 2021). Det bør bemerkes at påvirkning av 0,1 g plast i magen til havhest og eventuelle effekter på fuglenes helse ikke er kjent, men sannsynligvis avhenger av type og form på plasten.

Plastbiter i magen kan påvirke helsen negativt og være dødelig, for eksempel hvis mage eller tarm blir blokkert. I tillegg kan plastbiter inneholde miljøgifter som lekker ut og overføres til blodet. Havhest med høyt innhold av plast i magen har vært påvist å ha høyere nivåer av BDE209 i lever (Neumann m.fl. 2021), mens denne sammenhengen gjelder ikke for andre persistente organiske miljøgifter (POPs; Herzke m.fl. 2017).

Overordnet mangler vi dessverre kvantitativ kunnskap om hvor mange individer som er negativt påvirket og hva slags effekter plastinntaket har for sjøfuglenes bestandsutvikling (Dehnhard m. fl. 2019).

2.2.13.2 - Flere undersøkelser av miljøgifter i sjøpattedyr

Nivåer av miljøgifter har vært studert i en flere arter av marine sjøpattedyr fra Svalbard/Barentshavet og Nord Norge. Generelt, viser fettløselige POPs stor variasjon hos hvalross (*Odobenus rosmarus*), og sammenlignet med tidligere studier har nivåene gått nedover i løpet av de siste tiårene (Scotter m.fl. 2019). POPs-nivåer hos hvalross er høyere enn hos ringsel og steinkobbe (*Phoca vitulina*), men noe lavere enn hos isbjørn (Scotter m.fl. 2019). En studie som sammenligner PFAS-nivåer i prøver av hvithval samlet i 2013-2014 og 1996-2001 viser at nivåene av perfluorooktan sulfonat (PFOS) var lavere i den siste perioden mens flere perfluoralkyl karboksylater (PFCAs) derimot var høyere i den siste perioden. Blant marine sjøpattedyr fra Barentshavet er PFAS-nivåene generelt høyest hos isbjørn fulgt av sel, hvithval (*Delphinapterus leucas*) og hvalross (Villanger m.fl. 2020).

Nivåene av miljøgifter i finnhval (*Balaenoptera physalus*) og blåhval (*B. musculus*) fra Svalbard var generelt lavere enn hos artsfrender fra Middelhavet eller Gulf of California, men høyere enn hva som er rapportert fra Antarktis (Tartu m.fl. 2020). Nivåer av miljøgifter i hval ligner på nivåer i ringsel og er lavere enn hos isbjørn, men sammensetning varierer. Hval har nye miljøgifter som vi ikke finner hos isbjørn, fordi hval har dårligere evne enn isbjørn til å bryte ned miljøgifter. Plastmykneren DEHP er funnet i blå- og finnhvalspekk i like høye nivåer som andre kjente miljøgifter som PCB og organiske plantevernmidler (Routti m.fl. 2021). DEHP kan forstyrre funksjonen til hormonreseptorer, men da i høyere nivåer enn de som ble målt i hval- og isbjørnprøver fra norsk Arktis.

Tannhvaler (for eksempel spekkhoggere, delfiner, niser og spermhvaler) kan generelt forventes å ha høyere miljøgiftnivåer enn bardehvaler og sel, da de er høyere plassert i næringskjeden og dårligere til å nedbryte miljøgifter. Spekkhoggere langs kysten utenfor Nord-Norge er vist å ha PCB-nivåer som er mye høyere enn hos noen annen sjøpattedyrart i Barentshavområdet (Wolkers m.fl. 2009, Andvik m.fl. 2020). Nivåene hos spekkhoggere som spiser sel, er særlig høye og antas å medføre høy risiko for helseskadelige effekter (Andvik m.fl. 2020).

2.3 - Menneskelig påvirkning i Barentshavet

Der er i dag ingen indikatorer som beskriver hvordan menneskelig aktivitet i Barentshavet påvirker forurensningssituasjonen i området.

2.3.1 - Annen kunnskap om menneskelig påvirkning

Faglig forum ga i 2019 ut rapporten «Samlet påvirkning og miljøkonsekvenser - faggrunnlag for revisjon av forvaltningsplanen for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten» (Faglig forum, 2019). Her ble det gitt en grundig oppsummering av aktiviteter som påvirker miljøet i Barentshavet, og vi vil ikke gjenta dette her. En oppsummering av næringsaktivitet og påvirkning er også gitt i en rapport fra 2018 (Faglig forum, 2018). Aktiviteter som forventes å kunne bidra til forurensning i dette området er fiskeri, skipsfart, petroleumsvirksomhet og dumpet ammunisjon. Hoveddelen av tilførslene av miljøgifter og andre forurensende stoffer til Barentshavet skyldes imidlertid påvirkning fra områder utenfor forvaltningsplanområdet, i hovedsak langtransportert forurensning via luft (Green m.fl. 2013).

I statusrapporten fra Overvåkingsgruppen fra 2019 (Arneberg m.fl., 2019) var marin forsøpling spesialtema, og her ble det gitt en god oversikt over kilder til forsøpling i de ulike havområdene. Blant annet ble det vist til at fiskerirelatert søppel, deriblant tapte fiskeredskaper, er en viktig kilde til forsøpling i Barentshavet. Modelleringer som viser hvor det er størst sannsynlighet at strandet søppel kommer fra (tilbakesporingsmodeller) viser også at det meste av flytende søppel stammer fra de nære havområdene (Strand m.fl. 2021).

3 - Norskehavet

3.1 - Tilførsler av forurensende stoffer til Norskehavet

3.1.1 - Lufttilførsler av miljøgifter til Norskehavet

Tilførsler av miljøgifter og annen forurensning til Norskehavet skjer via luft- og havstrømmer, utstrømmende vann fra elvemunninger og avrenning fra land. Luft- og havstrømmer står for hovedmengden av tilførslene. Måleprogrammet for tungmetaller og organiske miljøgifter i luft på Andøya (69°16' N 16°00' Ø) startet opp i 2010. Konsentrasjonen av de fleste tungmetaller i luft er to til tre ganger lavere på Andøya enn på Birkenes på Sørlandet. Nivåene av kvikksølv på Andøya er sammenlignbare med nivåene på Birkenes og Zeppelin.

Enkelte organiske miljøgifter måles i lavere nivåer på Andøya enn på Svalbard. Det gjelder for eksempel plantevernmiddelet HCB og for PCB og bromerte flammehemmere (PBDE) i perioden de ble målt på Andøya (2009-2016). For perfluorerte stoffer (PFAS-er) er nivåene like høye på Andøya som på Svalbard, men noe lavere enn på Birkenes. Tilsvarende ble også observert for plantevernmidlene HCH og DDT i perioden de ble målt (2009-2016).

Det er minkende nivåer av både kadmium, bly og kvikksølv i lufta på Andøya, noe som for øvrig også observeres på målestasjon i sør (Birkenes) og i nord (Svalbard), og andre avsidesliggende målestasjoner i Nord-Europa og Nord-Amerika, f.eks. Mace Head i Irland og Alert i Canada.

Vi kjenner ikke til hvorfor HCB-, PCB- og PBDE-nivåene på Andøya er lavere enn på Svalbard, men det er kjent at relativt flyktige miljøgifter, som plantevernmiddelet HCB, transporteres lett til Arktis. HCB-nivåene er også høyere ved Birkenes målestasjon enn på Andøya. Dette kan skyldes at Birkenes ligger nærmere eventuelle utslippskilder i Europa. For HCB ses ingen endring av nivåene i luft på Andøya siden starten i 2009. Heller ikke for PCB, HCH, DDT eller PBDE ses noen tydelig trend i perioden 2009-2016. For PFOA derimot, vises en svak nedadgående trend, i samsvar med nedganger som ses på Zeppelin og Birkenes. De siste seks årene har imidlertid nivået stabilisert seg.

Lenke til indikatoren: Lufttilførsler av miljøgifter til Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.1.2 - Tilførsel av forurensninger fra elver og kystnære landområder til Norskehavet

Indikatoren "Tilførsel av forurensninger fra elver og kystnære landområder til Norskehavet" viser tilførsler fra land til kystsonen fra elver, akvakultur, jordbruk, befolkning, og industri. Beregninger av årlige tilførsler til kystsonen viser at bly generelt har hatt en nedadgående trend siden siste halvdel av 1990-tallet og en utflating siden 2015. Tilførslene av tungmetallet kobber viste tegn til stabilisering for omlag ti år siden, men har økt igjen siden 2013. Tilførsler via elvene og direkte utslipp av fosfor og nitrogen har økt mye, og viser en tilnærmet dobling i løpet av de to siste tiårene. Økningen i tilførsel av fosfor, nitrogen og kobber skyldes i hovedsak økte utslipp fra akvakulturnæringen. Det er imidlertid uklart hvor mye av disse utslippene som transporteres fra kystsonen og inn i selve forvaltningsplanområdet.

Lenke til indikatoren: Tilførsel av forurensninger fra elver og kystnære landområder til Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.1.3 - Annen kunnskap om tilførsler av forurensning til Norskehavet

I prosjektet Tilførselsprogrammet, som pågikk i perioden 2009 til og med 2012, var formålet å beregne tilførsler av miljøgifter til norske havområder fra ulike kilder ved hjelp av modeller og målinger i biota, sedimenter og vann. Rapporten som omhandlet Norskehavet kom i 2012 (Green m.fl. 2012). Her ble det konkludert med at det

er relativ liten tilførsel av miljøfarlige stoffer til forvaltningsplanområdet Norskehavet, noe som skyldes de store havvolumene i Norskehavet. Tilførslene via luften dominerer for de fleste miljøgifter. Bidrag fra havbunnen er dominerende for bly og krom i Norskehavet (64-67°N) utenfor kyststrømmen. For olje (THC) var tilførsel fra skip hovedbidraget. For de radioaktive stoffene strontium-90 og plutonium-239+240 var hovedkildene utstrømmende vann fra Kattegat og atmosfærisk nedfall.

3.2 - Nivåer av forurensende stoffer i Norskehavet

3.2.1 - Forurensning i sedimenter i Norskehavet

Målinger av hydrokarboner (THC, PAH) i sedimenter utført gjennom MAREANO-programmet i 2006–2020 viste lave nivåer på sokkelen og kontinentalskråningen i Norskehavet (Miljødirektoratets Klasse I, «bakgrunn», eller Klasse II, «god tilstand», for PAH16). Nivåene er mye lavere enn det som er funnet i Svalbard-området, se seksjon 2.2.

Persistente organiske miljøgifter (POPs) som bromerte flammehemmere (PBDE), PCB og klorerte pesticider, alkylfenoler og nye organiske miljøgifter (PFAS, dekloraner, siloksaner, fosfororganiske flammehemmere og klorparafiner) undersøkes i sedimenter i Norskehavet under MAREANO-programmet. Nivåene som er målt er som regel meget lave, like over eller under målegrensene, og ligger dermed nesten alle i Klasse II. For enkelte forbindelser, som γ-HCH og PFOS, finnes det noen lokaliteter hvor nivåene kommer rett over grensen til klasse III, «moderat forurenset». Det er funnet en del forurensning med PBDE i fjordene rundt Ålesund, som er kjent fra før (SFT 2008), men denne har ikke spredt seg til åpent hav. PBDE-forurensningen ved Ålesund ble undersøkt på nytt av «Marine Grunnkart i Kystsonen»-prosjektet i 2020, og det ble funnet litt lavere nivåer i samme området enn før, men fortsatt høyere enn i åpent hav (Knies m.fl. 2021; SFT 2008).

Multicorer, med kjerneprøver av sediment. Foto: Beate Hoddevik/Havforskningsinstituttet

Analyser av metaller (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) i MAREANO-programmet viser at det generelt er lave nivåer på sokkelen og skråningen i Norskehavet, svarende til Klasse I («bakgrunn») og II («god tilstand»). Nivåene er lavere enn i Barentshavet, og sannsynligvis skyldes forskjellene forskjeller i naturlig bakgrunnsnivå knyttet til geologi.

Studier av hydrokarboninnhold i sedimentkjerner har påvist økte nivåer av forbrenningsrelaterte PAH i øverste sedimentlag avsatt de siste ca. 150 årene mange steder. Dette kommer enda mer tydelig fram i Norskehavet enn i Barentshavet, se seksjon 2.2. Det er imidlertid observert nedgang i nivåene i de nyeste sedimentlagene flere steder, sannsynligvis knyttet til redusert bruk av kull de siste tiårene. POPs måles ikke i sedimentkjerner og man kan dermed ikke si noe om tidstrender. Måling av metaller i sedimentkjerner viser at nivåene av bly og kvikksølv øker opp mot nyere tid. Denne økningen har skjedd de siste 100 – 150 år. For bly sin del ses en mindre nedgang i de øverste lagene, avsatt de siste 30 – 40 år. Dette er sannsynligvis knyttet til forbud mot bruk av blyholdig bensin siden 1970-tallet i vestlige industrialiserte land. Kvikksølv forblir på omtrent samme nivå i de øverste lagene. Nivået av arsen er høyere øverst i sedimentene sammenliknet med dypere lag med lavere

bakgrunnsnivåer. De øvrige metallene er på stabilt lave bakgrunnsnivåer i alle lagene fra bunn til topp.

Lenke til indikatoren: Forurensning i sedimenter i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.2 - Radioaktiv forurensning i sjøvann i Norskehavet

Radioaktiv forurensning i sjøvann overvåkes langs norskekysten og i havområdene, og nivåene av både menneskeskapte og naturlig forekommende radioaktive stoffer er lave. Det er høyere nivåer av cesium-137 langs kysten enn i åpent hav, på grunn av avrenning fra land.

Stabile eller minkende tilførsler og radioaktiv nedbryting fører til at nivåene er stabile eller synkende.

Lenke til indikatoren: Radioaktiv forurensning i sjøvann i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.3 - Radioaktivitet i tang langs kysten av Norskehavet

Blæretang (*Fucus vesiculosus*) er en god indikator for utviklingen av technetium-99-nivåene i miljøet, siden technetium-99 oppkonsentreres i blæretang. Nivåene i sjøvann er for tiden så lave at de som regel er under deteksjonsgrensen, mens nivåene i blæretang er lave, men målbare.

Det måles også cesium-137 i blæretang. En generell trend er at nivåene i sør er høyere enn i nord på grunn av utstrømming av Tsjernobyl-relatert cesium-137 fra Østersjøen.

Det var en økning i nivåene på 1990-tallet grunnet økte utslipp fra Sellafieldanlegget i Storbritannia. De siste 15 årene har det vært en betydelig nedgang i utslippet, og dermed også en nedgang i nivåene av tecnetium-99 i blæretang. Nivåene av cesium-137 i blæretang er også synkende.

Lenke til indikatoren: Radioaktivitet i tang langs kysten av Norskehavet

3.2.4 - Miljøgifter i blåskjell langs kysten av Norskehavet

I Norskehavet overvåkes nivået av miljøgifter i blåskjell langs kysten fra Stadlandet til Lofoten. I MILKYS-programmet som NIVA utfører for Miljødirektoratet startet noen av målingene i 1992 (Schøyen m.fl. 2021). Syv blåskjellstasjoner ble undersøkt; Svolvær flyplass i Lofoten, Mjelle ved Bodø, Bodø havn, de to stasjonene Moholmen og Bjørnbærviken i indre Ranfjorden, Ørlandet i ytre Trondheimsfjorden og Ålesund havn. Miljøgiftene som ble undersøkt var blant annet kvikksølv, kadmium, bly, PCB og PBDE.

I 2020 viste resultatene jevnt over lave konsentrasjoner for de fleste miljøgiftene. Miljøgiftkonsentrasjonene var stort sett mindre enn to ganger PROREF (se kap. 1.2.1). Unntaket var bly og PCB i blåskjell fra Bodø havn og Moholmen i Ranfjorden, i tillegg til bly i skjell fra Mjelle ved Bodø og PCB i skjell fra Ålesund havn.

De to blåskjellstasjonene innerst i Ranfjorden er ikke direkte relevante for forholdene i forvaltningsplanområdet. Tre av stasjonene ligger imidlertid nærmere åpent hav og kan gi en indikasjon på hvor mye som tilføres havområdet fra kysten; Ørland, Mjelle ved Bodø og området ved Svolvær lufthavn. På disse stasjonene var nivåene av miljøskadelige stoffer lave, under to ganger PROREF, med unntak av bly i skjell fra Mjelle, hvor nivået var 2-10 ganger PROREF.

Der det er tilstrekkelig datagrunnlag til å si noe om trender de siste ti årene, var det oftest ingen trend. Det var en avtagende trend for kadmium i skjell fra Moholmen i Ranfjorden fra 2011 til 2020.

Nivåene av miljøgifter (kvikksølv, kadmium, bly og PCB) i blåskjell er innenfor grenseverdiene som gjelder for mattrygghet.

Konsentrasjonene i 2020 lå over miljøkvalitetsstandarden for PCB ved alle syv stasjoner og for PBDE ved alle fem stasjoner. For kvikksølv lå konsentrasjonene i blåskjell over miljøkvalitetsstandarden på én av syv stasjoner (Mjelle ved Bodø). Siden blåskjell er en lavtrofisk art (spiser planteplankton), gir nivåene av miljøgifter i blåskjell en god indikasjon på hvor mye som kan overføres og biomagnifiseres oppover i næringskjeden.

Lenke til indikatoren: Miljøgifter i blåskjell langs kysten av Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.5 - Forurensning i reker i Norskehavet

I Norskehavet overvåkes nivået av miljøgifter i reker langs kysten. Nivået av tungmetallene kvikksølv og kadmium i kystreker fra Norskehavet er noe lavere enn i reker fra åpent hav i både Nordsjøen og Barentshavet. På den annen side er gjennomsnittsnivåene av kobber og sink i kystreker fra Norskehavet, målt i perioden 2018-2020, noe høyere enn i reker fra både Nordsjøen og Barentshavet. Arsennivået i reker er generelt nokså høyt, og nivået målt i reker fra kysten av Norskehavet er på nivå med Nordsjøen, men lavere enn i Barentshavet.

Siden reker inneholder relativt lite fett (rundt 2-5 g/100 g), er nivået av fettløselige organiske miljøgifter forholdsvis lavt. Nivået er høyere i hele reker enn i pillede reker. I perioden 2018-2020 var nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB og PBDE i hele kystreker fra Norskehavet på nivå med reker fra Nordsjøen og høyere enn i reker fra Barentshavet. Nivået av ikke-dioksinlignende PCB (PCB6, PCB7) var imidlertid høyere i kystreker fra Norskehavet enn i reker fra begge de to andre havområdene.

Rekeprøve klar til opparbeiding i prøvemottaket på HI. Foto: Arnbjørg Aagesen/ HI

Nivåene av de fleste klorerte plantevernmidler i reker er så lave at de ikke er målbare (<LOQ). Plantevernmidlene HCB, trans-nonaklor og dieldrin var imidlertid stort sett målbare i hele reker, og nivåene av disse stoffene i kystreker fra Norskehavet var høyere enn i reker fra Nordsjøen og lavere enn i reker fra Barentshavet. P,p'-DDE viste et målbart nivå som var høyere enn i Barentshavet.

Av målte per- og polyfluorerte stoffer (PFAS) var nivået av PFOS høyest, med opp til 4,6 µg/kg våtvekt i hele reker fra 2019. Andre PFAS-er med målbart nivå i mange prøver i 2018-2020 var PFUdA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxS, PFDoDA og PFDA. Gjennomsnittsnivået av PFOS var noe høyere i kystreker fra Norskehavet enn i reker fra Barentshavet og Nordsjøen, men med stor variasjon.

Det er generelt lave nivåer av cesium-137 i reker fra Norskehavet og Vestfjorden.

Siden det for miljøgifter bare er kystreker som overvåkes, har denne indikatoren liten geografisk dekning og representerer kun en liten del av forvaltningsplanområdet. Men fordi forurensning i reker overvåkes i alle havområdene Nordsjøen og Skagerrak, Norskehavet og Barentshavet gir det et godt sammenligningsgrunnlag, slik at indikatoren er bra egnet til å vurdere forurensningsnivået i det geografiske området der overvåkingen skjer.

Overvåking av miljøgifter i kystreker fra Norskehavet har bare vært overvåket siden 2012, og i denne perioden har nivåene av de fleste stoffene i reker vært nokså stabile. Et unntak er kobber, som var særlig høyt i 2018. Nivået av PCB7 var høyest i 2013-2015. Siden overvåkingen i Norskehavet har pågått i såpass kort tid, ser vi ikke effektene av forbud mot og utfasing av ulike stoffer, som kom på 1970-1980 tallet og rundt midten av 2000

tallet.

Kokte, pillede reker (muskel) har konsentrasjoner langt under grenseverdiene for mattrygghet for de stoffene der grenseverdier finnes (kvikksølv, bly, arsen, sum dioksiner, sum dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6). Reker er populær mat som det fiskes mye av, og denne indikatoren er særlig godt egnet til å overvåke mattrygghet.

Gjennomsnittlig kvikksølvnivå i hele kystreker fra Norskehavet var like over miljøkvalitetsstandarden på 0,02 mg/kg våtvekt, med 0,024-0,028 mg/kg våtvekt i 2018-2020. Nivåene av PCB7 og PBDE6 i hele reker var gjennomgående over miljøkvalitetsstandardene satt for biota, mens dioksiner og dioksinlignende PCB, DDT, HCB, PFOS, PFOA og PAH (benzo(a)pyren) er under de respektive miljøkvalitetsstandardene. Siden det er kokte reker som analyseres, er ikke nivåene som vi måler i reker 100% representativ for det som overføres i næringskjeden, avhengig av hvordan nivåene av de ulike stoffene påvirkes av koking. De fleste stoffene som overvåkes er imidlertid persistente og derfor sterkt bundet, og det totale innholdet i rekene vil derfor stort sett være det samme før og etter koking.

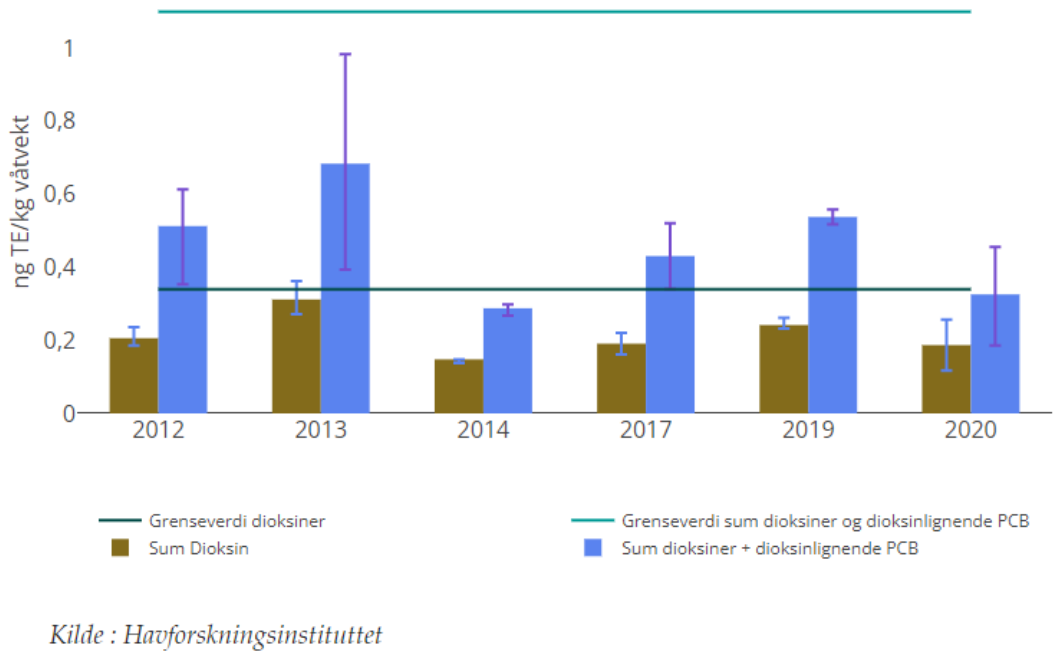
Lenke til indikatoren: Forurensning i reker i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.6 - Miljøgifter i kolmule i Norskehavet

For miljøgifter i hel kolmule i Norskehavet har vi ikke data fra andre områder å sammenligne med. Det finnes et par publiserte studier av miljøgifter i muskel av kolmule fra Middelhavet og en fra Atlanterhavet (Rockall), men vi må ta i betraktning at ulike vev er analysert og dette kan gi ulike utfall. Nivået av kvikksølv, bly og arsen i hel kolmule fra Norskehavet er rundt ti ganger så lavt som det som har blitt målt i filet av kolmule fra Middelhavet (Visciano et al., 2014). Også nivået av PCB7 i hel kolmule fra Norskehavet er lavere enn i muskel av kolmule fra Middelhavet, mens for HCB og DDT er det motsatt (Ferrante et al., 2007). En eldre studie fra Rockall i Nordøst-Atlanteren (Mormede and Davies, 2001) viste nivåer av arsen, kadmium og kobber i muskel som var noe lavere enn hos hel kolmule fra Norskehavet, mens blynivåene var like lave. Det er sannsynlig at noen av forskjellene skyldes at enkelte stoffer akkumuleres mer i indre organer som lever og nyre enn i muskel. Andre forskjeller kan skyldes ulik eksponering.

Nivåene av PFAS og PAH er så lave at de er under målegrensene i alle analyserte samleprøver. Lever av kolmule analyseres for organiske miljøgifter gjennom et eget overvåkningsprogram der det også tas prøver i Nordsjøen og Barentshavet. Det er ikke funnet noen geografiske forskjeller i miljøgiftnivåene i kolmulelever.

Overvåking av miljøgifter i hel kolmule har bare pågått siden 2012, og noen år har det ikke vært tatt prøver, slik at vi mangler data. Nivåene av kvikksølv, dioksiner og dioksinlignende PCB og PBDE var lavere i perioden 2014 til 2020 enn i 2012 og 2013, men det er ikke mulig ut fra disse dataene å fastslå om det er en nedadgående trend (Figur 6).



Figur 6. Konsentrasjoner (ng TE/kg våtvekt) av sum dioksiner og sum dioksiner og dioksinlignede PCB i hel kolmule fra Norskehavet. Linjene viser grenseverdier som gjelder fôrvarer med 12 % vanninnhold. Fra miljostatus.no

I 2013 ble filet av kolmule analysert i tillegg til hel fisk, og ingen stoffer var over gjeldende grenseverdier for mattrygghet. Det betyr at miljøgiftnivået ikke skal påvirke mattryggheten dersom kolmule nyttes som mat. Ellers er det hel kolmule som analyseres regelmessig.

Kolmule som fiskes i Norskehavet blir i stor grad benyttet som råstoff til produksjon av fiskefôr, ved at den først blir videreforedlet til fiskemel og fiskeolje. Nivået av målte miljøgifter var under grenseverdier som gjelder råstoff til fiskefôr. Dermed er innholdet av miljøgifter så lavt at de ikke forventes å gi skadelige effekter på oppdrettsfisk, mennesker som spiser oppdrettsfisken eller miljøet. Men i noen tilfeller, blant annet i 2020, var dioksinnivået, omregnet til fettvekt, over grenseverdien som gjelder for dioksiner i fiskeolje. Det betyr at dersom olje fra kolmule brukes som fôringrediens, kan dioksinnivået i noen tilfeller være så høyt at det er ulovlig å omsette på grunn av potensielt skadelige effekter.

I 2020 var gjennomsnittlig kvikksølvnivå i kolmule under miljøkvalitetsstandarden på 0,02 mg/kg våtvekt, men konsentrasjonen i en av de tre analyserte samleprøvene var like over denne grensen. I 2019, 2012 og 2013 var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv godt over miljøkvalitetsstandarden. Ellers var også PCB7 og PBDE over miljøkvalitetsstandardene som er satt for disse miljøgiftene, noe som indikerer at arter lenger oppe i næringskjeden kan være påvirket. Øvrige stoffer som det er satt miljøkvalitetsstandarder for, var godt innenfor disse grensene. Siden kolmule primært er planktonspiser (hi.no/temasider/arter/kolmule), antas den å være lavt i næringskjeden, slik at en sammenligning av konsentrasjoner i hel kolmule med miljøkvalitetsstandarden kan være relevant. Men fordi kolmule kan bli opp til 20 år, og stor kolmule gjerne spiser småfisk, inkludert ung kolmule, kan større kolmule være for høyt i næringskjeden til at det er helt relevant å sammenligne miljøgiftnivåene med miljøkvalitetsstandarden.

Lenke til indikatoren: Miljøgifter i kolmule i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.7 - Forurensning i norsk vårgytende sild i Norskehavet

I 2006-2007 ble det gjennomført en basisundersøkelse for miljøgifter i norsk vårgytende (NVG-) sild (*Clupea harengus*) i Norskehavet, med prøver tatt i hele det området der de vandrer og fiskes gjennom året. Denne undersøkelsen la et godt datagrunnlag for videre overvåking. NVG-sild har generelt lavere nivåer av miljøgifter enn sild fra andre havområder, særlig Østersjøen (Frantzen m. fl., 2011, 2015). Sild fra Norskehavet har også lavere nivåer av kvikksølv og organiske miljøgifter enn nordsjøsild, når størrelsen/alderen på fisken er tatt høyde for. Sild er planktonspisende fisk lavt i næringskjeden som har lave nivåer av miljøgifter, men siden sild er fet fisk, har de potensiale for å akkumulere mye organiske miljøgifter i fileten. Et av funnene fra basisundersøkelsen var at det var store årstidsvariasjoner i nivåene av organiske miljøgifter i NVG-sild, og at nivåene var høyest før gyting, i januar/februar, når silden oppholdt seg utenfor norskekysten. Av denne grunn ble det valgt å gjennomføre oppfølgende overvåking i dette området på denne tiden.

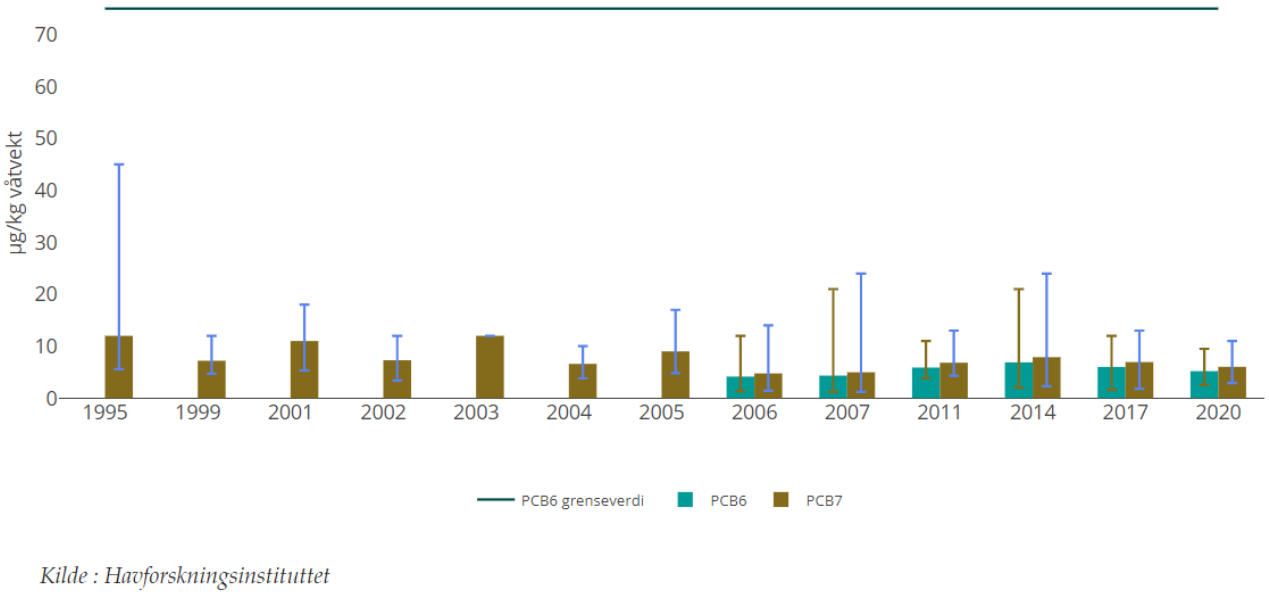
Av klorerte plantevernmidler analysert i 2017 og 2020 var de fleste stoffene under målegrensene. Stoffer hvor de fleste prøvene hadde målbare verdier var cis-klordan, cis-heptaklorepoksid, trans-nonaklor, dieldrin, HCB, p,p'-DDT og metabolitter og toksafener. Toksafen 50 var enkeltforbindelsen med høyest nivå, med et gjennomsnitt på 4,66 µg/kg våtvekt i 2020.

