

# Bruk forskningen!

Resultater for forvaltningen  
Havet og kysten-prosjekter avsluttet 2006-2012

Program  
Havet og kysten

- 1. utgave: juni 2010. **RESULTATER MERKET BLÅ**
- 2. utgave: juni 2011. **NYE RESULTATER MERKET GRØNNE**
- 3. utgave: mai 2013. **NYE RESULTATER MERKET ORANSJE**



## Om programmet Havet og kysten

For styrke Norges internasjonale posisjon innen marin forskning er det viktig å satse på langsiktig og bred kompetanseoppbygging. Forskningsprogrammet Havet og kysten skal fremskaffe grunnleggende kunnskap for en fremtidig økosystemrettet og føre-var-basert forvaltning av marine økosystemer.

Programmet Havet og kysten (2006-2015) er finansiert av Fiskeri- og kystdepartementet, Miljøverndepartementet, Olje- og energidepartementet, Utenriksdepartementet, Kunnskapsdepartementet og Norsk olje og gass.

## Innhold

1	Sammendrag	3	6	Kunnskapsgrunnlag for kysten og samfunnet	24
2	Introduksjon	4	6.1	<i>Marine verneområder</i>	24
2.1	<i>Bakgrunn og mandat</i>	4	6.2	<i>Fritidsfiske</i>	24
2.2	<i>Programmets mål og portefølje</i>	4	6.3	<i>Lokal økologisk kunnskap</i>	25
2.3	<i>Om nordområdene, bioressurser og klima i Havet og kysten</i>	6	7	Kunnskapsgrunnlag for bærekraftig forvaltning av det marine miljøet - og den menneskeskapt påvirkningen	26
3	Kunnskapsgrunnlag fra marin økologi	7	7.1	<i>Oljerelatert forurensning – vannsøylen og det marine miljøet</i>	27
3.1	<i>Fysiske og oseanografiske forhold</i>	7	7.2	<i>Oljerelatert forurensning - utslipp</i>	29
3.2	<i>Grunnleggende kunnskap om økosystemene i de frie vannmassene</i>	8	7.3	<i>Annen antropogen påvirkning</i>	34
3.3	<i>Grunnleggende kunnskap om økosystemene på havbunnen</i>	9	Appendiks 1		39
4	Kunnskapsgrunnlag for økosystembasert fiskeriforvaltning	11			
4.1	<i>Merker fisk</i>	12			
4.2	<i>Fordeling av fisk i havet</i>	12			
4.3	<i>Plankton og krill – føde for fisk</i>	14			
4.4	<i>Tidlige livsstadier av fisk</i>	14			
4.5	<i>Fiskebestander</i>	15			
4.6	<i>Norsk vårgytende sild</i>	16			
4.7	<i>Torsk</i>	16			
4.8	<i>Makrell</i>	18			
4.9	<i>Grønngylt</i>	18			
4.10	<i>Hummer</i>	19			
4.11	<i>Fiskeriforvaltning</i>	19			
5	Toppredatorer i det marine miljøet	22			
5.1	<i>Sjøfugl</i>	22			
5.2	<i>Sjøpattedyr</i>	22			

# 1 Sammendrag

Forskning skal danne grunnlaget for Norges miljø- og ressursforvaltning i nordområdene. Økosystemperspektivet i forskningen av fiskeriforvaltning og fiskeriressurser er stadig viktigere. Det samme er også økt kunnskap om langtidseffekter av oljevirksomheten og tiltak for å begrense skadene av utslipp og inngrep. Havområdene i nord har store biologiske ressurser. Kunnskap om økosystemene er nøkkelen til bærekraftig forvaltning av de marine ressursene for hele Norge. Effekten som blant annet klimaendringene har på de marine økosystemene, er vesentlige for å forstå og gi råd om bærekraftig bruk av ressursene og godene fra økosystemene.

Denne rapporten gir en oversikt over forskningsresultater som er relevante for forvaltningen i perioden fra 2006 til 2012 fra Forskningsrådets program Havet og kysten. Det er en revidert og utvidet utgave av 2010-rapporten. Flere av prosjektene som danner grunnlaget for denne rapporten har også betydelig næringsrelevans, og resultatene som presenteres kan ha konsekvenser for verdiskapende aktiviteter. Innholdet er basert på sluttrapporter, faktaark og rapporterte resultater som er relevante for forvaltningen, levert fra prosjektledere. I perioden 2006-2012 er til sammen 253 prosjekter avsluttet med en totalbevilgning på 635 mill. kroner. 52 prosjekter (147,4 mill. kroner) var arv fra tidligere programmer i Forskningsrådet, blant annet MARE, Fisktek og PROOF.

Resultatene fra programmet viser stor oppmerksomhet knyttet til oljerelatert forurensning. Forskningsinnsatsen har vært rettet mot forurensning i vannsøylen og det marine miljøet generelt. Betydelig forskning er gjort innenfor feltene produsert vann, borekaks og slam, hydrokarboner og flammehemmere. Det er også utviklet nye modellverktøy. Tilsvarende kunnskapsgrunnlag er frembrakt innenfor effekter av annen menneskeskapt forurensning som PCB og bromerte flammehemmere. Det er videre utført effektstudier av naturinngrep, og rapporten viser resultater fra høsting av tareskog, fiskeoppdrett og eutrofiering.

Fiskeriforvaltning har utgjort den nest største aktiviteten i Havet og kysten. Dette har bidratt til å utvikle fiskeribiologiske målemetoder, mer miljøvennlige fangstformer og flere forvaltningsmodeller med ulike perspektiver, alt for å sikre bærekraftig forvaltning. Et betydelig arbeid er gjort for å forbedre akustiske målemetoder, redskapsteknologi og kunnskapen om fiskestimer. Forskningen på kommersielle fiskeslag har særskilt vært rettet inn mot norsk vårgytende sild, arktisk torsk og atlantisk makrell. Noen forskningsresultater finnes også på grønngylt og hummer. Flere studier

gir et bedre grunnlag for en økosystembasert forvaltning av plankton, tidlige livsstadier av fisk, fiskebestander og økosystemer generelt. I 2011-versjonen av «Bruk forskningen» kom et nytt kapittel, som omhandler ulike menneskelige aktiviteter i kystsonen, blant annet fisketurisme, sett i et samfunns-perspektiv.

En rekke prosjekter innenfor mer grunnleggende marin biologi og økologi er også gjennomført. Fokuset har vært rettet mot taksonomi, pelagiske og bentiske økosystemer og nye målemetoder, både *in situ* og ved fjernmåling. Nyere resultater er viet økosystemers tilstand i Norskehavet og Barentshavet. Prosjektene som er gjennomført, har også gitt vesentlig informasjon om sjøpattedyr og sjøfugl, særlig knyttet til nordområdene.



Foto: Shutterstock

## 2 Introduksjon



Foto: Marius Omrand, Forskningsrådet

### 2.1 Bakgrunn og mandat

Forvaltningen og de finansierende departementene etterspør stadig oftere forskningsresultater som gir råd om hvordan myndighetene bør forvalte de marine ressursene.

Programstyret i Havet og kysten ble anmodet av tidligere divisjonsdirektør om å utarbeide et dokument som viser de forvaltningsrettede resultatene fra de prosjektene programmet har finansiert. Styret i Havet og kysten vedtok derfor i 2009 å utarbeide en rapport som oppsummerer alle forvaltningsrelevante resultater fra programmet i perioden 2006 til 2009. Rapporten: «Kunnskapsbehov og kunnskapsstatus for Havet og kysten» (2008) er lagt til grunn, i tillegg til sluttrapportene og en spørreundersøkelse til prosjektene.

Alle prosjekter som programmet Havet og kysten finansierer, rapporterer årlig om framdrift. De sender også inn en sluttrapport én måned etter prosjektslutt. Havet og kysten har i tillegg bestemt at alle avsluttede prosjekter skal levere en populærvitenskapelig fremstilling av sine resultater. Disse publiseres som faktaark på Havet og kystens nettside.

Avsluttede prosjekter skal i tillegg trekke fram resultater som er spesielt relevante for forvaltningen. Disse resultatene er delt inn i tema og samlet i denne rapporten. Prosjektene som har bidratt, er identifisert med institusjonen hvor prosjektet er gjennomført/ledet fra og prosjektnummeret. Til slutt i rapporten (se Appendiks 1) er det en tabell over alle prosjekter som er inkluderte. I denne oversikten finnes også prosjektnummeret, slik at det er lett å søke opp ytterligere informasjon om de prosjektene som er interessante.

Forvaltningen og allmennheten har behov for en oversikt over forskningsresultater, og deres betydning for samfunnet. En vesentlig del av kunnskapsgrunnlaget for en bærekraftig forvaltning av våre havområder bygger på resultater og erfaringer fra prosjektene i Havet og kysten.

### 2.2 Programmets mål og portefølje

Havet og kysten har som hovedmål å fremme nyskapende forskning av høy internasjonal kvalitet om det marine miljø. En





Foto: Digital Vision

bred forståelse av vårt marine miljø er av stor verdi for kunnskapsnasjonen Norge. Det vil danne grunnlag for en langsiktig forvaltning av de marine økosystemene og deres ressurser som grunnlag for verdiskaping, både nasjonalt og internasjonalt. Programmet skal føre til kompetanseoppbygging av grunnleggende karakter både med studier knyttet til spesifikke forhold i norske farvann og for å styrke den helhetlige forståelsen av økosystemets struktur, funksjon og artsmangfold.

**Programmets hovedmål er:**

- > Styrke Norges posisjon blant de ledende i marin økosystemrelatert forskning.
- > Være en sentral bidragsyter til økt kunnskap om det marine miljø.
- > Gi et forskningsbasert grunnlag for langsiktig og helhetlig forvaltning og grunnlag for verdiskaping knyttet til marine ressurser.

**Programmets delmål er:**

- > Framskaffe ny, grunnleggende kunnskap om marine økosystemers struktur, funksjon, drivkrefter, delprosesser, artsmangfold og naturtyper.

- > Framskaffe ny kunnskap om menneskelig påvirkning av marine økosystemer gjennom tilførsler og effekter av forurensninger samt bidra med kunnskap som kan danne grunnlag for å rense opp forurensning fra deponier og sedimenter. Det er også nødvendig å ha fokus på påvirkningen av introduserte arter på fauna og flora langs kysten.
- > Øke kunnskapen om langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra petroleumsvirksomheten
- > Framskaffe kunnskap og verktøy som bidrar til en helhetlig og økosystembasert forvaltning av havet og kysten, og til konfliktløsning mellom samfunnsinteresser og nasjoner.
- > Framskaffe kunnskap som bidrar til grunnlag for økt marin verdiskaping.
- > Øke fokus på metoder, modeller og teknologi for å framskaffe ny økosystemkunnskap og utvikle metodikk for å ta i bruk erfaringsbasert kunnskap.
- > Stimulere til internasjonalt forskningssamarbeid og kunnskapsutveksling

I perioden 2006 til og med 2012 ble prosjekter med en total bevilgning på 635 millioner kroner avsluttet (Tabell 1).



Foto: Marius Ormland, Forskningsrådet



Foto: Shutterstock



Foto: Marius Ormland, Forskningsrådet

**Tabell 1.** Prosjekter avsluttet i perioden fordelt på delprogrammene i Havet og kysten (t.o.m. 31.12.12.).

Delprogram	2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		Totalt	
	Ant.	Sum	Ant.	Sum	Ant.	Sum	Ant.	Sum	Ant.	Sum	Ant.	Sum	Ant.	Sum	Ant.	Sum
BILAT							4	0,7	7	1,5	3	0,7			14	3
Forskningssamarbeid	3	0,3	3	0,6	8	2	20	5,3	8	3,1	3	1,4	9	1,4	54	14
Forvaltning og konfliktløsning					1	1	2	5,6	9	29,6	5	18,0	3	14,4	20	69
Grunnlag for verdiskaping			1	0,4	1	2	1	4,1	2	6,9	3	22,3	3	14,7	11	50
Marine økosystemer							6	18,8	8	26,0	7	28,3	4	14,9	25	88
Metoder, modeller og teknologi					1	2	2	9,3	2	10,1	2	6,8			7	28
PROOFNY	5	13,6	5	16,8	6	26	9	37,5	5	16,1	7	23,8	4	18,6	41	152
Økosystempåvirkning			1	1,8	1	2	7	19,8	6	18,1	3	13,5	3	12,8	21	68
Arv fra tidligere programmer	23	66,8	11	30,2	11	31	4	11,5	3	8,5					52	148
Samfinansiering													2	4,6	2	5
MariFish													1	3,8	1	4
MarinEra													3	5,4	3	5
AMPERA											2	2,3			2	2
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>80,7</b>	<b>21</b>	<b>49,8</b>	<b>29</b>	<b>64,7</b>	<b>55</b>	<b>112,6</b>	<b>50</b>	<b>119,9</b>	<b>35</b>	<b>117,1</b>	<b>32</b>	<b>90,6</b>	<b>253</b>	<b>635,4</b>

Tallene er oppgitt i mill. kroner.

### 2.3 Om nordområdene, bioressurser og klima i Havet og kysten

Havet og kysten har med utgangspunkt i en økosystembasert tilnærming som mål å øke kunnskapen om fysiske, kjemiske og biologiske faktorer i økosystemene. Dette for å bedre forståelsen og forvaltningen av de marine ressursene i de nordlige økosystemene.

Programmet kan vise til relevante resultater for nordområdene innenfor biologiske ressurser og trålteknologi, modeller og akustikk, effekter av akutte oljeutslipp, langtidseffekter

av utslipp og miljøgifter. Havet og kysten har også fått et godt kunnskapsgrunnlag for bioressursene i havet. Foruten konkrete råd om fiskeriforvaltning, har programmet forskningsresultater på flere kommersielle fiskeslag. En økosystembasert tilnærming er nødvendig for å kartlegge hvilke konsekvenser klimaendringene og effektene av dem har på det marine økosystemet. Havet og kysten har fått fram modeller som tar høyde for klimaendringer og noe artsspesifikk kunnskap.

## 3 Kunnskapsgrunnlag fra marin økologi

Økosystembasert forvaltning krever ny og omfattende kunnskap om økosystemene, men er samtidig nødvendig for å gi råd om bærekraftig bruk av ressursene og godene fra økosystemene slik at struktur, virkemåte og produktivitet opprettholdes. Forståelsen for og forvaltningen av de levende marine ressursene krever kunnskap om hvordan de fysiske, kjemiske og biologiske faktorene påvirker økosystemene.

Havforskningsinstituttet **173348** har undersøkt romlig overlapp og årlig variasjon i antall individer av dyreplankton, pelagisk fisk (sild og lodde), torsk, bardehval og sjøfugl i Barentshavet, og funnet støtte for en type økosystemregulering som kalles "waspwaist". Noen få arter av pelagisk fisk i midten av næringspyramiden regulerer en mengde arter zooplankton gjennom hvor fisken beiter. Samtidig regulerer de i egenskap av å være mat, mange ulike arter av toppredatorer, nærmere bestemt torsk, sjøpattedyr og sjøfugl. I Nordsjøen fant prosjektet at silda, en pelagisk fisk som er et viktig byttedyr for torsken, kan regulere mengden torsk gjennom predasjon. Silda beiter på små torskelarver. Til tross for at lodda kollapset i 2003, har topppredatorene i Barentshavet klart seg bra. Dette skyldes at topppredatorene er generalister og hadde god tilgang på alternative byttedyr. Fiskeri rettet mot de pelagiske fiskebestandene kan virke stabiliserende

så lenge det ikke går dramatisk utover tilgangen på mat til predatorene. I et økosystemperspektiv er det riktig å fokusere på forvaltning av funksjonelle grupper framfor enkelte arter nettopp fordi topppredatorene i våre havområder ofte er generalister. Dersom en art kollapser, er det viktig at det finnes andre arter som representerer alternativ føde for de høyere trofiske nivåene. Mangel på alternativ føde vil kunne få store konsekvenser for topppredatorene, på samme måte som det som skjedde med lodda på 80-90-tallet.

### 3.1 Fysiske og oseanografiske forhold

En god beskrivelse av havets fysiske tilstand er fundament for all kunnskap om det marine miljøet, som i sin tur er nødvendig for kunnskapsbasert marin forvaltning. Tiltak for å forbedre havprediksjon vil fortsatt være nødvendig. Vi har få *in situ* observasjoner under havoverflaten og våre numeriske modeller kan fremdeles forbedres. Meteorologisk Institutt **152880** har utviklet og testet en ny algoritme for assimilasjon av *in situ* observasjoner i en operasjonell havmodell for norske farvann. Den gir en noe bedre analyse av havets tilstand i dypet, men en litt dårligere analyse ved havoverflaten enn



Foto: Digital Vision





Foto: Shutterstock

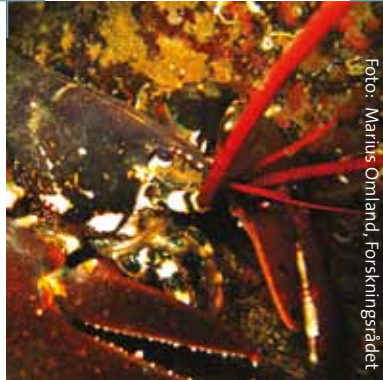
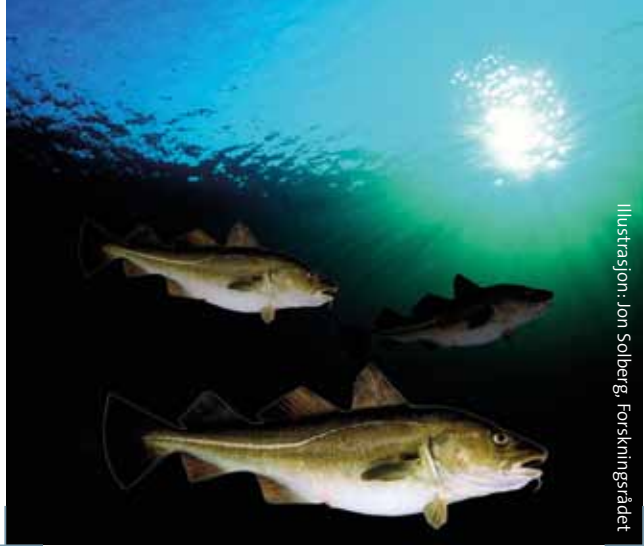


Foto: Marius Ormland, Forskningsrådet



Illustrasjon: Jon Solberg, Forskningsrådet

tidligere. På kort sikt forventer instituttet at resultatet vil lede til en noe bedre evne til å varsle de fysiske havparametrene (strøm, temperatur, saltholdighet). Prosjektet har også gjennomført en rekke simulerte observasjonsstudier (OSSE) som gir verdifull informasjon om hva slags parametere vi bør måle, når, hvor, og hvor ofte målingene trengs mest.

Bergen Center for Computational Science (BCCS), UiB **164501** har utviklet et program som beregner ikke-hydrostatisk trykk i numeriske havmodeller. Ikke-hydrostatisk trykk er trykk i havet som kommer av bevegelsene i vannmassene. Dette trykket er vanligvis neglisjert når vi beregner strøm i havet. I store havområder, for eksempel Nordsjøen, kan det forsvares. Slike studier benytter grov romlig oppløsning. I mer fokuserte studier av strøm i havnebasseng og gjennom trange sund er effektene av det ikke-hydrostatisk trykket avgjørende, og må derfor være med. Prosjektet har utviklet robuste og effektive metoder for å beregne dette trykket. Problemstillinger knyttet til miljøet i fjordene og langs kysten blir stadig mer sentrale. Detaljerte numeriske studier med fin romlig oppløsning er påkrevet for på en realistisk måte kunne studere hvordan utslipp, lakselus, sykdom osv. spres seg. Ikke-hydrostatisk trykk må inkluderes i slike fin-skala studier som et nødvendig grunnlag for forvaltning. Vi trenger også detaljerte beregninger av strøm til å styre trafikksikkerheten i havner og i trange farvann.

SINTEF Fiskeri og havbruk **178421** har studert hvordan vi kan bruke luftbobler til å løfte zooplankton (Raudåte) mot overflaten. Oppvelling, der større mengder bobler genererer en oppadrettet vannstrøm, har vist seg å konsentrere raudåte nær overflaten på en effektiv måte under feltforsøk i Lofoten og Vesterålen. Flotasjon peker seg ut som en spennende metode å høste maneter, eller løfte maneter ut av planktonhåver og -tråler. Oppvelling kan bli en interessant fangstmetode, primært fordi den kan konsentrere en ressurs som ellers forekommer mer spredt i vannmassene. Den kan også gjøre

mer stasjonær høsting mulig og åpne for nye seleksjonsmekanismer basert på at forskjellige arter og organismer vil ha forskjellig evne til å unngå oppvellingen. Parametere som luftmengde og bobletetthet kan regulere styrken på oppvellingen.

### 3.2 Grunnleggende kunnskap om økosystemene i de frie vannmassene

Biologisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) **158936** har studert hvordan nærings saltene (nitrogen og fosfor) beveger seg gjennom den mikrobielle delen av det pelagiske næringsnettet opp til kopepode-nivå. Forsøk i ulike farvann har vist at vi kan forklare resultatene innenfor en relativt enkel næringskjedemodell, der det er tre hovedinnganger for nærings saltene: 1) via heterotrofe bakterier, 2) via autotrofe flagellater, eller 3) via diatomeer. De biogeokjemiske konsekvensene er store fordi inngang 1) gir et system med stort potensial for å bryte ned organisk materiale (for eksempel oljeforurensning), mens inngang 3) gir et stort potensiale for sedimentasjon og transport av karbon til dyphavet. Dynamikken i denne delen av næringskjeden avgjør systemets potensiale for å takle organisk (eksempelvis olje) og uorganisk (nitrogen/fosfor) forurensning, samtidig som dette økosystemet kobler opptak av CO<sub>2</sub> fra atmosfæren med C-transport til dyphavet. Forståelsen av dette økosystemet er også nødvendig for å skille mellom direkte (organismenivå) og indirekte (økosystemnivå) effekter av miljøgifter. Problemene med å omsette kunnskapen i prediktive modeller vil begrense direkte bruk av resultatene på kort sikt.

Detaljert kartlegging av alle de marine områdene langs norskekysten, er praktisk og økonomisk sett svært vanskelig. Modellering er derfor et nyttig verktøy. Basert på de statistiske analysene av sammenhengene mellom de geofysiske



faktorene - dyp, skråning, terrengvariasjon, lysforhold, bølgeeksponering og strøm - og utbredelse/dekningsgrad av marine arter og naturtyper, har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) **152962** utviklet modeller som viser sannsynlig utbredelse av de ulike artene/naturtypene som heldekkende kart. Metodikken er essensiell i Det Nasjonale Programmet for Kartlegging og Overvåking av Marint Biologisk Mangfold (2007-2010). Metodikken har blitt overført til områder og arter som i utgangspunktet ikke ble dekket av prosjektet, for eksempel den naturlige utbredelsen av sukkertare (*Saccharina lattissima*) og områdene der taren har forsvunnet i Skagerrak.

### Satellittmåler algeoppblomstringer

Nansensenteret (NERSC) **146755** har utviklet og driftet en web-basert tjeneste som distribuerer satellittbasert informasjon om vannkvalitet til bruk i for eksempel oppdretts- og fiskeriforvaltningen (Fiskeridirektoratet sin beredskapsportal). Tilsvarende web-baserte tjenester er senere utvidet med web-GIS-presentasjoner og brukt sammen med for eksempel informasjon fra bøyer og skipsdata. Denne typen tjenester vil vi i fremtiden kunne benytte til å analysere sesong- og mellomårslige endringer. Mulighetene dette gir, vil bedre forståelsen for hvordan endret klima påvirker det marine økosystemet. Robuste og validerte algoritmer er en forutsetning for å benytte denne typen satellittdata til studier av klimatiske endringer over lengre tid. Havfargedata vil i større grad kunne inngå i de marine økosystem-modellene og forbedre prediksjonene av planktonbiomasse for så å vise framveksten av skadelige alger i kystfarvann.

Kunnskap om hvordan ulike algetyper påvirker lysets spredning er nødvendig for å kunne identifisere algetyper ved hjelp av satellittdata. Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen (UiB) **148147** har utviklet et instrument som måler spredningsfunksjonen fra marine partikler. En database av volumspredningsfunksjoner for ulike algetyper er bygget opp. Det ble funnet store variasjoner i spredningsfunksjonen, avhengig av algenes størrelse, form og struktur.

### Planktoniske økosystemer

Det er godt dokumentert at vi har en begrenset forståelse av dynamikken i de planktoniske økosystemene. Gjennom de siste to decenniene er det vist at de planktoniske næringsnettene har flere signifikante aktører enn tidligere antatt, og at disse samspillene er komplekse. Blant annet er det i to doktorgrader ved NTNU **143184** vist at planktoniske organismer (Raudåte) i stor grad er omnivore - utnytter føde fra både planteplankton og dyreplankton. Konsekvensene av interaksjonene mellom de planktoniske organismene er derfor ikke lenger intuitive, slik som tidligere antatt. Ny kunnskap om funksjon og stabilitet i planktoniske næringsnett legger grunnlaget for mer holistisk, økosystembasert forvaltning av våre marine ressurser.

Havforskningsinstituttet **155890** har utviklet en tauet farkost for å kartlegge og måle dyreplankton og fisk, og en laseroptisk plankton teller som måler dyreplankton – alt med høy oppløsning i tid og rom. Den er også utrustet med en rekke sensorer som overvåker miljøet rundt farkosten. Her nevnes

CTD-sonde til å måle temperatur, saltholdighet og dyp. Videre er det fluorometer som måler planteplankton, turbiditetsmåler for å måle mengde partikler i vannmassene og to lyssensorer som setter oss i stand til å måle totalt innstrålt lys og den fotosyntetiske aktive innstrålingen i vannmassene. Farkosten har potensiale til å gi unike data med høy oppløsning i tid og rom for tre trofiske nivåer; planteplankton, dyreplankton og fisk. Målesystemet oppfylder uttrykte behov fra forskningsinstitusjoner. De ønsker å kunne samle inn høykvalitetsdata som har den nødvendige oppløsningen i tid og rom, stabilitet og konfidens fra fiske- og planktonfordelingen i overflaten og ned til store havdyp fra samme fartøy og under de fleste værforhold. Denne typen kvantitativ informasjon blir stadig viktigere som et ledd i å styrke grunnlaget for økosystemforvaltningen.

#### Trofisk nivå

Plasseringen en organisme har i en næringskjede. Næringskjede er begrep for hvordan organismene lever av hverandre, og hvordan organisk stoff og energi passerer fra én organisme til en annen.

Kilde: Store norske leksikon

## 3.3 Grunnleggende kunnskap om økosystemene på havbunnen

### Flagellater

Flagellater utgjør en vesentlig del av de eukaryote mikroskopiske organismene som lever i sandstrendene. Biologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO) **158881** har gjennomført et sammenlignende studium for å se på artssammensetningen i sandstrender i Norge, Spitsbergen og Texas. Både de auto- og heterotrofe artene responderer generelt veldig spontant når de har tilgang på næring. Mer kunnskap om hvilke arter som lever i sanden og deres økologi vil i framtidige undersøkelser kunne indikere hvor stor organisk forurensning det er i strendene. Det kan vise seg å være et potensielt problem å flytte sand til områder med annet næringsgrunnlag.

### Sukkertare

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) **178681** har sett på grunnene til og konsekvensene av at sukkertaren har blitt erstattet av andre alger flere steder langs norskekysten. Sukkertaren kan vokse med en hastighet på over 1,5 cm per dag i vårsesongen. Veksten stopper om sommeren og taren formerer seg i vinterhalvåret. Frisk sukkertare som er flyttet inn i områder der sukkertaren har forsvunnet, viser normal sesongsyklus for vekst og for potensialet til å formere seg, men dødeligheten er høy sommer og høst. I denne perioden blir sukkertaren begrodd av påvekst alger og andre fastsittende organismer, som hindrer tilførselen av lys, og dermed fotosyntesen som er nødvendig for at taren skal vokse. Sukkertaren fra både Sørlandet og Vestlandet vokser bra ned til 15 meter og trives også på dypere vann. Den har ganske stor



Foto: Shutterstock

temperaturløse, men er sårbar for påvekst på bladet og for trådalger, og slam på bunnen som hindrer nye rekrutter i å feste seg. En indikator på helsetilstanden i mer beskyttete kyststrøk kan være å se på sukkertareplantenes tilstand utover sommeren og høsten, og hvordan det går med rekruttering av nye planter utover våren. Kunnskapen har betydning for forvaltning av biologisk mangfold, produksjon og kunne klassifisere tilstanden på både kort og lang sikt. Utviklingen og variasjonene vil på sikt kunne virke inn på hvordan vi vurderer tilstanden til sukkertaren. Viktige faktorer som vil ha stor betydning for hvilke tiltak som kan settes i verk for å forbedre tilstanden, er å se på hvordan næringsstoffene påvirker, men også problemer relatert til klima og andre faktorer som kan ha betydning for kvaliteten på vannet. Resultatene vil på sikt kunne bidra til å tolke data fra årlig kystovervåkning, særlig fordi sukkertaren er sårbar over lengre tid på Sørlandet enn på Vestlandet. Både næringen og arealforvaltningen vil ha nytte av kunnskapen om vekst, formering og dødelighet når sukkertare dyrkes i fremtiden.