I 2017 og 2020 ble det målt PFAS, og alle stoffene var under bestemmelsesgrensene.

Nivåene av cesium-137 i sild i Norskehavet er lave, med noe høyere nivåer i kystnære områder enn i åpne havområder.

I et eget treårig miljøovervåkningsprogram er det funnet meget lave gjennomsnittligekonsentrasjoner av miljøgifteri lever av norsk vårgytende sild. HI samler inn prøver fra to ulike posisjoner i Norskehavet, som analyseres for pesticider, PCB og PBDE. De siste resultatene (2017) fra Vesterålen-området i Norskehavet viser like eller lavere nivåer enn det som var funnet tidligere i sildelever fra nordlige Norskehavet, og lavere enn det som er funnet vest for kysten av Møre.

Måling av miljøgifter i NVG-sild er gjort helt tilbake til 1995, men i starten var det bare sporadisk stikkprøvebasert overvåking og noe ujevne intervaller. Først etter basisundersøkelsen i 2006-2007 har det pågått systematisk overvåking hvert tredje år. Gjennomsnittsnivåene av kvikksølv og kadmium målt i 2014, 2017 og 2020 var høyere enn tidligere, men det er ikke grunn til å tro at dette skyldes en økning. Det forholdsvis høye kvikksølvnivået i 2014, 2017 og 2020 skyldes sannsynligvis at silda var nokså gammel, med gjennomsnittlig alder på henholdsvis 8,1, 8,4 og 10,3 år, mot 7,4 i 2011. Kvikksølvnivået i fisk øker som oftest med alderen fordi det akkumuleres over tid. Nivåene av de organiske miljøgiftene dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB7 og PBDE virker å være svært stabile fra 2006 og fremover, mens særlig PCB7 og PBDE så ut til å være noe høyere før 2006 (Figur 7).



Figur 7. Konsentrasjoner av PCB (PCB6 eller PCB7, µg/kg våtvekt) målt i filet av NVG-sild fra 1995 til og med 2020, via to ulike overvåkingsprogram. Gjennomsnitt, minste og største verdi er vist. Fra miljostatus.no

NVG-sild er en av artene som det fiskes mest av i norske fiskerier (409 433 tonn i 2020, Fiskeridirektoratet, 2020), og størsteparten eksporteres til humant konsum i andre land. Nivåene av miljøgifter i filet av NVG-sild er derfor av stor relevans for å vurdere mattrygghet. Nivåene av uønskede stoffer i filet av NVG-sild er godt under grenseverdier for mattrygghet, for alle stoffer der slike grenser er satt. NVG-sild er også en god kilde til marine langkjedede fettsyrer EPA og DHA og vitamin D i kosten. Et inntak på 200 g vil føre til mer enn ukentlig anbefalt inntak av EPA og DHA, samtidig som inntaket av dioksinlignende stoffer potensielt kan overskride en ny tolerabel ukentlig inntaks-grense (TWI) satt for disse stoffene (Nøstbakken m.fl. 2021). Denne nye TWI som European Food Safety Authority (EFSA) har kommet frem til (EFSA, 2018) har så langt ikke medført nye grenseverdier for omsetning eller endrede anbefalinger om inntak av fet fisk. Vitenskapskomiteen for Mattrygghet (VKM) arbeider for tiden med en oppdatert risiko-nyttevurdering for fisk i norsk kosthold.

Siden NVG-sild er en fisk som er relativt lavt i næringskjeden og som er en viktig nøkkelart i økosystemet i Norskehavet, kan miljøgifter i NVG-sild være av stor relevans for vurdering opp mot miljøkvalitetsstandardene. Siden det er filet eller lever av sild som overvåkes og ikke hel fisk, er dette likevel ikke helt ideelt, men det kan gi en viss pekepinn. Gjennomsnittsnivå av kvikksølv, PCB7 og PBDE er gjennomgående høyere enn de respektive miljøkvalitetsstandardene. Nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB, PFOS og PFOA og HCB var imidlertid godt under miljøkvalitetsstandardene satt for disse stoffene.

Lenke til indikatoren: Forurensning i norsk vårgytende sild i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.8 - Forurensning i kysttorsk i Norskehavet

I Norskehavet overvåkes miljøgifter i kysttorsk av både NIVA (MILKYS-programmet) og HI. Kvikksølv i filet og organiske miljøgifter i lever av torsk er gode indikatorer på forurensningsnivå. Siden det er etablert en PROREF som skal være en slags referanseverdi for torsk fra kysten, samt at det finnes gode data på miljøgifter i torsk fra mange områder både i åpent hav, langs kysten og i fjordene (bl.a. basisundersøkelse og lange tidsserier fra mange stasjoner) er indikatoren godt egnet til å vurdere forurensningsnivå i de områdene der prøvene tas. Siden det bare tas prøver langs kysten, er den imidlertid ikke representativ for hele forvaltningsplanområdet. De fleste kysttorsk-stasjonene ligger også inne i fjorder eller nær punktkilder som for eksempel havneområder, slik at resultatene herfra ikke er direkte relevante for forholdene i forvaltningsplanområdet. Tre av stasjonene som overvåkes av HI ligger imidlertid nærmere åpent hav; Lofoten, Helgeland og Møre.

Konsentrasjonene av miljøgifter i kysttorsk er stort sett lave; mindre enn to ganger PROREF. Kvikksølv var imidlertid over PROREF ved alle stasjonene. På tre av de syv stasjonene (Lofoten, Møre og Ålesund) var konsentrasjonene over to ganger PROREF for kvikksølv og på én av disse (Ålesund) var konsentrasjonen på 3,8 ganger PROREF. For HCB i lever var nivåene over PROREF ved tre av fire stasjoner der dette ble målt i 2018, og og to av disse stasjonene (Lofoten og Helgeland) var nært åpent hav.

Ved sammenligning mellom resultater for stasjonene nær åpent hav med data for torsk fra åpent hav i Nordsjøen og i Barentshavet, var nivåene i torskelever av dioksiner, PCB og DDT (p,p'-DDE) på nivå med eller lavere enn i Nordsjøen og klart høyere enn i Barentshavet. For PBDE var nivået i Norskehavet lavere enn i Nordsjøen og høyere enn i Barentshavet. Men for enkelte klorerte pesticider, særlig HCB, er nivåene langs kysten mot Norskehavet lavere enn i Barentshavet og på nivå med eller litt høyere enn i Nordsjøen.

Ellers analyseres torskelever også for perfluorerte alkylstoffer (PFAS) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH), og konsentrasjonene av disse er for det meste under bestemmelsesgrensene.

Nivåene av cesium-137 i torsk i Norskehavet er lave, og nivåene er lavere i torsk i åpent hav enn i torsk fisket langs kysten.

NIVA har målt miljøgifter i kysttorsk fra 1981 til 2020 ved faste stasjoner. HIs overvåking har en kortere tidsserie (fra 2010) og mangler data for enkelte år (nyeste i 2018). Ved de fleste stasjoner og for de fleste stoffer er miljøgiftnivåene i kysttorsk stabile. I bare ett tilfelle er trenden økende, og det gjelder PCB i lever på én stasjon (Lofoten, i nærheten til Svolvær). For PBDE i lever var det en avtakende trend i Trondheim havneområde. Det var avtakende trender for kadmium i lever fra Austnesfjord og Ålesund havn, og for bly i lever fra Austnesfjord, Sandnessjøen og Trondheim.

Indikatoren forurensning i torsk er av stor relevans for å vurdere mattrygghet, siden torsk fiskes i store mengder og er viktig mat for mange. For kysttorsk gjelder dette kanskje ekstra mye for de som fisker til eget forbruk. Nivået av de miljøgiftene det analyseres for i filet er godt under grenseverdier som gjelder for mattrygghet. Den magre fileten akkumulerer lite miljøgifter, og det er bare kvikksølv som noen ganger kan ha forhøyet nivå. Lever av torsk fra kysten har ofte nivåer av organiske miljøgifter over grenseverdier for mattrygghet, og Mattilsynet advarer befolkningen generelt mot å spise lever av fisk tatt innenfor grunnlinjen. Nivåene av PCB i lever fra kysttorsk overskred grenseverdien for mattrygghet ved tre stasjoner ved siste måling (Lofoten, Trondheim og Ålesund).

Torsk er rovfisk med naturlig høyere konsentrasjoner av mange miljøgifter enn arter lavt i næringskjeden, og miljøgiftene i torsk vil i liten grad føres oppover i næringskjeden. Nivåene av miljøgifter i torsk sammenlignet med miljøkvalitetsstandardene for ulike stoffer er vist i tabell 4.

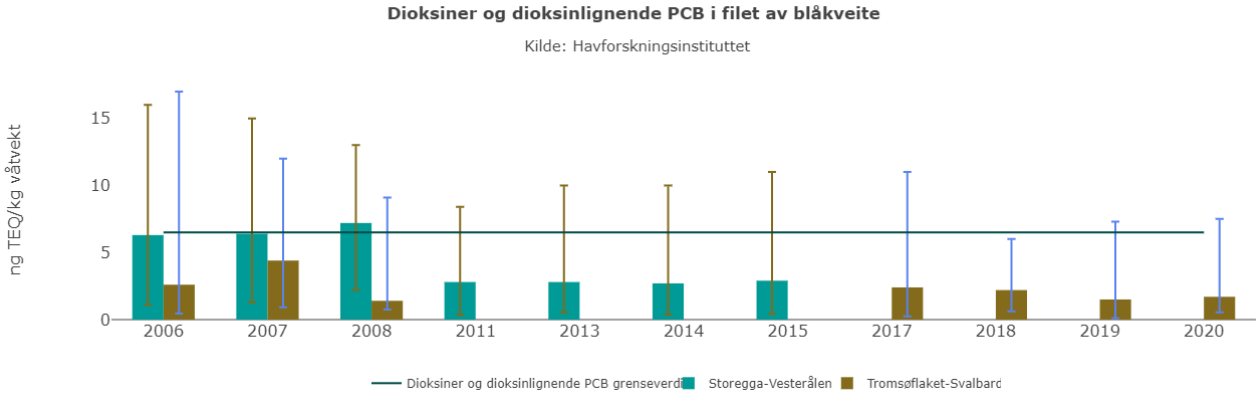
Lenke til indikatoren: Forurensning i kysttorsk i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.9 - Miljøgifter i blåkveite i Norskehavet

Nivåene av miljøgifter i blåkveite er relativt høyt i forhold til mange andre arter, og blåkveite i Norskehavet har høyere konsentrasjoner av de fleste stoffer enn blåkveite i Barentshavet. I Norskehavet er nivåene av organiske miljøgifter noe høyere sør for Vesterålen enn lenger nord, mens nivået av kvikksølv er noe høyere lengst nord i Norskehavet.

Prøvetaking av blåkveiter. Foto: Erling Astad Lorentzen/ HI

Miljøgifter i blåkveite har vært analysert siden 2006, med prøver fra ulike områder i ulike år. Prøver fra området Storegga-Vesterålen ble analysert i 2006-2008 og 2011-2015, mens prøver fra området Tromsøflaket-Svalbard ble undersøkt i 2006-2008 og 2017-2020. Både nord og sør i Norskehavet ser det ut til at nivåene av både kvikksølv og organiske miljøgifter i perioden 2011-2020 har stabilisert seg på et lavere nivå enn tidligere år (Figur 8).



Figur 8. Dioksiner og dioksinlignende PCB (ng TE/kg våtvekt) målt i filet av blåkveite fra 2006 til 2020. Søylene angir gjennomsnitt, minste og største verdi, og ulik farge på søylene viser til hvor prøvene er tatt. Grenseverdi for mattrygghet og miljøkvalitetsstandarden er markert. Fra miljostatus.no

Perfluorerte alkylstoffer og plantevernmidler har ikke vært analysert i alle år, og analysemetoden for disse stoffene har dessuten endret seg i perioden, og det er derfor foreløpig ikke mulig å vurdere om det har vært noen reell endring i innholdet av disse stoffene over tid.

Blåkveite er en viktig fiskeressurs i Norskehavet og Barentshavet, og innholdet av miljøgifter er derfor av betydning for mattrygghet. De siste årene har gjennomsnittsnivåene av alle miljøgifter i blåkveite vært godt under grenseverdiene for mattrygghet som gjelder for fiskefilet. Noen få enkeltfisk har likevel nivåer over grenseverdiene for både kvikksølv, dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 de fleste år.

Blåkveite er rovfisk med naturlig høyere konsentrasjoner av mange miljøgifter enn arter lavt i næringskjeden, og miljøgiftene i blåkveite vil i liten grad føres oppover i næringskjeden. Nivåene av miljøgifter i blåkveite er sammenlignet med miljøkvalitetsstandardene for ulike stoffer i tabell 4.

Lenke til indikatoren: Miljøgifter i blåkveite i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.10 - Miljøgifter i brosme i Norskehavet

En større kartlegging (basisundersøkelse) av miljøgifter i brosme ble gjennomført i 2013-2016 og ga et godt grunnlag for videre overvåking (Frantzen og Maage 2016). Brosme akkumulerer relativt mye kvikksølv i muskelvev, og ser ut til å være en god indikator for nivået av biotilgjengelig kvikksølvforurensning i området der den prøvetas. Det er generelt lavere kvikksølvnivå i filet av brosme prøvetatt i Norskehavet sammenlignet med Nordsjøen, men høyere enn i Barentshavet. Vestfjorden er et unntak, der det har blitt målt forholdsvis høye kvikksølvnivåer i brosme. I Norskehavet er nivået av kvikksølv i brosme høyest i kystområdene i Vestfjorden, og ellers klart høyere sør for Lofoten enn nord for Lofoten. Nivåene av andre metaller og organiske miljøgifter er svært lave i den magre fileten av brosme.

Fettløselige organiske miljøgifter måles helst i den fettrike leveren hos brosme, da fileten er svært mager. Lever av brosme har generelt høyere nivå av dioksiner og dioksinlignende PCB i lever enn annen torskefisk som torsk, sei og hyse, men lavere enn f.eks. lange, blålange, hvitting og lyr (Frantzen og Måge, 2016). Nivået av dioksiner og PCB målt i lever av brosme i basisundersøkelsen var gjennomsnittlig høyere i Norskehavet enn i Barentshavet, men lavere enn i Nordsjøen. Tilsvarende mønster ble funnet for PCB6 og PBDE. I Norskehavet er nivået av både dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 høyere sør for Lofoten enn nord for Lofoten.

I 2019 og 2020 ble leverprøver av brosme analysert for klorerte plantevernmidler. Resultatene viste målbare nivåer av klordaner, trans-nonaklor, heptaklorepoksid, HCB, dieldrin, mirex, DDT og -metabolitter, oktaklorstyren og toksafener. Sum DDT (p,p’-DDE + p,p’-DDD + p,p’-DDT) hadde høyest konsentrasjoner, med gjennomsnitt i 2019 og 2020 på henholdsvis 187 og 193 µg/kg.

I basisundersøkelsen i 2013-2015 ble PFAS bestemt i filet og lever av brosme (Frantzen og Måge 2016). Nivåene av alle de målte forbindelsene var under analysemetodens målegrenser. Det må bemerkes at målegrensene for PFAS var særlig høye i denne perioden, men metoden har blitt bedre og er fortsatt under utvikling.

Brosme på Røstrevet. Foto: MAREANO/ HI

Målingene av miljøgifter i brosme går tilbake til 2013 for organiske miljøgifter og i tillegg har vi målinger av metaller fra 2008 og 2012. Det er altså relativt kort tid for å kunne si noe om trender. Dessuten blir det ikke tatt prøver ved faste posisjoner, og for en såpass stedbunden art som brosme kan det skape store variasjoner. Gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv i brosme prøvetatt sør for Lofoten var høyere i 2019 og 2020 enn tidligere, men dette kan ikke tolkes som en økning. For organiske miljøgifter i lever er det heller ingen trend, selv om de høyeste nivåene ble målt i lever av brosme fra Vestfjorden i 2013 og 2014.

Brosme er en god matfisk, og i og med at filet av brosme akkumulerer relativt mye kvikksølv er indikatoren viktig for å vurdere mattrygghet. I basisundersøkelsen i 2013-2015 var gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i filet av brosme prøvetatt i Vesterålen over grenseverdien for mattrygghet på 0,5 mg/kg våtvekt. Senere har enkeltfisk hatt konsentrasjoner over denne grenseverdien, mens gjennomsnittskonsentrasjonene sør for Lofoten i 2019 og 2020 var på rundt 0,4 mg/kg, som er nær, men ikke over, grenseverdien.

Nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB i lever av brosme er gjennomgående over grenseverdien for mattrygghet som gjelder fiskelever. PCB6, på sin side, viser nivåer over grenseverdien sør for Lofoten og like under nord for Lofoten. Det antas at lever av brosme i liten grad benyttes som mat. For øvrig advarer Mattilsynet gravide, ammende og barn mot å spise fiskelever generelt, mens befolkningen ellers advares mot å spise lever fra selvfanget fisk tatt i kystområdene (Barn, gravide og ammende bør ikke spise fiskelever og rognleverpostei | Fisk og skalldyr | Matvaregrupper | matportalen.no - Informasjon om sunn og trygg mat fra offentlige myndigheter; Ikke spis fiskelever fra selvfangst | Fisk og skalldyr | Matvaregrupper | matportalen.no - Informasjon om sunn og trygg mat fra offentlige myndigheter) .

Filet av brosme, analysert i basisundersøkelsen, hadde nivåer av organiske miljøgifter langt under grenseverdier som gjelder for mattrygghet.

Brosme er rovfisk med naturlig høyere konsentrasjoner av mange miljøgifter enn arter lavt i næringskjeden, og miljøgiftene i brosme vil i liten grad føres oppover i næringskjeden. Nivåene av miljøgifter i brosme er sammenlignet med miljøkvalitetsstandardene for ulike stoffer i tabell 4.

Lenke til indikatoren: Miljøgifter i brosme i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.11 - Miljøgifter i toppskarvegg i Norskehavet

Målinger av miljøgifter i toppskarvegg fra Sklinna frem til 2012 viste at konsentrasjonene av DDT, PCB og HCB i toppskarvegg ble redusert med mellom 50 og 75 % fra 1984 til 2004, men de siste målingene viste en tendens

til utflating. Kvikksølvnivåene så imidlertid ut til å holde seg stabile frem til de siste målingene i 2012. Det er ikke ny informasjon om miljøgifter i toppskarvegg siden statusrapporten for Norskehavet i 2016, og vi viser til denne rapporten og indikatoren for flere detaljer (Arneberg og van der Meeren 2016).

Lenke til indikatoren: Miljøgifter i toppskarvegg i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.12 - Miljøgifter i klappmyss i Norskehavet

Miljøgifter i klappmyss i Norskehavet ble analysert i 1990, 1997 og 2007 som en del av et forskningsprosjekt. Det er ingen regelmessig overvåking og det finnes ikke nyere data for denne indikatoren, se statusrapport for Norskehavet fra 2016 for tilgjengelig informasjon (Arneberg og van der Meeren 2016).

Lenke til indikatoren: Miljøgifter i klappmyss i Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.2.13 - Annen kunnskap om nivåer av miljøgifter i Norskehavet

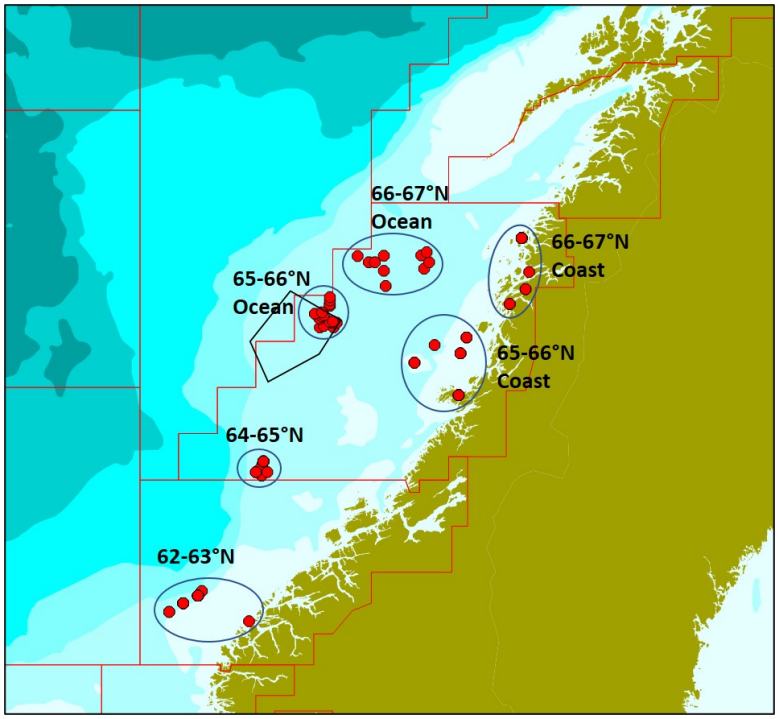
3.2.13.1 - Høye nivåer av miljøgifter i atlantisk kveite fra ytre Sklinnadjupet

I en stor kartleggingsundersøkelse av miljøgifter i atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*) gjennomført i perioden 2013-2016, ble det funnet at kveite fanget i et område i ytre Sklinnadjupet mellom 65 og 66°N i Norskehavet, hadde høye nivåer av både kvikksølv og persistente organiske miljøgifter i muskel (Nilsen m.fl. 2016). Nivåene av miljøgifter i kveite fra ytre Sklinnadjupet var betydelig høyere enn i kveite fra alle andre områder som ble undersøkt. Mediankonsentrasjon av kvikksølv i dette området var 0,50 mg/kg våtvekt, mens det var mellom 0,061 og 0,28 mg/kg i de andre områdene. Mediankonsentrasjon i B-snitt (ikke den feteste delen av fileten) av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i dette området var 1,8 ng TE/kg våtvekt, mens median for de andre områdene varierte mellom 0,48 og 1,3 ng TE/kg.

Funnene resulterte i at Fiskeridirektoratet, etter anmodning fra Mattilsynet, innførte forbud mot fiske av atlantisk kveite ved ytre Sklinnadjupet fra oktober 2017 (Lovdata, Forskrift om utøvelse av fisket i sjøen, §35b), et forbud som fortsatt gjelder. Samtidig ble det også innført et generelt utkastpåbud for kveite større enn 100 kg fordi de største kveitene hadde svært høye konsentrasjoner av både kvikksølv og dioksiner og dioksinlignende PCB, uavhengig av område.

De høye nivåene av miljøgifter i kveite fra ytre Sklinnadjupet ble funnet i åpent hav. For kysten i dette området, der det foregår mye kveitefiske, var datagrunnlaget i kartleggingsundersøkelsen mangelfullt. På oppdrag fra Mattilsynet ble det derfor i 2017 og 2018 samlet inn og analysert prøver av 20 ekstra kveiter fra kystområdene øst for det stengte fiskefeltet, det vil si utenfor deler av Trøndelag og Nordland. Resultatene fra denne undersøkelsen viste at nivåene av miljøgifter var betydelig lavere i kveite fanget langs kysten enn i kveite fra åpent hav i ytre Sklinnadjupet (Nilsen m.fl. 2019c).

Deretter, for å undersøke om nivåene av miljøgifter i kveite fremdeles var høyere i ytre Sklinnadjupet enn i områdene rundt, og for å skaffe et bedre datagrunnlag for nivåene av miljøgifter i kveite fra Norskehavet, ble det i 2019 samlet inn og analysert nye prøver av ytterligere 93 kveiter fra det stengte fiskefeltet og fem andre områder i åpent hav og ved kysten (Figur 9; Nilsen m.fl. 2020a). Dette inkluderte tre områder som ikke tidligere hadde vært undersøkt. Resultatene bekreftet funn fra tidligere undersøkelser, og viste at nivåene av både kvikksølv og organiske miljøgifter i kveiter fanget innenfor og så vidt utenfor det stengte fiskefeltet fremdeles var høyere enn i kveiter fra alle andre områder som ble undersøkt. Disse resultatene medførte at det stengte fiskefeltet ble opprettholdt og utvidet et lite stykke lenger nordover.



Figur 9. Kartet viser områdene i Norskehavet der det ble tatt nye prøver av atlantisk kveite i 2019. Det stengte fiskefeltet i ytre Sklinnadjupet per 2019 er polygonet avgrenset med svarte linjer, og området som hadde høye nivåer av miljøgifter er merket med "65-66°N Ocean". Fra Nilsen m.fl. (2020a).

Det er foreløpig ikke kjent hva som er årsaken til de høye nivåene av miljøgifter i kveite fisket i ytre Sklinnadjupet. De høye nivåene i kveite kunne ikke forklares ved biologiske faktorer som størrelse eller alder på kveitene (Nilsen m.fl. 2016), og oppfølgende analyse for stabile isotoper av nitrogen og karbon i kveitene fra basisundersøkelsen tydet heller ikke på at de høye nivåene kunne forklares ut fra kveitenes diett eller plassering i næringskjeden i dette området (Nilsen m.fl. 2019a). En undersøkelse av sedimentprøver fra ytre Sklinnadjupet og områdene rundt, innsamlet i perioden 1999-2018, ble utført i 2018 og indikerte at det kan finnes lokale forurensningskilder for enkelte metaller, inkludert kvikksølv, i deler av Sklinnadjupet øst for det stengte fiskefeltet (Nilsen m.fl. 2019b). Det ble imidlertid ikke funnet forhøyede nivåer av organiske miljøgifter i sedimenter fra det stengte fiskefeltet eller områdene rundt. De nyeste undersøkelsene utført av MAREANO i en del av Sklinnadjupet i 2020 har påvist meget lave nivåer av klorerte og andre organiske miljøgifter, uten tegn på mulige kilder for forurensningen funnet i kveite (Boitsov og Sanden 2021).

3.3 - Menneskelig påvirkning i Norskehavet

3.3.1 - Oljetilførsler fra petroleumsinstallasjoner i Norskehavet

Regelmessige, lovlige utslipp som kaks, vannbasert borevæske med noen kjemikalier, produsert vann og drenasjevann kalles operasjonelle utslipp.

Fram til 1991 var den største kilden til forurensning fra olje- og gassindustrien utslipp av kaks boret med oljebasert borevæske. Disse utslippene ble forbudt, fordi de påvirket det marine livet på og i havbunnen.

Nå er det utslipp av produsert vann som gir de største utslippene av olje. Dette vannet kommer opp fra reservoaret sammen med oljen og gassen som produseres. Vannet inneholder små mengder olje som renses fra. Konsentrasjonen av olje som er i vannet når det slippes ut er i størrelsesorden 5–20 mg/l. Vannet inneholder også noen løste komponenter som forekommer naturlig i reservoaret.

Bidraget av produsert vann fra Norskehavet er ca. 10–20 % av de totale mengdene på norsk sokkel. Etter hvert som feltene i Norskehavet blir eldre, vil mengden produsert vann øke. Det skyldes at når det blir mindre olje i reservoarene, brukes mer vann for å øke oljeutvinningen. Operatørene kan injisere vannet ned igjen i reservoaret, eller de kan rense vannet og slippe det ut. Mengden vann, og dermed også olje, som slippes ut har økt siden år 2000, men ser ut til å ha stabilisert seg rundt 200 tonn fra 2011 og fremover.

Lenke til indikatoren: Oljetilførsler fra petroleumsinstallasjoner Norskehavet - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

3.3.2 - Annen kunnskap om menneskelig påvirkning

Faglig forum ga i 2019 ut rapporten «Næringsaktivitet og påvirkning. Faggrunnlag for oppdatering av forvaltningsplan for Norskehavet og Nordsjøen-Skagerrak» (Faglig forum for norske havområder 2019c). Næringsaktivitet i Norskehavet som antas å kunne medføre forurensning er fiskeri og havbruk, skipsfart og petroleumsvirksomhet. Ved skipsfart blir det sluppet ut noe olje under normal drift, og i 2017 ble det sluppet ut 0,89 tonn med olje fra lensevann i Norskehavet. Fiskeriaktivitet medfører forsøpling i form av tapte fiskeredskaper og annet.

3.3.2.1 - Overvåking rundt vraket av atomubåten Komsomolets

Atomubåten Komsomolets sank i 1989, og ligger på omtrent 1700 meters dyp sørvest av Bjørnøya. Vann og sedimenter rundt vraket har vært overvåket for radioaktive stoffer årlig siden 1990-tallet. I 2019 var det et felles norsk-russisk tokt til Komsomolets, og det ble gjort grundigere undersøkelser rundt ubåten. Det ble målt forhøyede nivåer av radioaktivt cesium fra et ventilasjonsrør, men lave nivåer få meter unna vraket. Sovjet og senere Russland har gjort undersøkelser ved vraket tidligere, og det har vært avdekket lekkasje på samme sted. Forurensningen fortynnes raskt i vannmassene, og er ikke på et nivå som kan gi negative konsekvenser for omgivelsene. Modellering viser at heller ikke store utslipp av cesium-137 fra Komsomolets vil føre til at fisk i Barentshavet overskrider grenseverdien for cesium-137 i sjømat (Heldal m.fl. 2013).

4 - Nordsjøen

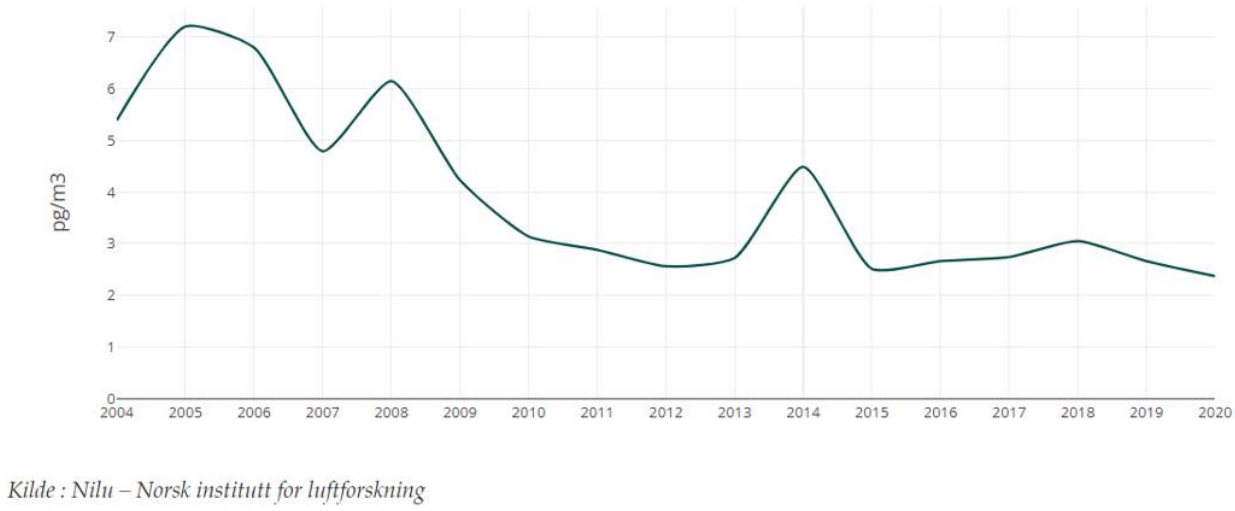
4.1 - Tilførsler av forurensende stoffer til Nordsjøen

4.1.1 - Lufttilførsler av miljøgifter til Nordsjøen og Skagerrak

Tilførsler av miljøgifter og annen forurensning til Nordsjøen og Skagerrak skjer via luft- og havstrømmer, fra elver og ved avrenning fra land. Undersøkelser viser at avstanden fra land har betydning for hvor stort bidraget fra atmosfæren blir (Green m.fl. 2011, 2013). For de største delene av Nordsjøen ser det ut til at lufttilførsler er viktigst for de fleste miljøgifter som er undersøkt; det vil si kvikksølv, de fleste andre tungmetaller, PAH og PCB (Green m.fl. 2011, 2013). Konsentrasjonene av flere tungmetaller, målt i luft på stasjonen på Birkenes, Sørlandet, er to til tre ganger høyere enn på Andøya, Nordland. For kvikksølv er det målt sammenlignbare konsentrasjoner på Birkenes, Andøya og Zeppelin. I Skagerrak er situasjonen en annen, her er tilførsler fra land, via elver, viktigst for de fleste tungmetaller og PCB.