NIVA **184638** har senere konsentrert forskningen om hvordan tareskogen som økosystem varierer med ulike nivåer av bølger og strøm. Kunnskapen er viktig for å forstå tareskogens funksjon og kunne vurdere effekten av forstyrrelser. Resultatene viser at variasjonene i bølger og strøm som vi finner langs norskekysten, er svært viktig for struktur og funksjon i tareskogen. De statistiske analysene kan benyttes i mer anvendte prosjekter der informasjon om biomasse og artssammensetning innenfor bestemte arealer er nødvendig, for eksempel i kystzoneplanlegging. Kunnskapen er allerede inkludert i arbeidet med å kartlegge og verdsette tareskog i Nasjonalt program for kartlegging og overvåking av marint biologisk mangfold (2003-2015), finansiert av Miljøverndepartementet og Fiskeri- og kystdepartementet. Tarens, epifyttenes og dyrenes egenskaper er forskjellige ved ulike nivåer på bølgeeksponering og strøm. Derfor er det også forventet at effekten av forstyrrelsene kan variere, på bakgrunn av for eksempel kråkeboller som beiter ned tareskogen, stormer og tarehøsting. Dette er noe vi vet svært lite om. Resultatene kan bidra til at effektene av forstyrrelser på tareskogen kan vurderes på en mer nyansert måte. Det kan kanskje bli en del av diskusjonen når for eksempel tiltak skal settes inn eller høsting planlegges. Prosjektet har allerede bidratt til kunnskap om hva som skjer når tareskogen forsvinner og hvilke økosystemtjenester tareskogen bidrar med. Faggruppen har på bakgrunn av disse resultatene, blitt invitert til EU og formidlet kunnskap om tareskogens status. Dette som en del av forvaltningen på EU-nivå.

### Økosystemprosesser i Barentshavet og Nordsjøen

Barentshavet er blant de mest produktive områdene i Arktis, og den høye produksjonen danner grunnlaget for et rikt fiskeri på fisk og reker. Til tross for dette er mekanismene som styrer

produksjonen, kretsløpet og videreformidling av primærproduksjonen, dårlig kjent. Den beste måten å studere disse mekanismene på, er trolig å benytte lokale modeller. SINMOD, den mest utviklede økosystemmodellen for området, har fokusert på pelagiske samfunn. Akvaplan-niva **184719** har forbedret den eksisterende modellen for økosystemet i Barentshavet slik at den mer nøyaktig kan gjenspeile rollen som bentiske organismer spiller i bearbeidelsen av karbon, og som mellomledd for tilførselen av mat til fisk- og rekepopulasjonene. Økosystemmodellen er utvidet til å omfatte flere relevante bentiske økosystemprosesser. De konkrete resultatene viser at Svalbardbanken er svært produktiv og inneholder ulike samfunn avhengig av vanddyb og lokale vannmasser. Resuspensjon er en viktig prosess på de dynamiske bankene og kan føre til omfordeling av lokalt organisk materiale til fjerne områder, inkludert det dypere Barentshavet. Store deler av Barentshavet er grunnere enn 150 meter, og disse områdene er viktig for det regionale biologiske mangfoldet.

#### Bentos

Fellesbetegnelse for alle organismer som lever på eller i havbunnen. Dyr som er festet til bunnen eller som er lite bevegelige, som koraller, hydroider, muslinger og snegler, danner det *sessile bentos*; dyr som lever fritt på eller tett over bunnen, som reker, blekkspruter og fisk, utgjør det *vagile bentos*.

Kilde: Store norske leksikon

Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) **193530** har brukt økosystemmodellen ECOSMO for å undersøke historiske (1948-2008) og fremtidige (2070-2099) forandringer i økosystemet til Nordsjøen. Produktiviteten i økosystemet har vist store variasjoner, og tidligere endringer i regimet skyldes først og fremst at vinden har endret retning og styrke. Forskjellige globale klimamodeller ble brukt for å nedskalere fremtidige klimaforandringer. Fremtidsprognosene for primærproduksjonen har vært innenfor den naturlige variasjonsbredden, men viste store forskjeller avhengig av hvilken global klimamodell som ble brukt til nedskaleringen. Klimaprognoser for Nordsjøen som baserer seg bare på scenarier fra en eneste global klimamodell er for tiden ekstremt usikre. Det er store variasjoner i mellom modellene. Når forvaltningen tar avgjørelser, må den ta hensyn til denne usikkerheten. Det er samtidig viktig å videreutvikle regionale økosystemmodeller og økosystembasert forvaltning. Klima er en av de dominerende prosessene for variasjonene i Nordsjøens økosystem. Havforskningsinstituttet **189592** forsket på andre faktorer i Nordsjøen. De har hatt et bredt perspektiv og studert drivkreftene og sammenhengene mellom de ulike trofiske nivåene i Nordsjøen. Slike sammenhenger er viktige å forstå og kunne forvalte Nordsjøen på en bærekraftig måte både i dag og i et fremtidig klima. Prosjektet belyser interaksjonene mellom de ulike trofiske nivåene som forvaltningen må være klar over. Spesielt er det viktig å merke seg at dersom en art er svekket på grunn av overfiske, vil motstandsevnen overfor klima kunne være betydelig redusert, noe som igjen kan føre til varige endringer.



## 4 Kunnskapsgrunnlag for økosystembasert fiskeriforvaltning





Foto: Shutterstock

Fiskeriteknologi er viktig for å videreutvikle en ansvarlig fiskeriforvaltning. Avgjørende i denne sammenhengen er kunnskap om de biologiske ressursene vi høster og å finne den beste måten å høste ressursene på. Også kjennskap til hvilke effekter høstingen har på de marine økosystemene er en forutsetning for godt fundert økosystembasert fiskeriforvaltning, som også inkluderer nordområdene.

## 4.1 Merker fisk

Havforskningsinstituttet [173441](#) har utviklet et system som automatisk detekterer og leser av elektroniske merker i fisk. Systemet er viktig for anlegg som tar i mot kommersiell fangst av makrell og sild. Resultatene viser at systemet detekterer 100 % av merkefisken. Det tar lite plass, er lett å plassere på de fleste mottaksanlegg og er ikke til bry for produksjonen. Systemet kan stå uten å bli overvåket og sender informasjon om merkene automatisk over nettet etter hvert som gjenfangstene tikker inn. På lengre sikt kan resultatene gjøre det mulig å redusere usikkerheten i mengdeestimatene, og dette vil ha stor betydning for silde- og makrellforvaltningen. Det tradisjonelle systemet med stålmerker og metalldetektorer med utslag av merkefisk, krever mye plass og overvåkingsressurser. Driften er opprettholdt kun på et begrenset antall mottaksanlegg. Det er ikke mulig å gå gjennom en stor nok andel av den kommersielle fangsten til å få sikre mengdeestimer på årsklassenivå basert på det tradisjonelle systemet med stålmerker. Introduksjonen av det nye systemet med elektroniske merker derimot, gjør det mulig å avlese betraktelig flere fisk, også ved utenlandske anlegg. Dette bidrar til at sikkerheten i mengdeestimatene øker betraktelig.

## 4.2 Fordeling av fisk i havet

### Fiskestimer

Havforskningsinstituttet [165121](#) har studert fiskeadferd i stimer ved å benytte undervannskamera, akustikk og individbaserte modeller. Stimfisk er viktig for små- og storskala pelagiske fiskerier på globalt nivå. Bedre forståelse av tetthet, mengdefordeling og adferd i fiskestimer er avgjørende for fiske etter økologisk og kommersielt viktige arter som sild, makrell, kolmule og lodde i våre farvann. Stiming er en dynamisk adferd som betyr mye for å kunne måle mengden pelagisk fisk på en robust og mest mulig presis måte, og

videre å gi råd til forvaltningen om fiskeuttak og bevaringsformål. For å forstå adferden, må vi fokusere på og skaffe kunnskap om enkeltindivider inne i stimen. Resultatene viser at en enkeltfisk kun forholder seg til et fåtall naboindivider. Fiskene påvirker hverandre gjensidig lokalt og impulser spres gjennom stimen med en formidabel hastighet og skaper en overordnet dynamikk. På lang sikt kan resultatene bidra til å forstå det teoretiske grunnlaget for stimer hos pelagisk fisk bedre og gi forvaltningen et viktig verktøy og ny innsikt til praktisk anvendelse, og dette kan gi bedre mengdemåling av pelagisk fisk i dynamiske situasjoner.

### Akustikk

Fiskeriekkoloddet har fått stadig bedre egenskaper. Den lineære lydforplantningsmodellen vi benytter i dagens ekkolodd gir ikke nødvendigvis ønsket nøyaktighet i alle situasjoner. Ikke-lineære effekter forvrenger et utsendt lydsignal når de forplanter seg gjennom vannet. Christian Michelsen Research AS (CMR) [152790](#) har vist at effektnivåene som i dag blir brukt innenfor fiskeriakustikk, er for høye til å unngå ikke-lineære effekter. Det er derfor utviklet en metode for korreksjon av ikke-lineære effekter når ekkolodd blir operert med for høy effekt (dvs. over det anbefalte nivå). Arbeidet er av stor verdi for forvaltningen av norske og internasjonale marine fiskeriresurser og for hvordan vi måler mengden fisk, plankton og krill, men også når vi skal identifisere fiskearter.

Havforskningsinstituttet [156251](#) har gjennomført studier som skal bidra til å forbedre metodikken som håndterer data fra akustikk og trål for ulike arter og områder, spesielt systematiske effekter av døgnrelatert atferd (vertikalvandring). Resultatene viser at det er avgjørende å ta hensyn til store forskjeller i arts-, område- og dybderelaterte atferdsmønstre som kan minske usikkerheten knyttet til mengdemåling fra tokt. Prosjektet studerte torsk og hyse fra tokt i Barentshavet, kolmule vest av de Britiske øyer og lysing på kysten av Namibia, og hensikten var å etablere en generell metodikk som kunne testes mot resultatene fra disse områdene.

Flere av de metodiske utfordringene knyttet til å kartlegge tobis akustisk, er løst i prosjektet som Havforskningsinstituttet [185065](#) har gjennomført. Det er nå mulig å identifisere og skille tobisstimer fra andre arter. Grundige undersøkelser har også i stor grad avdekket ekkoevnen til tobis, og det er



derfor mulig å oversette akustiske verdier til antall individer i et område. Det er også mulig å beregne andelen tobis som eventuelt står i sanden. Undersøkelsene viser at tobisstimene er svært stasjonære, og det er synliggjort et interessant samspill mellom dyreplankton og tobis. ICES har fra 2011 implementert en ny områdedelt rådgivning der den akustiske overvåkingen er et viktig bidrag til tobisforvaltningen og -rådgivningen av Nordsjøen. I tillegg har Norge utviklet en unik vekselbrukforvaltning for tobis i norsk økonomisk sone. Dersom de akustiske toktene viser at det er en tilstrekkelig mengde tobis i et område som igjen er inndelt i to underområder, vil det bli gitt en kvote med tillatelse til å fiske i det ene underområdet. Året etter vil det andre underområdet være åpent. Det primære målet med denne forvaltningen er å bygge opp en stor og spredt gytebestand og sikre et bærekraftig fiskeri på tobis, som er en viktig art i økosystemet. Prosjektet har også innhentet viktig informasjon til utarbeidelsen av Forvaltningsplan for Nordsjøen, andre sårbarhetsanalyser, og for å gi råd i forbindelse med oljevirkksomheten og annen menneskelig aktivitet.

Raudåte er en viktig ressurs som danner grunnlaget for en stor andel av våre fiskerier. Den har også potensiale som råstoff til blant annet fiskefôr. Det kan komme et ønske fra fiskeriene om å åpne for fangst på denne ressursen. Forvaltning av et nytt fiskeri på lavere trofiske nivåer vil medføre nye utfordringer for forvaltningen. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim (NTNU) **143184** har utviklet og testet en Akustisk Plankton Måler (APM), der raudåte er den primære målorgansimen. APM bør inkorporeres når en ny generasjon sensorer blir utviklet, slik at det er mulig å registrere plankton på denne måten. Økt presisjon i målingene vil forbedre grunnlaget for en økosystembasert forvaltning av denne ressursen.

### Fjernmåler fiskebestander

Havforskningsinstituttet **152910** har utviklet et nytt lasersystem som kan overvåke makrell fra fly. Systemet er spesielt egnet for raskt å kunne dekke utbredelsesområdet til denne hurtigmigrerende arten. Det er også et ideelt redskap for å beregne sonetilhørighet av bestanden i forbindelse med internasjonale forhandlinger om fordeling av fangst. Resultatene viser at refleksivitet kan måles, tilsvarende akustisk målstyrke, og dermed kan dataene brukes kvantitativt. Videre viste funnene at systemet kan gjenkjenne ulike arter dersom vi tar i bruk depolarisasjon. For å utnytte disse resultatene trengs noe teknologiutvikling og en videre operasjonalisering av resultatene. Metoden er validert gjennom kombinasjon og sammenligning av resultatene fra Lidar, akustikk og trål.

### Trålteknologi

Trålteknologien har utviklet seg og gjort det vanskelig å sammenligne årsserier med tråldata. I sammenlignende forsøk utført av Havforskningsinstituttet **165357**, er det ikke påvist signifikante forskjeller i fangstratene for torsk, hyse og sei mellom enkel- og dobbeltrål etter at fangstene var korrigert for forskjellen i avsveipet areal (dørspredningen var 1.6 ganger høyere for dobbeltrål). Det var heller ingen forskjeller i lengdefordelingen av fisk fanget med de to tråltypene. Den

økte fangstraten (ikke korrigert for fangstarealet) for dobbeltrål ser ut til å være et resultat av økt dørspredning. Resultatene fra forsøkene med enkel-/doppeltrål er gjort kjent for medlemmene i ICES Arctic Fisheries Working Group. Dataene fra forsøkene ble første gang benyttet av denne arbeidsgruppen i 2007 i forbindelse med at de estimerte mengden sei i Barentshavet. Nyttverdien ligger i å kunne sammenligne data fra trålfiske med enkel- og dobbeltrål.

Trålerflåten fisket i 2009 omkring 1/3 av den norske torskekvoten i Barentshavet. Trålerne benytter tung fiskeredskap som kan gjøre stor skade på bunnfaunaen, særlig i områder med koraller, svamper og annen epifauna. Bunntråling har derfor et dårlig omdømme, som på sikt kan gi redusert markedsstilgang for produkter basert på råstoff fra trålerflåten som fisker i Barentshavet. Havforskningsinstituttet **173424** har utviklet et nytt trålkonsept, hvor plater er adskilt med rullende kuler (bobbins). Dette redskapet har færre kontaktpunkter med havbunnen, og skaper mindre friksjon mellom redskap og bunn enn konvensjonelt «rock-hoppergear». Et mer skånsomt tråleredskap vil være ett av flere virkemidler som kan redusere skadevirkningene og bedre omdømmet til bunntråling. Forskerne har også studert romlig fordeling av fiskeinnsats for trålerflåten i Barentshavet og analysert variasjonene i den ved bruk av sporingsdata (VMS) innen og mellom år. Resultatene viser at fiskeintensiteten er svært konsistent og fiskeinnsatsen fordeler seg konsistent mellom år. Sammenholdte detaljerte GPS-data fra to trålere med sporingsdata for de samme fartøyene er brukt for å undersøke hvor nøyaktig klassifiseringskriteriet er (hastighet) for tidspunktet når fartøy tråler, hvor stort avvik det er mellom beregnet og faktisk posisjon under fiske, og mellom lengden av estimert og faktisk trålspor. Analysene kan dokumentere hvor store områder av Barentshavet som er påvirket av trålfiske og hvor høy fiskeintensiteten er i de forskjellige områdene. Resultatene kan også brukes til å vurdere hvordan stengte områder vil påvirke fisket. Forvaltningen får et bedre verktøy til å regulere hvordan fiskeinnsatsen skal fordeles geografisk ved å sammenholde geografisk fiskeintensitet og bunnfauna. Dermed er det i større grad mulig å unngå fiske i sårbare områder.