Bly og kadmium har hatt en reduksjon på mer enn 90 % i nedbør og 73-88 % i luft på Birkenes siden 1980. Disse reduksjonene er i overensstemmelse med andre målestasjoner i Europa og kan forklares av store utslippsreduksjoner i Europa. Mengden kvikksølv i nedbør har minket med 64 % siden 1990, mens det er en svakere nedadgående trend for kvikksølv i luft (20 %). Tidstrendene i luft og nedbør er ikke direkte sammenlignbare siden kvikksølv i gassfase er en global spredt miljøgift med lang levetid i atmosfæren, mens våtavsetning via nedbør først og fremst gjelder kvikksølv som partikkel eller i oksidert gassform og spres mer regionalt. Den nedadgående trenden for kvikksølv i nedbør skyldes i hovedsak reduserte utslipp på kontinentet.

Både PCB og PAH viser nedadgående trender siden målingene startet i 2004 og 2006 (Figur 10). De siste ti årene kan det se ut til at trenden har stagnert for PCB. Målinger i nedbør viser en signifikant reduksjon av HCH-konsentrasjonene og en mindre reduksjon av HCB siden 1990-tallet. Konsentrasjonene ser ut til å ha nådd et platå i løpet av de siste årene.



Figur 10. Konsentrasjon av PCB i luft (pg/m^3) målt ved Birkenes målestasjon mellom 2004 og 2020. Fra miljostatus.no.

Lenke til indikatoren: Lufttilførsler av forurensninger til Nordsjøen og Skagerrak - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.1.2 - Tilførsler av forurensing fra elver og kystnære områder til Nordsjøen og Skagerrak

Tilførslene av fosfor, nitrogen, organisk karbon og tungmetaller beskrives i det følgende avsnittet separat for Skagerrak og Nordsjøen. For Skagerrak viser verdiene for fosfor og nitrogen år-til-år variasjoner uten en tydelig trend over tid. For total organisk karbon (TOC) var det en økning fra 1990 til rundt 2006, mens det i løpet av de siste ti årene har vært år-til-år variasjon uten en tydelig utviklingstrend. Kobberverdiene falt i begynnelsen av måleperioden. Tilførslene har siden blitt ytterligere redusert, og verdiene har flatet ut de siste årene. Forholdet mellom tilførslene fra elvene og det totale bidraget til kystområdene, virker relativt stabilt for disse parameterne. Resultatene for Nordsjøen viser en stor økning i tilførslene av fosfor gjennom hele måleperioden. Bidraget fra elvene utgjør en mindre andel av de totale tilførslene for dette havområdet enn i Skagerrak, noe som hovedsakelig skyldes utslipp fra fiskeoppdrett. Beregnede data for nitrogen viser en markant økning fra 2000 til 2015, men at tilførslene har gått noe ned siden dette. Kobbertilførslene har vist en økende trend gjennom måleperioden, fra litt under 100 tonn tidlig på 1990-tallet til 400 tonn i 2019. Økningen i næringssalter og kobber knyttes i stor grad til utslipp fra fiskeoppdrett. Verdiene for tungmetallet bly falt mye på begynnelsen av 1990-tallet, og har senere flatet ut. Nivået for bly er noe lavere og årsvariasjonene mindre i Nordsjøen enn i Skagerrak.

Lenke til indikatoren: Tilførsler av forurensning fra elver og kystnære områder til Nordsjøen og Skagerrak - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.1.3 - Annen kunnskap om tilførsler av forurensning til Nordsjøen

I Tilførselsprogrammet, som pågikk i perioden 2009 til og med 2012, var formålet å beregne tilførsler av miljøgifter til norske havområder fra ulike kilder ved hjelp av modeller og målinger i biota, sedimenter og vann. Rapporten som gjaldt Nordsjøen og Skagerrak kom i 2011 (Green m.fl. 2011). Hovedinntrykket var at det er relativt liten tilførsel av miljøfarlige stoffer til forvaltningsplanområdet Nordsjøen. Avsetning fra luften utgjør den største kilden for tilførsel av PCB, PAH, kvikksølv, bly og kadmium, spesielt for Nordsjøen utenom Skagerrak. Beregninger viste vesentlig større tilførsel av PCB og PAH enn beregnet tidligere. Utlekking fra havbunnen er den største kilden for tilførsel av arsen til Nordsjøen utenom Skagerrak og krom i den regionen av Nordsjøen som er nærmest kysten. I Skagerrak er tilførsler av kadmium, krom, arsen og PCB fra land større enn fra luft, og tilførslene fra land har relativt sett størst betydning for kadmium, krom og arsen. Skipstrafikk er den største kilden for tilførsel av olje, bortsett fra for olje i Skagerrak hvor tilførsler fra land er størst. For radioaktive stoffer er hovedkildene utstrømmende vann fra Kattegat (strontium-90), gjenvinningsanlegget Sellafield ved Irskesjøen (plutonium-239+240), atmosfærisk nedfall og i mindre grad gjenvinningsanlegget La Hague i Normandie.

4.2 - Nivåer av forurensende stoffer i Nordsjøen

4.2.1 - Radioaktivitet i sjøvann i Nordsjøen

Radioaktiv forurensning i sjøvann overvåkes langs norskekysten og i havområdene, og nivåene av menneskeskapte radioaktive stoffer er lave. Det er også naturlig forekommende radionuklider i sjøvann, og petroleumsvirksomheten oppkonsentrerer og slipper ut disse sammen med det produserte vannet. Nivået av radioaktiv forurensning i sjøvann er høyere i Nordsjøen enn i Norskehavet og Barentshavet, der nivåene er lave. De høyeste nivåene måles i Skagerrak. Det er høyere nivåer av cesium-137 langs kysten enn i åpent hav, på grunn av avrenning fra land.

Nivåene er stabile eller synkende.

Lenke til indikatoren: Radioaktivitet i sjøvann i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.2 - Radioaktivitet i tang i Nordsjøen

Blæretang er en god indikator for utviklingen av nivåene av technetium-99 i miljøet, siden technetium-99 oppkonsentreres i blæretang. Nivåene i sjøvann er for tiden så lave at de som regel er under deteksjonsgrensen, mens nivåene i blæretang er lave, men målbare.

Det måles også cesium-137 i blæretang, og nivåene er lave. En generell trend er at nivåene er høyere i sør enn i nord på grunn av utstrømming av Tsjernobyl-relatert cesium-137 fra Østersjøen.

Det var en økning i nivåene av radioaktivitet i tang i Nordsjøen på 1990-tallet grunnet økte utslipp fra Sellafieldanlegget i Storbritannia. Det har vært en betydelig nedgang i utslippet de siste 15 årene, og dermed også en nedgang i technetium-99 i blæretang. Nivåene av cesium-137 i blæretang er også synkende.

Lenke til indikatoren: Radioaktivitet i tang i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.3 - Forurensning i blåskjell i Nordsjøen

I Nordsjøen og Skagerrak overvåkes nivået av miljøgifter i blåskjell langs kysten av Østfold (nå Viken) til Sogn og Fjordane (nå Vestland). I MILKYS-programmet som NIVA utfører for Miljødirektoratet startet noen av målingene i 1981 (Schøyen m.fl. 2021).

I 2019 var blåskjell generelt lite forurenset av kvikksølv, kadmium, bly, HCB, DDT, PCB og PBDE, med enkelte unntak. Blåskjell fra Sørfjorden i Hardanger hadde de høyeste konsentrasjonene av DDT og i mindre grad kvikksølv og bly. Her ble det funnet konsentrasjoner på mer enn 10 ganger PROREF ved tre stasjoner for DDT og én stasjon for bly. For DDT er årsakene forurensning fra tidligere (ca. 1945-1970) bruk av plantevernmiddel i forbindelse med fruktdyrking i Sørfjordområdet (Ruus m.fl. 2010).

Ellers lå konsentrasjonene av HCB i blåskjell mellom 2 og 10 ganger PROREF på alle 11 stasjoner. For bly var konsentrasjonene over PROREF på fire stasjoner, for PCB på tre stasjoner og for kvikksølv og DDT på to stasjoner.

De fleste blåskjellstasjonene ligger inne i fjorder eller nær punktkilder som f.eks. havneområder. Resultatene herfra er derfor ikke direkte relevante for forholdene i forvaltningsplanområdet Nordsjøen og Skagerrak. Fire av stasjonene (Tjøme, Lista, Risøy og Bømlo) ligger imidlertid nær åpent hav. På disse stasjonene lå nivåene av miljøskadelige stoffer stort sett under to ganger PROREF. Unntaket gjelder i stor grad HCB.

I den grad forskerne ser noen trend går den oftest nedover. I bare sju tilfeller ble det funnet en økning. Det gjelder for PCB ved fire stasjoner (tre av disse i Sørfjorden/Hardangerfjorden), bly ved to stasjoner (begge i indre Oslofjord) og DDT ved én stasjon på Bømlo fra 2010 til 2019.

Blåskjell ved alle stasjoner hadde konsentrasjoner under gjeldende grenseverdier for mattrygghet, satt for kvikksølv, kadmium, bly og PCB.

Konsentrasjonene av miljøgifter målt i blåskjell i 2019 lå over miljøkvalitetsstandarden ved tre av 18 stasjoner for kvikksølv, ved alle 17 stasjoner for PCB og for alle fem stasjoner for PBDE. For DDT (representert med p,p'-DDE) og HCB lå derimot konsentrasjonene under miljøkvalitetsstandardene på samtlige stasjoner. Siden blåskjell er en lavtrofisk art (spiser planteplankton), gir nivåene av miljøgifter i blåskjell en god indikasjon på hvor mye som kan overføres og biomagnifiseres oppover i næringskjeden.

Lenke til indikatoren: Forurensning i blåskjell i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.4 - Forurensning i reker i Nordsjøen

I Nordsjøen (og Skagerrak) overvåkes miljøgifter i hele og pillede kokte reker fra åpent hav. Av stoffene som

analyseres er nivåene av kvikksølv og arsen høyere i pillede enn i hele reker, ellers er nivåene av de fleste stoffer høyest i hele reker. Nivåene av tungmetallene kvikksølv og bly er høyere i reker fra Nordsjøen enn i reker fra Norskehavet og Barentshavet. For pillede reker er nivået av kobber også høyere enn hos reker fra de andre to havområdene, mens i hele reker er nivået i Nordsjøen på nivå med Norskehavet. Nivået av kadmium i reker fra Nordsjøen er lavere enn i reker fra Barentshavet, men høyere enn i kystreker fra Norskehavet.

Nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB i reker fra Nordsjøen er på nivå med kystreker fra Norskehavet og høyere enn i reker fra Barentshavet. For ikke-dioksinlignende PCB (PCB6 eller PCB7) og DDT (representert ved p,p'-DDE) er nivået i reker fra Nordsjøen bare litt over nivået i Barentshavet og lavere enn i kystreker fra Norskehavet. For PBDE i reker er nivået i Nordsjøen høyere enn i Barentshavet, men noe lavere enn i Norskehavet.

Nivåene av PFAS var for det meste under målbart nivå, men noen rekeprøver hadde målbart nivå av PFOS, med høyeste målte konsentrasjon 2,2 µg/kg våtvekt i en samleprøve av pillede reker fra 2014. I 2019-2020 var høyeste målte verdi for PFOS 1,7 µg/kg. Andre PFAS med målbare nivåer i en eller flere prøver i 2019-2020 er FPNA, PFOSA, PFDA, PFHxS (opp til 3,0 µg/kg), PFTrDA og PFUdA.

Nivåene av cesium-137 i reker fra Nordsjøen og Skagerrak er lave.

Prøvene av reker tas i ulike deler av Nordsjøen fra år til år, samlet sett er det en god geografisk dekning. Antallet prøver som analyseres hvert år noe lavt, men siden det er samleprøver som analyseres representerer de likevel et større antall reker. Fordi forurensning i reker overvåkes i alle havområdene Nordsjøen og Skagerrak, Norskehavet og Barentshavet gir dette et godt sammenligningsgrunnlag, slik at indikatoren er bra egnet til å vurdere forurensningsnivået i Nordsjøen.

Nivåene av målte miljøgifter i reker fra Nordsjøen ser ut til å være stabile fra overvåkingen startet i 2014 og frem til i dag. Trolig er dette imidlertid en for kort tidsperiode til å oppdage eventuelle trender.

Kokte, pillede reker har nivåer av miljøgifter som er godt innenfor grenseverdier for mattrygghet, for stoffene der slike grenser finnes. Siden reker er populær mat som mange spiser mye av, er reker svært relevant som indikator for mattrygghet.

Nivåene av kvikksølv, PCB7 og PBDE i hele reker er over miljøkvalitetsstandardene satt for disse stoffene. Det betyr at nivåene er så høye at de potensielt kan påvirke arter høyt i næringskjeden, slik som sjøfugl og sjøpattedyr. Nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB, DDT, HCB, PFOS, PFOA og PAH (benzo(a)pyren) er under de respektive miljøkvalitetsstandardene. Siden det er kokte reker som analyseres, er ikke nivåene som vi måler i reker 100% representativ for det som overføres i næringskjeden, avhengig av hvordan nivåene av de ulike stoffene påvirkes av koking. De fleste stoffene som overvåkes er imidlertid persistente og derfor sterkt bundet, og det totale innholdet i rekene vil derfor stort sett være det samme før og etter koking.

Lenke til indikatoren: Forurensning i reker i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.5 - Forurensning i tobis i Nordsjøen

Nivåene av de fleste stoffer som analyseres i tobis (havsil) fra Nordsjøen er lave og litt høyere enn lodde og polartorsk fra Barentshavet, som befinner seg i samme posisjon i næringskjeden. For tobis er det lite data fra andre områder enn Nordsjøen til å sammenligne med.

Tobis på tobistoktet i 2021. Foto: Åse Husebø/ HI

Nivåene av målte miljøgifter i tobis fra Nordsjøen ser ut til å være stabile fra den faste overvåkingen startet i 2014 og frem til i dag. Trolig er dette imidlertid en for kort tidsperiode til å oppdage eventuelle trender. For metaller ble det gjort noen målinger også i 1995, 2000 og 2004, men det er ikke noe som tyder på at det har vært endringer i nivåene i denne perioden heller. For PBDE ble det analysert noen prøver i 2004 som viste klart høyere konsentrasjoner enn nivåene som er målt fra 2014 og fremover, men siden det var bare ett år med høyere nivå, er det for lite til å trekke klare konklusjoner om trender, selv om vi også for andre arter har sett nedgang i PBDE-nivåer siden tidlig 2000-tall.

Tobis nyttes ikke som mat for mennesker, men fiskes som industrifisk og benyttes som råstoff til produksjon av fiskefôr. Nivåene av de målte miljøgiftene var under grenseverdier som gjelder for fiskefôr, for stoffer der det finnes slike grenseverdier. Det betyr at nivåene ved bruk av tobis som fiskefôr ikke forventes å ha skadelige effekter på oppdrettsfisk, oss mennesker som spiser den eller miljøet.

Nivået av de fleste miljøgifter inkludert kvikksølv i tobis er under miljøkvalitetsstandardene, mens PCB7 og PBDE er over de miljøkvalitetsstandardene som gjelder for disse stoffene. Tobis har en viktig rolle som byttedyr for andre fiskearter og sjøfugl, og det er derfor særlig relevant å sammenligne miljøgiftnivåene med miljøkvalitetsstandarder. Med unntak av PCB7 og PBDE er nivåene under miljøkvalitetsstandarden og dermed så lave at de ikke forventes å påvirke arter høyere oppe i næringskjeden.

Lenke til indikatoren: Forurensning i tobis i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.6 - Forurensning i nordsjøsild

Konsentrasjonene av både kvikksølv og kadmium i filet av nordsjøsild (*Clupea harengus*) er på samme nivå som i NVG-sild, som i hovedsak lever i Norskehavet og Barentshavet. Noen mindre forskjeller er det likevel, og det kan være utfordrende å sammenligne de to sildebestandene fordi de har ulik livssyklus og veksthastighet. For fisk ved lik vekt er det noe mer kvikksølv i nordsjøsild enn i NVG-sild, noe som trolig skyldes høyere forurensningsnivå. For kadmium er det omvendt, og her har vi ikke noen god forklaring så langt. Fordi sild er fet fisk, har de høyere nivå av fettløselige organiske miljøgifter i fileten enn magre fiskeslag, som torsk og sei, som lagret både fett og organiske miljøgifter i lever. Fordi de vandrer over store områder, kan sild være en godt egnet indikator for det samlede nivået av forurensning av fettløselige organiske miljøgifter i hele vandringsområdet. Konsentrasjonene av organiske miljøgifter i nordsjøsild er som i norsk vårgytende sild, eller høyere. Nivåene er lavere i nordsjøsild enn i sild fra Østersjøen, som er kjent for høye konsentrasjoner av organiske miljøgifter.

I perioden 1996-2006 ble det tatt stikkprøver av nordsjøsild ulike steder i Nordsjøen til analyse for miljøgifter. Fra 1996 ble det bare analysert for tungmetaller, fra 2002 ble PCB7 inkludert og fra 2004 også dioksiner og dioksinlignende PCB og PBDE. I perioden 2009-2011 ble det gjennomført en stor kartlegging (basisundersøkelse), og fra og med 2014 har det blitt gjennomført overvåking av miljøgifter i sild hvert tredje år.

Det bør nevnes at det i overvåkingen fra 2014 og fremover tas prøver fra områder og tid på året da det forventes relativt høye nivåer av kadmium,og dioksiner og PCB. Prøvene er derfor "worst case" og ikke representative for typisk nordsjøsild. For de fleste miljøgifter er det ingen tydelig trend eller en mulig nedadgående trend siden overvåkingen startet. Den tydeligste nedadgående trenden er for PBDE, som avtok fra 2004 til 2014, for deretter å stabilisere seg i perioden frem til og med 2020.

Filet av sild er viktig mat for mange mennesker, og indikatoren Forurensning i nordsjøsild er en viktig indikator for mattrygghet. Nivåene av kvikksølv, kadmium, bly, sum dioksiner, sum dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 i filet av nordsjøsild er alle godt innenfor grenseverdiene som gjelder for fisk som mat til mennesker.

Siden nordsjøsild er fisk som er relativt lavt i næringskjeden og som er en viktig nøkkelart i økosystemet i Nordsjøen, kan miljøgifter i nordsjøsild være av stor relevans å sammenligne med miljøkvalitetsstandardene. Siden det er kun filet av sild som overvåkes og ikke hel fisk, er det ikke helt ideelt å sammenligne målte konsentrasjoner med miljøkvalitetsstandarder, men det kan gi en viss pekepinn. Gjennomsnittsnivå av kvikksølv, PCB7 og PBDE er gjennomgående høyere enn de respektive miljøkvalitetsstandardene. Nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB, PFOS og PFOA og HCB var imidlertid godt under miljøkvalitetsstandardene satt for disse stoffene.

Lenke til indikatoren: Forurensning i nordsjøsild - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.7 - Forurensning i rødspette i Nordsjøen

Nivået av miljøgifter i rødspette overvåkes årlig i Nordsjøen og Skagerrak. I løpet av 2016-2018 ble det gjennomført en større kartlegging (basisundersøkelse) av rødspette fra Nordsjøen og kysten av Norge fra Mandal til Øst-Finnmark (Frantzen m.fl. 2020). Vurdering av forurensningsnivå i rødspette her er basert på denne undersøkelsen. 448 prøver av filet ble analysert for metaller, og resultatene viste at nivåene av kadmium og bly i filet av rødspette var svært lave. Også kvikksølvnivået var generelt lavt og lavere enn hos mange andre fiskearter. Konsentrasjonen av kvikksølv i Nordsjøen var på nivå med det som ble målt langs kysten, selv om rødspette i Nordsjøen er relativt liten. Nivået av arsen var relativt høyt i filet og lever av rødspette, men nivået i rødspette fra Nordsjøen er lavere enn langs kysten.

Trolig fordi rødspette er halvfet fisk (gjennomsnittlig fettinnhold i filet 2,3 g/100 g), er nivåene av de organiske miljøgiftene mellom to og åtte ganger høyere enn hos helt magre fiskeslag slik som torsk og sei (fettinnhold ca. 1 g/100 g). Sammenligner vi nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 i filet av rødspette med fete fiskeslag som makrell og sild, ser vi at nivåene i rødspette er mindre enn det halve av nivåene målt i disse. Nivåene av både dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB6 og PBDE i rødspette fra Nordsjøen var på nivå med noen av områdene langs kysten med lavest nivå. Forskjeller mellom områder kunne i stor grad tilskrives forskjeller i fettinnhold.

Konsentrasjonene av de fleste klorerte plantevernmidler i filet var lavere enn analysemetodenes målegrenser, med unntak av noen stoffer i enkelte prøver, blant andre dieldrin, HCB, mirex, DDT-metabolitter og trans-nonachlor. De høyeste målte konsentrasjonene var av DDT-metabolittene p,p’-DDD, p,p’-DDE og p,p’-DDT, med opp til 1,8 µg/kg våtvekt. Perfluorerte alkylerte stoffer (PFAS) var stort sett under analysemetodens bestemmelsesgrenser, med unntak av noen få prøver med målte verdier for PFNA og PFOS. Den høyeste målte verdien av PFOS i perioden 2014-2018 var 3,0 µg/kg våtvekt, målt i en rødspette fra 2014.

Miljøgifter i rødspette er så langt bare analysert seks ganger, i 2007 og fra og med 2014 til og med 2018. Det er foreløpig en altfor kort tidsserie til å kunne si noe om eventuelle trender.

Nivåene av miljøgifter målt i filet av rødspette var godt innenfor grenseverdier for mattrygghet for alle de

stoffene der slike grenseverdier er satt. Filet av rødspette er mye benyttet som mat, og en sammenligning med grenseverdier for mattrygghet er direkte relevant.

Nivåene av de fleste miljøgiftene i filet av rødspette er under miljøkvalitetsstandardene for de fleste stoffer, med unntak av kvikksølv og PBDE alle år og PCB7 noen av årene (PCB7 ikke over i 2016 og 2018; Figur 11). Alle målte konsentrasjoner av plantevernmidler, PFOS og PFOA er under gjeldende miljøkvalitetsstandarder for disse stoffene.

Figur 11. Konsentrasjon av PCB7 (µg/kg våtvekt) i filet av rødspette målt årlig fra 2014 til 2018. Gjennomsnitt, minste og største verdi er vist. Fra miljostatus.no

Siden det er filet av rødspette som analyseres, er det ikke direkte relevant å vurdere nivåer av miljøgifter opp mot miljøkvalitetsstandardene, siden konsentrasjonene av miljøgifter vil være litt annerledes i hel rødspette, som er det som overføres oppover i næringskjeden, enn i filet. Men siden konsentrasjonen av fettløselige organiske miljøgifter ofte er noe høyere i lever enn i filet av rødspette (Frantzen m.fl. 2020), vil nivåer i hel fisk også som oftest være like høy eller høyere enn i filet. Når konsentrasjoner i filet er over miljøkvalitetsstandarden er det altså også ofte god grunn til å tro at det samme ville gjelde hvis det var hel fisk som ble målt.

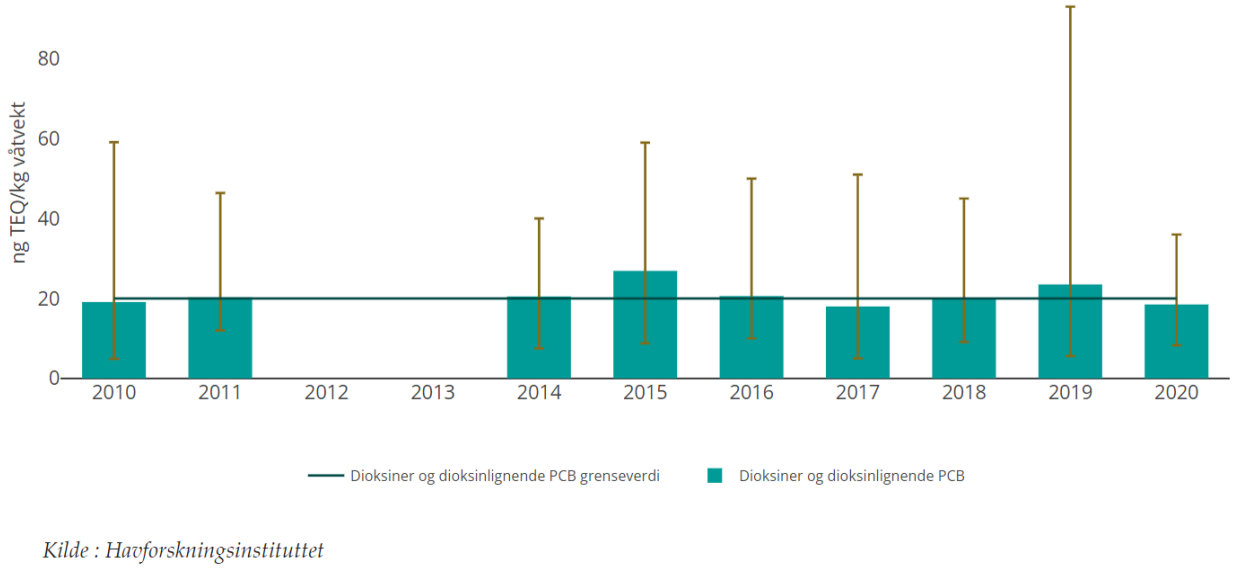
Lenke til indikatoren: Forurensning i rødspette i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.8 - Forurensning i torsk i Nordsjøen

I Nordsjøenområdet har NIVA målt miljøgifter i kysttorsk fra 1981 til 2019, mens HI har målt miljøgifter i nordsjøtorsk fra 2005 til 2020. Kvikksølv i filet og organiske miljøgifter i lever av torsk er gode indikatorer på forurensningsnivå. Siden det er etablert en PROREF som skal være en slags referanseverdi for torsk fra kysten, samt at det finnes gode data på miljøgifter i torsk fra mange områder både i åpent hav, langs kysten og i fjordene (bl.a. basisundersøkelse og lange tidsserier fra mange stasjoner) er indikatoren godt egnet til å vurdere forurensningsnivå i de områdene der prøvene tas.

I filet av torsk er det lave nivåer av de aller fleste miljøgifter, og det er bare kvikksølv som i noen tilfeller finnes i forhøyet nivå og som derfor rapporteres her. Kvikksølvnivået i filet av torsk er generelt høyere i kysttorsk enn i torsk fra åpent hav i Nordsjøen. Ved seks av ni kysttorsk-stasjoner var kvikksølvnivået to til ti ganger PROREF. Det gjennomsnittlige innholdet av kvikksølv i filet av torsk fra åpent hav i Nordsjøen er noe forhøyet og høyere enn i torsk fra Barentshavet, med et gjennomsnitt mellom én og to ganger PROREF i 2020.

Organiske miljøgifter analyseres i lever av både kysttorsk og nordsjøtorsk. I lever av kysttorsk var nivået av PCB 2,8 til 3,3 ganger PROREF ved to stasjoner ved siste rapporterte måling, og nivået av DDT var 3,2 ganger PROREF ved én stasjon . Øvrige organiske miljøgifter analysert var under de etablerte PROREF-verdiene i kysttorsk. I lever av torsk fra åpent hav var gjennomsnittskonsentrasjonene godt under PROREF for de organiske miljøgiftene. Lever av kysttorsk fra to stasjoner samt lever av nordsjøtorsk fra 2017 og 2018, er også analysert for perfluorerte alkylstoffer (PFAS), og konsentrasjonene av PFOS og PFOA var lavere enn PROREF.



Figur 12. Konsentrasjon av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i lever av torsk fra åpent hav i Nordsjøen. Fra miljostatus.no

Generelt er nivåene av miljøgifter som kvikksølv, PCB, DDT og PBDE høyere i nordsjøtorsk enn i torsk fra Barentshavet. Nivået av en del metaller (kadmium, bly) og klorerte pesticider som blant andre HCB, er imidlertid minst like høyt i Barentshavet som i Nordsjøen. For de fleste miljøgifter er de mest forurensede lokalitetene i Nordsjøen. Torsk fra Norskehavet har konsentrasjoner et sted mellom torsk fra Nordsjøen og Barentshavet for en del stoffer (PCB, PBDE og DDT), men har like høy forurensing som torsk fra Nordsjøen for en del stoffer inkludert kvikksølv.

Nivåene av radioaktiv forurensning i torsk i Nordsjøen og Skagerrak er lave.

Ved tre av de ni kysttorsk-stasjonene viser kvikksølv en økende trend i perioden 2010-2019. Blant organiske miljøgifter i lever viser DDT en avtakende trend ved én stasjon for kysttorsk (Lista), PCB7 viser avtakende trend ved en annen stasjon og PBDE viste avtakende trender ved tre ulike stasjoner. I torsk fra åpent hav er det ingen av de undersøkte stoffene som viser noen trender.

Nivået av alle miljøgifter og radioaktiv forurensning målt i filet av torsk fra Nordsjøen er godt innenfor de grenseverdiene som gjelder for mattrygghet. Gjennomsnittsnivået av dioksiner og dioksinlignende PCB i torskelever ligger fra år til år like over og under den særegne grenseverdien for mattrygghet som gjelder lever på 20 ng TE/kg, og i 2020 var gjennomsnittsnivået like under denne grenseverdien og i 2019 litt over (Figur 12). Gjennomsnittsnivået av PCB6 ligger jevnt over under grenseverdien på 200 µg/kg våtvekt. I kysttorsk var nivået av PCB6 i 2019 over grenseverdien ved fem av de åtte kysttorsk-stasjonene. Dioksiner og dioksinlignende PCB måles ikke i kysttorsk.

Torsk er rovfisk med naturlig høyere konsentrasjoner av mange miljøgifter enn arter lavt i næringskjeden, og miljøgiftene i torsk vil i liten grad føres oppover i næringskjeden. Nivåene av miljøgifter i torsk sammenlignet med miljøkvalitetsstandardene for ulike stoffer er vist i tabell 4.

Lenke til indikatoren: Forurensning i torsk i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

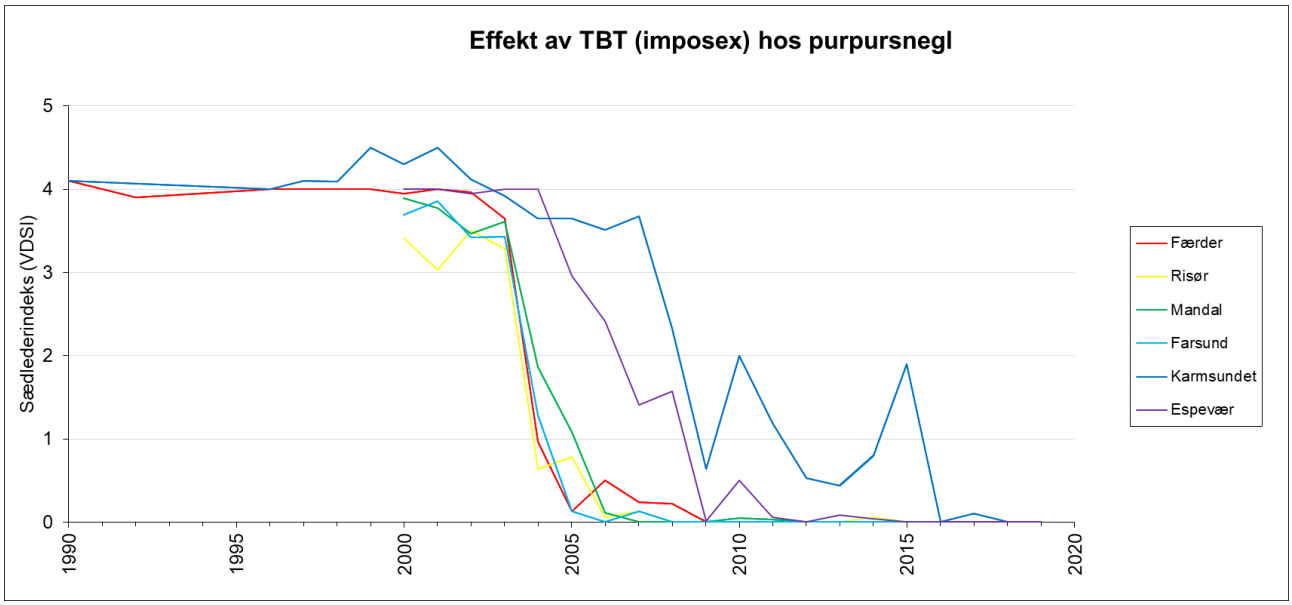
4.2.9 - Imposex hos purpursnegl langs kysten av Nordsjøen og Skagerrak

Tributyltinn (TBT) har blitt brukt som begroingshindrende tilsetning i skipsmaling siden 1960-årene. Purpursnegl (*Nucella lapillus*) lever på bølgeeksponerte hardbunnsområder i tidevannssonen og arten er meget følsom for TBT, som er en hormonforstyrrende miljøgift. Begynnende tegn på kjønnsforstyrrelse (imposex) hos hunner forekommer ved så lave konsentrasjoner som 1 ng TBT per liter sjøvann. Bestander av purpursnegl ble sterkt redusert på grunn av imposex i flere områder langs kysten i 1980- og 1990-årene. I 1990 kom det første forbudet mot TBT. Dette gjaldt for båter som var kortere enn 25 meter. I 2003 kom ett nytt forbud mot påføring av TBT-holdig bunnstoff på skip over 25 meter. I 2008 kom det et globalt totalforbud mot slike bunnstoffer som ytterlag på skip.

Purpursnegl langs kysten av Nordsjøen og Skagerrak overvåkes for nivåer av TBT og dens biologiske effekter som forårsaker en irreversibel kjønnsforstyrrelse og kalles imposex. I MILKYS-programmet som NIVA utfører for Miljødirektoratet startet noen av målingene i 1991 (Green m.fl. 2020). Dette var første gang fenomenet ble påvist i Norge. Seks purpursneglestasjoner ble undersøkt; Færder, Risør, Mandal, Farsund, Karmsundet og Espevær. Graden av imposex måles som sædlederindeksen (Vas Deference Sequence Index, VDSI). Hunnen utvikler mannlige kjønnskarakterer (sædleder og pseudopenis), som kan føre til sterilitet. VDSI er et mål på hvor syk sneglen er, og er en gjennomsnittsverdi for sædlederstadiene (VDS) på én lokalitet. Det er syv sædlederstadier hvor stadium null er friske individer og stadium seks har maksimal imposex effekt. Sterilitet forekommer i stadiene fem og seks. I stadium seks er penisen og sædlederen fullt utviklet, og aborterte eggkapsler kan observeres. Purpursnegl i siste stadium dør ofte av skadene som påføres når dyret sprekker

opp langs ryggsiden for å abortere eggkapslene.

I 2020 var TBT-konsentrasjonene i purpursnegl lave og nivåene har siden 2009 ligget under provisorisk høy referansekonsentrasjon (PROREF på 23,54 µg TBT/kg våtvekt for purpursnegl) (Schøyen m.fl. 2021). TBT-konsentrasjonene i purpursnegl ved alle lokalitetene lå under miljøkvalitetsstandarden for organismer (150 µg TBT/kg våtvekt).



Figur 13 Effekten av miljøgiften TBT (kjønnsforstyrrelse/imposex) på hunner av purpursnegl. Graden av imposex er vist som sædlederindeks (VDSI). Dette er en indeks som angir graden av imposex på en skala fra 0-6. En indeksverdi lik 0 tilsvarer en upåvirket hunn, mens verdier over 4 medfører sterilitet.

Lange tidsserier siden 1991 viser en meget positiv utvikling med klare nedadgående trender for både TBT-konsentrasjoner og grad av imposex (Figur 13; Schoyen m.fl. 2019).

Noen av de tidligere påvirkede sneglepopulasjonene har reetablert seg. Før TBT-forbudet i 2003 var graden av imposex høy og sædlederindeksen var stort sett på nivå fire (Figur 13). Det var en klar nedgang i imposex og TBT-konsentrasjoner ved omtrent alle stasjonene fra 2003 til 2008 da totalforbudet ble innført. For TBT-konsentrasjoner og imposex i purpursnegl ble det ikke påvist noen trender for perioden 2011 til 2020, med unntak av Mandal og Karmsundet hvor det var nedadgående trender for imposex. Dette viser at nedgangen i TBT-konsentrasjoner og imposex kom før 2011.

I 2020 var det ingen effekter av TBT (imposex) hos hunner av purpursnegl og sædlederindeksen var null ved alle stasjonene. De nedadgående langtidstrendene (hele perioden) for TBT og imposex i purpursnegl viser at forbudet mot TBT har hatt en svært positiv effekt.

Lenke til indikatoren: [Imposex hos purpursnegl langs kysten av Nordsjøen og Skagerrak - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)]

4.2.10 - Plast i havhestmager i Nordsjøen

Plast i havhestmager er en av OSPARs EcoQO-indikatorer. Det meste av overvåkingen har foregått i Nordsjøområdet, men siden 2020 er det arbeidet med en utvidelse nordover. Norge har deltatt i overvåkingen siden 2003, med innsamling av strandede havhester i hovedsak i Rogaland og Lista-området gjennom vinteren.

I den norske delen av Nordsjøområdet hadde 97,5 % av undersøkte havhester i perioden 2003-2021 plast i magen. Andelen av havhester med mer enn 0,1 g plast i magen (dvs. OSPARs grenseverdi) har vært nokså konstant, og ligger i dag på 49,2 % (Dehnhard m. fl. 2021). Havhest i Nordsjøen er ser ut til å være mer utsatt for plastinntak enn havhester fra områder lenger nord (Norskehavet og Barentshavet/Svalbard).

Lenke til indikatoren: Plast i havhestmager i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.11 - Oljepåvirket fisk i Nordsjøen

Ved hjelp av biomarkører kan en finne ut om fisk påvirkes av utslipp fra oljeinstallasjoner. Det er tegn til PAH-belastning hos fisk i hele Nordsjøen.

Biomarkører kan gi en tidlig indikasjon på endringer som kan oppstå hos en organisme som følge av en bestemt påvirkning. Ved å måle biomarkørene DNA-addukter, CYP1A og PAH-metabolitter i fisk (torsk og hyse), kan man finne ut om fisken påvirkes av utslipp fra oljeinstallasjonene ute på havet.

- DNA-addukter dannes i leveren når kreftfremkallende stoffer (for eksempel PAH) bindes til DNA. Mengden DNA-addukter er ansett for å være en pålitelig biomarkør som viser grad av påvirkning som følge av eksponering for PAH. Biomarkøren kan brukes til å oppdage endringer i celler og vev som kan føre til mutasjoner hos fisk.
- CYP1A er et protein i leveren som fungerer som en katalysator i den metabolske nedbrytningen av bestemte typer stoffer. Etoxyresorufin-0-deetylase (EROD)-aktivitet er et enzymassay som måler aktiviteten av CYP1A. Proteinet hemmes av enkelte stoffer, som for eksempel tungmetaller, og økte mengder av proteinet blir produsert i fisk og andre vertebrater ved eksponering for organiske miljøgifter som for eksempel PAH, PCB og dioksiner. Økte mengder av proteinet kan måles som økt EROD-aktivitet. Ved å måle aktiviteten til proteinet i fisk, kan vi si noe om i hvilken grad fisken påvirkes av utslipp av forurensende stoffer.
- PAH-metabolitter blir oppkonsentrert i galleblæren hos fisk ved nedbryting av PAH. Analyse av PAH-metabolitter i galle er en svært sensitiv metode for overvåking av PAH-eksponering.

Vannsøyle- og tilstandsovervåking fra 2001 til 2017 har vist at fisken blir eksponert for PAH i områder nær oljeplattformer. Eksponeringen måles i form av akkumulering, eller som økt konsentrasjon av PAH-metabolitter i galle fra torsk. Akkumulering av PAH, eller annen påvirkning, har blitt sett hele 5 til 10 km fra oljeplattformene. For hyse synes det å være en gradient i påvirkning fra områder med høy oljeaktivitet (Tampen) til områder uten oljeaktivitet.

I de fleste filetprøver som blir tatt blir det ikke funnet påvisbare nivåer av NPD/ PAH og alkylfenoler. Disse stoffene metaboliseres effektivt i fisk og eksponeringen må derfor være svært høy før det kan forventes å finne slike stoffer i målbare mengder i fisken.

Bunnfisk fra Tampenområdet hadde høyere nivå av DNA addukter i lever og tarm enn bunnfisk fra Egersundbanken (Grøsvik m.fl. 2012; Pampanin m.fl. 2019). DNA addukt-nivåene målt i hyse fra Tampenområdet i overvåkingen fra 2017 var høyere enn tidligere målte DNA addukt-nivåer (Pampanin m.fl. 2019)

Det er en utfordring å si hvor stor andel av PAH-belastningen som skyldes tidligere utslipp av oljeholdig borevæske, og hvor mye som skyldes operasjonelle utslipp i forbindelse med pågående aktiviteter.

Lenke til indikatoren: Oljepåvirket fisk i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.12 - Sjøbunn i Nordsjøen påvirket av hydrokarboner (THC) og barium

Oljeforurenset sjøbunn rundt petroleumsfeltene i Nordsjøen er i dag i hovedsak mindre enn 1 km^2. Høye konsentrasjoner av THC er ofte forbundet med tidligere lekkasjer fra oppsprukne reservoarer. Operatørene på norsk sokkel er pålagt å utføre miljøovervåking. Gjennom overvåkingen skal operatørene følge med på hvordan utslipp fra oljeboring påvirker sjøbunnen og bunnfaunaen.

Overvåkingen kan også avdekke eventuelle langsiktige endringer som kan knyttes til olje- og gassvirksomheten,

og skal kunne brukes til å gi prognoser for utviklingen i økosystemet. Resultatene fra overvåkingen brukes som beslutningsgrunnlag både for operatørene og myndighetene.

Sjøbunnen rundt oljeinstallasjonene har blitt undersøkt årlig helt siden slutten av 1970-årene. Sjøbunnsovervåkingen ble etter hvert utvidet til å omfatte større områder, og Nordsjøen ble delt inn i følgende fire regioner: **Region 1**, Ekofiskområdet (56-58°N), **region 2**, Sleipnerområdet (58-60°N), **region 3**, Osebergområdet (60-61°N) og **region 4**, Statfjordområdet (61-62°N).

Siste undersøkelse i **region 1** ble gjennomført i 2020. Kontaminert areal, det vil si areal med THC over LSC (Limit of Significant Contamination) var 260 km^2 i 2020. Det er i samme størrelsesorden som kontaminert areal beregnet i 2014, men betydelig høyere enn 2017 da kontaminert areal var beregnet til 66 km^2. Det er stor usikkerhet knyttet til beregnet kontaminert areal og det er derfor ikke mulig å sammenligne kontaminert areal mellom årene direkte. Det var generelt en økning av THC på felt og regionale stasjoner i 2020. THC er over LSC på alle felt, men det er få stasjoner (8 stasjoner) med maksimalverdier av THC høyere enn 50 mg/kg. De fleste av disse stasjonene er på Ekofisk og Valhall. Ekofisk og Valhall er feltene med størst beregnet kontaminert areal. Dette er også feltene med høyest THC-konsentrasjoner i regionen.

Totalt ble åtte stasjoner vurdert å ha forstyrret fauna, dette er færre sammenlignet med 2017. Resultatene antyder en positiv utvikling i faunaen rundt Valhall, men det er fremdeles høye konsentrasjoner av både THC og metaller på de stasjonene som betraktes som forstyrret. På Ekofisk er det påvist THC >50 mg/kg på to stasjoner (EKO52 og EKO15). Fire stasjoner var i 2017 betraktet som lett forstyrret, disse har hatt en positiv utvikling siden 2014.

Sist undersøkelse i **region 2** ble gjennomført i 2018. Totalt areal med THC>LSC i Sleipnerregionen var 15,47 km^2 i 2018, mens totalt areal med THC>50 mg/kg var 0,80 km^2. Det var kun Ringhorne og Sleipner vest som hadde gjennomsnittsverdier over THC over 50 mg/kg. I tillegg hadde Langfjellet, Volve og Jotun maksimalverdier over 50 mg/kg. Antall stasjoner og installasjoner i regionen er ikke identisk mellom de to årene og det er derfor ikke mulig å direkte sammenligne kontaminert areal mellom årene.

De høyeste THC verdiene og påvirket fauna ble funnet på Ringhorne. Dette er stasjoner som er påvirket av lekkasjer av injisert oljeholdig borekaks. Rundt lekkasjepunktet varierer THC konsentrasjoner på Ringhorne fra 90 til 79 000 mg/kg. I de fleste tilfellene var det i 2018 en sammenheng mellom boreaktivitet, lekkasjer og utslipp og nivåene av hydrokarboner og metaller i sedimentet.

Sist undersøkelse i **region 3** ble gjennomført i 2019. Beregnet kontaminert areal med THC ble i 2019 beregnet til mellom 23,1 km^2. I 2016 ble det beregnet et estimat på 16 km^2. Beregnet areal hvor THC>50 mg/kg var i 2019 1,9 km^2 som er samme størrelsesorden som i 2016. Beregnet areal med forstyrret fauna var i 2019 1,8 km^2, som også er i samme størrelsesorden som i 2016 (2,2 km^2). Antall stasjoner og installasjoner i regionen er ikke identisk mellom årene og det er derfor ikke mulig å sammenligne kontaminert areal mellom årene.

De høyeste THC konsentrasjonene er påvist ved Oseberg Sør og Veslefrikk. Oseberg Sør og Veslefrikk har også stasjoner som er vurdert å ha forstyrret fauna. Dette er stasjoner som er påvirket av lekkasjer av injisert oljeholdig borekaks. Generelt er det ingen store økninger i metall-konsentrasjon i region 3.

Sist undersøkelse i **region 4** ble gjennomført i 2020. Totalt beregnet areal med THC>LSC ble i 2020 beregnet til 28,61 km^2 i 2020 og i 2017 beregnet til 86,38 km^2. Totalt beregnet areal med påvirket bunnfauna var i 2020 5,05 km^2 og 10,2 km^2 i 2017. Det er stor usikkerhet knyttet til beregnet kontaminert areal fordi ytterste stasjon ofte er påvirket og utvalget av undersøkte stasjoner varierer ved de ulike undersøkelsene.

De høyeste THC-konsentrasjonene ble funnet på stasjonene ved lekkasjepunktet på Statfjord B som ligger 300 meter sørøst for feltsenteret. Her varierte konsentrasjonene fra <0,1 til 17 500 mg/kg. I tillegg hadde samtlige Snorre-felt og Vigdis PT1-prod en gjennomsnittlig THC-konsentrasjon over 50 mg/kg. Ved Vigdis PT1 har det vært boring og utslipp i den siste treårsperioden, og ved Snorre B har det vært en injektorlekkasje.

De høyeste bariumverdiene ble målt ved Visund, og da ved en stasjon som ble opprettet ved lekkasjepunkt for injisert oljeholdig borekaks.

THC finnes i store mengder i oljebasert borekaks som tidligere ble dumpet direkte på sjøbunnen. Fra 1993 ble utslipp av oljebasert borekaks forbudt, og operatørene har krav om å ta oljebasert borekaks til land. I tiden fram mot forbudet ble overkonsentrasjoner av olje på grunn av forurensning påvist ut til 6–7 kilometer fra feltene, men vanligvis ut til 3–4 kilometer. Oljeforurenset sjøbunn ble rundt enkelte felt beregnet til 38 km^2. Etter 1993 har forurensningen gradvis avtatt.

I perioden fram til 1993 var det klare negative effekter av utslipp av oljebasert borekaks på dyr som lever på sjøbunnen, og de verste tilfellene hadde en utstrekning på 3 km fra feltene. I dag er det bare få tilfeller der det er vist effekter på bunnfaunaen lenger ut enn 250 m fra feltene.

Endringer i forurenset areal, høye konsentrasjoner av THC og forstyrret fauna, kan skyldes flere forhold. Det dreier seg hovedsakelig om:

- lekkasjer fra oppsprukne reservoarer (som for eksempel er tilfelle ved feltet Veslefrikk med flere)
- mudring i gamle kakshauger på sjøbunnen i forbindelse med fjerning av installasjoner etter avsluttet aktivitet (som for eksempel er tilfelle ved feltet Ekofisk med flere)
- nye felt som nylig har fått aktivitet og deretter blitt inkludert i overvåkingen
- spredning fra kakshaugene nærmere utslippspunktet på grunn av havstrømmer
- potensielle uhellsutslipp

Hovedmengden av barium på sjøbunnen kommer fra borevæske. Forurensning av barium har sammenheng med boreaktiviteten på sokkelen og utslipp av vannbasert borevæske og kaks.

Lenke til indikatoren: Sjøbunn i Nordsjøen påvirket av hydrokarboner (THC) og barium - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.2.13 - Annen kunnskap om nivåer av forurensning i Nordsjøen

Det er per i dag ikke en indikator for miljøgifter i sedimenter i Nordsjøen, men det finnes likevel data. Havforskningsinstituttet har gjennom sitt overvåkningsprogram for organiske miljøgifter i norske havområder utført målinger av hydrokarboner og POPs (PBDE, PCB, klorerte pesticider) i overflatesedimenter fra åpent hav i Nordsjøen sporadisk fra 1990-tallet og regelmessig hvert tredje år siden 2010. Disse prøvene er stort sett hentet fra Norskerenna, der sedimentene er finkornete (silt og leire) og derfor egner seg godt til studier av organiske miljøgifter. Ellers i Nordsjøen er det lite finkornete sedimenter. Den siste prøvetakingen utført i 2019 viste lave nivåer av PAH, for det meste i Miljødirektoratets Klasse II («god tilstand») og ellers i Klasse I («bakgrunn»). Alle POPs er funnet i lave nivåer, under målegrensen for heksaklorsykloheksan (HCH) og trans-nonaklor, og ellers i Klasse II. De få prøvene tatt utenfor Norskerenna viste meget lave bakgrunnsnivåer.

Det gjøres ikke studier av sedimentkjerner under overvåkningsprogrammet på HI, men målinger av overflatesediment utført i løpet av de siste 15 årene viser relativt stabilt lavt nivå av organiske miljøgifter i

sedimenter. Det gjøres ikke målinger av metaller i sedimenter i Nordsjøen.

4.3 - Menneskelig påvirkning i Nordsjøen

4.3.1 - Tilførsel fra olje fra petroleumsinstallasjoner i Nordsjøen

Regelmessige, lovlige utslipp som kaks, vannbasert borevæske med noen kjemikalier, produsert vann og drenasjevann kalles operasjonelle utslipp.

Fram til 1991 var den største kilden til forurensning fra olje- og gassindustrien utslipp av kaks boret med oljebasert borevæske. Disse utslippene ble forbudt, fordi de påvirket det marine livet på og i havbunnen.

Nå er det utslipp av produsert vann som gir de største utslippene av olje. Dette vannet kommer opp fra reservoaret sammen med oljen og gassen som produseres. Vannet inneholder små mengder olje som renses ut så langt som det er praktisk mulig og hensiktsmessig på den enkelte installasjon.

Konsentrasjonen av olje som er i vannet når det slippes ut til sjøen er i størrelsesorden 5–20 mg/l for de feltene som bidrar med den største andelen av utslippene. Vannet inneholder også løste komponenter som forekommer naturlig i reservoaret, både hydrokarboner, tungmetaller og organiske syrer. I tillegg kommer vannløselige deler av kjemikalier som tilsettes i produksjonsprosessen.

Etter hvert som feltene i Nordsjøen har blitt eldre, har mengden produsert vann økt. Når det blir mindre olje i reservoarene brukes mer vann for å øke oljeutvinningen. Operatørene kan injisere vannet ned igjen i reservoaret, eller de kan rense vannet og slippe det ut.

Ved enkelte plattformer injiseres en større mengde produsert vann tilbake til reservoaret enn det som slippes ut i havet. I 2017 ble ca. 20,5 prosent av produsert vann i Nordsjøen reinjisert.

Nordsjøen mottar ca. 80 prosent av de totale mengdene produsert vann som slippes ut på norsk sokkel. Utslippene av olje fra produsert vann i Nordsjøen gikk ned fra ca. 2500 tonn i 2001, til ca. 1200 tonn i 2008. Etter en ny topp i 2014-2015 har utslippene gått nedover igjen, og var i 2020 på 1279 tonn.

Lenke til indikatoren: Tilførsler av olje fra petroleumsinstallasjoner i Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.3.2 - Utslipp av radioaktive stoffer fra olje og gass til Nordsjøen

Ved produksjon av olje og gass følger det med produsert vann fra reservoaret som inneholder forhøyede konsentrasjoner av naturlig forekommende radioaktive stoffer. Målinger av radium i produsert vann fra olje- og gassproduksjonen i Norge viser konsentrasjoner som er ca. 1000 ganger høyere enn det man finner i sjøvann. Utslippene har holdt seg på omtrent samme nivå de siste årene og påvirkes av aktiviteten på feltet og alderen på reservoaret.

Lenke til indikatoren: Utslipp av radioaktive stoffer fra olje og gass til Nordsjøen - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.3.3 - Utslipp fra kjernekraftindustri til Nordsjøen og Skagerrak

Det er utslipp av radioaktive stoffer fra europeiske kjernekraftverk og reprosesseringsanlegg, og utslippene fra reprosesseringsanleggene er større enn fra kjernekraftverkene. De radioaktive stoffene vil følge havstrømmene til norske havområder. Utslipp fra kjernekraftindustri til Østersjøen vil også kunne komme til norske havområder.

De høyeste konsentrasjonene av radioaktivitet ble registrert i norske havområder i 1970- og 80-årene. Dette skyldtes høye utslipp av blant annet cesium-137 og plutonium-239 og -240 fra Sellafield. En annen Sellafield-relatert kilde er remobilisering av plutonium-239 og -240 fra forurensede sedimenter i Irskesjøen.

Nivået av menneskeskapte radioaktive stoffer i Nordsjøen og Skagerrak påvirkes av utslippene fra kjernekraftindustrien. Overvåkningsdata viser en sammenheng mellom utslipp fra Sellafield og technetium-99 i miljøet. Utslippene fra Sellafield har blitt redusert de siste årene, noe vi også kan se i miljøovervåkningen som gjøres langs norskekysten. Det er et mål at konsentrasjonen av radioaktive stoffer i miljøet ikke skal overskride bakgrunnsnivåene for naturlig forekommende stoffer, og at den skal være tilnærmet null for menneskeskapte forbindelser.

Lenke til indikatoren: Utslipp fra kjernekraftindustri til Nordsjøen og Skagerrak - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.3.4 - Oljetilsølt lomvi i Sørvest-Norge

Lomvi (*Uria aalge*) er en sjøfuglart som er veldig følsom for oljeforurensninger, og andelen av ilanddrevne lomvier (døde eller døende) som er tilsølt med olje vil indikere graden av oljeforurensninger i det tilstøtende havområdet. I regi av ICES og OSPAR ble det satt miljømål om at andelen av ilanddrevne lomvier som er oljetilsølte gjennom en femårsperiode skal være mindre enn 20 % innen 2020 og mindre enn 10 % innen 2030. Andelen oljetilsølte lomvier som er funnet døde, eller døende, på strender i Rogaland om vinteren har avtatt kraftig siden denne overvåkingen ble etablert i 2008.

Det er registrert svært få oljetilsølte lomvier det siste tiåret. Tidligere lå gjennomsnittet som ble registrert i løpet av en femårsperiode opp mot 50 %. Denne andelen sank til 25 % og er nå ytterligere redusert til 3 % (materialet inkludert vinteren 2020/21). Likevel gjør s tatistisk usikkerhet at det er for tidlig å trekke en bastant konklusjon ennå. Bare i sju av de tretten vintrene overvåkingen har pågått, har datamaterialet tilfredsstilt målet om at minst 25 individer er undersøkt. Datasettet dekker heller ikke tilstrekkelig mange år til at det kan forventes å reflektere all variasjon på en tilfredsstillende måte, men det er liten tvil om at utviklingen er på rett vei.

Lenke til indikatoren: Oljetilsølt lomvi i Sørvest-Norge - Miljøstatus (miljodirektoratet.no)

4.3.5 - Annen kunnskap om menneskelig påvirkning i Nordsjøen og Skagerrak

Faglig forum ga i 2019 ut rapporten «Næringsaktivitet og påvirkning. Faggrunnlag for oppdatering av forvaltningsplan for Norskehavet og Nordsjøen-Skagerrak» (Faglig forum, 2019c). Næringsaktivitet i Nordsjøen som antas å medføre forurensning er fiskeri og havbruk, skipsfart og petroleumsvirksomhet.

Petroleumsvirksomheten er mer omfattende i Nordsjøen sammenlignet med de andre havområdene, og kan påvirke miljøet gjennom utslipp til luft, driftsutslipp og akutte utslipp til sjø. Se indikatorene «Tilførsel av olje fra petroleumsindustrien» og «Utslipp av radioaktive stoffer fra olje og gass til Nordsjøen» for oppdatert informasjon om driftsutslippene. Ved skipsfart blir det sluppet ut noe olje under normal drift, og i 2017 ble det sluppet ut 1,7. tonn olje fra lensevann i Nordsjøen. Fiskeri- og havbruksaktivitet medfører forsøpling i form av tapte fiskeredskaper og annet.

4.3.5.1 - Kvikksølvforurensning ved vraket av U-864

Like utenfor øykommunen Fedje i Vestland, i ytterkanten av forvaltningsplanområdet Nordsjøen og Skagerrak, ligger vraket av en tysk ubåt som ble senket under andre verdenskrig - U-864. Denne ble senket i februar 1945 med en last med kvikksølvbeholdere i kjølen, med til sammen inntil 67 tonn kvikksølv. Først i 2003 ble ubåten lokalisert på havbunnen, og siden den gang har det vært gjort mange undersøkelser og utredninger med mål om å komme frem til beste mulige løsning for håndtering av vraket. Ubåten ble delt i to under torpederingen, og betydelige, men ukjente, mengder kvikksølv ble da spredt utover. Det er målt høye konsentrasjoner av kvikksølv i sjøbunnen like rundt vraket (Uriansrud m.fl. 2005; Solhjell og Lunne 2013). Til sammen er det beregnet at et område på om lag 30 000 m^2 har konsentrasjoner av kvikksølv i tilstandsklasse III eller verre. Modelleringer har vist at 3-4 kg kvikksølv hvert år lekker ut av sedimentet og spres i vannmassene (Kystverket 2015; DNV 2008).

Kvikksølvinnholdet i fisk og krabbe fra området rundt vraket har vært overvåket årlig siden 2004, og med unntak av brunmat av krabbe er det ikke målt forhøyede nivåer av kvikksølv i sjømat fisket i området (Frantzen m.fl. 2018, 2021). Dette skyldes mest sannsynlig at kvikksølvet som ligger på sjøbunnen rundt vraket er metallisk og dermed lite biotilgjengelig. Forsøk med forurenset sediment fra området har vist at det for lite organisk materiale til at kvikksølvet blir metylert i særlig grad (Kystverket 2015). Metylering vil si omdanning fra uorganisk og lite tilgjengelige kvikksølvformer til en mer biotilgjengelig kvikksølvform, metylkvikksølv. Det at kvikksølv fra ubåtvraket i liten grad finnes igjen i sjømaten har blitt bekreftet gjennom analyser av stabile kvikksølvisotoper, gjennomført ved Universitetet i Gent (Rua-Ibarz m.fl. 2016, 2019). Undersøkelser av stabile kvikksølvisotoper i krabbe viste at bare brunmat av krabbe, som også hadde forhøyet kvikksølvnivå, hadde en kvikksølvprofil som lignet kvikksølv fra en beholder funnet på bunnen rundt vraket. Brosme fisket ved ubåtvraket hadde svært lik kvikksølvprofil i filet og lever som brosme fra Skagerrak og Sognefjorden. Det er altså lite som tyder på at ubåtvraket per i dag utgjør en betydelig kilde til kvikksølvforurensning i Nordsjøen eller de andre havområdene våre.

Det er likevel mye frykt for hva som kan skje med vraket i fremtiden, og mange sterke følelser og meninger både blant lokalbefolkningen, miljøorganisasjoner og blant fagfolk om hva som bør gjøres. Et uavhengig ekspertutvalg skal 1. juli 2022 levere en rapport med anbefaling om tiltak (heving, fjerning av kvikksølv eller tildekking) basert på eksisterende kunnskap, noen tilleggsundersøkelser samt en grundig gjennomgang av hva som eventuelt finnes av ny tilgjengelig teknologi.

5 - Annen ny kunnskap som gjelder alle havområdene

5.1.1 - Miljøgifter i hyse

Nivåene av tungmetallene bly, kadmium og kvikksølv i filet av 1250 hyser (*Melanogrammus aeglefinus*) prøvetatt ved 52 ulike posisjoner i alle havområdene i perioden 2015-2019, er generelt lave (Kögel m.fl. 2021). Nivåene tilsvarer det som tidligere har vært rapportert for makrell, NVG-sild, nordsjøsild, sei (*Pollachius virens*) og torsk fra de samme områdene. Nivået av arsen i filet av hyse var høyere enn det som har vært rapportert for torsk og sei, men lavere enn i blåkveite. Den giftigste formen, uorganisk arsen, viste imidlertid svært lavt nivå, tilsvarende de laveste nivåene som er målt i andre fiskearter tidligere (Julshamn m.fl. 2012b). Hysefilet ble ikke analysert for organiske miljøgifter, siden den er svært mager (fettinnhold rundt 1 g/100 g) og det tidligere er målt lave nivåer av fettløselige organiske miljøgifter i hysefilet (Frantzen og Maage 2016).

Lever av de samme hysene ble analysert for både metaller og organiske miljøgifter, og hadde nokså høye konsentrasjoner av dioksiner og PCB, men ikke like høye som det som måles i torskelever. Nivået av PCB målt i lever av hyse fra Barentshavet var omtrent som rapportert av Boitsov m.fl. (2019). De fant også lavere nivå i hyse enn i torsk, og en nedadgående trend i PCB-nivåer siden 1990-tallet i begge artene. Konsentrasjonene av PBDE7 i hyselever var noe lavere enn målt i hyse og andre arter tidligere. Tyngre PBDE, som ble målt i en utvidet analyse, hadde gjennomgående lavere konsentrasjoner enn de lettere PBDE7-kongenerne. Nivået av HBCD var høyest i fjordene sør for 62 °N. Av PAHene var kun krysen til stede i målbart nivå i tre av 50 analyserte samleprøver. De fleste prøver (95 %) av hysefilet og -lever hadde konsentrasjoner av PFAS under målbart nivå. Høyest nivå ble målt i en samleprøve ved en stasjon i åpent hav ved Røst ved Lofoten. Konsentrasjonene av plantevernmidler varierte mye.

Kvikksølvnivået i hysefilet var noe høyere i Nordsjøen enn i Norskehavet og aller lavest i Barentshavet. Nivået av kadmium i lever økte fra sør mot nord. Andre grunnstoff målt i lever viste en avtakende trend fra sør mot nord, slik som sølv, kobber, jern, mangan og sink. Også nivåene av dioksiner, PCB og PBDE og flere klorerte pesticider avtok generelt fra sør mot nord, men en stasjon ved Lofoten skilte seg ut med relativt høye nivåer. Noen stoffer avtok imidlertid ikke fra sør mot nord, for eksempel HCB og HCH. Nivået av HCH økte derimot noe fra sør mot nord og var høyere i åpent hav enn langs kysten og i fjordene.

Nivåene av tungmetaller i filet av hyse var generelt godt innenfor grenseverdiene som gjelder for mattrygghet. Nivået av sum dioksiner og dioksinlignende PCB i lever av hyse prøvetatt i åpent hav og langs åpen kyst var for det meste innenfor grenseverdien som gjelder fiskelever som mat, med unntak av tre stasjoner i Skagerrak/Nordsjøen og to stasjoner i Norskehavet. Det totale gjennomsnittet (medregnet fjordene) var like over grenseverdien. Nivået av PCB6 var i gjennomsnitt under grenseverdien, men over ved en stasjon i åpent hav (ved Røst) og to langs kysten.

5.1.2 - Miljøgifter i snabeluer og vanlig uer

Konsentrasjonene av tungmetaller og organiske miljøgifter i filet av 522 snabeluer (*Sebastes mentella*) og 223 vanlig uer (*S. norvegicus*) prøvetatt i Barentshavet og Norskehavet perioden 2016-2018 var generelt lave (Nilsen m.fl. 2020b) . Nivåene var noe lavere i vanlig uer enn i snabeluer. Konsentrasjonene i lever var høyere enn i filet, og nivået av kadmium i lever av snabeluer var uvanlig høyt i forhold til nivåene i lever av andre fiskearter fra norske farvann.

Konsentrasjonene av fremmedstoffer varierte mellom de ulike områdene der fisken var fanget, og variasjonsmønsteret mellom områdene var svært likt for de fleste av fremmedstoffene. For vanlig uer var det en tydelig nord-sør gradient i nivåene med høyest nivåer i de sørligste områdene. De høyeste nivåene av kvikksølv

ble målt i vanlig uer fra Møre, Trøndelag/Nordland og Vestfjorden. De høyeste nivåene av organiske miljøgifter i vanlig uer ble funnet ved Møre, i Vestfjorden og langs kysten av Vest-Finnmark. For kadmium i lever av vanlig uer var det en avtakende trend fra sør mot nord.