Bifangst av fiskeyngel i reke-trål er et betydelig problem, og sorteringsrist i reke-trål er derfor påbudt i fisket nord for 62 grader nord. Havforskningsinstituttet **165364** har gjennomført en rekke studier for å optimalisere ulike anordninger som kan redusere bifangsten ytterligere. Dersom forvaltningsmyndigheten satser videre for å forbedre utsortering av 0-gruppe-yngel, anbefaler prosjektet ikke å satse på anordninger som baserer seg på atferdsforskjeller. Forsøkene viste med all tydelighet at dersom det var en liten atferdsforskjell, var den for liten til å gi effekt i utsortering. Framtidig arbeid på reke-trål og problematikken rundt bifangst bør derfor basere seg på passiv filtrering. For eksempel viste videoobservasjonene at reker passerte i rett linje mellom ledekanal og rist, mens ueryngel svømte iherdig foran rista i noen sekunder før den ble fanget opp av vannstrømmen og ført gjennom rista og bak i trålposen. Redusert spilavstand fra 19 til 15 millimeter sorterte ut ueryngel bedre, og vil sannsynligvis gi

bedre utsortering av fiskeyngel generelt. 15 millimeter spilavstand ga noe mindre rekefangst. Med minimum 15, helst 17 millimeter spilavstand vil en rekeetrål også fange mindre fiskeyngel enn i dag. Det kan føre til flere åpne rekefelt og mer rasjonelt rekefiske. Feltene vil kunne holdes åpne lengre enn tidligere. På lang sikt vil mindre uttak av fiskeyngel virke positivt på enhver bestand som blir beskattet av rekeetrål på yngelstadiet.

Skillerist i rekeetrål (påbudt 1990 i Nord-Norge, og 1993 i Barentshavet/Svalbard) regnes som en av de viktigste tekniske reguleringsene av de nordlige fiskeriene. Norges Fiskerihøgskole (UiT) **159820** har utviklet og testet ut en ny variant av skillerist i rekeetrål. Resultatene som ble oppnådd, er med umiddelbar virkning tatt inn i forvaltningen. De viktigste resultatene på kort sikt var at fiskeflåten fikk utøve sitt fiske på en mer effektiv måte. Bedre seleksjonsevne er viktig både for fiskere og forvaltningen. I et lengre perspektiv har resultatene vært med på å forbedre forvaltningen. Yngelvernet er bedret for viktige fiskebestander og norsk forvaltning er nærmere målet om et ansvarlig fiske.

### 4.3 Plankton og krill – føde for fisk

Hoppekrepsartene *Calanus finmarchicus* (raudåte) og *Calanus helgolandicus* sameksisterer i Nordsjøen. Dette viser analyser fra Havforskningsinstituttet **178679**. Raudåte er viktig føde for kommersielle arter av fisk. For å identifisere den relative sammensetningen av de to artene i planktonsamfunnet, er det gjort undersøkelser av 175 planktonprøver som er tatt ved en stasjon i Skagerrak i perioden 1994-2008. Resultatet viser klare sesongmønstre og en betydelig mellomårlig variasjon i både total mengde og relativ andel av de to artene. Økt temperatur antas å favorisere *C. helgolandicus*. Vi kan oppleve at juvenile fisk ikke får dekket dens behov for føde fordi mengden mat endrer seg og sesongen utvikler seg ugunstig. Torskebestanden er allerede hardt nedfisket, og endrede miljøforhold kan svekke torskebestanden ytterligere. Forvaltningen kan reflektere dette i høstingsregler og ved å vise større forsiktighet i kvotefastsettelsen for ikke å redusere bestanden ytterligere. Universitetet på Svalbard **165003** har funnet at seleksjon av dyreplankton innenfor økologisk relevante tidsrammer kan endre populasjonenes livshistorie og indre dynamikk over tid.

Ved å studere hvor dyreplanktonet oppholder seg om vinteren i dyphavsområder i det nordøstlige Norskehavet, har man ved Fiskerihøgskolen (UiT) **153070** sett betydningen av småskala fysiske virvler og hvor dyreplanktonet oppholder seg over lang tid. Resultatene har bidratt til økt forståelse for hvordan Norskehavet anriker Barentshavet med biologisk materiale som danner næringsgrunnlaget for store bestander fisk og fugl. Prosjektet har utviklet en automatisert målemetodikk for dyreplankton gjennom laseroptiske målemetodikker (LOPC), og dette er en viktig milepæl for forvaltningen og forskningen. LOPC gjør det mulig å kvantifisere biomasse og tettheter uten å involvere betydelige ressurser i laboratoriearbeid for å telle og identifisere dyreplankton.

Forbedret og forenklet måling gjør det mulig å inkorporere lavere trofiske nivåer på en mer nøyaktig måte i økosystembaserte modeller for de havområdene som Norge har ansvar for å forvalte. Senere har Fiskerihøgskolen (UiT) **178102** bidratt til å videreutvikle nye måleteknikker og plattformer som estimerer mengden dyreplankton. Et fjernstyrt undervannsfartøy (HUGIN 1000) som er utviklet ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) og påmontert laseroptisk planktonteller (LOPC), gir pålitelige bestandsestimater. Kalibrerte data fra LOPC mot telleprøver fra nett viser at LOPC med fordel kan brukes til å estimere tettheter av kopepoder i nordlige farvann om vinteren. De viktigste bestandene av dyreplankton kan overvåkes meget kostnadseffektivt ved bruk av LOPC. Videre viser flere års bestandsovervåking av raudåte i de nordøstlige delene av Norskehavet stabilt høye bestandsmål for perioden 2000-2010. Universitetet i Tromsø anbefaler som en del av økosystemovervåkingen å måle mengden dyreplankton elektronisk. Og dessuten videreføre tidsserien for det nordøstlige Norskehavet om vinteren som en del av den langsiktige nasjonale overvåkningsaktiviteten.

Havforskningsinstituttet **178447** har gjort målinger av biomassen av krill og raudåte i Norskehavet i mai med tradisjonell hav- og trålmetodikk og med nye akustiske og optiske metoder. Både tradisjonell og ny teknologi gav henholdsvis 3.5 og 40 millioner tonn av krill og raudåte innenfor et avgrenset område. Nye modelleringsteknikker beregner produksjonen av raudåte til å være 200 millioner tonn per år innenfor samme område. En modell for krill er snart klar for estimering av biomasse og produksjon av krill. Dette er et viktig skritt for å komme fra konsentrasjoner, slik det tradisjonelt har vært, til bestandsmål for planktonproduksjon. Relativt sammenfallende estimater av biomasse og produksjon av raudåte med ulike metoder vil være til stor hjelp i arbeidet med å lage en forvaltningsplan for raudåte. Arbeidet er igangsatt som et samarbeidsprosjekt mellom Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet, og skal på kort sikt gi et foreløpig vitenskapelig råd og en kvote for fiske av raudåte. På lang sikt vil kvantifisert biomasse og produksjon i de lavere trofiske nivåene (dyreplankton) være det viktigste enkeltresultatet for at vi kan nærme oss målet om en økosystembasert forvaltning av våre fiskeressurser. En forutsetning for at en skal kunne gi presise råd på lang sikt er å forbedre bestandsmål kontinuerlig basert på tokt og annen teknologi og rådgivningsmetodikk for lavere trofiske nivå.

### 4.4 Tidlige livsstadier av fisk

Fisk i alle stadier er visuelle predatorer. Derfor er fiskens syn en viktig del av modellene som beregner romlig fordeling av fisk og byttedyr. Kunnskap om hvilke bølgelengder fiskene kan se, gir økt presisjon i modellene. Biologisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) **146548** har gjort det mulig å modellere en teoretisk kobling mellom fiskens bølgelengdesensitivitet (synspigmenter), lyssensitivitet og fødeinntak ved å måle det eksperimentelt og fysiolo-



Foto: Vidar Vassvik

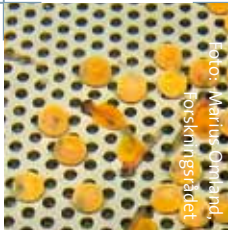


Foto: Martin Omland, Forskningsrådet



Foto: Per Eide

gisk. På den måten er bølgelengdesensitivitet inkludert i dagens synsmodeller. Resultatet betyr mye for modellpresisjonen, særlig hos tidlige livsstadier av fisk. Presise modellverktøy er vesentlig i en økosystembasert forvaltning av fiskeressursene. Forskningsresultatene viser også at klimaendringer forårsaket av økt nedbør og ferskvannsavrenning, drastisk endrer hvordan lysets bølgelengde bryter kystvannet. Dette aktualiserer behovet for økt forståelse av det optiske miljøets effekt på våre kystnære arters syn og atferd. Havforskningsinstituttet **178679** har sannsynliggjort at predasjon på tidlige livsstadier fra andre arter kan være en viktig regulerende faktor for rekruttering i Nordsjøen. Hovedfunnet er at sild har negativ effekt på rekruttering av øyepål. Både gytebiomassen hos silda og graden av romlig overlapp er negativt korrelert med overlevelse hos øyepål. Den sannsynlige årsaken er predasjon fra sild på egg og larver av øyepål. Forvaltningen bør altså så langt det lar seg gjøre, ta hensyn til samspillet mellom flere arter. Er det for eksempel mye sild i havet og området også har øyepålyngel, bør forventet estimat for hvor mange yngel som overlever, nedjusteres.

## 4.5 Fiskebestander

Mellom 1877 og 2008 ble 68 arter av fisk registrert rundt Jan Mayen. Av disse er 36 arter dokumentert med minst ett eksemplar i naturvitenskapelige samlinger. En gjennomgang av dette materialet ved Havforskningsinstituttet **184939** viser at lodde og sild er de mest tallrike artene, mens sju arter er representert med bare ett individ. En art av ålebrosme (*Lycenchelys platyrhina*) er ikke kjent fra noe annet sted i norske farvann. Antallet registrerte arter har økt i løpet av de siste 30 årene. Dataene gir grunnleggende informasjon for å kunne overvåke området i framtiden. Arktiske områder antas å bli særlig sterkt påvirket av klimaendringer, og dette kan ha stor innflytelse på artenes forekomst og distribusjon. Regjeringen har fulgt opp Forvaltningsplanen for Norskehavet og startet en prosess som skal se på mulighetene for å åpne Jan Mayen for oljeleting. Sør for Jan Mayen ligger et mikrokontinent som kan ha potensiale. Kunnskap om faunaen i området er derfor blitt veldig aktuell, og resultater fra prosjektet er med og danner det eksisterende kunnskapsgrunnlaget.

Norskehavet er matfattet for noen av verdens største fiskebestander, nemlig norsk vårgytende sild, kolmule og nordøstatlantisk makrell. Totalbiomassen av disse bestandene har mer enn doblet seg i perioden fra midt på 1980-tallet til 2006. Havforskningsinstituttet **173163** har utviklet individbaserte modeller for fiskebestandene og raudåte. Disse har blitt integrert med modeller både for planteplankton og havstrømmer. Modellsystemet har romlig oppløsning og toveis kobling mellom bestandene i modellen. Beregninger viser at sild, kolmule og makrell årlig spiser rundt 35 millioner tonn raudåte. Dette indikerer at de tallrike planktonspisende fiskene påfører raudåta stor dødelighet. Modellen anslår videre at de pelagiske bestandene spiser over 40 millioner tonn av andre arter. De siste årene fram til 2009 er det registrert markert nedgang i dyreplanktonbiomassen i Norskehavet. I samme periode har silde- og makrellbestandene utvidet området de deler seg imellom. Observasjonene og det betydelige omfanget av estimert planktonkonsum sett i forhold til estimert dyreplanktonproduksjon indikerer at fiskebeiting har vært en viktig årsak til den observerte nedgangen i planktonmengden i Norskehavet. Samtidig kan vi heller ikke utelukke at nedgangen er påvirket av andre faktorer. Resultatene illustrerer at veien videre når kvotene skal fastsettes, kan ligge i å utvikle metodikk som tar hensyn til økosystemenes dynamiske bæreevne per trofisk nivå. Biologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO) **184178** har valgt å se på dypvannsfisk, og karakterisert populasjonsstruktur ved hjelp av DNA-teknologi. Dypvannsfisk har generelt store utbredelsesområder, og vi kjenner ikke til om artene er delt opp i ulike bestander. Resultatene viser at både strøm- og dybdeforhold kan ha noe å si for hvordan artene romlig strukturerer seg i ulike bestander, avhengig av artenes biologi og fysiologi. Fire arter er karakterisert, og det blir flere. Dette vil gi større mulighet for å gi råd på bestandsnivå, noe som også kan få betydning for hvordan kystnasjoner beskatter og fordeler ressurser.

## 4.6 Norsk vårgytende sild

I prøver fra fisket på norsk vårgytende sild (NVG-sild) er det fra tid til annen høstgytere. Ved å studere dagsoneveksten i kjernen av otolitter (ørestein) på disse høstgyterne, har Havforskningsinstituttet **146687** funnet at det er snakk om en egen høstgytende populasjon, altså ikke vårgytere som har skiftet gytesesong. Resultatene fra norskekysten indikerer at vi besitter en egen populasjon av sommer-/høstgytere som gyter i august-september langs kysten i området Helgeland-Vesterålen. Disse kan forvaltes på lignende vis som de islandske bestandene, med egne kvoter utenfor kvotene på NVG-sild. Dette vil i så fall bety økte kvoter på sild for norske fiskere. Undersøkelsene viser også at NVG-sild i perioder kan blande seg med de lokale sildepopulasjonene. Dette kan få store konsekvenser for forvaltningen på sikt. Etter at bestanden av NVG-sild endret sitt vandringmønster og overvintrer i havet framfor i nordnorske fjorder, har det vært et kommersielt fiske langs norskekysten på kystnær sild i områder det tidligere ikke ble rapportert fangster. Dersom fisket rammer små lokale

sildebestander, kan det få drastiske konsekvenser for mangfoldet i fjordene langs kysten.

Studier har vist at temperaturen indirekte påvirker sildelarvenes overlevelse og hva som skjer når silda modner. Økt temperatur i modningsfasen gjør at silda gyter tidligere og i større grad overlever. Man antar at dette bidrar til fordelaktig drift og spredning av larvene, som igjen kan gi bedre forhold for byttedyr og/eller lavere overlapp med predatorer i tid og rom. Dette setter følgelig nytt lys på det å bruke forholdet mellom temperatursvingninger og rekruttering som et ledd i rådgivning og forvaltning på lengre sikt. Særlig viktig vil det være for økosystembetragtninger og modellering. Hos NVG-sild virker det som om overhopping for å gyte, er et sjeldent fenomen og langt mindre utbredt enn tidligere antatt. Dette avviker fra tidligere publiserte resultater. Havforskningsinstituttet fant samsvarende resultater mellom grundige laboratorieundersøkelser og analyser av et stort materiale, som er samlet fra fødeområdet (Norskehavet), overvintringsområdet (Vesterålen) og gytevandringen (langs kysten). Det ble riktignok funnet et begrenset antall hunner som tilbakedannet alle egganleggene i siste halvdel av modningssyklusen, men resultatene viser som helhet at overhopping er uvanlig. Dette budskapet er gjort kjent for forskere som beregner bestander, inkluderte ICES Working Group.

## 4.7 Torsk

Sorteringsrist i fisketrål har vært i bruk siden 1993/1994 og vært påbudt siden 1997 i det nordlige trålfisket. Den regnes som en viktig teknisk regulering. Resultatene viser at de endringene forvaltningen gjorde i 1997, var riktige. På kort sikt er det mest avgjørende at fiskeflåten får utøve sitt fiske på en effektiv måte. Bedret seleksjonsevne er viktig for å oppnå høyt langtidsutbytte. I et lengre perspektiv har resultatene vært med på å forbedre forvaltningen. Ristene har vernet yngelen for viktige fiskebestander bedre og løftet norsk forvaltning nærmere målene for et ansvarlig fiske.

Fiskerihøgskolen (UiT) **159820** har i en rekke forsøk arbeidet med å vurdere effekten av ulike seleksjonsinnretninger i fisketrål opp mot hverandre. Vanlige masker, sorteringsrister og sorteringsvinduer (Exit windows) ble testet opp mot hverandre i tilnærmet kommersielt fiske. Resultatene bekrefter at sorteringsrister fungerer best, men at "Exit windows" kan være et enklere alternativ for framtidig forvaltning. Arbeidene konkluderer med at poser bygd på tradisjonelt diamantnett ikke bør anbefales brukt hvis de erstatter rister/vinduer i norsk trålfiske. Selv om havet utenfor gjør det mulig å vandre og drifte passivt over store strekninger, har tidligere merkeforsøk og genetiske analyser vist at selv en svært mobil art som torsken, er oppdelt i separate populasjoner langs kysten og at den ikke blander seg fritt med hverandre eller med torsken i havområdene utenfor. Havforskningsinstituttet har foretatt nye genetiske analyser (såkalt mikrosatellitt DNA) i kombinasjon med tradisjonelle fangst-gjenfangstforsøk over en finere geografisk skala enn tidligere, og med dette vist at torskepopulasjonene strekker seg om lag 20-30 km





langs sørlandskysten. Grovt sett innebærer dette at hver fjord har hver sin populasjon. Dette har implikasjoner på forvaltningen. Lokale bestander opprettholdes kun ved egen hjelp. De er en egen demografisk reproduksjonsethet. Om hver fjord utgjør en slik enhet, vil fiske eller andre påvirkninger som tar ut eller desimerer antallet torsk i en fjord, ha langsiktige konsekvenser. Langs Skagerrakkysten er aldersforskjellen stor for når torsken blir kjønnsmoden i øst sammenliknet med populasjonene lenger vest. Disse undersøkelsene har benyttet nyere statistiske metoder som tar hensyn til miljøeffekter (såkalt fenotypisk plastisitet) og avslører med dette at det ligger en arvelig, genetisk komponent bak forskjellene. De markerte genetiske forskjellene tyder på at naturlig seleksjon har formet torskepopulasjonene i ulike områder langs Skagerrakkysten som respons på det lokale miljøet. Resultatene er viktig i forvaltningsammenheng, særlig for å vise farene når oppdrettsnæringen vokser, muligheten for å vanne ut lokal tilpasning hvis torsken gyter i merd og hva son kan skje hvis fisk rømmer fra oppdrettsanlegg. Det er også viktig å merke seg at selv om utvanning/utfisking av lokal genetisk variasjon kan skje raskt, vil det trolig ta lang tid å restaurere fisk som har tilpasset seg lokale forhold. Universitetet i Oslo **178322** kan vise til lignende resultater og oppsummerer at en arvelig, genetisk komponent gir genetiske forskjeller og det tyder på at naturlig seleksjon kan ha formet torskepopulasjonene i ulike områder langs Skagerrakkysten som respons på det lokale miljøet. Bestandene rekrutterer i all hovedsak til seg selv. Lokalt overfiske kan derfor få konsekvenser over lang tid.

I et annet studium ved Havforskningsinstituttet **173341** undersøkte de om norsk-arktisk torsk (skrei) dropper en eller flere gytemuligheter etter kjønnsmodning - såkalt "overhopping". Overhopping ser ut til å være et vanlig fenomen hos hunnlig skrei. Mekanismen synes primært å være koblet til lave energireserver og vanligst hos yngre fisk. I et kontrollert laboratorieforsøk «hoppet» ca. 20 % av hunnene over gytingen. Disse resultatene ble styrket av observasjonene i felt. Under vintertoktene i januar-mars ble store mengder overhopperne funnet sentralt i Barentshavet. Overhopperne inngikk i beregningen av gytebiomasse, og ble dermed overestimert. En sentral antagelse i fiskeriforvaltning er at det er sammenheng mellom gytebestandenes størrelse og rekrutteringen, men i praksis har den vist seg å være svak. Havforskningsinstituttet **178679** har funnet at dette også gjelder for nordsjøtorsk. De har utviklet en statistisk rekrutteringsmodell. Både mat og temperaturforhold avgjør hvilken del av modellen som vektet mest, og dermed formen på rekrutteringskurven. Å utnytte tilgjengelige miljødata øker kunnskapsgrunnlaget for gode høstingsregler. Modellen kan sannsynligvis brukes også på andre arter og bestander. Høstingsreglene bør ta hensyn til at klimaforhold, byttedyr og predatorer endrer seg over tid.

## 4.8 Makrell

Norges veterinærhøyskole **184725** har utviklet et sett med markører for å drive populasjonsgenetiske undersøkelser av atlantisk makrell. Markørene var et robust verktøy som er meget godt egnet til populasjonsgenetiske analyser. Mikrosatellittene viste meget stor genetisk variasjon, mens markørene som var basert på SNP (Single-nucleotide polymorphism), som ventet viste en lavere grad av variasjon. Det er svært viktig at vi nå har fått fram et verktøy til overvåking av populasjonsstruktur for forvaltningen. Det kan også bli avgjørende for bedret kunnskap om hvordan populasjonen for makrell er delt opp. Tidligere har forvaltningen måttet basere seg på merkeforsøk og andre teknikker. Genetiske markører vil være et viktig supplement til dagens metoder. Typing av markørene i prøver fra Nordsjøen sammen med sydlig og vestlig gyteområde viste at markørene var godt egnet for denne typen studier. Denne teknologien kan gi verdifull tilleggsinformasjon om makrellpopulasjonene, og dette kan være viktig både for forvaltning og for å framskaffe informasjon om gytemakrellens opphav, struktur og eventuell "homing". Temaet er aktualisert i forbindelse med konflikten som har oppstått når Norge og EU tildeler fiskekvotene seg imellom. En mer omfattende genetisk typing av makrell fra ulike områder ville vært en meget god støtte i diskusjoner/forhandlinger om rettigheter og kvoter. Fiskeriforhandlinger har vist at dette kan bli viktig på meget kort sikt. Det er heller ingen tvil om at det vil bli stadig viktigere og vanligere å bruke informasjon om genetiske strukturer også på lang sikt.

## 4.9 Grønngylt

Havforskningsinstituttet **189570** viser ved hjelp av genetiske analyser at grønngylt (*S. melops*) er delt opp i flere lokale bestander eller populasjoner, og videre at arten i Skagerrak utgjør en egen evolusjonær linje (muligens underart) som er markant genetisk forskjellig fra artsfrender ellers i utbredelsesområdet. De voksne individene er svært stasjonære, og dette er trolig en medvirkende årsak til populasjonsstrukturen. Norge beskatter i noen tilfeller arten kraftig. Grønngylt benyttes som «rensefisk» som plukker lus av oppdrettslaks. Slik beskatning kan overbeskatte lokale bestander når fisket skjer med ulik intensitet i ulike områder. Konsekvensen kan være at bestandene siden vil bruke lang tid på å bygge seg opp igjen. Grønngylt brukt i oppdrettsanleggene fører videre til at arten flyttes fra Skagerrakkysten til Vestlandet, og dette vil kunne tynne ut eventuelle lokale tilpasninger arten har bygd opp. Gitt den genetisk spesielle statusen arten har i våre farvann, har vi i Norge et spesielt ansvar for å forvalte grønngylten på en god måte.



## 4.10 Hummer

Havforskningsinstituttet [173432](#) har sett på biologiske mekanismer som kan oppstå hvis vi etablerer marine bevaringsområder for hummer. En vernet bestand av hummer overlever lettere når en del av den er beskyttet mot fiske. Over tid vil denne bestanden bli mer robust mot naturlige variasjoner i klima og andre miljøbetingelser. Den vil også være mer produktiv og ha større innslag av store og gamle individer som produserer flere, større og mer levedyktige avkom.

## 4.11 Fiskeriforvaltning

Samfunns- og næringslivsforskning as (SNF) [167359](#) har utført en studie av ulike forvaltningsmodeller. Et oppsiktsvekkende resultat er at mer informasjon om en bestand ikke nødvendigvis er en fordel for en bærekraftig forvaltning av bestanden. Årsaken til dette er ubalanse i måten framtidig fangst og avkastning verdsettes på, og at det som er en fordel på kort sikt, kan være en ulempe på lang sikt. Slik sett er dette en variant av allmenningens tragedie siden fenomenet bare inntreffer når det er konkurranse. Implikasjonene for forvaltningen både på kort og lang sikt er derfor at hvis situasjonen fortsatt er preget av konkurranse mellom land, vil det være langt mer å hente på å komme fram til bindende avtaler som respekteres av alle parter og deretter søke informasjon enn det er å samle inn ensidig informasjon. Samme studie bekreftet også at fiskerne kan få mer inntekter og fiskebestanden utvikles mer bærekraftig dersom forvaltningen tar hensyn til tilbud og etterspørsel når de fastsetter størrelsen på hvor mye fiskeflåten kan beskatte. I praksis skjer det blant annet når reduserte kvoter øker prisen og derved gir mer inntekt per enhet samtidig som det gir lavere fangstkostnader. En slik forvaltning vil gi et jevnere uttak over tid enn det dagens forvaltning gjør. Et annet viktig resultatet er at når aktørene får direkte interesser i fiskeriene gjennom ulike former for eierandeler, vil de ha et incentiv til å tenke mer langsiktig, og forvaltningen bør derfor stimulere til ulike former for incentivbaserte beskatningsmodeller. Dette trenger ikke bare å dreie seg om omsettelige fiskekvoter i tradisjonell forstand. Det kan også være kvoter som tilhører et helt lokalsamfunn, for eksempel en kommune, eller å ha eierrettigheter til et helt fiskeri i stedet for bare til en bestand.

Sammenligning av forskjellige bestandsmodeller i ulike land viste at selv om alle land viser tendens til klar overbeskatning, framkommer det viktige forskjeller avhengig av om vi benytter flerbestandsmodeller til forskjell fra enbestandsmodeller. For Islands vedkommende er for eksempel loddebestanden underbeskattet sett fra et enbestandsperspektiv, men overbeskattet sett fra et flerbestandsperspektiv. Lodda er i et flerbestandsperspektiv mer "lønnsom" som mat for torskens del. Et annet moment er at Islands relative uavhengighet sammenlignet med andre nasjoner, ikke har bidratt til en mer bærekraftig forvaltning enn for eksempel Danmark, som er underlagt EUs felles fiskeripolitikk eller Norge, som i langt større grad deler sine ressurser med andre.



Foto: Megarix



Foto: Shutterstock

### Fiskeriindustert evolusjon

Størrelsesselektivitet er et av de viktigste virkemidlene forvaltningen kan bruke for å sikre bærekraftige fiskerier, men selektivt fiske har også evolusjonære konsekvenser. Havforskningsinstituttet **173417** har utviklet og brukt modelleringsverktøy for å granske hvor raskt fiskeriindustert evolusjon skjer, og hvilke konsekvenser dette har for bestandens egenskaper. Fiskeriindustert evolusjon vil oftest føre til lavere utbytte og fiskestørrelse, og for skrei også kortere gytevandring. En fiskebestand som er tilpasset fisket vil tåle høyere fiskepress, men kan bli mer sårbar for miljøforandringer. Utfordringen er, i likhet med klimaendringer, at små endringer akkumuleres over tid, og at det i praksis er svært vanskelig å reversere evolusjonære prosesser. Fiskeriindustert evolusjon fører ikke til umiddelbar fare for fiskebestandene, men må tas hensyn til for å sikre bærekraft og produksjon på lang sikt. Johannesburg-deklarasjonen oppfordrer til å holde eller gjenoppbygge bestandene til det nivået som gir maksimalt bærekraftig utbytte. Fiskeriindustert evolusjon er en av flere grunner til å holde fiskepresset på et moderat nivå. Det er en større utfordring hvis optimal selektivitet i fiskerier må revurderes. Dagens fokus på økt selektivitet som et verktøy som hindrer bifangst og økosystempåvirkninger, kan ha negative evolusjonære konsekvenser. Disse bør vurderes før nye tiltak iverksettes.

### Kvoter og konsekvenser

Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) **173030** har gjennomført en studie som beskriver "tillatt kvote" og ulike utfordringer ved å implementere det og hvordan forvaltningen kan løse disse, basert på forvaltning (TAC) og innsatsbasert forvaltning. Studien trekker fram praktiske, rettslige, administrative og politiske utfordringer for å implementere mål for fiskedødelighet. Spesiell oppmerksomhet er knyttet til politiske veivalg som binder forvaltningen når de eventuelt skal foreta endringer i framtiden. Videre illustrerer prosjektet hvordan problemene med feilrapportering som følge av utilsiktet fangst, kan håndteres innenfor et TAC-regime, med Norge som eksempel. En norsk løsningsmodell er betinget av en rekke særnorske forhold, spesielt knyttet til lovgivning, politisk autonomi og hvordan vi organiserer markedet for førstehåndsomsetning. Et innsatsbasert forvaltningssystem kan løse problemene med feilrapportering i land som mangler de forutsetningene som Norge har, for å håndtere dem innenfor et TAC-regime. Studien presenterer funn som kan reise tvil om hvorvidt EUs planer om regionalisert forvaltning gjennom 2012-reformen for unionens felles fiskeripolitikk vil egne seg, i motsetning til en styrket sentralforvaltning.