For snabeluer var det ingen tydelig geografisk trend. Både for kvikksølv og de organiske miljøgiftene dioksiner, PCB, PBDE, HBCD, DDT og toksafen, var nivåene både i filet og lever av snabeluer høyest i området vest av Frøya, utenfor kysten av Vest-Finnmark og i de fleste tilfeller også sørvest av Bjørnøya (statistikkområde 39). Områdene sør for og rundt Bjørnøya (statistikkområdene 12 og 20), der snabeluer fiskes mest, var blant områdene med de laveste nivåene.

Nivåene av kvikksølv, kadmium, bly, sum dioksiner, sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) i filet av både vanlig uer og snabeluer var betydelig lavere enn grenseverdiene som gjelder for fiskefilet til humant konsum i Norge og EU. Én enkelt samleprøve av lever fra snabeluer hadde et innhold av dioksiner og dioksinlignende PCB over grenseverdien som gjelder fiskelever som mat.

5.1.3 - Miljøgifter i rødspette, breiflabb og lyr

I løpet av 2016-2019 ble nivåene av miljøgifter kartlagt i 448 rødspette, 315 breiflabb (*Lophius piscatorius*) og 296 lyr (*Pollachius pollachius*) fisket langs kysten av Norge og i Nordsjøen (Frantzen m.fl. 2020). Filet fra enkeltfisk og samleprøver av lever ble analysert for metaller, og samleprøver av filet og lever ble analysert for organiske miljøgifter som dioksiner, PCB, klorerte pesticider, bromerte flammehemmere og perfluorerte alkylstoffer (PFAS). For kvikksølv var nivåene høyest i breiflabb, og gjennomsnittsnivået i breiflabb var høyest langs kysten av Vestlandet, med rundt 0,4 mg/kg våtvekt. Lyr hadde lavere konsentrasjoner av kvikksølv i filet enn breiflabb, og var helt på linje med torsk fra Nordsjøen. Også for lyr var det geografiske variasjoner, med de høyeste nivåene langs kysten av Vestlandet og Sørlandet, men selv her var kvikksølvnivåene under 0,2 mg/kg våtvekt. Rødspette hadde lavest kvikksølvnivå av de undersøkte artene, med gjennomsnittsnivå under 0,1 mg/kg våtvekt i alle de undersøkte områdene.

Filet av breiflabb og rødspette hadde begge svært høye konsentrasjoner av arsen, med gjennomsnitt på henholdsvis 21,5 og 26,4 mg/kg våtvekt. Det antas at dette arsenet i all hovedsak består av arsenobetain, som er ikke-giftig, og at nivået av den giftigste formen, uorganisk arsen, er lavt. Det kan imidlertid være behov for å dokumentere nivåene av uorganisk arsen i disse artene, slik det tidligere er gjort for en rekke andre fiskearter (Julshamn m.fl. 2012a).

Lever av breiflabb og lyr hadde høye konsentrasjoner av organiske miljøgifter deriblant dioksiner og PCB. Også klorerte pesticider og bromerte flammehemmere viste forholdsvis høye nivåer i lever av de to artene. Rødspette hadde lavere nivåer av organiske miljøgifter i leveren enn de to andre artene, mens nivåene i filet var høyere. Dette skyldes trolig at rødspette lagrer en større del av fettet, og dermed også fettløselige organiske miljøgifter, i fileten. Nivåene av PFAS var lave og under målegrensene for de aller fleste prøver. Også for de organiske miljøgiftene i lever av breiflabb og lyr var det geografiske forskjeller med de høyeste konsentrasjonene langs kysten av Vestlandet og Sørlandet. For dioksiner og PCB i rødspette var de høyeste konsentrasjonene målt i fisk fra området rundt Lofoten, men disse forskjellene skyldtes i hovedsak høyere fettinnhold.

Ingen fisk hadde konsentrasjoner av noe stoff i filet over grenseverdiene som gjelder for mattrygghet i Norge og EU . Breiflabb, som er en rovfisk som kan bli veldig stor, er en av artene som har en særskilt høy grenseverdi på 1,0 mg/kg våtvekt. Lever av breiflabb og lyr hadde gjennomsnittskonsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB over grenseverdiene satt for lever av fisk.

6 - Diskusjon

I den følgende diskusjonen er resultater fra ulike indikatorer i alle havområdene samlet og diskutert ut fra ulike tema: geografiske trender, utvikling, mattrygghet og potensielle økosystemeffekter. I tillegg er det gjort en samlet vurdering av datasettet og en egnethetsvurdering for hver av indikatorene (Tabell 1-3). Til slutt i rapporten er det en tabell hvor indikatorene for en rekke miljøgifter i marine dyr vurdert opp mot grenseverdier for mattrygghet, miljøkvalitetsstandarder og PROREF (Tabell 4).

6.1 - Geografiske trender for forurensningsnivå

Menneskeskapte miljøgifter finnes i målbare nivåer i næringskjeden i alle de norske havområdene. Både menneskeskapte miljøgifter og stoffer som også forekommer naturlig, finnes stort sett i lavere nivåer i forvaltningsplanområdene enn langs kysten. Selv om forurensningsnivået varierer mye i havområdene våre, er det generelt lavere i Nordsjøen/Skagerrak, Norskehavet og Barentshavet enn i enkelte andre havområder som for eksempel Østersjøen.

6.1.1 - Kvikksølv

For kvikksølv i marine organismer er det en klar trend for både indikatorer og andre undersøkelser at nivåene er høyest i Nordsjøen/Skagerrak og lavest i Barentshavet. Dette ser vi tydeligst for indikatorer som går igjen i de ulike havområdene, det vil si reker og torsk. For torsk fra åpent hav er det en klar trend med de høyeste kvikksølvnivåene i Nordsjøen og de laveste i Barentshavet. Kysttorsk fra stasjoner ved åpen kyst i Norskehavet har kvikksølvnivåer som er litt lavere enn torsk fra åpent hav i Nordsjøen. Blant reker har prøver fra Nordsjøen de høyeste konsentrasjonene av kvikksølv, mens reker fra kysten av Norskehavet har noe uventet de laveste nivåene. For sild er det indikatorer både for Norskehavet (NVG-sild) og i Nordsjøen (nordsjøsild), og ved samme størrelse har nordsjøsild noe høyere kvikksølvnivå enn sild i Norskehavet. Hverken for torsk, sild eller reker er det helt enkelt å sammenligne samme art fra ulike områder, siden variasjoner i kvikksølvnivå vil være påvirket ikke bare av forurensningsnivå, men også av ulike biologiske og abiotiske faktorer (veksthastighet, diett, levevis, temperatur) som vil variere mellom område og bestand.

Også for andre arter som ikke er indikatorer i alle havområdene, men der det er blitt gjennomført kartlegginger som dekker alle havområder, er det påvist nedadgående trender fra sør mot nord, for eksempel for brosme (Frantzen og Maage 2016) og hyse (Kögel m.fl. 2021). Avtakende kvikksølvnivå i fisk fra sør mot nord har også blitt vist gjennom ulike publikasjoner der data for mange ulike fiskearter fra ulike områder har blitt sammenstilt (Azad m.fl. 2019, Ho m.fl. 2021). Der ble det også vist at fisk fra Skagerrak har de aller høyeste kvikksølvnivåene.

Indikatorene for forurensning i sedimenter i Norskehavet og i Barentshavet viser at konsentrasjonene av kvikksølv i overflatesediment er høyere i Barentshavet enn Norskehavet, noe som trolig skyldes forskjeller i naturlig bakgrunnsnivå. Jevnlig overvåkning i Nordsjøen inkluderer ikke data på metaller. Ho m.fl. (2021) hadde med de samme dataene samt noen eldre målinger fra Skagerrak og Nordsjøen fra MAREANO og viste at kvikksølvkonsentrasjonene i overflatesedimenter var aller høyest i Skagerrak og nest høyest i Nordsjøen. Det at sedimenter i Barentshavet har høyere kvikksølvnivå enn sedimentene i Norskehavet, mens det for de fleste marine organismer er motsatt, tyder på at det ikke er en direkte kobling mellom konsentrasjoner i sediment og i næringskjeden.

Resultatene for biologiske prøver stemmer heller ikke med indikatorene for lufttilførsler av forurensning som viser at kvikksølvnivåene som tilføres til de tre målestasjonene Birkenes (Nordsjøen/Skagerrak), Andøya

(Norskehavet) og Zeppelin (Svalbard, Barentshavet) er sammenlignbare. Det skyldes trolig at de høyere nivåene av kvikksølv i fisk fra Nordsjøen og Skagerrak enn i Norskehavet og Barentshavet i større grad skyldes tilførsel via andre transportveier enn luft. Det har vært vist gjennom modeller at tilførsler av kvikksølv til Skagerrak i stor grad kommer fra land (Green m.fl. 2011), mens tilførslene til Norskehavet og Barentshavet i hovedsak kommer via luft og/eller havstrømmer (Green m.fl. 2012).

Nivåer som måles i organismer, altså hvor mye som akkumuleres i næringskjeden, er i stor grad påvirket av hvor biotilgjengelig kvikksølvet er, i tillegg til konsentrasjonene i miljøet.

6.1.2 - Kadmium (og bly)

For noen arter er kadmiumnivåene høyest lengst mot nord, men mønsteret varierer mye. Kadmium i marine organismer viser tendenser til høyere konsentrasjoner i Barentshavet enn i Nordsjøen og Norskehavet, og en mulig nord-sør gradient. Kadmium er et tungmetall som vi stort sett finner lave nivåer av i fiskemuskel. Det akkumuleres i organer som lever og nyrer hos fisk og i fordøyelseskjertelen hos krepsdyr og bløtdyr. Hele reker kan ha nokså høye nivåer av kadmium, og de høyeste kadmiumnivåene i reker måles i hele reker fra Barentshavet. Som for kvikksølv har kystreker fra Norskehavet imidlertid de laveste nivåene av kadmium. I blåskjell fra de ulike områdene er det funnet høyere konsentrasjoner av kadmium langs kysten mot Barentshavet enn langs kysten mot Nordsjøen og Norskehavet, men det er langt færre blåskjellstasjoner i Barentshavet-området enn i Nordsjø- og Norskehavsområdet. Fra andre undersøkelser har taskekrabbe fisket langs kysten fra Saltfjorden og nordover vist betydelig høyere konsentrasjoner av kadmium i fordøyelseskjertel/brunmat enn taskekrabbe fisket sør for Saltfjorden (Wiech m.fl. 2020; Julshamn m.fl. 2012c), noe som har skapt problemer for sjømatnæringen. Årsaken til dette er fortsatt et mysterium.

Også fisk viser i noen tilfeller tendenser til høyere kadmiumnivåer i nord enn i sør. Filet av NVG-sild fra Norskehavet har noe høyere kadmiumnivå enn nordsjøsild på samme størrelse. For makrellfilet er høyere kadmiumnivåer målt i makrell som fiskes lengst nord i Norskehavet enn lenger sør i Nordsjøen og Skagerrak (Frantzen m.fl. In prep.). Torsk i Barentshavet har litt høyere kadmiumnivå i lever enn torsk i Nordsjøen og Norskehavet. Fordi kadmium samles opp i indre organer som lever og nyrer, kan konsentrasjonene av kadmium som måles i hel fisk av ulike arter fra de ulike havområdene også være interessant å sammenligne. I Barentshavet er det lodde og polartorsk som analyseres hel, i Norskehavet er det kolmule og i Nordsjøen tobis. Det er imidlertid store år til år-variasjoner hos de ulike artene og ingen klar sør-nord-trend for kadmium fisk som analyseres hel.

Også for hyselever var det klart høyere kadmiumnivå i Barentshavet enn i både Nordsjøen og Norskehavet (Kögel m.fl. 2021). Men det er også andre undersøkelser der det ikke er vist noen tydelig nord-sør gradient i kadmiumnivå, for eksempel i arter som breiflabb, rødspette, lyr eller snabeluer (Frantzen m.fl. 2020, Nilsen m.fl. 2020b). I lever av vanlig uer var det tvert imot en klart avtakende trend fra sør til nord.

Målinger av lufttilførsler i de ulike havområdene viser høyest avsetning av kadmium ved Birkenes, den sørligste av målestasjonene. I sedimenter både i Barentshavet og Norskehavet er det lave nivåer av kadmium, tilsvarende klasse I, bakgrunn. Det ser altså ut til å være liten sammenheng mellom forurensningsnivå og tilførsel av kadmium og det vi finner i marine dyr, og særlig i krepsdyr som reker og krabbe. Dette kan tyde på at de forhøyede nivåene ikke skyldes forurensning, men heller naturlige årsaker som ennå ikke er forstått.

6.1.3 - Arsen

Noen av de biologiske indikatorene viser høyere arsennivåer i Barentshavet enn lenger sør. Dette er særlig tydelig for indikatorartene der vi har data fra alle de tre havområdene, det vil si torsk og reker. For sild er det ingen forskjell mellom de to bestandene NVG-sild i Norskehavet og nordsjøsild i Nordsjøen. Blant

indikatorartene som analyseres hele, tobis i Nordsjøen, kolmule i Norskehavet og lodde og polartorsk i Barentshavet, var det høyest arsennivå i polartorsk og kolmule og lavest i tobis. Basisundersøkelsen for fremmedstoffer i blåkveite (Nilsen m.fl. 2010) viste relativt høye nivåer av arsen i blåkveite, og nivåene var høyest lengst nord mellom Bjørnøya og Svalbard og lavest utenfor Øst-Finnmark, med stor variasjon mellom enkelt-posisjoner.

Det er imidlertid også flere undersøkelser som ikke viser høyere arsennivåer i nord enn i sør. I filet av hyse var det ikke høyere nivå i nord enn i sør, og heller ikke i breiflabb, rødspette, lyr, snabeluer, vanlig uer eller atlantisk kveite (Nilsen m.fl. 2016, Frantzen m.fl. 2020, Nilsen m.fl. 2020b, Kögel m.fl. 2021). Flere av disse artene er i hovedsak tatt langs kysten og ikke ute i det åpne Barentshavet.

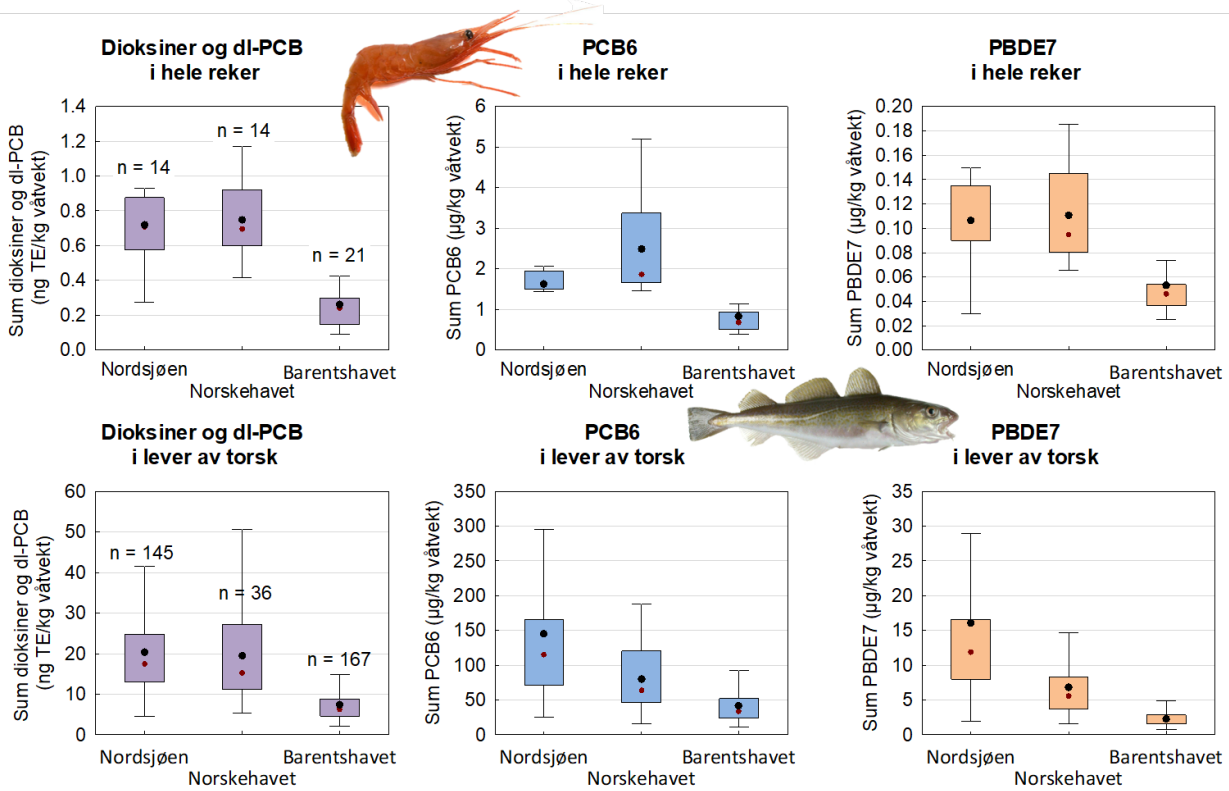
Høyere konsentrasjoner av arsen i fisk og reker i Barentshavet enn i Norskehavet stemmer overens med det som er målt i sedimenter gjennom MAREANO-programmet. Det er målt høyere konsentrasjoner av arsen i sedimenter i Barentshavet sammenlignet med Norskehavet, og høyere lenger nord i Barentshavet enn utenfor norskekysten. Det antas at forskjellene skyldes forskjeller i naturlig bakgrunnsnivå.

Hvorfor noen arter viser geografiske forskjeller og andre ikke, kan skyldes ulike faktorer. For eksempel kan det ha betydning hvor og når på året prøvene er tatt og i hvilken grad artens diett er tilknyttet bunnmiljøet.

6.1.4 - Dioksiner, PCB og PBDE

Både for dioksiner, PCB og PBDE ser det ut til å være lavere nivåer i Barentshavet enn i både Nordsjøen/Skagerrak og Norskehavet. Dette er illustrert i Figur 14 for torsk (HI sine data) og reker, arter der vi har indikatorer i alle de tre havområdene. Det er derimot liten eller ingen forskjell mellom Nordsjøen og kysten av Norskehavet. For hele reker var nivåene i kystreker fra Norskehavet av både sum dioksiner og dioksinlignende PCB, sum PCB6 (ikke-dioksinlignende PCB) og sum PBDE7 like høyt som eller høyere enn nivåene målt i reker fra Nordsjøen. For dioksiner og dioksinlignende PCB i torskelever var det akkurat det samme mønsteret som for reker, men for PCB6 og PBDE7 var det en avtakende trend fra sør mot nord, med høyere konsentrasjoner i Nordsjøen enn i Norskehavet. Dette var tydeligst for PBDE.

En årsak til at det er liten forskjell i miljøgiftkonsentrasjoner mellom reker og torsk i Nordsjøen og i Norskehavet, kan være at prøvene av både torsk og reker i Norskehavet blir tatt langs kysten, der lokale kilder vil kunne ha større betydning for nivåene. Både i Nordsjøen og i Barentshavet blir prøvene tatt i åpent hav.



Figur 14 . Konsentrasjoner av ulike typer organiske miljøgifter målt i samleprøver av hele reker og lever av enkeltfisk av torsk fra de tre havområdene Nordsjøen og Skagerrak, Norskehavet (kysten) og Barentshavet. Data fra HI sin overvåkning i 2018-2021 er inkludert. Median (rød prikk), gjennomsnitt (stor svart prikk), 25 % persentiler og non-outlier range er vist. Foto reke: Øystein Paulsen / HI. Foto, torsk: Thomas deLange Wenneck / HI.

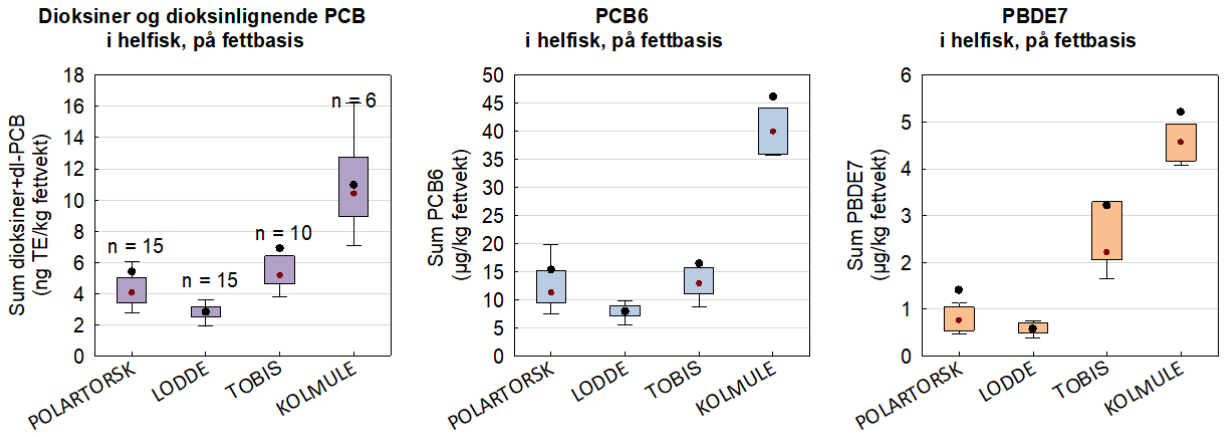
Nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 i filet av sild fra Nordsjøen (nordsjøsild) og sild fra Norskehavet (NVG-sild) er også nokså like. NVG-sild hadde litt høyere gjennomsnittlige nivåer av disse stoffene enn nordsjøsild i 2020. NVG-sild blir større og eldre enn Nordsjøsild, noe som også gjaldt den fisken som ble analysert. Siden disse miljøgiftene akkumuleres over tid, øker konsentrasjonene med økende alder. Innenfor samme aldersgruppe (6-9 år) var det ingen betydelige forskjeller mellom sild fra de to områdene. For PBDE var gjennomsnittsnivået i nordsjøsild i 2020 klart høyere enn i NVG-sild, også innenfor samme aldersgruppe.

Resultater både for torsk, reker og sild tyder altså på at PBDE har en tydeligere sør - nord gradient i nivåer enn dioksiner og PCB.

En sammenligning av resultater av analyse av hel fisk av de «lavtrofiske» indikatorartene tobis (havsil) (Nordsjøen), kolmule (Norskehavet), lodde og polartorsk (Barentshavet) viser at kolmule og tobis i 2019-2021 hadde høyest gjennomsnittlig nivå av både dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB6 og PBDE (Figur 15). For kolmule var variasjonen veldig stor, og det var ingen betydelig forskjell i gjennomsnittsnivå mellom kolmule og tobis. Lodde og polartorsk hadde noe lavere nivå, og polartorsk aller lavest nivå. Når vi sammenligner fire ulike arter er det mange andre faktorer enn geografi som har betydning for miljøgiftnivåene, blant annet vil forskjeller i fettinnhold og fiskens alder og størrelse ha betydning. Polartorsk og kolmule er mindre fet enn tobis og lodde, og lodde er fetest. Når vi tok høyde for fettinnhold ved å regne ut konsentrasjonene på fettbasis, var konsentrasjonene av dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 klart høyest i kolmule, lavest i lodde og litt høyere i polartorsk og havsil enn i lodde. Konsentrasjonene av PBDE7 på fettvektbasis var høyest i kolmule, og havsil hadde litt lavere nivå, mens polartorsk og lodde begge hadde lavest konsentrasjoner. De mye høyere

konsentrasjonene i kolmule kan delvis skyldes at fisken som var analysert var mye større enn hos de andre artene. Kolmule er også en art som blir både eldre og større sammenlignet med de andre artene, særlig lodde og polartorsk. Den er også trolig litt høyere i næringskjeden (spiser krill, amfipoder og noen ganger småfisk (https://www.hi.no/temasider/arter/kolmule), mens de andre artene er rene planktonspisere. Manglende forskjell mellom polartorsk og tobis i konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB6 målt på fettvektbasis, var uventet. Men årstidsvariasjoner kan også ha stor betydning for hvordan fett og miljøgifter lagres i fisk, og siden polartorsk og tobis gjerne prøvetas til ulike årstider, kan det være en mulig forklaring på forskjellene.

Det er ellers tidligere gjort målinger av PCB i lever av kolmule fra Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet, der det ikke ble påvist betydelige geografiske forskjeller i nivåene.



Figur 15 . Konsentrasjoner av ulike organiske miljøgifter i hel fisk av polartorsk, lodde, havsil og kolmule prøvetatt i 2019-2021. Konsentrasjoner er gitt på fettvekt-basis, og median (rød sirkel), gjennomsnitt (svart sirkel), 25 % persentiler og «non-outlier range» er vist.

For PBDE var det et litt annet mønster enn for dioksiner og PCB, der tobis hadde klart høyere fettvektkonsentrasjoner enn både lodde og polartorsk. Det kan være enda en indikasjon på en tydeligere sør-nord gradient for PBDE enn for PCB og dioksiner.

I en nylig publikasjon med data fra til sammen mer enn 20000 prøver av i alt 18 fiskearter ble det vist at konsentrasjonen av dioksiner, PCB og PBDE i fisk generelt økte fra nord mot sør (Ho m.fl. 2021). Likevel var ikke den geografiske variasjonen for dioksiner, PCB og PBDE i fisk like tydelig som for kvikksølv.

Det kan se ut til å være en viss sammenheng mellom konsentrasjoner som måles i sedimenter og det som måles i fisk. Det er generelt høyest konsentrasjoner av PCBer og PBDE i sedimenter i Nordsjøen og Skagerrak og avtakende fra sør til nord langs norskekysten. Nivåene er lavest i Norskehavet og sørvestlige deler av Barentshavet, blant annet under målegrensen for mange av PBDE-kongenere, mens i det sentrale Barentshavet er nivåene litt høyere, sannsynligvis på grunn av effekter knyttet til isnedsmeltingssonen og noe høyere innhold av organisk materiale i sedimenter. Dette var også nylig diskutert av Ho m.fl. (2021). Nivåer av både PCB og PBDE i åpent hav ligger uansett relativt lavt overalt, og det er kun i visse kystnære områder at man finner et markant forhøyet nivå knyttet til lokal forurensning, for eksempel i fjordområdene ved Ålesund i tilfellet PBDE. Everaert m.fl. (2017) presenterte en oversikt over kilder til forurensning og mente at den viktigste tilførselskilden per i dag i alle havområdene er lufttilførsler, og at forurensningen som ligger i sedimentet er det som har hopet seg opp over tid. Så hvis det har vært større grad av tilførsel tidligere, kan dette gjenspeiles i høyere konsentrasjoner i sedimentene. Så da kan det muligens også forklare hvorfor vi finner høyere

konsentrasjoner av PCB i fisk fra Nordsjøen og kysten ved Norskehavet enn i Barentshavet.

I tilførselsprogrammene for Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet (Green m.fl. 2011-2013), oppsummert for alle havområdene i Green m.fl. (2013), ble totale tilførsler av ulike miljøgifter beregnet. Det ble beregnet at Skagerrak hadde størst tilførsel av PCB, og at tilførslene her var dominert av tilførsel fra land. I alle andre områder ble lufttilførsler antatt å være dominerende. Havstrømmer ble ikke tatt med i beregningene.

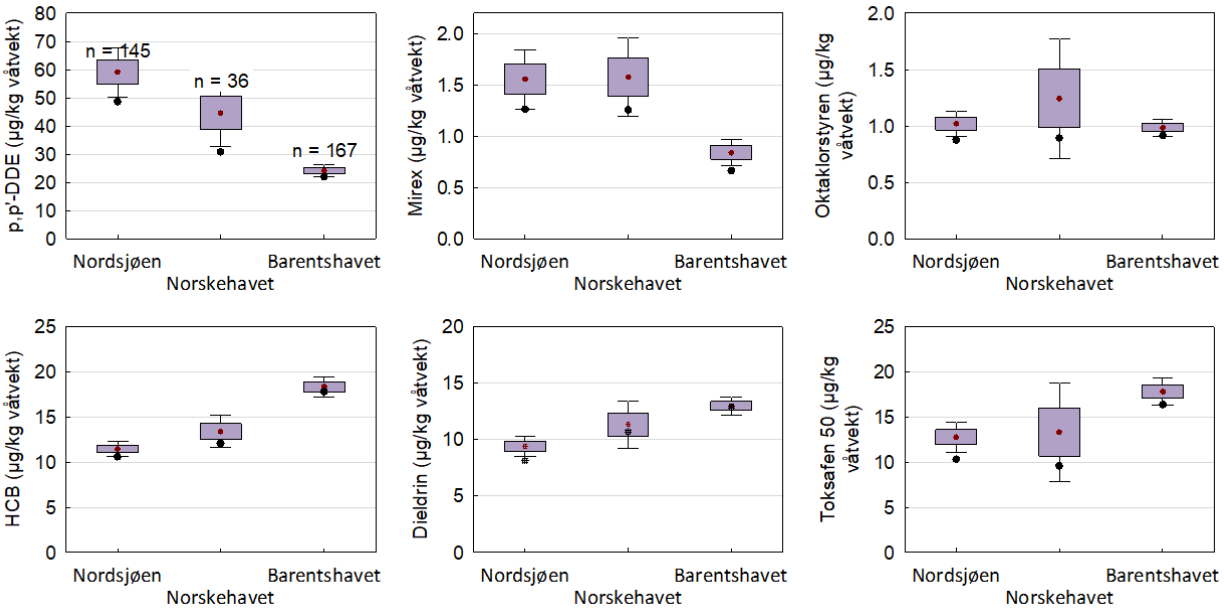
Trendene med lavere konsentrasjoner av organiske miljøgifter i fisk og reker i Barentshavet enn i Nordsjøen gjenspeiles imidlertid ikke i de målte lufttilførslene. Overvåking av luft i 2020 viste at konsentrasjonene av PCB målt i luft ved Zeppelin på Svalbard var like høye som ved Birkenes i Sør-Norge. For PBDE var årsgjennomsnittet noe høyere ved Zeppelin enn ved Birkenes. Det er ikke en enkel og direkte kobling mellom konsentrasjoner i luft og hav, noe som ble diskutert inngående i rapporten fra Tilførselsprogrammet for Barentshavet (Green m.fl. 2013). En forklaring på uoverensstemmelsen mellom mengde lufttilførsler og det som måles i biologiske prøver kan også være at den langtransporterte forurensingen til de tre havområdene kan være like stor, men at det i Nordsjøen og ved kysten av Norskehavet er mer lokale forurensningskilder, særlig historisk, som bidrar til høyere oppsamlede konsentrasjoner i sedimentene og i organismene.

6.1.5 - Klorerte plantevernmidler

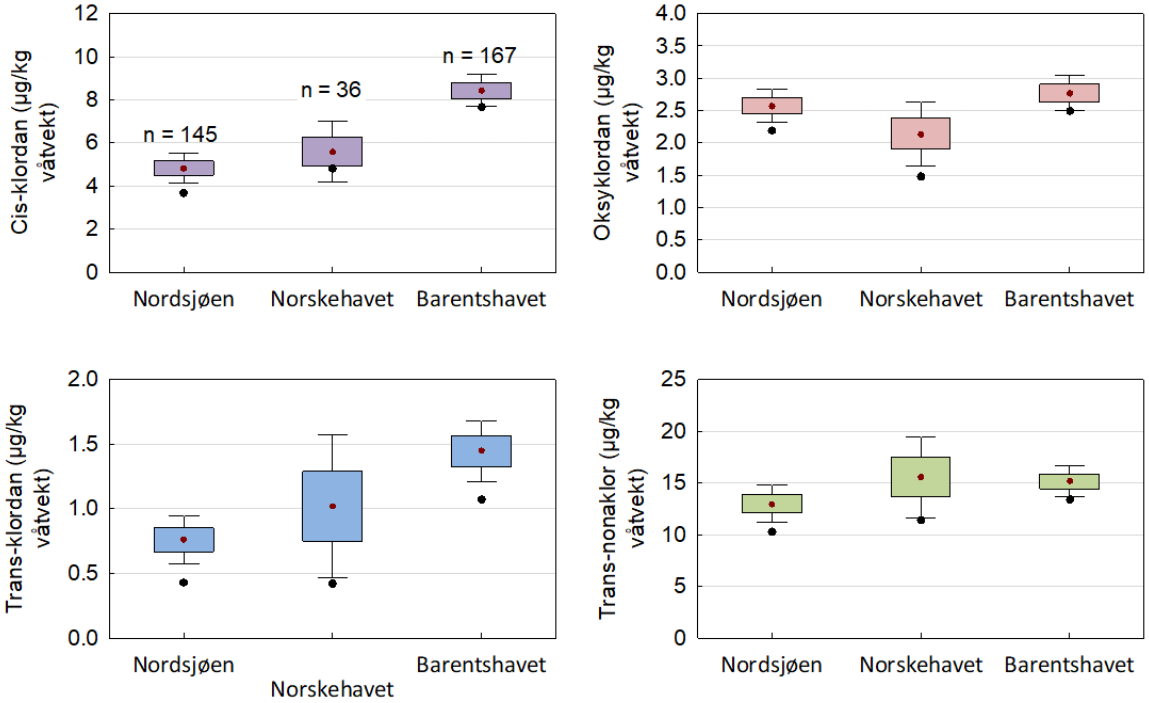
Av de biologiske indikatorene der det måles klorerte plantevernmidler, er det lever av torsk som har de høyeste konsentrasjonene. Mange prøver er under målegrensene for en del av stoffene, mens noen stoffer finnes i nokså høye nivåer, og de aller høyeste nivåene har DDT-metabolitten p,p’-DDE. Nivåene av ulike klorerte plantevernmidler i torskelever varierte i 2018-2020 på ulik måte mellom de tre havområdene (Figur 16, 17). Mens noen av stoffene, som DDT og dets metabolitter, hadde høyest nivå i Nordsjøen og avtok nordover til Barentshavet på samme måte som PCB og PBDE (se Figur 4), viste andre stoffer motsatt geografisk trend, med lavest nivå i Nordsjøen og økende nordover til Barentshavet. Blant sistnevnte er klordaner, særlig cis- og transklordan, HCB, dieldrin og toxafen 50. Andre stoffer igjen viser ingen eller liten forskjell mellom områdene. I lever av kysttorsk fra Norskehavet er det for noen av stoffene stor usikkerhet på grunn av få analyserte prøver i perioden 2018-2020.