Fiskeriforvaltning kan håndteres på forskjellige måter der ulovlig fiske nasjonalt og internasjonalt er et problem. Samfunns-

og næringslivsforskning as (SNF) **185151** har studert dette og en alternativ måte å håndheve kvoter på. En mer effektiv måte å forvalte fiskeressursene på der ulovlig fiske er et problem nasjonalt, kan være at fiskerne selv rapporterer inn eventuelle fangster utover kvoten, mot at de betaler en avgift per kilo fisk de ikke hadde kvote for. I tillegg foreslår prosjektet differensierte inspeksjoner av fiskefartøy, hvor en del av straffen for fartøy med urapporterte ulovlige fangster er at de i en periode blir kontrollert mye oftere enn andre fartøy. Trusselen om stadige kontroller vil, sammenlignet med tradisjonell straff, for eksempel bøter, redusere fiskernes incentiv til å jukse. Systemet vil også kunne fungere bedre enn tradisjonell forvaltning der bøter og kontrollressurser er avgrenset. I tilfeller der to nasjoner har inngått avtale om å dele kvote og fiskeri, kan det oppstå situasjoner hvor det ene landet saboterer avtalen, for eksempel gjennom redusert kontroll av egne fartøyer, og på den måten oppnå en større del av den samlede fangsten. Internasjonale avtaler kan forhindre slike hendelser. Et annet scenario i internasjonalt samarbeid er hvilke konsekvenser politisk usikkerhet kan ha rundt framtidige avgjørelser om for eksempel fastsettelse av kvoter. I enkelte tilfeller vil det ikke være optimalt å redusere usikkerheten så mye som mulig. Dette gjør det lettere og mer attraktivt for berørte næringer å tilpasse seg regelverket på en uheldig måte, ved såkalt "rent seeking". Resultatene viser også at land med internasjonalt delte fiskerier og høy politisk usikkerhet ikke vil ta sjansen på incentiver som gir uheldige tilpasninger til regelverket, og de investerer heller ikke videre i næringen.

### Individuelle kvoter og effektivitet

Individuelle fartøyskvoter er blitt den ledende forvaltningsmetoden i de delene av verden som har godt forvaltningsregime i fiskeriene. Samfunns- og næringslivsforskning AS **190320** har kommet fram til at overkapsitet er en betydelig utfordring, og dette leder til både overfiske og lav økonomisk effektivitet. Vi finner store forskjeller i effektiviteten i de norske torskfiskeriene innenfor alle fartøysgrupper, og de mest effektive enkeltfartøyene er i kystflåten. Den islandske flåten er betydelig mer effektiv enn den norske. Sammenligner vi



utviklingen i antall fartøy etter at fartøyskvoter ble innført i 6 forskjellige land, ser vi en betydelig flåtereduksjon. Denne reduksjonen er uavhengig av hvor lett det er å selge og kjøpe kvoter. Den fulle effekten av kvotesystemene tar også tid å realisere. Det aller viktigste er at den store effektivitetsgevinsten ikke kan oppnås med fartøyskvoter som omsettes fritt. Samtidig er det også klart at det norske systemet er restriktivt og har betydelig overkapasitet som ikke vil forsvinne under nåværende reguleringsregime. Flere kystfartøyer er blant de mest effektive fartøyene, og disse vil være bedre i stand til å konkurrere om kvoter enn mange større trålere. Det ligger følgelig et betydelig effektiviseringspotensial i å tillate at kvoter i større grad flyttes mellom fartøysgruppene, mens det er liten grunn til å tro at kystfartøyene vil forsvinne fordi alle kvotene samles hos noen få trålere.

### Forhandler om fisk i Barentshavet

Russland har gjennomgående akseptert norske forslag til føre-var-basert fiskeriforvaltning i Barentshavet, konstaterer Fridtjof Nansens Institutt (FNI) **173497**. Det stadig tettere samarbeidet mellom partene i den blandede norsk-russiske fiskerikommisjonen har bidratt til dette. En del saker blir framforhandlet på ekspertnivå og deretter godkjent av kommisjonen. Andre saker blir avtalt direkte mellom delegasjonslederne. På individnivå har Kystvakten lyktes i å få russiske fiskere til å avstå fra å fiske i områder hvor det er mye yngel, men under inspeksjon opplever russiske skipper kystvaktinspektorene som firkantede. Forholdet mellom Kystvakten og den russiske fiskeflåten har blitt dårligere utover 2000-tallet. Kanskje kan det være noe å hente på å la kystvaktinspektorene opptre mer som problemløsende «konsulenter» enn utelukkende som inspiserende «politi». Prosjektets resultater viser at Norge har bestrebet seg på å få til forhandlinger overfor Russland på fiskerisektoren, og det har båret frukter. FNI anbefaler at det tette samarbeidet med Russland føres videre. Dialogen bør ikke brytes selv om partene stiller med svært ulike utgangsposisjoner. Praksis viser at det er gode utsikter for kompromiss.

### Internasjonal suksess

Havforskningsinstituttet **173476** har sammenlignet erfaringer med forvaltningsregimer i forskjellige deler av verden. Viktige suksessfaktorer var som forventet robust forvaltning, klare biologiske grenser (referansepunkter), effektiv håndhevelse og konsensus blant interessegruppene. Slikt er lettere å få til med nasjonale enn med internasjonale bestander. Uheldige faktorer var som ventet, overkapasitet, uklare mål og illegalt fiske. I det samme arbeidet ble det utviklet verktøy som kvantifiserer forskjellige aktørers behov og preferanser i forvaltningen av levende marine ressurser. Dette ble knyttet til en kombinert biologisk og sosioøkonomisk modell for forvaltningsregimer, et mulig hjelpemiddel for å oppnå konsensus om mål som regulerer fiskeri. Det er mulig å tilfredsstille forskjellige preferanser. Det å innfri noens ønsker, fører ikke nødvendigvis til store tap for andre. For eksempel vil en forsiktig beskatning tilfredsstille de fleste sine ønsker på lengre sikt. Videre ble det i det samme arbeidet utviklet et verktøy for å belyse fordeler og ulemper ved å utforme forskjellige forvaltningsregimer både generelt og gjennom et

problem med bifangster i fiske etter hyse på Georges Bank. Hovedkonklusjonen var at velfungerende fiskeriforvaltning forutsetter bred enighet om mål og midler innenfor de rammene naturen setter. Arbeidet har bidratt til å bedre forståelsen for hva det er mulig å oppnå og hva det koster. Prosjektet ønsket å vise at tilsynelatende kryssende interesser langt på vei kan forenes.

### Forsvarets sonarer og vern

Forsvarets nye sonarsystemer kan forstyrre viktige livsfunksjoner hos fisk og hval. Sonarsignalene reduserer dyrenes kommunikasjons- og navigasjonsevne. Resultatene som Havforskningsinstituttet **184705** har kommet til, inngår sammen med tilsvarende studier for sel, i Forsvarets operasjonsreguleringer for sonarbruk og beskriver hvordan Forsvaret skal bruke sonarene i norske farvann. Retningslinjene gir klare føringer for hvordan Forsvaret skal planlegge og gjennomføre sonarøvelser og samtidig minimalisere de negative miljøpåvirkningene. Målet er å verne de utsatte artene og unngå konflikter med fiskerinæringen når Forsvaret har operasjoner til havs. Retningslinjene blir oppdatert kontinuerlig etter hvert som ny kunnskap og nye resultater kommer til.

### Den økonomisk optimale fangsten

Hvordan kan man fiske så smart at bestander opprettholder produksjonsevnen på kort og lang sikt? Institutt for biologi, Universitetet i Bergen (UiB) **184951** har kommet fram til at optimal fangstrate er lavere i bestander der større individer får høyere pris. Videre at konkurranse mellom aktørene i open access-fiskerier gjør at det lønner seg å beskatte en bestand hardt før konkurrenten. Dette gjelder også for størrelse og alder. Den som fanger yngre og mindre fisk, tjener penger først. Fiskeridrevne evolusjonære endringer i kjønnsmodningsalder er så langsomme at en diskonteringsrate så lavt som 1 % i praksis fører til at evolusjonen ikke har noen særlig økonomisk kostnad. Den økonomiske verdien er på sitt maksimale når noe større individer høstes, og det lar seg gjøre ved litt lavere høstingsrate. Når de største fiskene har blitt fisket opp, vil det lønne seg å gå etter de litt mindre individene. Det er mulig at konkurransen om å fange mindre fisk med mindre maskevidde også gjelder mellom nasjoner, for eksempel i skreifisket som Norge og Russland deler seg imellom. Bedrifts- og samfunns-økonomiske hensyn tilsier at det er best å ignorere evolusjonære endringer. Prosjektet peker på at det også er et etisk spørsmål hvorvidt det er riktig av vår generasjon å overlate en genetisk erodert fiskebestand til framtidige generasjoner. Det som taler imot dette, er at de evolusjonære endringene i fiskebestandene på samme måte som klimaendringene, er langsomme, kumulative og sannsynligvis vanskelige å snu. Føre-var prinsippet tilsier at en bør undersøke om andre evolusjonære effekter av fiske kan ha økologiske eller økonomiske kostnader. For eksempel viser teoretiske evolusjonsmodeller at den naturlige dødelighetsraten kan øke, noe som kan ha konsekvenser for økosystemdynamikk og bestandenes produksjonsevne. Flere av modellene fra dette prosjektet antyder at minstemål eller bruk av trål versus garnfiske kan være en effektiv forvaltningsstrategi for å oppnå større økonomisk gevinst fra fisket og unngå evolusjonære endringer.

# 5 Toppredatorer i det marine miljøet



Foto: Marius Omland, Forskningsrådet

Bærekraftig bruk og vern av naturen og artene som lever der, krever at vi sikrer artsmangfold og overvåker både arter og naturtyper med særlige forvaltningsbehov.

## 5.1 Sjøfugl

Norsk institutt for naturforskning (NINA) **153064** har studert hvilke områder i Barentshavet som er viktige for ulike arter av sjøfugl og sjøpattedyr. Prosjektet har gitt kunnskap om interaksjonene mellom lodde, sjøfugl og sjøpattedyr, og dette vil på sikt være viktig kunnskap for en økosystembasert forvaltning av Barentshavet.

Mange toppskarv som hekker i Øst-Finnmark, overvintrer langs kysten fra Polarsirkelen og nordøstover. For å kunne overleve så langt nord, finner disse fuglene mat enten i løpet av de få timene det er dagslys midt på vinteren, eller de fanger fisk i mørket. I en studie utført av Tromsø museum (UiT) **173460** ble dette for første gang påvist hos toppskarv. Det kan se ut som at toppskarven overlever ved å fange fisk med høy næringsverdi, og denne finner de i områder med store konsentrasjoner av fisk. God forvaltning av fiskeforekomstene er viktig, ikke bare

for fiskebestandene i seg selv, men også for de artene som spiser fiskene. En kollaps i en fiskebestand kan ha store negative konsekvenser for predatorne fordi de enten vil sulte eller måtte forflytte seg til andre områder hvor det er nok fisk. En slik forflytting kan ha negative konsekvenser for overlevelsen og/eller reproduksjon i andre deler av året.

## 5.2 Sjøpattedyr

Matematisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) **178712** har utviklet statistiske metoder som benytter den økende mengden DNA-data som forvaltningen samler inn. DNA-profiler kan erstatte fysiske "merker" som tradisjonelt har vært brukt i merke-gjenfangstforsøk, men DNA inneholder i tillegg informasjon om slektskap mellom individer. I prosjektet er det utviklet en test for å strukturere populasjoner geografisk, basert på observert slektskap. Dessuten har de etablert en metode som beregner størrelsen på bestander, basert på slektskap i et tilfeldig utvalg. Også estimerte feilrater i DNA-registre er utviklet. De utviklede metodene er allerede tatt i bruk i Den Internasjonale Hvalfangstkommisjonen (IWC) og benyttes på nordøstatlantisk vågehval, der Norge driver

fangst og har opprettet et DNA-register, men de er også tatt i bruk på andre hvalarter. Metodene er foreløpig best egnet for små populasjoner (sjøpattedyr, villaks, tunfisk, skilpadder), men på lengre sikt vil nye genetiske markørtyper (SNP's) gjøre det mulig å anvende de statistiske metodene på mer tallrike marine arter. Hovedtesen i prosjektet er at graden av slektskap i en populasjon vil være en viktig "markør" i fremtidig forvaltning av marine ressurser.

### Grønlandshval

Observasjoner gjort fra forskningsfartøyet Lance i 2006 sammen med undersøkelser i 2007-2009 viste at det igjen er en fast forekomst av grønlandshval i området til den tidligere Spitsbergen-bestanden. Det er usikkert hvor mange dyr det er i området. Dette kan bety at bestanden er på vei tilbake. Bygger denne bestanden seg på sikt opp igjen mot størrelsen den hadde før den store fangsten startet tidlig på 1600-tallet, vil det i betydelig grad virke inn på det marine økosystemet i Grønlandshavet og Barentshavet.

Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo (UiO) **153028** har også undersøkt hvordan den historiske Spitsbergen-bestanden skiller seg genetisk fra dagens bestand av grønlandshval i Beringhavet. Universitetet fant små forskjeller mellom de to, og det var heller ingen tegn på at den genetiske variasjonen har endret seg over tid. I dag antar Den Internasjonale Hvalfangstkommissjonen at det er fem bestander av grønlandshval i Arktis. Prosjektets resultater antyder at denne inndelingen ikke er riktig hvis den baserer seg på genetiske kriterier. Grønlandshval veksler etter alt å dømme i utstrakt grad mellom Beringhavet og Svalbard-området. I etterkant av prosjektet har arbeidet fortsatt, i nær kontakt med Grønlands naturinstitutt om å differensiere genetisk mellom de to bestandene grønlandshval i østlige Canada/ Vest-Grønland og Spitsbergen. Den Internasjonale Hvalfangstkommissjonen mottar rapporten om de endelige resultatene i 2010. Den vil trolig ha stor betydning for internasjonal forvaltning av grønlandshval i Arktis.



Foto: Marius Omland, Forskningsrådet

### Vågehval

Basert på fangst- og innsatsdata er det ved Norsk regnesentral **169046** beregnet en serie av relative bestandsestimater for nordøstatlantisk vågehval, justert for ulik fangstefektivitet mellom båter og geografiske forskjeller. Kvotene for fangst av vågehval fastsettes i dag ved hjelp av CLA-prosedyren utarbeidet av Den Internasjonale Hvalfangstkommissjonen. Simuleringsstudier er utført basert på en populasjonsdynamisk modell. Hensikten er å se hvilke konsekvenser ulike endringer i CLA-prosedyren kan få, både på størrelse av populasjonen og fangstene. Beregningene har inngått i det vitenskapelige arbeidet som ligger til grunn for Norges fangst av vågehval, og resultatene har vært en del av beslutningsgrunnlaget for å fastsette fangstkvotene på vågehval, og for Norges arbeid i Den Internasjonale Hvalfangstkommissjonen.

### Storkobbe

Fra 2005 til 2007 gjennomførte Norsk Polarinstitutt **164940** studier på storkobbe på vestkysten av Svalbard, inkludert Kongsfjorden. I denne perioden var isdekket i området betydelig redusert, og det var derfor mulig å studere hvordan effektene av mindre isdekket påvirket atferden, forekomsten, veksten og overlevelsen hos storkobben og også andre selarter. Redusert isdekket endret fødevalget hos storkobbe, fra høyere til lavere trofiske fødenivåer. Arten viste stor grad av tilpasningsdyktighet, både i atferd og fødevalg, men det ble registrert lavere vekstrater hos avkommet i de årene det var lite is, sammenlignet med 2005; et år med mere is. Lavere vekstrater vil trolig også resultere i at færre juvenile sel overlever, og derfor er det grunnlag for å anta en reduksjon i storkobbebestanden som et resultat av redusert isdekket. Noen storkobber var i stand til å føre opp avkom med normal vekstrate. Til sammenlikning overlevde svært få avkom av ringsel i den samme perioden.



Foto: Shutterstock

# 6 Kunnskapsgrunnlag for kysten og samfunnet

## 6.1 Marine verneområder

Marine verneområder er et potensielt verktøy for økosystembasert forvaltning. Havforskningsinstituttet **178376** har evaluert hvordan marine verneområder kan fungere i tempererte kystområder, og fokusert på torsk og hummer langs den norske skagerrakkysten. Fangstene av hummer på Sørlandet er 14 ganger høyere enn rapporterte fangster. Fritidsfisket står for 2/3 av landingene. Kun en av fire hummer landet av yrkesfiskere, blir rapportert. Forvaltningen har ikke satt grense for hva den totale innsatsen i hummerfisket skal være. Kombinert med manglende kunnskap om det totale antallet landinger, kan konsekvensen være at det blir vanskelig å bygge opp hummerbestanden. Torsken på Sørlandet er svært stasjonær og danner et nettverk av lokale bestander. I et studieområde døde i løpet av ett år én av fire fisk en naturlig død, mens to av fire ble fisket opp. Fisketrykket var mest intenst på de største fiskene. Havforskningsinstituttet anbefaler at fritidsfisket blir en integrert del av forvaltnings-

prosessen. Resultatene peker på uprøvde forvaltningstiltak som permanente fiskefrie soner og maksimumsmål for lovlig fanget torsk og hummer. Lokale tiltak på lokale bestander forventes å gi positive utslag i de berørte områdene.

## 6.2 Fritidsfiske

Korrekt anslått omfang av turistfisket har stor betydning for bestandsberegninger, å løse konflikter og regulere kvoter i framtiden. Fritidsfisket i Norge omfatter ikke bare turister som kjøper fiskeferie i de spesialiserte fisketurismebedriftene, men også campingturister og turister som leier privat, i tillegg til nordmenn i eget hjem eller fritidsbosted. Havforskningsinstituttet **173274** har beregnet fiskeuttaket for den profesjonelle sjøfisketurismenæringen. Til dette har de benyttet en avansert statistisk metode, oppsøkende feltarbeid og egne rapporter fra turister i en representativ periode



Foto: Shutterstock





Foto: Shutterstock



Foto: Shutterstock



Foto: Shutterstock

av sesongen og et utvalg av bedriftene innenfor fisketurisme. Undersøkelsen kan danne grunnlag for å finne ut hvordan det er mulig å kartlegge det totale turistfisket. Fisketurister tilknyttet 445 bedrifter fisket om lag 3.300 tonn fisk i 2009. Fisket i Midt- og Nord-Norge var nesten ti ganger høyere enn i resten av landet. Norut Tromsø **185150** har med et nesten tilsvarende antall bedrifter som Havforskningsinstituttet og nærmere 600 fisketuristers forbruk per gjestedøgn, funnet ut at omsetningen var 563,3 millioner kroner for denne delen av den norske fisketurismenæringen, medberegnet overnatting, båtutleie og drivstoff. Kunnskapen om den profesjonelle sjøfisketurismenæringen i Norge har økt. Næringsstrukturen, markedet, omsetningen og ringvirkningene er kartlagt. Resultatene viser at markedsføringen av fisketurisme bør rette seg mot familiesegmentet og de som reiser med fly. På lang sikt er det viktig at myndighetene prioriterer å styrke noen utvalgte destinasjoner langs kysten slik at det blir mulig å tilby bredde i opplevelsestilbudet. Et bredt tilbud er viktig både for å tiltrekke familiesegmentet og stimulere flyselskåpene til å opprette direkte flyruter eller få charterfly som kan bringe inn gjester til kystdestinasjonene.

### 6.3 Lokal økologisk kunnskap

Sjøsamiske fjordsamfunn i Finnmark har vært utsatt for store utfordringer med bakgrunn i at bestandene av kyst- og fjord-

torsk kollapset, selinvasjoner, ødelagt tareskog og invasjon av kongekrabber fra øst. Samtidig øker presset på sjøarealene fra havbruksnæringen. Et flerfaglig forskningssamarbeid i regi av Universitetet i Tromsø/Senter for samiske studier **185182** med vekt på lokal økologisk kunnskap og sosio-økologisk historie, har i samarbeid med lokale kunnskapsinstitusjoner bidratt til å utvikle en metode for forskning på lokal økologisk kunnskap. Dette er en flerfaglig metode det er mulig å gjennomføre, og som er fruktbar og kan styrke kunnskapsgrunnlaget. Den kan også bedre forvaltningen av de marine ressursene, sjøarealene og næringene i fjordene og kystområdene. Metoden gir innsikt i romlige og temporale parametere, sammenhenger mellom økologi og menneskelig aktivitet og åpner for dialog og innspill fra ulike interesser. Det kan bidra til økt legitimitet. Forvaltningen står overfor kunnskapsutfordringer knyttet til fiskeriforvaltning innenfor fjordlinjene og når de skal planlegge bruk av kystsonen, turistfisket, havbruk og vern av marine områder. Dette ble blant annet aktualisert av Biomangfoldsloven, den nye havressursloven og Kystfiskeutvalgets innstilling.

Havområdene utenfor norskekysten har høy biologisk produksjon og gir grunnlag for en rik fiskeri- og havbruksnæring. I de forskjellige fasene av petroleumsvirksomheten benyttes mer enn 1000 forskjellige kjemikalier i varierende mengder og sammensetninger. Utslipp fra petroleumsvirksomheten kan ha effekter på både fiskelarver og andre stadier i livssyklusen til fisken og de andre organismene i det marine næringsnett.

# 7 Kunnskapsgrunnlag for bærekraftig forvaltning av det marine miljøet

- og den menneskeskapte påvirkningen



## 7.1 Oljerelatert forurensning – vannsøylen og det marine miljøet

Det er av avgjørende betydning at ikke utslippene fra petroleumsvirksomheten har negative konsekvenser for de rike fiskeressursene, og heller ikke for fiskens kvalitet som menneskeføde. Den vitenskapelige dokumentasjonen om hvilke langtidsvirkninger petroleumsvirksomheten eventuelt kan ha på de marine økosystemene, må fremdeles betegnes som mangelfull. Det blir særlig viktig å identifisere og oppfylle kunnskapsbehovene om langtidseffekter etter utslipp når virksomheten utvides til dypere havområder, arktiske områder og områder nær sårbare kystområder.

### Miljøgifter rundt norske olje- og gassplattformer

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) **164398** har gjennomført studier for å generere opptakskinetikk i to passive prøvetakere (SPMD og POCIS) for mer enn 60 miljørelevante oljekomponenter. Disse prøvetakerne kan benyttes til å overvåke miljøet i vandig miljø med lave konsentrasjoner av miljøgifter, for eksempel rundt oljeplattformer. Opptakshastigheten for SPMD var typisk på flere liter/dag, mens for POCIS var kapasiteten på prøvetakeren mye mindre enn 0,3 liter/dag. De to ulike prøvetakerne egner seg for ulike klasser av miljøgifter. SPMD passer på organiske miljøgifter som er fettløselige, mens POCIS egner seg for miljøgifter som er mer vannløselige. Passive prøvetakere ble utplassert rundt norske olje-/gassinstallasjoner, og gjorde det mulig å beregne konsentrasjoner av ulike PAH-forbindelser og alkylfenoler. De målte konsentrasjonene var flere potenser lavere enn de som er rapportert å gi akutte og subletale effekter. Det er verdt å merke seg at den generelle kunnskapen om effekter av kronisk eksponering er liten. Feltforsøk med SPMD og POCIS rundt norske olje-/gassinstallasjoner har også gjort det mulig å beregne hvilke konsentrasjoner av ulike miljøgifter som finnes i vannsøylen rundt installasjonene. Metoden egner seg godt til å verifisere estimerte miljøkonsentrasjoner rundt en installasjon. Konsentrasjonene er generelt for lave til at det er mulig å måle dem kun med vannprøve. De passive prøvetakerne er derfor et viktig supplement til eksisterende målemetoder og beregninger.

### Oljens ukjente effekter

SINTEF Materialer og kjemi **164430** har gjennomført studier der hensikten var å studere effektene av ukarakterisert komplekst materiale ("unresolved complex material"- UCM) i den vannløselige delen av oljen. Denne ble fraksjonert etter polaritet (vannløselighet), og hver av de 14 oppnådde fraksjonene undersøkt for flere typer giftighet mot cellekulturer av regnbueørret. De best karakteriserte oljekomponentene, for eksempel polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og aromater/fenoler ble detektert i fraksjon 1-6, men det meste av materialet i den vannløselige delen kom ut i en annen fraksjon (fraksjon 11). Denne fraksjonen inneholdt primært oljekomponenter som ikke er karakterisert. Fraksjonen inneholdt dessuten det meste av giftigheten, spesielt knyttet til DNA-skade. De skadelige effektene av oljeforurensning har primært vært assosiert med aromatiske komponenter som



naftalener, fenantrener, dibenzothiofener (NPD), fenoler og PAH. Ved å lage syntetiske blandinger av disse oljekomponentene ble det påvist at giftigheten i den polare fraksjon 11 ikke skyldtes velkjente hydrokarboner, men ukjente forbindelser. De dominerende effektene i vannløselige komponenter fra UCM-rike oljer er etter all sannsynlighet UCM-relaterte komponenter. Disse var giftige ved lave konsentrasjoner i cellekultur. Resultatene viste at man også bør fokusere på andre komponentgrupper som er dårlig karakteriserte, men som i vesentlig grad bidrar til ulike giftige effekter. Det vil være spesielt viktig å inkludere UCM-komponenter i risikovurderinger, blant annet for EIF-beregninger, for på den måten å få et mer fullverdig bilde av risiko forbundet med oljesøl.

### Oljens effekt på torskelarver

SINTEF Materialer og kjemi **173373** har også bygget og testet en prototyp av et eksponeringssystem som undersøker giftigheten av henholdsvis dispergerte oljedråper og vannløste oljekomponenter på fiskeegg og fiskelarver. Tester med torskelarver viste at dette systemet med små modifikasjoner var egnet til slike studier. På kort sikt betyr resultatene at det er mulig å sette i gang småskala-studier, der giftighet av olje på marint plankton, inkludert egg og larver av fisk og mengden dispergert olje kan kontrolleres over tid og hvor variablene systematisk kan variere. Det er også mulig å benytte systemet til kontinuerlig å teste rene vannløselige oljefraksjoner. På lengre sikt bidrar dette til at forståelsen for miljøeffektene av forskjellige oljefraksjoner i det marine miljø blir bedre. Et viktig mål med systematiske studier av denne typen er å bidra til å forbedre inngangsdata til numeriske modeller brukt til å beregne miljøskade og miljørisiko i forbindelse med oljeutslipp til sjøen. Senere har SINTEF Materialer og kjemi **196604** (følger opp 184716) benyttet metabolomics for å beskrive metabolske endepunkter. Metodikken ble brukt til å utvide kunnskapen om mekanismene for effektene olje kan





ha på torskelarver. Metabolomet hos torskelarver studert ved hjelp av protonet  $^1\text{H-NMR}$  basert metabolomics, viser effekt når torskelarvene ble eksponert for oljedispersjon og vannløselig fraksjon av olje. Det er ikke mulig å skille mellom virkningen av oljedispersjon og vannløselig fraksjon, heller ikke mellom den effekten kjemisk og mekanisk dispergert olje har på metabolomet. Effekten likner den som er observert når torskelarvene er sultne. Metabolomics metodikk gir mulighet til å studere respons på organismer som eksponeres for endrede miljøbetingelser. Disse effektene har potensiale til å bli oppdaget før de er synlige. Forvaltningen bør vurdere om denne metodologien skal tas inn som en del av risikovurderingen og giftighetstesting. For å vurdere potensielle effekter, er det viktig å utvikle og ta i bruk avanserte metoder som en del av arbeidet med miljørisikovurderingen. På sikt vil det gi nye dimensjoner, som gjør forvaltningen av ressursene sikrere, bedre dokumenterte og vitenskapelig forankrete.

### Robust raudåte

NTNU har etablert reproduserende laboratoriekulturer av raudåte (*Calanus finmarchicus*) ved NTNU og SINTEFs laboratorier ved SEALAB i Trondheim [170429](#). I en rekke vekstforsøk fikk nyklekte raudåtenauplier (larvestadium) utvikle seg, men ble gjennom fire uker til nesten voksen plankton konstant eksponert for vannløst fraksjon (WSF) av forvitret råolje fra Troll B- produksjonsplattformen. Vannløst fraksjon ble generert online fra oljesuspensjon med total konsentrasjon 50mg/liter, ved frafiltrering av oljedråper og påfølgende fortykning av generert WSF til 50 - ~ 0,1 % av utgangskonsentrasjon WSF. Ingen av konsentrasjonene hadde effekt på hvor mange raudåtenauplier som overlevde, stadiefordeling, biometri eller fettdeponering. Det ble heller ikke registrert synlige effekter på farge eller adferd hos dyrene. Resultatene indikerer overraskende høy toleranse hos raudåte for vannløste oljekomponenter. Det er mindre grunn til å være bekymret for kroniske skader av oljeutslipp på dyreplankton dersom resultatene viser seg å ha generell gyldighet for denne gruppen, og dette kan få konsekvenser for forvaltningen av havområdene på lengre sikt. Det er ikke uten videre mulig å overføre

toleransenivåer hos raudåte til øvrige arter av hoppekreps eller annet dyreplankton. Komparative tester basert på et representativt antall arter bør gjennomføres før vidtrekkende konklusjoner blir trukket. Et større reproduksjonsforsøk ble gjennomført, men uten registrerte effekter verken på antall egg pr. eggleggende individ eller klekkesuksess i eksponeringene. Noen oljerelaterte effekter i de høyeste konsentrasjonene ble registrert, men også dette forsøket viser på samme måte som vekstforsøkene, overraskende høy toleranse hos raudåte for den undersøkte oljen.