I reker og de andre fiskeartene som overvåkes og analyseres for klorerte plantevernmidler, er konsentrasjonene av disse stoffene mye lavere enn i lever av torsk, og mange flere av stoffene er under og like over målegrensene for analysemetoden (LOQ). For reker var det bare p,p’-DDE, HCB og dieldrin hvor størstedelen av prøvene var over målegrensene i 2018-2020, og disse varierte på ulik måte geografisk. Dieldrin hadde høyest gjennomsnitt i Barentshavet og lavest i Nordsjøen, som også var tilfelle for torskelever. HCB hadde også høyest gjennomsnitt i reker fra Barentshavet, men nivåene i Nordsjøen og Norskehavet var like. P,p’-DDE viste høyere gjennomsnittsnivå i kystreker fra Norskehavet enn i reker fra både Nordsjøen og Barentshavet, der nivåene var nokså like.

Også i fisk på lavere trofisk nivå ble noenlunde det samme geografiske mønsteret registrert i 2018-2020 som for torsk: For HCB, dieldrin og trans-nonaklor ble de høyeste nivåene målt i polartorsk og lodde fra Barentshavet, og de laveste i tobis fra Nordsjøen. For p,p’-DDE ble de høyeste konsentrasjonene målt i kolmule fra Norskehavet, mens lodde, polartorsk og tobis alle hadde lave og nokså like nivåer.



Figur 16 . Konsentrasjoner (µg/kg våtvekt) av ulike klorerte plantevernmidler i lever av torsk i Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet, analysert av Havforskningsinstituttet i perioden 2018-2020. Gjennomsnitt, standardavvik og 95 % konfidensintervall er vist, og antall prøver er gitt i grafen øverst til venstre.



Figur 17 . Konsentrasjoner (µg/kg våtvekt) av ulike klordaner (cis-, trans-, oksyklordan) og trans-nonaklor i lever av torsk i Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet, analysert av Havforskningsinstituttet i perioden 2018-2020. Gjennomsnitt, standardavvik og 95 % konfidensintervall er vist, og antall prøver er gitt i grafen øverst til venstre.

For sedimenter gjelder omtrent samme diskusjon her som for PCB over. Nivåene er stort sett lave, men er noe høyere i isnedsmeltingssonen i Barentshavet, hvor blant annet nivåer av plantevernmiddelet lindan (gamma-

HCH) overskrider grensen for Miljødirektoratets tilstandsklasse III (moderat forurenset) enkelte steder, men denne grensen er satt meget lavt. Nivåer av plantevernmidlene DDT og HCB ligger som regel litt høyere enn det man finner av HCH, men tilsvarer Miljødirektoratets tilstandsklasse II (god tilstand). Plantevernmiddelet trans-nonaklor (del av klordan-blanding) ble knapt funnet i sedimenter i åpent hav.

Forskjellige geografiske trender blant ulike plantevernmidler, kan skyldes spredningsmåte. Disse stoffene har kommet langtransportert via luften. Fenomenet «global destillation», der stoffer fordamper ved lavere, varmere breddegrader og kondenserer ved høyere, kaldere breddegrader, kan ha medført at det finnes mer av mange av disse stoffene i miljøet jo lenger nord man kommer. Andre stoffer, som DDT, kan i tillegg ha blitt tilført i stor grad ved avrenning fra landområdene i Nordsjøområdet, siden dette stoffet ble benyttet mye som plantevernmiddel frem til forbudet i 1970. Vi vet blant annet at for eksempel Sørfjorden i Hardanger er sterkt forurenset av DDT på grunn av utbredt bruk av DDT ved fruktdyrking (Ruus m.fl. 2010).

6.1.6 - Per- og polyfluorerte alkylstoffer

Per- og polyfluorerte alkylstoffer, PFAS, er en gruppe av mange ulike fluorerte forbindelser som har vært brukt i mange produkter.

Lufttilførslene av målte PFAS-forbindelser har de siste årene vært på samme nivå ved alle de tre målestasjonene Birkenes, Andøya og Zeppelin (Bohlin-Nizzetto m.fl. 2021).

I sedimenter finner man PFAS (opptil syv forskjellige forbindelser, men i hovedsak PFOS og PFOA) i lave nivåer overalt i Norskehavet og Barentshavet, uten noen tydelig geografisk trend. Nivåene ligger i Miljødirektoratets tilstandsklasse II (god tilstand) overalt for PFOA, men kommer rett over grensen til tilstandsklasse III (moderat forurenset) for PFOS enkelte steder. HI har ikke gjort målinger av PFAS i sedimenter fra Nordsjøen fram til nå.

Perfluorerte stoffer PFAS i biologisk materiale er vanskelig å måle med metoder som er sensitive nok til å tallfeste de lave konsentrasjonene vi finner i fisk. Det er en trend for biologiske prøver at det er flere prøver med målbare nivåer i Nordsjøen enn i Norskehavet og Barentshavet, men mangel på reelle tall gjør gode sammenligninger vanskelig.

6.1.7 - Polyaromatiske hydrokarboner

Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) er en gruppe forbindelser som kan komme fra olje (petrogene PAH) eller forbrenningsprosesser (pyrogene PAH).

Nord i Barentshavet, nær Svalbard, er det målt forhøyede forekomster av petrogene PAH i sedimenter som trolig først og fremst skyldes naturlig utlekking av olje og tilførsler av kullholdige bergarter fra Svalbard, i tillegg til andre mulige kilder som langtransport, transport med isen og annet. Ellers ligger nivåene av oljerelaterte PAH meget lavt i alle havområdene, mens nivåer av forbrenningsrelaterte (pyrogene) PAH er forhøyet i forhold til det naturlige bakgrunnsnivået i sedimenter fra de siste ca. 100-150 år. Dette er desto mer tydelig jo lengre sør man kommer, men man ser tegn til det også i sørlige deler av Barentshavet.

PAH akkumuleres i svært liten grad i fisk. Det overvåkes, men konsentrasjonene som måles er stort sett under målbart nivå. I reker som analyseres hele finner vi flere prøver med målbare nivåer. I Barentshavet var det målbare resultater for en eller flere prøver av hele reker i 2018–2020. Forbindelsen med høyest konsentrasjon var krysen med opp til 1,71 µg/kg våtvekt i 2020. Nivået av krysen i reker i Barentshavet var på samme nivå som i Nordsjøen og høyere enn i Norskehavet.

Blåskjell er en vanlig indikator på forurensning av PAH langs kysten. PAH har vært undersøkt i blåskjell siden

1992 i MILKYS-programmet som NIVA utfører for Miljødirektoratet. Ingen blåskjellstasjoner hadde konsentrasjoner som overskred miljøkvalitetsstandarden for PAH-forbindelsene antracen, fluoranten, benzo(a)pyren, naftalen eller benzo(a)antracen (Schøyen m.fl. 2021) . De høyeste konsentrasjonene av PAH-15 (PAH-16 minus naftalen) finnes i havneområdet i indre Oslofjord og i Ranfjorden.

6.1.8 - Radioaktivitet

Nivået av cesium-137 i sjøvann, tang, blåskjell, reker og ulike fiskeslag, er høyere lengst sør og avtar nordover. Nivåene er også høyere nært kysten enn ute i havet, på grunn av avrenning fra land, og nivåene av radioaktiv forurensning i miljøet er lave og synkende. I hovedsak er det cesium-137 som analyseres i fisk og reker, nivåer av andre nuklider overvåkes i sjøvann og til dels i sedimenter. Det gjøres også kartlegginger av andre nuklider i fisk, reker og blåskjell.

Radioaktive stoffer har ulike halveringstider, det vil si den tiden det tar før halvparten av stoffet er omdannet til en annen nuklide. Cesium-137 har en halveringstid på 30 år, mens den er 211 000 år for technetium-99. Balansen mellom tilførsler av radioaktiv forurensning, uttynning i vannmassene, sedimentering og naturlig nedbrytning er med på å bestemme nivåene i miljøet. Cesium-137 og technetium-99 er antropogene nuklider, men det finnes også naturlige radioaktive stoffer i miljøet. I forbindelse med petroleumsvirksomhet oppkonsentreres naturlige nuklider som slippes ut igjen i havet. Dette bidraget er vanskelig å skille fra den naturlige bakgrunnen, men det pågår prosjekter som ser på dette.

6.1.9 - Forsøpling og plast

Strandsøppel registreres for OSPAR på syv lokaliteter spredd fra Hvaler i sør til Brucebukta på Svalbard i nord. Registreringene viser at forbruksrelatert avfall dominerer i sør, mens fiskerirelatert avfall dominerer nordover langs Norskekysten og på Svalbard (Arneberg m.fl. 2019). Både mengden søppel i havet og de lokale strømforholdene har betydning for mengdene som finnes på strendene. Generelt finnes det mer søppel på strendene i sør sammenlignet med nord. Unntaket er stranden Rekvika i Troms, hvor mengden er betydelig større enn strender lengre sør.

Avfall i strandsonen i Finnmark. Foto: Terje van der Meeren/ HI

Både antall og vekten av søppel på havbunnen registrert i videotransekter utført av MAREANO-programmet

viser at mengden søppel er høyere i Norskehavet sammenlignet med Barentshavet (Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen 2017). Det er enda få studier på nivåer av mikroplast i havet, men studier av mikroplast i sedimenter tyder på at der er en høyere konsentrasjon i sør sammenlignet med lengere nord (Jensen og Cramer 2017; Miljødirektoratet 2018).

Havhest i Nordsjøen er mer utsatt for plastinntak enn havhester fra områder lenger nord (Norskehavet og Barentshavet/Svalbard). Dette korresponderer med internasjonale tall som viser at havhest i den kanadiske delen av Arktis har mindre plast enn havhest i Nordsjøen (van Franeker m.fl. 2021).

6.1.10 - Nye miljøgifter

«Nye miljøgifter», eller «chemicals of emerging concern» er stoffer som ennå ikke er regulert, men som antas å kunne ha skadelige effekter på miljø eller helse (Sauve og Desrosiers 2014). Det er utført målinger av flere stoffgrupper klassifisert som "nye miljøgifter" i sedimenter fra Norskehavet og Barentshavet under MAREANO-programmet. Det er funnet lave nivåer av kortkjedete og mellomkjedete, men ikke langkjedete, klorparafiner i de sørligste delene av området dekket av MAREANO, dvs. stort sett i Norskehavet. For dekloran ble det funnet spormengder (lave nivåer rett over målegrensen) av dekloran pluss (DP) i sedimenter fra Norskehavet og sørlige deler av Barentshavet, men ikke fra nord i Barentshavet eller Svalbard-området. Det ble også funnet meget lave nivåer av enkelte siloksaner noen få steder, mens fosfororganiske flammehemmere (PFR) fram til nå ikke er funnet i vesentlige mengder under MAREANO-programmet.

6.2 - Utvikling

6.2.1 - Kvikksølv

Lufttilførsler av elementært kvikksølv til Barentshavet har avtatt med 13 % siden 1994 og i Nordsjøen har mengden kvikksølv i luft avtatt med 20 % siden 1990. Også i Norskehavet (Andøya) har det vært nedgang i lufttilførslene siden målingene startet i 2010. I Nordsjøen har kvikksølv i nedbør avtatt med hele 64 % siden 1990.

Reduksjon i lufttilførslene av kvikksølv ser ikke ut til å gi seg utslag i det vi finner igjen i sedimenter eller i biologiske prøver. Analyser av metaller i prøver fra dypere lag i daterte sedimentkjerner i Barentshavet og Norskehavet viser at kvikksølv har økt i konsentrasjon de siste 100 – 150 årene, noe som tilskrives i hovedsak forbrenning av kull og langtransportert forurensing. Kvikksølv forblir på omtrent samme nivå i de øverste lagene.

For kvikksølv i arter der det er lange nok tidsserier, slik som for eksempel blåskjell langs hele kysten og torsk i Barentshavet, er det ingen klare tidstrender. For kvikksølv i kysttorsk ved kysten i Nordsjøen var det ved tre av ni stasjoner en økende trend, mens det ikke er noen trender ved de øvrige stasjonene. For mange av indikatorartene som er analysert for kvikksølv er det enten ikke nok data til å se at det er noen tidstrend, eller så er det ingen utvikling i den perioden overvåkingen har pågått. For mange av artene er det kanskje ikke lang nok tidsperiode til å fange opp eventuelle endringer i tilførsler.

Polarlomvi viste avtakende trend for kvikksølv i perioden 1994-2014. I isbjørn fra Barentshavet er det derimot vist økende kvikksølvkonsentrasjoner fra 1995 og utover, på tross av at dietten har endret seg til å inkludere mindre av arter høyt i næringskjeden. Lippold m.fl. (2020) foreslo at økningen er relatert til klimarelaterte sekundære utslipp fra tidligere lagret kvikksølv fra tining av havis, isbreer og permafrost.

Sekundære utslipp kan være en av forklaringene på at nivåene i organismer ikke går ned eller faktisk øker, selv om lufttilførslene avtar. Det er også mulig at økte temperaturer kan føre til økt metylering og gjøre kvikksølv mer biotilgjengelig, men det er behov for mer forskning for å forstå hvordan blant annet klimaendringer kan påvirke

tilgjengelighet, opptak og overføring av kvikksølv i næringskjeden.

6.2.2 - Bly og kadmium

I Barentshavet har det vært en klar nedgang i tilførslene av bly og kadmium i luft på henholdsvis 67 % og 49 % siden 1994. Det er også minkende nivåer av både kadmium og bly i lufta både i Norskehavet (Andøya) og i Nordsjøen (Birkenes). Det samme har vært observert ved andre avsidesliggende målestasjoner i Nord-Europa og Nord-Amerika, f.eks. Mace Head i Irland og Alert i Canada. Bly og kadmium har hatt en reduksjon på mer enn 90 % i nedbør og 73-88 % i luft på Birkenes siden 1980.

Analyser av metaller i prøver fra dypere lag i daterte sedimentkjerner viser at konsentrasjonene av bly har økt de siste 100 – 150 årene, noe som tilskrives langtransportert forurensing. Økning i blynivåene tilskrives bruk av blyholdig bensin frem til 1970-tallet i vestlige industrialiserte land. Forbudet mot blyholdig bensin som ble innført på 1980-tallet, gjenspeiles i en nedgang i de øverste sedimentlagene som tilsvarer de siste 30 årene.

Det er derimot få endringer å spore med hensyn til bly og kadmium i marine organismer, noe som kanskje delvis skyldes tidsperioden som rapporteres i indikatorene. Blåskjell fra en av stasjonene langs kysten av Finnmark viste en nedadgående trend for bly mellom 2009 og 2018, mens blåskjell fra to stasjoner i indre Oslofjord viste en økende trend i 2010-2019. Torskelever fra kysten av Norskehavet og fra sørvestlig del av Barentshavet viser nedadgående trender for bly i den siste tiårsperioden, mens det er ingen trender i Nordsjøenområdet.

For kadmium er det nedadgående trender i torskelever fra Sørfjorden i Hardanger, ved to av lokalitetene langs kysten av Norskehavet (Ålesund og Lofoten) og i den sørvestlige delen av Barentshavet. Nord og øst i Barentshavet er det derimot en økende trend for kadmium i torskelever. For blåskjell er det nedadgående trend for kadmium ved en lokalitet langs kysten av Norskehavet (Ranfjorden), samt ved tre lokaliteter i Nordsjøenområdet (Hardangerfjorden, Lista og Ytre Oslofjord).

For bly eller kadmium i reker viser indikatorene ingen klare tidstrender i noen av de tre havområdene. Nivåene av kadmium og bly i filet av fisk er generelt svært lave og oftest under målegrensene. For arter som analyseres hel er det ingen klare trender, selv om kadmiumnivået i hel tobis fra Nordsjøen målt fra 2015 og utover generelt har vært litt høyere enn tidligere (tilbake til 1995).

6.2.3 - Dioksiner, PCB og PBDE

Lufttilførslene av PCBer har avtatt i Barentshavet siden tidlig 2000-tall og i Nordsjøen siden 2004. I Norskehavet var det ikke noen tydelig trend for hverken PCB eller PBDE i perioden 2009-2016. I Nordsjøen ser det ut til at den nedadgående trenden for PCB har stagnert de siste ti årene. Nedgangen skyldes forbud og utfasing av bruken av disse stoffene, mens tilførsel fra sekundære kilder kan forklare at nedgangen ikke fortsetter (Bohlin-Nizzetto m.fl. 2021).

Nedgangen i lufttilførsler ser ut til å reflekteres i nivåene som måles i toppredatorer i Barentshavet. Konsentrasjonen av PCB og bromerte flammehemmere (BDE-47) i polarlomvi i Barentshavet avtok i perioden 1993-2014. I ringsel gikk nivået av PCB (PCB-153) ned 6-8 % per år mellom 1992 og 2014, mens nivåene av PBDE-47 ikke viste noen nedadgående trend fra 2004 til 2014. Hos isbjørn har nivåene av både PCB-er og PBDE-er avtatt siden 1990-tallet, og nedgangen kan ikke forklares med endringer i diett (Lippold m.fl. 2019). I Norskehavet viste miljøgifter i toppskarvegg en nedgang mellom 1984 og 2004 og tendens til utflating frem mot 2012. Dessverre finnes det ikke nyere data for denne indikatoren, men det ligger toppskarveggprøver fra samme lokalitet i Miljøprøvebanken fra senere år. I Nordsjøen mangler vi tidsserier for miljøgifter i sjøfugl og sjøpattedyr, noe som er uheldig siden dette er havområdet der de høyeste nivåene er målt.

Lenger nede i næringskjeden i Barentshavet var det en nedadgående trend for PCB7 i lodde fra 2008 til rundt

2017, og n ivåene av både dioksiner og dioksinlignende PCB og PCB7 i lever av torsk viser også svakt nedadgående trender frem til rundt 2017. Også PBDE viser nedgang både i lodde og torsk. Tilsynelatende nedgang i nivåer av både PCB og PBDE for polartorsk kan skyldes at prøvene i senere år har blitt tatt lenger nord enn før (ICES 2021). Nivåene av miljøgifter i reker er stort sett stabile, bortsett fra nivået av PBDE, som har avtatt noe i perioden overvåkingen har foregått.

I Norskehavet er tidsseriene for miljøgifter i mange av artene fra 2012, altså kortere enn i Barentshavet. For flere av artene er tidsseriene for korte til å si noe om tidstrender, men for noen av artene, som NVG-sild og blåkveite, ble det tatt prøver også før 2012. Fra og med 2006 har nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB, PCB7 og PBDE i NVG-sild vært svært stabile, mens særlig PCB7 og PBDE så ut til å være noe høyere i prøver analysert før 2006. I blåkveite har nivåene av PCB og PBDE stabilisert seg på et lavere nivå fra 2011 og utover, sammenlignet med 2006-2008. I området sør for Lofoten er det vist at nedgang i kvikksølvnivå hos blåkveite er delvis knyttet til endringer i diett, noe som trolig kan forklare noe av nedgangen i nivåene av organiske miljøgifter også (Bank, Nilsen m.fl. 2021).

Kysttorsk fra Norskehavet har stort sett stabile nivåer av PCB og PBDE i lever, med unntak av enkelte stasjoner. For kysttorsk fra nordsjøområdet er det avtakende trend for PCB7 ved en stasjon og for PBDE ved tre stasjoner. Torsk fra åpent hav i Nordsjøen viser ingen trender. Utvikling i nivåene i kysttorsk reflekterer trolig lokale prosesser og det samme gjelder for blåskjell. For blåskjell i nordsjøområdet var det en økende trend for PCB i perioden 2010-2019 ved to av stasjonene (Indre Oslofjord og ved kysten av Sogn og Fjordane). Ved de fleste av overvåkingsstasjonene for blåskjell er det imidlertid ingen trend.

For de fleste miljøgifter i nordsjøsild er det ingen tydelig trend eller en mulig nedadgående trend siden overvåkingen startet. Den tydeligste nedadgående trenden er for PBDE, som avtok fra 2004 til 2014, for deretter å stabilisere seg i perioden frem til og med 2020. For rødspette, tobis og reker i Nordsjøen er det for korte tidsserier til å si noe om utviklingen, da fast overvåking i Nordsjøen startet først i 2014.

I overvåkingen av miljøgifter i sedimenter måles organiske miljøgifter som PCB og PBDE bare i overflatesediment og ikke i sedimentkjerner. I Nordsjøen viser målinger av overflatesediment utført i løpet av de siste 15 årene relativt stabilt lavt nivå av organiske miljøgifter i sedimenter.

6.2.4 - Klorerte plantevernmidler

Det er generelt nedadgående trender for organiske miljøgifter i luft siden oppstart av målingene i begynnelsen av 1990 tallet, inkludert plantevernmidlene HCB, HCHer, DDTer og klordaner. For de fleste stoffene har nivåene stabilisert seg, med unntak av HCB, som har vist økende nivåer i luft i 2004-2015 på Zeppelin og i 2011-2015 på Birkenes. Etter 2015 har trenden for HCB snudd, og var i 2020 lavere enn noen gang.

På samme måte som for PCB og PBDE, gjenspeiles nedgangen i lufttilførsler av klorerte plantevernmidler i nedgang i sjøfugl og sjøpattedyr. Nivåene av DDT/DDE, oksyklordan, HCH og toksafener avtok i polarlomvi i perioden 1993-2014, mens HCB viste ingen klare trender. Konsentrasjonene av både DDE, klordaner, HCB, α-HCH og toksafener i ringsel gikk ned mellom 1992 og 2014. Også i isbjørn har konsentrasjoner av β-HCH, p,p'-DDE og oksyklordan avtatt siden slutten av 1990-tallet (Lippold m.fl. 2019). Isbjørnens diett har endret seg over tid; de spiser mindre av marine byttedyr høyt oppe i næringskjeden i dag enn før. Disse endringene i diett påvirket ikke de observerte tidstrendene for organiske miljøgifter i isbjørn (Lippold m.fl. 2019, 2020; Routti m.fl. 2017). For egg av toppskarv i Norskehavet var det en nedgang for DDT og HCB mellom 1984 og 2004, med en tendens til utflating frem mot 2012.

Blant fisk er det mindre tydelige trender for klorerte pesticider, med noen unntak. Nivået av DDT i torsk i Barentshavet har avtatt siden 1990-tallet, mens nivået av HCB er stabilt. For kysttorsk fra Norskehavet og

kysttorsk og nordsjøtorsk i nordsjøområdet er det nesten ingen trender. Unntaket var DDT som viste en avtakende trend i lever av kysttorsk fra en kyststasjon (Lista). For cis-klordan har nivåene i lodde fra og med 2014 vært lavere enn tidligere. Nivået av HCB i polartorsk var høyere i 2017 og 2018 enn tidligere. Ellers har vi for korte tidsserier for plantevernmidler i mange av fiskeindikatorene til å trekke konklusjoner om utvikling. Det samme gjelder reker.

Heller ikke blåskjellindikatoren viser noen utviklingstrender for klorerte plantevernmidler i løpet av de siste ti årene.

6.2.5 - Per- og polyklorerte alkylstoffer

Tilførslene av PFOA og summen av ioniske PFAS i luft viste nedgående trender i luft siden starten på overvåkingen i 2006 og frem til 2015, for deretter å stabilisere seg (Bohlin-Nizzetto m.fl. 2021).

Nivået av PFOS i isbjørn avtok med 14 % per år i perioden 2003-2009, men har vært stabilt siden. I motsetning til dette økte nivåene av perfluorokarboksylater med rundt to prosent per år i perioden 2000-2014. PFOS i egg av polarlomvi viste ingen klar trend i løpet av 1993 til 2004. Nivåene av PFOS i ringsel varierte i perioden 1990-2010, men uten noen signifikant trend. De høyeste PFOS-nivåene ble målt i 2004, og i 2010 var nivåene halvert.

Nivåene av PFOS i fisk er i stor grad under målegrensene (LOQ), og det er ikke mulig å si om det er noen utvikling. For stoffer og arter som ikke alltid er under LOQ, for eksempel reker, er tidsserien enten for kort, eller så har LOQ variert i løpet av årene slik at det er veldig vanskelig å si noe om utvikling.

6.2.6 - Polyaromatiske hydrokarboner

PAHer i luft har vært overvåket ukentlig ved Zeppelin siden1994, ved Birkenes siden 2009, og ved Andøya mellom 2009 og 2012 (Bohlin-Nizzetto m.fl. 2021). Lufttilførslene av sum PAH har avtatt og har de siste årene vært på det laveste siden starten av overvåkingen, men det har ikke vært noen videre nedgang siden 2017.

Langsiktig utvikling i PAH-tilførsler gjenspeiler seg i målinger i sedimentkjerner. Både i Norskehavet og Barentshavet er det vist at nivåene av forbrenningsrelaterte PAH i øvre sedimentlag økte de siste 150 årene på grunn av økt forbrenning av fossile brensler etter den industrielle revolusjon. Resultatene viste også en nedgang de siste tiårene, sannsynligvis knyttet til redusert forbrenning av kull. Nivået av oljerelaterte PAH (NPD) var stabilt lavt gjennom hele perioden.

Nivået av PAH i blåskjell har avtatt ved flere stasjoner i havneområdet i indre Oslofjord og i Ranfjorden, hvor de høyeste målingene har vært registrert i MILKYS-programmet (Schøyen m.fl. 2021). På flere stasjoner i disse områdene er det signifikante avtagende trender for PAH-15 (PAH-16 minus naftalen).

6.2.7 - Radioaktivitet

Nivåene av radioaktiv forurensning i havmiljøet går ned i alle indikatorene der det måles. Stabile eller minkende tilførsler og radioaktiv nedbryting fører til at nivåene er stabile eller synkende. Over 30 år etter Tsjernobyl-ulykken er utstrømming av Tsjernobyl-relatert cesium-137 fra Østersjøen et betydelig bidrag til forurensning i norske havområder.

Det var en økning i nivåene av Technetium-99 i tang på 1990-tallet grunnet økte utslipp fra Sellafieldanlegget i Storbritannia. Det har vært en betydelig nedgang i utslippet av Technetium-99 de siste 15 årene, som gjør at også nivåene av Technetium-99 i tang avtar.

6.2.8 - Forsøpling og plast

Mengde søppel på de individuelle OSPAR-strendene er relativt stabile over de 10 år registreringene har foregått (Arneberg m.fl. 2019). Men samtidig er metoden også sensitiv til store enkeltobjekter, slik det ses i Brucebukta på Svalbard.

I analysen av registreringer av søppel på havbunnen utført av MAREANO-programmet behandles datamaterialet innsamlet mellom 2006-2017 samlet, og det analyseres ikke for tidstrender (Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen 2017).

Andelen av havhester i Nordsjøområdet med mer enn 0,1 g plast i magen har vært nokså konstant, og ligger i dag på 49,2 % (Dehnhard m.fl. 2021).

Det er foreløpig få studier på nivåer av mikroplast i havet, og det er ikke etablert tidsserier for dette enda.

6.3 - Er sjømat fra norske havområder trygg mat for oss mennesker?

For de aller fleste sjømatarter er nivåene av miljøgifter i spiselige deler godt innenfor grenseverdiene som gjelder for mattrygghet, satt i EU og Norge for kvikksølv, kadmium, bly, sum dioksiner, sum dioksiner og dioksinlignende PCB og sum ikke-dioksinlignende PCB (PCB6) (EU, 2021). Det finnes noen unntak, der fiskearter på høyt nivå i næringskjeden i enkelte områder kan ha konsentrasjoner i filet opp mot eller over noen av grenseverdiene. Indikatorer dette gjelder for er blåkveite og brosme, mens også arter som atlantisk kveite i Norskehavet og breiflabb langs kysten mot Nordsjøen kan ha høye nivåer. I alle disse artene er det funnet konsentrasjoner av kvikksølv høyere enn grenseverdiene, mens det i blåkveite og atlantisk kveite, som er fete fiskeslag, også er funnet konsentrasjoner av dioksiner og dioksinlignende PCB over grenseverdiene.

Konsentrasjonene er som oftest høyest i fisk som fiskes i kyst- og fjordområder, og i åpent hav er miljøgiftnivåene sjelden over noen grenseverdier i filet. Unntakene er spesielle tilfeller, slik som for blåkveite og atlantisk kveite der visse fiskefelt har vært stengt for fiske av disse artene. Noen fiskefelter sør for Lofoten var en stund stengt for fiske av blåkveite på grunn av overskridelser av grenseverdien for dioksiner og dioksinlignende PCB, men ble imidlertid åpnet igjen i 2016 etter flere år med nivåer under grenseverdiene (Nilsen og Måge 2016). Et område ved Ytre Sklinnadjupet er fortsatt stengt for fiske av atlantisk kveite, og her er årsaken kvikksølvkonsentrasjoner over grenseverdien (Nilsen m.fl. 2016). Samarbeidet mellom Mattilsynet og Fiskeridirektoratet om å stenge fiskefelt i områder med høye miljøgiftnivåer, kan hindre at fisken med de høyeste nivåene når markedet og forbrukerne, og samtidig hindre overskridelser av grenseverdier i land det eksporteres til.

Kveitemåltid. Foto: Erlend Astad Lorentzen/ HI

Nivået av arsen er nokså høyt i enkelte av indikatorene og fiskeslag analysert i andre undersøkelser, og særlig høye nivåer er blant annet målt i reker, torsk og blåkveite fra Barentshavet, samt i arter som rødspette, breiflabb og hyse i alle områder. Dette er imidlertid ikke regnet for å være et mattrygghetsproblem, og det er ingen grenseverdi som gjelder arsen. Arsen er et grunnstoff som finnes i mange ulike former, der uorganiske arsenformer er de giftigste mens den organiske forbindelsen arsenobetain, som hovedsakelig forekommer i fisk, ikke er giftig (EFSA 2009). I mange av fiskeartene fra norske havområder er det tidligere dokumentert at selv i prøver med svært høye nivåer av totalarsen, er nivåene av uorganisk arsen svært lave (Julshamn m.fl. 2012a; Kögel m.fl. 2021). For noen arter med særlig høyt arsennivå, som for eksempel breiflabb og rødspette, er det behov for mer data på spesifikke arsenformer for å kunne dokumentere dette med sikkerhet.

I taskekrabber fisket ved kysten fra Saltfjorden i Nordland og nordover er det målt høye nivåer av kadmium (Julshamn m.fl. 2012c, Wiech m.fl. 2020; Frantzen og Måge 2015), og Mattilsynet advarer mot å fiske krabbe fra dette området (Salten/Lofoten - advarsel mot taskekrabber | Fisk og skalldyr | Matvaregrupper | matportalen.no - Informasjon om sunn og trygg mat fra offentlige myndigheter). Det er i brunmaten til krabben at kadmiumet akkumuleres, men når krabber kokes hele kan kadmium overføres til klokjøttet. Det finnes ikke grenseverdier som gjelder brunmat, men det var overskridelser av grenseverdien i klokjøtt som i 2013 førte til den gjeldende advarselen. Nivået av kadmium er også relativt høyt i reker fra Barentshavet. Hele reker har enkelte år hatt et nivå kadmium over grenseverdien som gjelder for spiselige deler. I ren muskel (pillede reker), som er det som vanligvis spises, er konsentrasjonene imidlertid mye lavere og godt under grenseverdien.

Fordi mager fisk lagrer fettet i leveren og trolig også fordi leveren har en avgiftningsfunksjon, har lever av mager fisk generelt nokså høye nivåer av fettløselige organiske miljøgifter. På grunn av dette, og fordi folk flest ikke spiser så mye fiskelever, er det satt en egen, høyere, grenseverdi for summen av dioksiner og dioksinlignende PCB i lever på 20 ng TE/kg, mens grenseverdien som gjelder fiskefilet er på 6,5 ng TE/kg. Mattilsynet advarer samtidig gravide, ammende og barn mot å spise fiskelever (Barn, gravide og ammende bør ikke spise fiskelever og rognleverpostei | Fisk og skalldyr | Matvaregrupper | matportalen.no - Informasjon om sunn og trygg mat fra offentlige myndigheter) . Selv om grenseverdien er høy, forekommer overskridelser noen ganger i lever av indikatorartene torsk og brosme, men også for andre arter som hyse (Kögel m.fl. 2021), breiflabb og lyr (Frantzen m.fl. 2020). De fleste overskridelsene forekommer langs kysten og i fjorder, og Mattilsynet advarer mot å spise lever fra selvfanget fisk tatt i kystområdene (Ikke spis fiskelever fra selvfangst | Fisk og skalldyr | Matvaregrupper | matportalen.no - Informasjon om sunn og trygg mat fra offentlige myndigheter). I åpent hav er det ikke like mange overskridelser. I torsk fisket i åpent hav i Barentshavet har nivåene av dioksiner og dioksinlignende PCB ikke vært over grenseverdiene i én eneste fisk siden 2016, og gjennomsnittskonsentrasjonene har ligget godt under. I kysttorsk fra Norskehavet og i torsk fra åpent hav i Nordsjøen har gjennomsnittsnivået i flere år ligget like under, like over eller på grenseverdien. Lever av brosme fisket i Norskehavet sør for Lofoten har stort sett ligget over grenseverdien, mens lever av hyse fra åpent hav for det meste var under grenseverdien (Kögel m.fl. 2021). Det er også en grenseverdi for summen av seks ikke-dioksinlignende PCB – PCB6. Nivået av PCB6 er korrelert med nivået av dioksiner og dioksinlignende PCB, men overskridelser av grenseverdien for PCB6 forekommer ikke like ofte som grenseverdien for sum dioksiner og dioksinlignende PCB.

Radioaktive stoffer har en annen virkemåte enn kjemisk toksisitet, og det finnes derfor egne grenseverdier for radioaktive stoffer i omsatt mat. Totalt sett bør dosebidraget fra radioaktiv forurensning holdes under 1 mSv i året, og grenseverdier og kostholdsråd skal bidra til dette (Komperød m.fl. 2015). Grenseverdien for cesium-137 er 600 Bq/kg, og sjømat er ikke i nærheten av å overskride denne. Samtidig er sjømat den næringsmiddelgruppen som bidrar mest til dosen mennesker mottar fra mat, hvilket skyldes bidrag fra naturlige nuklider, som det finnes relativt mye av i sjømat. Der er variasjoner mellom artene av både fisk og skalldyr, men særlig skalldyr kan inneholde forholdsvis mye polonium-210. Selv om dosen fra naturlige nuklider er større enn de menneskeskapte, er risikoen knyttet til naturlige radioaktive stoffer i sjømat fortsatt lav.

6.4 - Er miljøgiftnivåene så høye at de kan ha effekter på økosystemet?

Miljøkvalitetsstandardene er satt for å beskytte de mest sårbare delene av økosystemet, slik som toppredatorene sjøfugl og sjøpattedyr. Miljøkvalitetsstandardene er lik uansett hvilke organismer som overvåkes, men egner seg best for å vurdere nivåer av miljøgifter når de måles i arter på lavt nivå i næringskjeden. Det er tatt høyde for at stoffene biomagnifiseres gjennom flere ledd oppover i næringskjeden til topp-predatorene, som potensielt kan være negativt påvirket. For noen av stoffene, som kvikksølv, PBDE og PCB, er disse standardene satt svært lavt. Derfor vil mange av indikatorene, også de som er lavt i næringskjeden, overskride miljøkvalitetsstandardene.

For kvikksølv er det bare lodde og polartorsk i Barentshavet og blåskjell langs kysten av Barentshavet som ikke gjennomgående overskrider miljøkvalitetsstandarden (Tabell 4). For kolmule i Norskehavet og blåskjell langs kysten av Norskehavet og Nordsjøen er kvikksølvnivået over miljøkvalitetsstandarden i mindre enn halvparten av prøvene eller ved mindre enn halvparten av stasjonene. For PCB7 er alle indikatorartene bortsett fra blåskjell langs kysten av Finnmark over miljøstandarden. For PBDE (summen av 6 PBDE) er absolutt alle indikatorene over miljøkvalitetsstandarden, som er på bare 0,0085 µg/kg våtvekt. Denne miljøkvalitetsstandarden er satt så lavt at dersom alle enkeltforbindelsene i summen er under målbart nivå (<LOQ med HI sin metode for sum

PBDE6 ca. 0,025-0,04 µg/kg), kan man ikke fastslå om nivået faktisk er over eller under miljøkvalitetsstandarden.

Overskridelse av miljøkvalitetsstandardarden for PCB og PBDE i alle havområdene og kvikksølv i Nordsjøen og Norskehavet kan altså tyde på at forurensningsnivået kan ha negative effekter på økosystemet, ved å skade arter høyt i næringskjeden. Det er en viktig grunn til at man må fortsette å forsøke å redusere utslippene av disse stoffene globalt. Samtidig bør det tas forbehold om at miljøkvalitetsstandardene kan være satt av føre-var hensyn og ikke alltid er basert på reell kunnskap om biomagnifisering og toksisitet for toppredatorene.

For eksempel er miljøkvalitetsstandarden for summen av dioksiner og dioksinlignende PCB, satt lik grenseverdien for mattrygghet, og den overskrides ikke for noen av de indikatorene som er vurdert opp mot miljøkvalitetsstandarden. Det skulle indikere at dioksiner og dioksinlignende PCB ikke har noen effekt på toppredatorene, men det virker usannsynlig at dioksiner og dioksinlignende PCB skulle ha mindre effekt på toppredatorene enn PBDE eller PCB7. Dioksiner og dioksinlignende PCB regnes normalt som giftigere enn ikke-dioksinlignende PCB, men med ulik giftighetsmekanisme. Dette tyder på at miljøkvalitetsstandarden for dioksiner og dioksinlignende PCB burde ha vært satt lavere hvis målet er å beskytte de mest sårbare artene på toppen av næringskjeden.

For å vite om miljøgiftbelastningen reelt har negative effekter på økosystemet, kan det være nyttig å se på kunnskapen som finnes om eventuelle effekter på de mest sårbare delene av økosystemet, toppredatorene. Det måles gjerne på ulike biomarkører for toksiske effekter, men en utfordring er at det er vanskelig å fastslå hvilke stoffer det er som faktisk gir effekt, og hvordan ulike stoffer virker sammen.

På Bjørnøya antas det at miljøgiftnivåene i polarmåke og svartbak påvirker helse, reproduksjon og overlevelse hos fuglene (Erikstad m.fl. 2013; Bustnes m.fl. 2015). Hos isbjørn på Svalbard viser nivåene av miljøgifter sammenhenger med helseindikatorer. Effekter av miljøgifter påvist hos isbjørn er blant annet effekter på fett- og energimetabolisme, og særlig i perioder av sult kan isbjørn være sårbar for høye miljøgiftnivåer. Det er motstridende resultater om hvorvidt nivåer av miljøgifter hos isbjørn fra Svalbard er over terskelverdier for effekter beregnet for andre dyr. For spekkhoggere fra kysten utenfor Nord-Norge er det vist at nivåene av PCB i individer som spiser sel, er høyere enn terskelverdier for helseeffekter (Andvik et al. 2020).

Det er manglende kunnskap om effekter av miljøgifter på sjøfugl og sjøpattedyr i andre havområder enn Barentshavet. I og med at nivåene av mange av miljøgiftene generelt er høyere i byttedyr som fisk og skalldyr i Nordsjøen og Norskehavet-området enn i Barentshavet, skulle man forvente større effekter der. Samtidig trekker mange sjøfugl og sjøpattedyr over store avstander, noe som kan påvirke miljøgiftnivåer. Mange sjøfuglbestander fra Norskehavet-området migrerer om sommeren og høsten til Barentshavet og kommer tilbake til hekkeområdene først flere måneder senere (Fauchald m.fl. 2021; Merkel m.fl. 2021). Individuelle forskjeller i migrasjonsatferd og bruk av vinterområder bidrar til å forklare individuelle forskjeller i miljøgiftbelastninger (Albert m.fl. 2021).

Radioaktive stoffer akkumuleres i ulik grad i marine organismer og i næringskjeden. Generelt for havområdene våre er det ikke forventet å finne effekter på økosystemet, men disse konklusjonene er basert på et begrenset kunnskapsgrunnlag. Det er et stort behov for å se nærmere på opptak, akkumulering og mulige effekter av radioaktiv forurensning i havmiljøet.

Selv om vi finner lave konsentrasjoner av oljekomponenter i fisk fordi de metaboliseres og skilles ut, kan disse likevel ha effekter på fisk for eksempel ved akutte eller kroniske utslipp av olje eller produsert vann i gyte- og klekkeområder.

Økte nivåer av DNA-addukter, endret fettsyreprofil og PAH-metabolitter i galle ble funnet i villfanget hyse i Tampen området i 2002 (Balk m.fl. 2011). Tilstandsovervåkingen fra 2011 viste at både hyse fra Tampen og fra Vikingbanken hadde nivå av DNA addukt i leveren over EAC (Environmental Assessment Criteria) (Grøsvik m.fl. 2012). Tilsvarende høye nivå av DNA addukt i lever fra hyse, torsk og sei ble rapportert fra vannsøyleovervåkingen fra Tampen i 2019 (Pampanin m.fl. 2019). Nivåer høyere enn EAC indikerer miljørisiko og oppfølgende studier bør gjennomføres (Davies og Vethaak 2012).

Det er gjort en rekke undersøkelser på effekter av oljeforurensning på egg og larver av en rekke fiskearter. Tidlige livsstadier av hyse har vist seg å være mest følsom for oljeeksponering. Terskelverdi for ingen effekt på hyseembryo er vist til <10 ppb olje. Hvis dette blir omregnet til sum PAH blir terskelverdien ca. 0,1 ppb (100 ppt) (Cresci m.fl. 2020). Terskelverdi for oljepåvirkning av hyseembryoer er derfor fem ganger høyere enn de nivåene som er blitt modellert fra utslipp av produsert vann på Vikingbanken (Nepstad m.fl. 2021).

6.5 - En samlet vurdering av indikatorsettet

De tre havområdene strekker seg over et enormt geografisk område langs en nord-sør gradient, der ulike arter og bestander lever i forskjellige deler av områdene. Dette gjør at det er vanskelig å finne biologiske indikatorer som er felles for alle havområdene. Men indikatorsettet inneholder i alle tre havområdene reker, torsk og blåskjell, samt planktonspisende fisk som representanter for et relativt lavt nivå i næringskjeden. Det er en ulempe at reker og torsk i Norskehavet bare samles inn i kystområdene, utenfor selve forvaltningsplanområdet. Det skyldes utbredelsesmønsteret, som også for reker i Norskehavet begrenser seg til kystområdene (Kyst- og fjordreke | Havforskningsinstituttet (hi.no)). Av torsk i Norskehavet er det bare kysttorsk som er hjemmehørende, mens fisker man torsk lenger ute på bankene vil det være Nordøstarktisk torsk på gytevandring fra Barentshavet. I kapittel 6.7.2, Tabell 1 til 3 er det gitt en vurdering av egnethet for hver av indikatorene for forurensning ut fra ulike kriterier.

Når det gjelder indikatorer for miljøgifter i sjøfugl og sjøpattedyr, er indikatorsettet mer mangelfullt. MOSJ har en indikator på polarmåke, som også bør inkluderes i OVG sitt indikatorsett siden polarmåke er en toppredator i det arktiske miljøet. For indikatoren miljøgifter i polarlomvi i Barentshavet blir det samlet inn egg jevnlig i påvente av finansiering av analyser. Sammenlignet med de andre havområder, er likevel Barentshavet relativt godt dekket med hensyn til indikatorer på miljøgifter i sjøfugl og sjøpattedyr; for Nordsjøen er det ingen indikator for miljøgifter i sjøfugl eller sjøpattedyr, mens for Norskehavet finnes det bare eldre data på miljøgifter i klappmyss. Det blir samlet inn prøver fra flere sjøfuglarter langs hele kysten, inkludert Svalbard, hvert år for Miljøprøvebanken. Dette gir muligheter for å evaluere flere indikatorer for miljøgifter i sjøfugl i alle havområdene, gitt finansiering til opparbeiding og analyse av prøvene.

Indikatorsettet er også til dels mangelfullt med hensyn til forurensning i det abiotiske miljøet. Forurensning i sedimenter er foreløpig dekket av indikatorer kun for Norskehavet og Barentshavet. Det foregår overvåking av organiske miljøgifter i sedimenter i Nordsjøen, og en slik indikator kan derfor forholdsvis enkelt implementeres for dette havområdet. For metaller i sedimenter mangler imidlertid en fast overvåking i Nordsjøen, havområdet som er mest utsatt for menneskelig påvirkning og har de høyeste nivåene av blant annet kvikksølv i biologiske prøver. Med hensyn til forurensning i sjøvann er det bare radioaktive stoffer som per i dag overvåkes og rapporteres, mens overvåking av andre miljøgifter inkludert tungmetaller og organiske miljøgifter mangler.

Plastforsøpling er et stort problem i havet og langs norske strender (Status for miljøet i Norskehavet | Havforskningsinstituttet (hi.no). Fast overvåkning foregår ved en rekke strender langs Norskekysten (såkalte OSPAR-strender) og for plast i havhestmager i Nordsjøområdet. For forsøpling i havet, inklusiv for mikroplast, finnes det ikke noen fastsatte indikatorer, men flere initiativ. Det bør utvikles passende indikatorer for plast på

alle nivå i alle havområdene for å kunne følge utviklingen i fremtiden. Dette burde være overkommelig, siden det allerede gjennomføres fast overvåking.

Indikatorene for menneskelig aktivitet som kan medføre forurensning, er stort sett knyttet til petroleumsaktiviteten og er utviklet for Nordsjøen og Norskehavet. I og med at aktiviteten flyttes lengre nord til også å dekke Barentshavet, bør indikatorene utvikles for det området også. Samtidig kan det overveies om det bør utvikles andre indikatorer for menneskelig aktivitet, så som støy og lys.

6.6 - Kunnskapsmangler

Det er behov for en regelmessig overvåking av nivåene av metaller i sedimenter i Nordsjøen og Skagerrak.

Målinger av miljøgifter i sjøvann er mangelfullt i alle områder. Per i dag er det bare regelmessige målinger av radioaktivitet i sjøvann. Målinger av miljøgifter i vann er krevende på grunn av lave konsentrasjoner.

I tillegg er det for liten kunnskap om konsentrasjoner av miljøgifter på de laveste nivåene i næringskjeden, som i plante- og dyreplankton. Dette er vesentlig kunnskap som kan gi mer informasjon om hvordan stoffene inntrer og overføres oppover i næringskjeden.

Klimaet er i endring, og økende temperaturer kan påvirke tilførsel og spredning av miljøgifter til havmiljøet, for eksempel ved tining av permafrost eller havis eller ved økt nedbør og avrenning. Samtidig medfører økte temperaturer at arter forflytter seg og økosystemene endrer seg, med medfølgende endringer i dietten til mange arter (Fossheim m.fl. 2015). Det er behov for økt kunnskap og forståelse av hvordan pågående og fremtidige klimaendringer påvirker og vil påvirke nivåer og effekter av miljøgifter i økosystemene.

Det er et stort behov for å se nærmere på opptak, akkumulering og mulige effekter av radioaktiv forurensning i havmiljøet.

Vi har fortsatt lite kunnskap om effekter av miljøgifter hos marine pattedyr og sjøfugl. På grunn av praktiske og etiske grunner kan vi ikke studere effekter av miljøgifter i disse høyt utviklede organismegruppene gjennom kontrollerte laboratorieforsøk hvor grupper av dyr får ulike doser av miljøgifter. Dagens kunnskap på effekter av miljøgifter hos marine pattedyr og sjøfugl er basert på sammenhenger mellom miljøgiftnivåer og fysiologiske parameter for eksempel hormonnivåer. Disse er målt i blodprøver (marine pattedyr og sjøfugl) eller fettbiopsier (bare marine pattedyr). Imidlertid er det ofte vanskelig å tolke slike sammenhenger og usikkerhet om årsak-virkningssammenheng. En alternativ tilnærming er å bruke modellorganismer, men en utfordring er at artsspesifikke forskjeller kan føre til feilaktige fortolkninger. Moderne teknikker som cellekulturer og funksjonelle genstudier gir bedre muligheter for å etablere årsak-virkning sammenhenger, men gir ikke informasjon om effekter av miljøgifter på populasjonsnivå. Ville dyr er også utsatt for en cocktail av titalls eller hundrevis av forskjellige miljøgifter og deres omdanningsprodukter, noe som gjør det vanskeligere å finne ut hvilke miljøgifter som har størst potensiale for å svekke helsen.

Det er også for liten kunnskap om effekter av de lave nivåene av miljøgifter som vi finner i fisk og andre marine organismer.

Det har de senere år blitt større og større fokus på marin forsøpling og mikroplast. Det arbeides både med å få overblikk over problemets omfang, utvikling av standardiserte analysemetoder for mikro- og nanoplast samt å se på hvilke effekter problematikken kan ha for marine organismer. Det bør utvikles gode, omforente indikatorer for marin forsøpling og mikroplast for alle norske havområder og iverksettes overvåkingsserier med standardisert metodikk.

Faglig forum har laget en oversikt over kunnskapsbehov som har kommet frem i tidligere rapporter fra Overvåkingsgruppen eller Faglig forum. I tillegg til kunnskapsbehov som allerede er nevnt her, nevnes en rekke kunnskapsbehov for hvert av havområdene. Blant annet for Norskehavet «Nivåer av forurensning i forskjellige bunndyrsarter i åpent hav» og «Miljøskade av påvirkninger, for eksempel skade på svampsamfunn fra utslipp av borekaks». For Nordsjøen nevnes blant annet «Enkelte stoffer kan foreligge i forskjellige former med varierende grad av biotilgjengelighet. Kunnskap om hvilken form de aktuelle stoffene som måles foreligger i er mangelfull.». Og for Barentshavet «Modellering av hydrokjemiske og biologiske transportprosesser for å få bedre viten om hvor de største risiko til miljøet er fra miljøgifter og forurensende stoffer». Mange av kunnskapsbehovene som er nevnt for ett av havområdene er overførbare også til de andre havområdene.

6.7 - Indikatorer

6.7.1 - Liste over alle indikatorene

6.7.1.1 - Barentshavet og Lofoten

Lufttilførsler av miljøgifter til Barentshavet
Tilførsel av forurensinger fra elver og kystnære landområder til Barentshavet
Strandsøppel på Svalbard
Forurensning i sedimenter i Barentshavet
Radioaktiv forurensning i sjøvann i Barentshavet
Radioaktivitet i tang langs kysten av Barentshavet
Forurensning i blåskjell langs kysten av Nordland, Troms og Finnmark
Forurensning i reker i Barentshavet
Forurensning i lodde i Barentshavet
Forurensning i polartorsk i Barentshavet
Forurensning i torsk i Barentshavet
Forurensning i polarlomvi i Barentshavet
Forurensning i ringsel i Barentshavet
Forurensning i isbjørn i Barentshavet

6.7.1.2 - Norskehavet

Lufttilførsler av miljøgifter til Norskehavet
Tilførsel av forurensninger fra elver til Norskehavet
Forurensning i sedimenter i Norskehavet
Radioaktiv forurensning i sjøvann i Norskehavet
Radioaktivitet i tang langs kysten av Norskehavet
Miljøgifter i blåskjell langs kysten av Norskehavet
Forurensning i reker i Norskehavet
Miljøgifter i kolmule i Norskehavet
Forurensning i norsk vårgytende sild i Norskehavet
Forurensning i kysttorsk i Norskehavet
Miljøgifter i blåkveite i Norskehavet
Miljøgifter i brosme i Norskehavet
Miljøgifter i toppskarvegg i Norskehavet
Miljøgifter i klappmyss i Norskehavet
Oljetilførsler fra petroleumsinstallasjoner i Norskehavet

6.7.1.3 - Nordsjøen og Skagerrak

Lufttilførsler av miljøgifter til Nordsjøen og Skagerrak
Tilførsler av forurensing fra elver til Skagerak og Nordsjøen
Radioaktivitet i sjøvann i Nordsjøen
Radioaktivitet i tang i Nordsjøen
Forurensning i blåskjell i Nordsjøen
Forurensning i reker i Nordsjøen
Forurensning i tobis i Nordsjøen
Forurensning i nordsjøsild
Forurensning i rødspette i Nordsjøen
Forurensning i torsk i Nordsjøen

Imposex hos purpursnegl – Nordsjø- og Skagerrakkysten
Oljetilsølt lomvi i Sørvest-Norge
Plast i havhestmager i Nordsjøen
Oljepåvirket fisk i Nordsjøen
Sjøbunn i Nordsjøen påvirket av hydrokarboner (THC) og barium
Tilførsel fra olje fra petroleumsinstallasjoner i Nordsjøen
Utslipp av radioaktive stoffer fra olje og gass til Nordsjøen
Utslipp fra kjernekraftindustri til Nordsjøen

6.7.2 - Egnethetsvurdering av indikatorene

I tabell 1 til 3 er det gitt en vurdering av hver av forurensningsindikatorene med hensyn til hvor egnet den enkelte indikator er til å vurdere forurensningstilstand og -utvikling, mattrygghet og sammenligning med miljøkvalitetsstandarder (som skal kunne si noe om potensiale for effekter på økosystemet). Geografisk dekning og prøveantall er tatt med for å si noe om representativiteten til indikatoren, og analyserte stoffer skal si noe om de stoffene som analyseres er tilstrekkelig.

Tabell 1 Oppsummering av egnethetsvurdering av indikatorer for forurensningstilstanden i Barentshavet, hvor ulike indikatorer er vurdert opp mot egnethet basert på ulike kriterier. Grønn = god, gul = middels, rød = dårlig. Hvit farge betyr at kriteriet ikke er relevant for denne indikatoren.

Barentshavet **Kriterier for egnetshetsvurdering**	**Strand-søppel**	**Sjøvann**	**Tang**	**Sedi-menter**	**Blåskjell**	**Reker**	**Lodde**	**Polar-torsk**	**Torsk**	**Sjøfugl**	**Ringsel**	**Isbjø**
Geografisk dekning*												
Prøveantall												
Tidsserie												
Analyserte stoffer												
Sjømat												
Vurdering opp mot miljøkvalitetsstandarder (EQS)												
Kunnskap om bakgrunnsnivå												

Tabell 2 Egnethetsvurdering av indikatorer for forurensningstilstanden i Norskehavet, hvor ulike indikatorer er vurdert opp mot egnethet basert på ulike kriterier. Grønn = god, gul = middels, rød = dårlig. Hvit farge betyr at kriteriet ikke er relevant for denne indikatoren.

Norskehavet Kriterier for egnetshetsvurdering	**Sjøvann**	**Tang**	**Sedi-menter**	**Blåskjell**	**Reker**	**Kol-mule**	**Sild**	**Kyst-torsk**	**Brosme**	**Blåkveite**	**Topps-karvegg**	**Klapp-myss**
Geografisk dekning*												
Prøvetantall												
Tidsserie												
Analyserte stoffer												
Sjømat												
Vurdering opp mot miljøkvalitetsstandarder (EQS)												
Kunnskap om bakgrunnsnivå												

Tabell 3 Egnethetsvurdering av indikatorer for forurensningstilstanden i Nordsjøen og Skagerrak, hvor ulike indikatorer er vurdert opp mot egnethet basert på ulike kriterier. Grønn = god, gul = middels, rød = dårlig. Hvit farge betyr at kriteriet ikke er relevant for denne indikatoren.

Nordsjøen og Skagerrak **Kriterier for egnetshetsvurdering**	**Sjøvann**	**Tang**	**Sedi-menter**	**Blåskjell**	**Reker**	**Tobis**	**Sild**	**Torsk**	**Rød-spette**	**Imposex purpur-snegl**
Geografisk dekning*										
Prøveantall										
Tidsserie										
Analyserte stoffer										
Sjømat										
Vurdering opp mot miljøkvalitetsstandarder (EQS)										
Kunnskap om bakgrunnsnivå										

6.7.3 - Tabell med oppsummering av resultater

Tabell 4. Oversikt over indikatorartene (fisk og evertebrater) som overvåkes og andel overskridelser ved siste måling av tre typer grenseverdier for ulike stoffer (se kap. 1.2.1): Grenseverdier for mattrygghet, miljøkvalitetsstandarder og PROREF (kun torsk og blåskjell). Forklaring på fargekodene er gitt nedenfor. BH er Barentshavet, NH er Norskehavet, NS er Nordsjøen og Skagerrak. "f" i noen av cellene for torsk og brosme betyr at nivåene i filet av fisk er vurdert opp mot grenseverdien, i motsetning til lever.

Indikator:	Havområde	Kvikksølv			Kadmium			Bly			PCB6/PCB7			Dioksiner og dioksinlignende PCB			Dioksiner og furaner			HCB			DDT			PBDE			PFOS			Cesium - 137		
		Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF	Mattrygghetsgrense	Miljøkvalitetsstandard	PROREF
Blåskjell[1]	BH																																	
	NH																																	
	NS																																	
Reker[2]	BH																																	
	NH																																	
	NS																																	
Torsk (lever[3])																																		
NØA torsk	BH	f		f	f			f																								f		
Kysttorsk[1]	BH	f		f	f			f																								f		
Kysttorsk[1]	NH	f		f	f			f									f															f		
NS-torsk[1]	NS	f		f	f			f									f															f		
Kysttorsk[1]	NS	f		f																														
NVG-sild (filet)	NH																																	
Nordsjøsild (filet)	NS																																	
Lodde	BH																																	
Polartorsk	BH																																	
Kolmule[4]	NH																																	
Brosme (lever[3])	NH	f			f			f																										
Blåkveite (filet)	NH																																	
Tobis[4]	NS																																	
Rødspette	NS																																	

[1] Vurderingen er kun basert på stasjoner langs ytre kyst. Stasjoner nær punktkilder og inne i fjorder er utelatt.

[2] Miljøkvalitetsstandarden gjelder innholdet i hele reker, mens mattrygghetsgrensen gjelder for pillede reker

[3] Enkelte stoffer er analysert i filet. Dette er angitt med «f» i tabellen

[4] For mattrygghet er nivåene vurdert opp mot grenseverdier for förmidler.

Tegnforklaring:

- Gjennomsnittsnivå på mer enn 50 % av stasjonene over grenseverdi / gjennomsnitt for alle individer over grenseverdi
- Gjennomsnittsnivå på opptil 50 % av stasjoner over grenseverdi / Opptil 50 % av individer har nivåer over grenseverdi (men snittverdi under grenseverdi)
- Ingen stasjoner har gjennomsnittsnivåer over grenseverdi / ingen individer har nivåer over grenseverdi
- Det finnes ikke grenseverdier for dette stoffet
- Ingen data

7 - Referanser

Aas, W. og Bohlin-Nizzetto, P. (2019). Heavy metals and POP measurements, 2017. EMEP/CCC-Report 3/2019. https://nilu.brage.unit.no/nilu-xmlui/bitstream/handle/11250/2617609/EMEP-CCC-3-2019.pdf?sequence=1

Albert, C., Bråthen, V.S., Descamps, S., Anker-Nilssen, T., Cherenkov, A., Christensen-Dalsgaard, S., Danielsen, J., Erikstad, K.E., Gavrilo, M., Hanssen, S.A., Helgason, H.H., Jónsson, J.E., Kolbeinsson, Y., Krasnov, Y., Langset, M., Lorentzen, E., Olsen, B., Reiertsen, T.K., Strøm, H., Systad, G.H., Tertitski, G., Thompson, P.M., Thórarinsson, T.L., Bustamante, P., Moe, B. og Fort, J. (2021). Inter-annual variation in winter distribution affects individual seabird contamination with mercury. Marine Ecology Progress Series 676: 243-254, https://www.int-res.com/abstracts/meps/v676/p243-254/

Albert, C., Renedo, M., Bustamante, P. og Fort, J. (2019). Using blood and feathers to investigate large-scale Hg contamination in Arctic seabirds: A review. Environmental Research 177: 108588. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108588

Andvik, C., Jourdain, E., Lyche, J.L., Karoliussen, R. og Borga, K. (2021). High Levels of Legacy and Emerging Contaminants in Killer Whales (*Orcinus orca*) from Norway, 2015 to 2017. Environmental Toxicology and Chemistry 40(7): 1850-1860. https://doi.org/10.1002/etc.5064

Arneberg, P., Frantzen, S. og Van der Meeren, G. (2019). Status for miljøet i Norskehavet. Rapport fra Overvåkingsgruppen 2019. Fisken og havet. 2019-2. 76 s. Status for miljøet i Norskehavet | Havforskningsinstituttet (hi.no)

Arneberg, P. og van der Meeren, G.E. (2016). Status for miljøet i Norskehavet - rapport fra Overvåkingsgruppen 2016. Fisken og havet, særnummer. 1b-2016. 37 s. NS_2016.pdf (hi.no)

Azad, A.M., Frantzen, S., Bank, M.S., Nilsen, B.M., Duinker, A., Madsen, L. og Maage, A. (2019). Effects of geography and species variation on selenium and mercury molar ratios in Northeast Atlantic marine fish communities. Science of the Total Environment 652: 1482-1496. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.405

Baak, J.E., Linnebjerg, J.F., Barry, T., Gavrilo, M.V., Mallory, M.L., Price, C. og Provencher, J.F. (2020). Plastic ingestion by seabirds in the circumpolar Arctic: a review. Environmental Reviews 28(4): 506-516.https://doi.org/10.1139/er-2020-0029

Balk, L., Hylland, K., Hansson, T., Berntssen, M.H.G., Beyer, J., Jonsson, G., Melbye, A., Grung, M., Torstensen, B.E., Børseth, J.F., Skarphedinsdottir, H. og Klungsøyr, J. (2011). Biomarkers in Natural Fish Populations Indicate Adverse Biological Effects of Offshore Oil Production. Plos One 6(5): https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019735

Bank, M.S., Frantzen, S., Duinker, A., Amouroux, D., Tessier, E., Nedreaas, K., Maage, A. og Nilsen, B.M. (2021). Rapid temporal decline of mercury in Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). Environmental Pollution 289. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117843

Blanchet, M.A., Aars, J., Andersen, M. og Routti, H. (2020). Space-use strategy affects energy requirements in Barents Sea polar bears. Marine Ecology Progress Series 639: 1-19. DOI: https://doi.org/10.3354/meps13290

Blévin, P., Aars, J., Andersen, M., Blanchet, M.-A., Hanssen, L., Herzke, D., Jeffreys, R.M., Nordøy, E.S., Pinzone, M., de la Vega, C. og Routti, H. (2020). Pelagic vs Coastal—Key Drivers of Pollutant Levels in Barents

Sea Polar Bears with Contrasted Space-Use Strategies. Environmental Science & Technology 54(2): 985-995. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04626

Bohlin-Nizzetto, P., Aas, W., Halvorsen, H.L., Nikiforov, V. og Pfaffhuber, K.A. (2021). Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation. Annual report 2020. NILU-report 12/2021. 148 s. https://hdl.handle.net/11250/2778509

Bohlin-Nizzetto, P., aas, W. og Nikiforov, V. (2019). Monitoring of environmental contaminants in air and precipitation, annual report 2018. NILU-rapport. 11/2019. https://www.nilu.no/pub/1718963/

Boitsov, S., Grøsvik, B.E., Nesje, G., Malde, K. og Klungsøyr, J. (2019). Levels and temporal trends of persistent organic pollutants (POPs) in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) from the southern Barents Sea. Environmental Research 172: 89-97. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.008

Boitsov, S. og Sanden, M. (2021). Undersøkelser av hydrokarboner og organiske miljøgifter i sedimenter fra MAREANO-området i 2020. Rapport fra havforskningen. 2021-55. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-55

Bourgeon, S., Riemer, A.K., Tartu, S., Aars, J., Polder, A., Jenssen, B.M. og Routti, H. (2017). Potentiation of ecological factors on the disruption of thyroid hormones by organo-halogenated contaminants in female polar bears (*Ursus maritimus*) from the Barents Sea. Environmental Research 158: 94-104. 10.1016/j.envres.2017.05.034

Brown, T.M., Ross, P.S., Reimer, K.J., Veldhoen, N., Dangerfield, N.J., Fisk, A.T. og Helbing, C.C. (2014). PCB Related Effects Thresholds As Derived through Gene Transcript Profiles in Locally Contaminated Ringed Seals (*Pusa hispida*). Environmental Science & Technology 48(21): 12952-12961. https://doi.org/10.1021/es5032294

Buhl-Mortensen, L. og Buhl-Mortensen, P. (2017). Marine litter in the Nordic Seas: Distribution composition and abundance. Marine Pollution Bulletin 125(1): 260-270. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.048

Bustnes, J.O., Bourgeon, S., Leat, E.H.K., Magnusdottir, E., Strom, H., Hanssen, S.A., Petersen, A., Olafsdottir, K., Borga, K., Gabrielsen, G.W. og Furness, R.W. (2015). Multiple Stressors in a Top Predator Seabird: Potential Ecological Consequences of Environmental Contaminants, Population Health and Breeding Conditions. Plos One 10(7). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131769

Bustnes, J.O., Moe, B., Hanssen, S.A., Herzke, D., Fenstad, A.A., Nordstad, T., Borgå, K. og Gabrielsen, G.W. (2012). Temporal Dynamics of Circulating Persistent Organic Pollutants in a Fasting Seabird under Different Environmental Conditions. Environmental Science & Technology 46(18): 10287-10294. https://doi.org/10.1021/es301746j

Cresci, A., Paris, C.B., Browman, H.I., Skiftesvik, A.B., Shema, S., Bjelland, R., Durif, C.M.F., Foretich, M., Di Persia, C., Lucchese, V., Vikebø, F.B. og Sørhus, E. (2020). Effects of Exposure to Low Concentrations of Oil on the Expression of Cytochrome P4501a and Routine Swimming Speed of Atlantic Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) Larvae In Situ. Environmental Science & Technology 54(21): 13879-13887.https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04889

Davies, I.M. og Vethaak, D. (2012). Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects. ICES Cooperative Research Report. 315. 277 s. Integrated monitoring (ices.dk)

Dehnhard, N., Herzke, D., Gabrielsen, G.W., Anker-Nilssen, T., Ask, A., Christensen-Dalsgaard, S., Descamps,

S., Hallanger, I., Hanssen, S.A., Langset, M., Monclús, L., O'Hanlon, N.J., Reiertsen, T.K. og Strøm, H. (2019). Seabirds as indicators of distribution, trends and population level effects of plastics in the Arctic marine environment. Workshop Report. NINA Rapport. 1719. 33. http://hdl.handle.net/11250/2627392

Dehnhard, N., Langset, M. og Anker-Nilssen, T. (2021). Short report from the EcoQO monitoring of plastic particles in stomachs of fulmars beached on the coast of Southern Norway in 2002-2021.

Desforges, J.P., Levin, M., Jasperse, L., De Guise, S., Eulaers, I., Letcher, R.J., Acquarone, M., Nordoy, E., Folkow, L.P., Jensen, T.H., Grondahl, C., Bertelsen, M.F., Leger, J.S., Almunia, J., Sonne, C. og Dietz, R. (2017). Effects of Polar Bear and Killer Whale Derived Contaminant Cocktails on Marine Mammal Immunity. Environmental Science & Technology 51(19): 11431-11439. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03532

Dietz, R., Gustayson, K., Sonne, C., Desforges, J.P., Riget, F.F., Pavlova, V., McKinney, M.A. og Letcher, R.J. (2015). Physiologically-based pharmacokinetic modelling of immune, reproductive and carcinogenic effects from contaminant exposure in polar bears (*Ursus maritimus*) across the Arctic. Environmental Research 140: 45-55. DOI: 10.1016/j.envres.2015.03.011

Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften (2018). Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018. 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann (vannportalen.no)

DNV (2008). Kystverket (Norwegian Coastal Administration) salvage of U864 - supplementary studies -study no.11: Assessment of future spreading of mercury for the capping alternative. 23916-11.

EFSA (2009). EFSA panel on contaminants in the food chain (CONTAM); Scientific opinion on arsenic in food. EFSA Journal 2009 7(10): 199 pp. DOI: https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1351

Erikstad, K.E., Sandvik, H., Reiertsen, T.K., Bustnes, J.O. og Strom, H. (2013). Persistent organic pollution in a high-Arctic top predator: sex-dependent thresholds in adult survival. Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences 280(1769).https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1483

EU (2022). Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union. Consolidated version 01.01.2022. http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1881/2022-01-01

Everaert, G., Ruus, A., Hjermann, D.O., Borga, K., Green, N., Boitsov, S., Jensen, H. og Poste, A. (2017). Additive Models Reveal Sources of Metals and Organic Pollutants in Norwegian Marine Sediments. Environmental Science & Technology 51(21): 12764-12773. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02964

Faglig forum for norske havområder (2019). Næringsaktivitet og påvirkning. Faggrunnlag for oppdatering av forvaltningsplan for Norskehavet og for Nordsjøen-Skagerrak. M-1280. Næringsaktivitet og påvirkning Faggrunnlag for oppdatering av forvaltningsplan for Norskehavet og for Nordsjøen-Skagerrak - Miljødirektoratet (miljodirektoratet.no)

Fauchald, P., Tarroux, A., Amelineau, F., Brathen, V.S., Descamps, S., Ekker, M., Helgason, H.H., Johansen, M.K., Merkel, B., Moe, B., Astrom, J., Anker-Nilssen, T., Bjornstad, O., Chastel, O., Christensen-Dalsgaard, S., Danielsen, J., Daunt, F., Dehnhard, N., Erikstad, K.E., Ezhov, A., Gavrilo, M., Hallgrimsson, G.T., Hansen, E.S., Harris, M., Helberg, M., Jonsson, J.E., Kolbeinsson, Y., Krasnov, Y., Langset, M., Lorentsen, S.H., Lorentzen, E., Newell, M., Olsen, B., Reiertsen, T.K., Systad, G.H., Thompson, P., Thorarinsson, T.L., Wanless, S., Wojczulanis-Jakubas, K. og Strom, H. (2021). Year-round distribution of Northeast Atlantic seabird populations: applications for population management and marine spatial planning. Marine Ecology Progress Series 676:

255-276. https://doi.org/10.3354/meps13854

Fossheim, M., Primicerio, R., Johannesen, E., Ingvaldsen, R.B., Aschan, M.M. og Dolgov, A.V. (2015). Recent warming leads to a rapid borealization of fish communities in the Arctic. Nature Climate Change 5(7): 673-677. https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2647

Frantzen, S., Duinker, A., Julshamn, K., Nøttestad, L. og Maage, A. (In prep.). Levels of mercury, arsenic, cadmium and lead in Northeast Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) from Northern European waters.

Frantzen, S. og Maage, A. (2016). Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann. Brosme, lange og bifangstarter. Gjelder tall for prøver samlet inn i 2013-2015. 116 s. rapportvillfisk2016-1.pdf (hi.no)

Frantzen, S. og Måge, A. (2015). Kadmiumanalyser i taskekrabbe fra Nordland høsten/vinteren 2013-2014. 18 s. Krabbe Nordland 2014 by Havforskingsinstituttet / NIFES - Issuu

Frantzen, S., Måge, A., Iversen, S.A. og Julshamn, K. (2011). Seasonal variation in the levels of organohalogen compounds in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea. Chemosphere 85: 179-187. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.06.034

Frantzen, S., Måge, A., Duinker, A., Julshamn, K. og Iversen, S.A. (2015). A baseline study of metals in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea, with focus on mercury, cadmium, arsenic and lead. Chemosphere 127: 164-170. http://dx.doi.org10.1016/j.chemosphere.2015.01.037

Frantzen, S., Måge, A. og Sanden, M. (2021). Kvikksølv i sjømat ved U-864 — Resultat fra overvåkning i 2020. Rapport fra Havforskningen. 2021-37. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-37

Frantzen, S., Nilsen, B.M. og Sanden, M. (2020). Fremmedstoffer i rødspette, breiflabb og lyr - Sluttrapport for kartleggingsprogrammet "Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann" 2016-2018. Rapport fra Havforskningen. 2020-20. 75 s. Fremmedstoffer i rødspette, breiflabb og lyr | Institute of Marine Research (hi.no)

Frantzen, S., Otterå, H.M., Heldal, H.E. og Måge, A. (2018). Kvikksølvinnhold i fisk og annen sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje - Resultater fra fast overvåkning og ekstra prøvetaking i 2016. Rapport fra Havforskningen. 8-2018. 36 s. http://hdl.handle.net/11250/2562430

Green, N., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Hjermann, D., Severinsen, G., Høgåsen, T., Beylich, B.A., Håvardstun, J., Lund, E., Tveiten, L. og Bæk, K. (2017). Contaminants in coastal waters of Norway 2016. Miljøgifter i norske kystområder 2016. Miljødirektoratet rapport M-856. https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m856/m856.pdf

Green, N., Skogen, M., Aas, W., Iosjpe, M., Måge, A., breivik, K., Yakushev, E., Høgåsen, T., Eckhardt, S., Ledang, A.B., Jaccard, P.F., Staalstrøm, A., Isachsen, P.E. og Frantzen, S. (2013). Tilførselsprogrammet 2012. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Barentshavet og Lofotenområdet. NIVA-rapport. TA 3043/2013. 149 s. https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/216395/6544-2013_72dpi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Green, N.W., Heldal, H.E., Maage, A., Aas, W., Gäfvert, T., Schrum, C., Boitsov, S., Breivik, K., Iosjpe, M., Yakushev, E., Skogen, M., Høgåsen, M., Eckhardt, S., Christiansen, A.B., Daae, K.L., Durand, D. og Debloskaya, E. (2011). Tilførselsprogrammet 2010. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen. . Statlig program for forurensningsovervåking. 1097/2011. 261 p. Tilførselsprogrammet 2010 : Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen - Miljødirektoratet (miljodirektoratet.no)

Green, N.W., Heldal, H.E., Måge, A., Aas, W., Gäfvert, T., Schrum, C., Boitsov, S., Breivik, K., Iosjpe, M., Yakushev, E., Skogen, M., Høgåsen, T., Eckhardt, S., Christiansen, A.B., Daae, K.L., Durand, D., Ledang, A.B. og Jaccard, P.F. (2012). Tilførselsprogrammet 2011. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Norskehavet. TA 2935/2012. 219. https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2935/ta2935.pdf

Grøsvik, B.E., Kalstveit, E., Liu, L., Nesje, G., Westrheim, K., Berntssen, M.H.G., Le Goff, J. og Meier, S. (2012). Condition monitoring in the water column 2011: Oil hydrocarbons in fish from Norwegian waters. Rapport fra Havforskningen. 19-2012. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen/2012/hi-rapp_19-2012

Faglig forum for norske havområder (2019). Næringsaktivitet og påvirkning. Faggrunnlag for oppdatering av forvaltnignsplan for Norskehavet og for Nordsjøen-Skagerrak. M-1280. Næringsaktivitet og påvirkning Faggrunnlag for oppdatering av forvaltningsplan for Norskehavet og for Nordsjøen-Skagerrak - Miljødirektoratet (miljodirektoratet.no)

Heldal, H.E., Vikebø, F. og Johansen, G.O. (2013). Dispersal of the radionuclide caesium-137 (^{137}Cs) from point sources in the Barents and Norwegian Seas and its potential contamination of the Arctic marine food chain: Coupling numerical ocean models with geographical fish distribution data. Environmental Pollution 180: 190-198. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.04.032

Herst, P.M., Aars, J., Beauparlant, C.J., Bodein, A., Dalvai, M., Gagne, D., Droit, A., Bailey, J.L. og Routti, H. (2020). Adipose Tissue Transcriptome Is Related to Pollutant Exposure in Polar Bear Mother-Cub Pairs from Svalbard, Norway. Environmental Science & Technology 54(18): 11365-11375. DOI: 10.1021/acs.est.0c01920

Herzke, D., Anker-Nilssen, T., Nøst, T.H., Götsch, A., Christensen-Dalsgaard, S., Langset, M., Fangel, K. og Koelmans, A.A. (2016). Negligible Impact of Ingested Microplastics on Tissue Concentrations of Persistent Organic Pollutants in Northern Fulmars off Coastal Norway. Environmental Science & Technology 50(4): 1924-1933. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04663

Ho, Q.T., Bank, M.S., Azad, A.M., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Boitsov, S., Maage, A., Kogel, T., Sanden, M., Froyland, L., Hannisdal, R., Hove, H., Lundebye, A.K., Ostbakken, O.J.N. og Madsen, L. (2021). Co-occurrence of contaminants in marine fish from the North East Atlantic Ocean: Implications for human risk assessment. Environment International 157. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106858

ICES (2021). Working group on the integrated assessment of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 3:77. https://doi.org/10.17895/ices.pub.8241

Jensen, H.K.B. og Cramer, J. (2017). MAREANOs pilotprosjekt på mikroplast - resultater og forslag til videre arbeid. NGU-rapport. 2017.043. 51 s. https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2017/2017_043.pdf

Julshamn, K., Duinker, A., Berntssen, M., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K. og Maage, A. (2013a). A baseline study on levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, non-ortho and mono-ortho PCBs, non-dioxin-like PCBs and polybrominated diphenyl ethers in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea. Marine Pollution Bulletin 75(1-2): 250-258. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.017

Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Maage, A., Valdersnes, S. og Nedreaas, K. (2013b). A baseline study of levels of mercury, arsenic, cadmium and lead in Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) from different parts of the Barents Sea. Marine Pollution Bulletin 67(1–2): 187-195. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.038

Julshamn, K., Duinker, A., Nilsen, B.M., Nedreaas, K. og Maage, A. (2013c). A baseline study of metals in cod (*Gadus morhua*) from the North Sea and coastal Norwegian waters, with focus on mercury, arsenic, cadmium and lead. Marine Pollution Bulletin 72(1): 264-273. http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.04.018

Julshamn, K., Nilsen, B.M., Duinker, A., Frantzen, S., Valdersnes, S., Nedreaas, K. og Måge, A. (2013d). Basisundersøkelse fremmedstoffer i torsk (*Gadus morhua*). Sluttrapport. 28 s. http://nifes.no/report/basisundersokelse-fremmedstoffer-i-torsk-sluttrapport-2013/

Julshamn, K., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Valdersnes, S., Maage, A., Nedreaas, K. og Sloth, J.J. (2012a). Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance 5(4): 229-235. DOI: 10.1080/19393210.2012.698312

Julshamn, K., Nilsen, B.M., Frantzen, S., Valdersnes, S., Måge, A., Nedreaas, K.H. og Sloth, J.J. (2012b). Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. Food Additives and Contaminants 5(4): 229-235. http://dx.doi.org10.1080/19393210.2012.698312

Julshamn, K., Nilsen, B.M., Valdersnes, S. og Frantzen, S. (2012c). Årsrapport 2011. Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe. 52 s. http://nifes.no/report/arsrapport-fremmedstoffer-i-villfisk-2011-delrapport-1-undersokelser-av-miljogifter-i-taskekrabbe/

Knies, J., Boitsov, S., Baeten, N.J., Elvenes, S. og Bøe, R. (2021). Sedimentasjonsmiljø og historisk utivkling i forurensningsstatus i sjøområdene i kommunene Ålesund og Giske. NGU-rapport. 2021.018. 67 s. https://www.ngu.no/publikasjon/sedimentasjonsmiljo-og-historisk-utvikling-i-forurensningsstatus-i-sjoomradene-i-0

Komperød, M., Rudjord, A.L., Skuterud, L. og Dyve, J.E. (2015). Stråledoser fra miljøet. Beregninger av befolkningens eksponering for stråling fra omgivelsene i Norge. StrålevernRapport. 2015:11. 72 s. https://dsa.no/publikasjoner/stralevernrapport-11-2015-straledoser-fra-miljoet/StralevernRapport_11-15_Str%C3%A5ledoser_fra_milj%C3%B8et---.pdf

Krey, A., Kwan, M. og Chan, H.M. (2014). In vivo and in vitro changes in neurochemical parameters related to mercury concentrations from specific brain regions of polar bears (*Ursus maritimus*). Environmental Toxicology and Chemistry 33(11): 2463-2471. https://doi.org/10.1002/etc.2685

Kystverket (2015). Oppsummering av metyleringsforsøk på kvikksølvforurensede sedimenter ved U-864. 2015-8063. 58 s.

Kögel, T., Frantzen, S., Bakkejord, J.A., Kjellevold, M. og Maage, A. (2021). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i hyse - Tungmetaller, sporelementer og organiske miljøgifter i hyse (*Melanogrammus aeglefinus*) fra Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Rapport fra Havforskningen. 2021-35. 60. https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=48066&92043089

Lippold, A., Aars, J., Andersen, M., Aubail, A., Derocher, A.E., Dietz, R., Eulaers, I., Sonne, C., Welker, J.M., Wiig, O. og Routti, H. (2020). Two Decades of Mercury Concentrations in Barents Sea Polar Bears (*Ursus maritimus*) in Relation to Dietary Carbon, Sulfur, and Nitrogen. Environmental Science & Technology 54(12): 7388-7397.https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01848

Lippold, A., Bourgeon, S., Aars, J., Andersen, M., Polder, A., Lyche, J.L., Bytingsvik, J., Jenssen, B.M., Derocher, A.E., Welker, J.M. og Routti, H. (2019). Temporal Trends of Persistent Organic Pollutants in Barents

Sea Polar Bears (*Ursus maritimus*) in Relation to Changes in Feeding Habits and Body Condition. Environmental Science & Technology 53(2): 984-995. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05416

Merkel, B., Descamps, S., Yoccoz, N.G., Gremillet, D., Fauchald, P., Danielsen, J., Daunt, F., Erikstad, K.E., Ezhov, A.V., Harris, M.P., Gavrilo, M., Lorentsen, S.H., Reiertsen, T.K., Systad, G.H., Thorarinsson, T.L., Wanless, S. og Strom, H. (2021). Strong migratory connectivity across meta-populations of sympatric North Atlantic seabirds. Marine Ecology Progress Series 676: 173-188. https://doi.org/10.3354/meps13580

Miljødirektoratet (2016). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Veileder M-608. 25 s. https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m608/m608.pdf

Miljødirektoratet (2018). Microplastics in sediments on the Norwegian Continental Shelf (II): Identification through FT-IR analysis. M-1231/2018. 108 s. https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M1231/M1231.pdf

Nepstad, R., Hansen, B.H. og Skancke, J. (2021). North sea produced water PAH exposure and uptake in early life stages of Atlantic Cod. Marine Environmental Research 163: 105203. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105203

Neumann, S., Harju, M., Herzke, D., Anker-Nilssen, T., Christensen-Dalsgaard, S., Langset, M. og Gabrielsen, G.W. (2021). Ingested plastics in northern fulmars (*Fulmarus glacialis*): A pathway for polybrominated diphenyl ether (PBDE) exposure? Science of the Total Environment 778.https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146313

Neumann, S., Strøm, H., Eulaers, I., Herzke, D. og Gabrielsen, G. (2021 upublisert). Plasma concentrations of organohalogenated contaminants in glaucous gulls *Larus hyperboreus* from Bjørnøya and Kongsfjorden, Svalbard.

Nilsen, B.M., Bank, M.S. og Sanden, M. (2019a). Kvikksølv og organiske miljøgifter i Atlantisk kveite – Ny innsikt fra stabile isotoper av nitrogen og karbon. Rapport fra Havforskningen. 2019-20. 18. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-20

Nilsen, B.M., Boitsov, S., Frantzen, S., Berg, E. og Sanden, M. (2020a). Miljøgifter i atlantisk kveite fra kyst- og havområder i Norskehavet - 2019. Oppfølging av kartleggingsundersøkelsen for atlantisk kveite i 2013-2016. Rapport fra Havforskningen. 2020-35. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-35

Nilsen, B.M., Boitsov, S., Holte, B., Jensen, H.K.B. og Thorsnes, T. (2019b). Kildesporing av miljøgifter i kveite fra Ytre Sklinnadjupet — Analyser av miljøgifter i sediment og rødpølser, oppsummering av eksisterende kunnskap og anbefalinger videre. Rapport fra Havforskningen. 2019-23. https://www.hi.no/en/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-23

Nilsen, B.M., Frantzen, S., Nedreaas, K. og Julshamn, K. (2010). Basisundersøkelse av fremmedstoffer i blåkveite (*Reinhardtius hippoglossoides*). 42 s. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapporter-nifes/2010/basisundersokelse-av-fremmedstoffer-i-blakveite

Nilsen, B.M., Frantzen, S. og Sanden, M. (2019c). Undersøkelse av miljøgifter i atlantisk kveite fra kysten av Trøndelag og Nordland: Sammenligning med resultater fra kartleggingsundersøkelsen for atlantisk kveite i 2013-2016. Rapport fra havforskningen 2019-49. Undersøkelse av miljøgifter i atlantisk kveite fra kysten av Trøndelag og Nordland | Institute of Marine Research (hi.no)

Nilsen, B.M., Frantzen, S. og Sanden, M. (2020b). Fremmedstoffer i snabeluer (*Sebastes mentella*) og vanlig uer (*Sebastes norvegicus*) - Sluttrapport for kartleggingsprogrammet "Miljøgifter i fisk og fiskevarer" 2016-2018.

Rapport fra Havforskningen. 2020-11. 63 s. Fremmedstoffer i snabeluer (Sebastes mentella) og vanlig uer (Sebastes norvegicus) | Havforskningsinstituttet (hi.no)

Nilsen, B.M. og Måge, A. (2016). Oppfølging av basisundersøkelse blåkveite. Juni-2015. 19 s. https://issuu.com/nifes-pdf/docs/oppfolging-av-basisundersokelse-blakveite-2015?e=14823531%2F33893995

Nilsen, B.M., Nedreaas, K. og Måge, A. (2016). Kartlegging av fremmedstoffer i Atlantisk kveite (*Hippoglossus hippoglossus*). Sluttrapport for programmet "Miljøgifter i fisk og fiskevarer" 2013-2015. 82 s. Fremmedstoffer i atlantisk kveite – rapport 2016 | Havforskningsinstituttet (hi.no)

Nøstbakken, O.J., Rasinger, J.D., Hannisdal, R., Sanden, M., Frøyland, L., Duinker, A., Frantzen, S., Dahl, L.M., Lundebye, A.K. og Madsen, L. (2021). Levels of omega 3 fatty acids, vitamin D, dioxins and dioxin-like PCBs in oily fish; a new perspective on the reporting of nutrient and contaminant data for risk–benefit assessments of oily seafood. Environment International 147: 106322. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106322

O'Hanlon, N.J., James, N.A., Masden, E.A. og Bond, A.L. (2017). Seabirds and marine plastic debris in the northeastern Atlantic: A synthesis and recommendations for monitoring and research. Environmental Pollution 231: 1291-1301. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.101

Pampanin, D.M., Brooks, S., Grøsvik, B.E. og Sanni, S. (2019). Water Column Monitoring (2017). Environmental monitoring of petroleum activities on the Norwegian continental shelf 2017. NORCE-Environment REPORT 007 - 2019. 92 s.

Routti, H., Aars, J., Fuglei, E., Hanssen, L., Lone, K., Polder, A., Pedersen, A.O., Tartu, S., Welker, J.M. og Yoccoz, N.G. (2017). Emission Changes Dwarf the Influence of Feeding Habits on Temporal Trends of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Two Arctic Top Predators. Environmental Science & Technology 51(20): 11996-12006. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03585

Routti, H., Atwood, T.C., Bechshoft, T., Boltunov, A., Ciesielski, T.M., Desforges, J.P., Dietz, R., Gabrielsen, G., Jenssen, B.M., Letcher, R.J., McKinney, M.A., Morris, A.D., Riget, F.F., Sonne, C., Styrishave, B. og Tartu, S. (2019a). State of knowledge on current exposure, fate and potential health effects of contaminants in polar bears from the circumpolar Arctic. Science of the Total Environment 664: 1063-1083. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.030

Routti, H., Berg, M.K., Lille-Langoy, R., Oygarden, L., Harju, M., Dietz, R., Sonne, C. og Goksoyr, A. (2019b). Environmental contaminants modulate the transcriptional activity of polar bear (*Ursus maritimus*) and human peroxisome proliferator-activated receptor alpha (PPARA). Scientific Reports 9. s41598-019-43337-w

Routti, H., Harju, M., Luhmann, K., Aars, J., Ask, A., Goksoyr, A., Kovacs, K.M. og Lydersen, C. (2021). Concentrations and endocrine disruptive potential of phthalates in marine mammals from the Norwegian Arctic. Environment International 152. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106458

Routti, H., Lille-Langoy, R., Berg, M.K., Fink, T., Harju, M., Kristiansen, K., Rostkowski, P., Rusten, M., Sylte, I., Oygarden, L. og Goksoyr, A. (2016). Environmental Chemicals Modulate Polar Bear (*Ursus maritimus*) Peroxisome Proliferator-Activated Receptor Gamma (PPARG) and Adipogenesis in Vitro. Environmental Science & Technology 50(19): 10708-10720. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03020

Rua-Ibarz, A., Bolea-Fernandez, E., Måge, A., Frantzen, S., Sanden, M. og Vanhaecke, F. (2019). Tracing Mercury Pollution along the Norwegian Coast via Elemental, Speciation, and Isotopic Analysis of Liver and Muscle Tissue of Deep-Water Marine Fish (*Brosme brosme*). Environmental Science and Technology 53(4):

1776-1785. http://dx.doi.org10.1021/acs.est.8b04706

Rua-Ibarz, A., Bolea-Fernandez, E., Måge, A., Frantzen, S., Valdersnes, S. og Vanhaecke, F. (2016). Assessment of Hg Pollution Released from a WWII Submarine Wreck (U-864) by Hg Isotopic Analysis of Sediments and *Cancer pagurus* Tissues. Environmental Science and Technology 50(19): 10361-10369. http://dx.doi.org10.1021/acs.est.6b02128

Ruus, A., Green, N.W., Maage, A., Amundsen, C.E., Schoyen, M. og Skei, J. (2010). Post World War II orcharding creates present day DDT-problems in The Sorfjord (Western Norway) - A case study. Marine Pollution Bulletin 60(10): 1856-1861. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.06.048

Sauve, S. og Desrosiers, M. (2014). A review of what is an emerging contaminant. Chemistry Central Journal 8. DOI: 10.1186/1752-153X-8-15

Schoyen, M., Green, N.W., Hjermann, D.O., Tveiten, L., Beylich, B., Oxnevad, S. og Beyer, J. (2019). Levels and trends of tributyltin (TBT) and imposex in dogwhelk (*Nucella lapillus*) along the Norwegian coastline from 1991 to 2017. Marine Environmental Research 144: 1-8. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.11.011

Schøyen, M., Lund, E., Hjermann, D.O., Ruus, A., Beylich, B., Jensen, M.T.S., Tveiten, L., Håvardstun, J., Ribeiro, A.L., Doyer, I., Bæk, K., Grung, M. og Øxnevad, S. (2021). Contaminants in coastal waters of Norway 2020. Miljøgifter i norske kystområder 2020. Miljødirektoratet rapport. 7686-2021. NIVA-rapport 7686-2021. 174 s. + appendix. ISBN 978-82-577-7422-6. NIVA-rapport ISSN 1894-7948.

Scotter, S.E., Tryland, M., Nymo, I.H., Hanssen, L., Harju, M., Lydersen, C., Kovacs, K.M., Klein, J., Fisk, A.T. og Routti, H. (2019). Contaminants in Atlantic walruses in Svalbard part 1: Relationships between exposure, diet and pathogen prevalence. Environmental Pollution 244: 9-18. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.001

SFT (2008). Kildesporing av bromerte flammehemmere i Ålesundsområdet. TA-2441/2008. 94 s. https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/2441/ta2441.pdf

Solhjell, E. og Lunne, T. (2013). U-864 2013 Soil Survey. Geotechnical report. 20120738-01-R.

Sonke, J.E., Teisserenc, R., Heimburger-Boavida, L.E., Petrova, M.V., Marusczak, N., Le Dantec, T., Chupakov, A.V., Li, C.X., Thackray, C.P., Sunderland, E.M., Tananaev, N. og Pokrovsky, O.S. (2018). Eurasian river spring flood observations support net Arctic Ocean mercury export to the atmosphere and Atlantic Ocean. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115(50): E11586-E11594. https://doi.org/10.1073/pnas.1811957115

Strand, K.O., Huserbråten, M., Dagestad, K.-F., Mauritzen, C., Grøsvik, B.E., Nogueira, L.A., Melsom, A. og Röhrs, J. (2021). Potential sources of marine plastic from survey beaches in the Arctic and Northeast Atlantic. Science of the Total Environment 790: 148009. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148009

Tartu, S., Aars, J., Andersen, M., Polder, A., Bourgeon, S., Merkel, B., Lowther, A.D., Bytingsvik, J., Welker, J.M., Derocher, A.E., Jenssen, B.M. og Routti, H. (2018). Choose Your Poison-Space-Use Strategy Influences Pollutant Exposure in Barents Sea Polar Bears. Environmental Science & Technology 52(5): 3211-3221. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06137

Tartu, S., Bourgeon, S., Aars, J., Andersen, M., Lone, K., Jenssen, B.M., Polder, A., Thiemann, G.W., Torget, V., Welker, J.M. og Routti, H. (2017a). Diet and metabolic state are the main factors determining concentrations of perfluoroalkyl substances in female polar bears from Svalbard. Environmental Pollution 229: 146-158. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.04.100

Tartu, S., Bourgeon, S., Aars, J., Andersen, M., Polder, A., Thiemann, G.W., Welker, J.M. og Routti, H. (2017b). Sea ice-associated decline in body condition leads to increased concentrations of lipophilic pollutants in polar bears (*Ursus maritimus*) from Svalbard, Norway. Science of the Total Environment 576: 409-419. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.132

Tartu, S., Fisk, A.T., Gotsch, A., Kovacs, K.M., Lydersen, C. og Routti, H. (2020). First assessment of pollutant exposure in two balaenopterid whale populations sampled in the Svalbard Archipelago, Norway. Science of the Total Environment 718. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137327

Trevail, A.M., Gabrielsen, G.W., Kuhn, S. og Van Franeker, J.A. (2015). Elevated levels of ingested plastic in a high Arctic seabird, the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*). Polar Biology 38(7): 975-981. DOI: 10.1007/s00300-015-1657-4

Uriansrud, F., Skei, J. og Stenstrøm, P. (2005). Miljøovervåkning, strømundersøkelser, sedimentkartlegging og miljørisikovurdering knyttet til Fase 1, kartlegging og fjerning av kvikksølvforurensing ved U-864. NIVA-rapport. 2092-2005. 61 s.

van Franeker, J.A., Kühn, S., Anker-Nilssen, T., Edwards, E.W.J., Gallien, F., Guse, N., Kakkonen, J.E., Mallory, M.L., Miles, W., Olsen, K.O., Pedersen, J., Provencher, J., Roos, M., Stienen, E., Turner, D.M. og van Loon, W.M.G.M. (2021). New tools to evaluate plastic ingestion by northern fulmars applied to North Sea monitoring data 2002–2018. Marine Pollution Bulletin 166: 112246. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112246

Villanger, G.D., Kovacs, K.M., Lydersen, C., Haug, L.S., Sabaredzovic, A., Jenssen, B.M. og Routti, H. (2020). Perfluoroalkyl substances (PFASs) in white whales (*Delphinapterus leucas*) from Svalbard - A comparison of concentrations in plasma sampled 15 years apart. Environmental Pollution 263. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114497

Wiech, M., Frantzen, S., Duinker, A., Rasinger, J.D. og Maage, A. (2020). Cadmium in brown crab *Cancer pagurus*. Effects of location, season, cooking and multiple physiological factors and consequences for food safety. Science of the Total Environment 703: 134922. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134922

Wolkers, H., Corkeron, P.T., Van Parijs, S.M., Simila, T. og Van Bavel, B. (2007). Accumulation and transfer of contaminants in killer whales (*Orcinus orca*) from Norway: Indications for contaminant metabolism. Environmental Toxicology and Chemistry 26(8): 1582-1590. https://doi.org/10.1897/06-455R1.1

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
Tlf: 55 23 85 00
E-post: post@hi.no
www.hi.no