### Kobler plankton, fisk, klima og olje

Et oljeutslipp som reduserer bestanden av én art, vil også kunne påvirke dens byttedyr, konkurrenter og predatorer. Dette vil kunne forlenge restitusjonstiden etter et oljeutslipp. Biologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO) [178434](#) har sammen med russiske forskere analysert de statistiske sammenhengene i svingninger for dyreplankton, fisk og klima i Lofoten-Barentshav-området fra år til år. Resultatene viser at det er sterke koblinger mellom aktørene i økosystemet. Loddebestanden kan redusere biomassen av dyreplankton over store havområder om sommeren. Mengden dyreplankton på sin side, betyr svært mye for hvor mange av larvene til norsk-atlantisk torsk (skrei) og andre fiskebestander som overlever. Den økte kunnskapen gjør det lettere å kunne forutsi effektene av oljeutslipp på økosystemet. Voksen sild føret med raudåte og forurenset av olje, viste ingen alvorlige skader da Havforskningsinstituttet [178015](#) undersøkte dette. Trofisk overføring av oljekomponenter påvirker ikke reproduksjonen av voksen sild. Sannsynligheten er liten for at oljeutslipp i områder med voksen sild skal skade hele bestander. Egg og larver av sild kan være mer følsomme for olje.

### Oljeutslipp langs den europeiske kysten

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) [189614](#) har i et europeisk samarbeidsprosjekt undersøkt hva som skjer når utslipp av olje blir til giftstoffer oppløst i havet og transportert over store avstander med havstrømmene. Prosjektet har sett på effektene av olje fra Ekofisk, Arabian light og vanlig skipsdiesel, som finnes i drivstofftankene til mange skip, på utvalgte organismer. Forsøk er gjort for den vannløselige fraksjonen av delvis nedbrutt olje. Torsk ble økologisk relevant eksponert over tre uker. Fisken viste at den ble påvirket gjennom hele denne perioden og at mønsteret av biologiske responser både kunne vise hvilken olje den var eksponert for og når i eksponeringsperioden prøvene av fisken ble tatt. Resultatene for blåskjell var ikke like tydelige, men viste også at de var eksponert. Karakterisering av oljene viste at aromatiske oljekomponenter hadde størst betydning for de biologiske responsene, mens polare oljekomponenter hadde hormonforstyrrende effekt. Resultatene viser at torsk i områder med oljeutslipp blir påvirket i minst tre uker, sannsynligvis lenger. Metodene som ble benyttet i prosjektet viste seg å være velegnet for å følge utviklingen. De egner seg også i overvåking av fremtidige utslipp. Et mål med ERA-Net-prosjektet var å skape synergieffekter på et overordnet europeisk nivå og kunne kartlegge skadevirkningene av oljeutslipp langs den europeiske kysten de siste årene.

### Skipsfartens fare

Skipsforlis og lekkasjer fra skip innebærer stor akutt risiko for dødelighet hos bunndyr og fisk. International Research Institute of Stavanger (IRIS) **189616** har funnet at forurensning som blir liggende på havbunnen eller strandsonen representerer en fare for kroniske og alvorlige skader hos marine arter. Det kan for eksempel påvirke egenskapen til å vokse og reproducere seg normalt. For å måle nivå og omfang av oljesøl, har prosjektet benyttet kriterier basert på biologiske markører som viser om et individ har blitt eksponert for forurensning, for deretter å vurdere helsetilstanden. Metodene som er brukt her, kan bidra til å evaluere omfanget av skadene etter skipsforlis, hvor alvorlige de er og hvor lenge de vil vare. Dataene kan også føres inn i verktøy for risikovurdering. Ved å summere de biologiske markørene i indekser, er det også mulig å nærme seg en mer harmonisert marin forvaltning innen EUs vanddirektiv, og beskytte viktige økologiske og økonomiske marine områder som er utsatt for skipsforlis i Europa.

## 7.2 Oljerelatert forurensning - utslipp

Utslippene fra oljevirkningen kan påvirke det marine miljøet både på sjøbunnen og i vannsøylen. Årsaken kan ligge i både innholdet av kjemiske stoffer og de fysiske egenskapene til komponenter i utslippene. Noen av stoffene i utslippene brytes raskt ned og vil derfor bare ha effekt i et begrenset område rundt utslippspunktet, mens andre er mer persistente og kan påvirke større områder over lengre tid. Operasjonelle utslipp er utslipp som kommer i forbindelse med planlagt boring og produksjon. Utslipp til vannsøylen stammer fra både boring (vannbaserte borevæsker) og produksjon (produsert vann), mens utslipp til sjøbunnen hovedsakelig skyldes boreaktivitet. Utslippene består blant annet av olje, kjemikalier, radioaktive forbindelser og tungmetaller. Produsert vann er den viktigste kilden til utslipp av olje og tungmetaller, mens de største utslippene av kjemikalier skrives seg fra boreaktivitet.

### Produsert vann

Utslipp fra installasjonene som produserer olje og gass i Nordsjøen, bidrar til den totale forurensningsbyrden i sjøen. Produsert vann (prosessvann fra offshoreinstallasjoner) er en viktig kilde til utslipp av en rekke uorganiske og organiske stoffer. Noen stoffer er spesielt viktige med tanke på giftigheten. Det er for eksempel polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), alkylfenoler og en rekke organiske syrer, eksempelvis naftensyrer. Utover det faktum at stoffene er akutt giftige, er det dokumentert at mange av disse stoffene kan føre til ulike typer subletal giftighet som kan gi opphav til (økologisk relevante) langtidseffekter. Utslipp av produsert vann er komplekse blandinger som består av flere tusen stoffer. Det har vist seg å være en utfordring å koble tilstedeværelse av et stoff til stoffets giftighet, og minst like viktig, å koble giftigheten i en kompleks prøve til tilstedeværelse av ett eller flere giftstoffer

### Produsert vann

Vann som følger med olje og gass fra reservoaret. Det består både av naturlig vann fra formasjonene og vann som er injisert for å øke utvinningen.

Kilde: Langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra petroleumsvirksomheten. Resultater fra ti års forskning. (Havet og kysten, 2012).

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) **159113** har utviklet en rekke småskala *in vitro* testmetoder som karakteriserer giftigheten av organiske stoffer i produsert vann. Resultatene viser at produsert vann inneholder stoffer som kan gi akutt giftighet, dannelse av frie radikaler, oksidativt stress, hormonforstyrrelser, aktivering av arylhydrokarbon (Ah) reseptor, DNA-skade, og neurotoksisitet. NIVA antar at resultatene fra arbeidet kan være viktig for å vurdere biologiske endepunkter til bruk i vannsøyleovervåkingen av Nordsjøen. Resultatene fra studiene viser samvirkende effekter. De anbefaler derfor på kort sikt å vurdere om det kan være fornuftig å gjennomføre en føre-var-tankegang i risikovurderingen av komplekse blandinger, for eksempel i form av sikkerhetsfaktorer. Anti-androgene stoffer sammen med østrogene stoffer (eksempelvis alkylfenoler) i produsert vann vil potensielt sett kunne forsterke effekten av hverandre og medføre større hormonforstyrrende effekter enn det som tidligere er antatt. Akutt og kronisk giftighet av naftensyrer kan ha betydning for hvordan vi skal vurdere risikoen ved komplekse utslipp fra oljeproduksjon. På kort sikt bør forvaltningen prioritere vurdering og utredning av eventuelt bidrag til giftighet.

Produsert vann blir raskt fortynt etter utslipp fra plattformer. Villfisk som befinner seg nedstrøms vil alltid, dersom den blir eksponert, utsettes for en lav dose. Det er derfor stor usikkerhet knyttet til i hvor stor grad villfisk fanget i nærheten av offshoreplattformer, er blitt eksponert for produsert vann. Det meste av denne usikkerheten elimineres når fisk i laboratorium eksponeres for en lav dose produsert vann. Dette har betydning for målesikkerheten av eventuelle biologiske effekter. International Research Institute of Stavanger (IRIS) **153898** har gjort forsøk som viser at det er mulig å gjennomføre realistiske (lavdose) forsøk i laboratorier og eksponere fisk for et bestemt produsert vann. Det ble også gjennomført forsøk der målet var å benytte gallen i fisken som prøvetype for å måle bestemte metabolitter (nedbrytningsprodukter) av alkylfenoler typisk for produsert vann. Studien utviklet og validerte en GC-MS-SIM-metodikk som sannsynligvis er ca. 100 ganger mer sensitiv enn de eksponeringsmålene som hittil er benyttet innenfor marin miljøovervåking i Nordsjøen. Resultatene av studien vil på kort sikt kunne bedre vår evne til å vurdere miljøet for marine fiskepopulasjoner eksponert for produsert vann. Denne målemetoden blir nå fulgt opp som en potensiell anbefalt metode i sammenheng med den marine miljøovervåkingen i Nordsjøen og andre steder hvor det skjer store utslipp av produsert vann til det marine miljøet.

Eksperimenter utført ved Havforskningsinstituttet **153692**, viser at torsk er veldig sensitive for alkylfenoler, og at disse

stoffene påvirker en rekke biokjemiske og fysiologiske prosesser. Et spesielt viktig resultat var at gytetidspunktet for eksponerte fisk ble forsinket med mellom 1-2 måneder, selv ved lave doser. Gytetidspunktet for torsk sammenfaller med tidspunktet for når planktonet blomstrer opp. Planktonet sikrer god tilgang av føde. Det er derfor viktig at eggene gytes på et tidspunkt som sikrer at torskelarvene overlapper i tid med høy planktonbiomasse. Forsinket gytetidspunktet kan derfor være forbundet med stor risiko for dårlig rekruttering. Effekten ble også observert selv når dosene var så lave som  $20 \mu\text{g}/\text{kg} \approx 40 \text{ ng}/\text{liter}$  sjøvann. Fortynningsfaktoren ved offshoreutslipp er likevel så stor at man kan forvente skadelige konsentrasjoner kun helt nær plattformene

Havforskningsinstituttet har også studert langtidseffektene av produsert vann eksponert på tidlige livsstadier hos atlantisk torsk (embryo, larver og tidlig juvenile fisk) **163338**. De har ikke observert noen skadelige effekter på embryoutviklingen, klekkesuksessen, veksten og overlevelsen hos torsk, selv om fisken på et tidlig livs stadium er blitt eksponert for produksjonsvann i lave konsentrasjoner. Ved høye konsentrasjoner er det derimot funnet en lang rekke skadelige effekter. Prosjektet har ikke funnet langtidseffekter på vekst eller overlevelse for de ulike gruppene eksponert fisk. Derimot var det en markant nedgang i mengden normalt utviklede egg som ble gytt når torsk var blitt dosert med 0,1 % og 1 % produsert vann i sen yngelfase. Resultatene viste at "lowest-observed-effect concentrations" (LOEC) for kronisk giftighet på det tidlige larvestadiet hos torsk, er mellom 0,1 % og 1 % produsert vann. Stor fortynningsfaktor ved offshoreutslipp gir som forventet,

skadelige konsentrasjoner kun nær plattformene. Det er likevel viktig å holde fokus på at produksjonsvann inneholder store mengder miljøskadelige stoffer. Mange stoffer som forekommer naturlig i produksjonsvann, som PAH, alkylfenoler og tungmetaller, vil klart bli klassifisert innenfor sort kategori (Klif), og bør være forbudte å slippe ut.

Det har vært diskutert hvorvidt produsert vann gir DNA-skader. Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) **164419** har vist at torsk eksponert for noen av de mer vannløselige polycykliske aromatiske hydrokarbonene (PAH) og alkylfenoler får DNA-skade. DNA-skadene er addukter, altså bundet til DNA-molekylet og de hindrer at dette molekylet kan kopiere seg selv nøyaktig. Pulset eksponering ga ikke signifikant for høye nivåer av addukter, muligens fordi de repareres raskt. Torsk som over lang tid blir eksponert for selv lave konsentrasjoner av produsert vann (selv uten oljedelen), får DNA-skade. Kronisk eksponering vil være uvanlig i åpent hav, men kan forekomme i kystsonen, eventuelt etter utslipp og påfølgende utlekking, eller med sedimenter. Resultatene bekreftet at noen responser avhenger av når målingen gjøres i løpet av en eksponering, mens andre responser enten er stabile gjennom eksponeringsperioden eller de øker jevnt dersom eksponert periode varer over en lengre tid. Denne kunnskapen er viktig for å kunne velge de rette metodene til miljøovervåkingen.

Mer presis overvåking er ønskelig. Det er mulig gjennom å utvikle et sett av nye biomarkører som kan fange opp følsomme signaler om miljøtilstanden i havet rundt utslipp av produsert vann fra oljevirkomheten. Klima- og forurens-



Foto: Kristin Stand By



ningsdirektoratet (Klif) har ansvaret for vannsøyleovervåkingen, og kan implementere nye biomarkører som en del av miljøforvaltningen. Molekylærbiologisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) **164423** har gjennomført et arbeid der ett av målene var å utvikle nye biomarkørkandidater for torsk, basert på proteom-studier. 17 kandidatproteiner ble identifisert, og det ble utviklet antistoffer mot dem. Disse antistoffene har blitt testet ut på materiale fra ulike eksponeringssituasjoner, og flere av disse antistoffene ble for eksempel brukt for å undersøke oljeutslippet på Statfjord A, desember 2007. Videre studerte prosjektet endringer av proteinet i plasma fra juvenile torsk som var eksponert for råolje eller råolje tilsatt alkylfenoler og PAH-forbindelser (surrogat produsert vann). Resultatene fra proteinuttrykkingsprofiler viste effekter på immunsystemet, reproduksjonen, skjelettdannelsen, fettstremetabolismen, oksidativt stress, celledmobiliteten og apoptose etter at de var eksponert for råolje og surrogat produsert vann. Effekter på proteinmønsteret hos torsk ble også påvist etter at den var eksponert for produsert vann over lang tid (3 måneder). Funnene ble gjort både i torskelarver og i lever hos torskeyngel ved konsentrasjoner tilsvarende de vi finner 1-2 km fra plattformen (0,01 % produsert vann). Tallene er lavere enn de som har vært påvist med andre metoder tidligere. Basert på føre-var-prinsippet, viser resultatene at effektene av produsert vann kan ramme fisk i et mye større område enn tidligere antatt. På kort sikt burde dette føre til en revisjon av overvåkingsprogrammene for sokkelen med sikte på å øke bruken av biologiske effektmålinger som kan dokumentere nulleffekt av utslipp. På lengre sikt må resultatene og metodene føres videre til enkle overvåkingsmetoder som

valideres i robuste feltforsøk før de tas i bruk, for eksempel i vannsøyleovervåkingen.

IRIS Biomiljø **178408** har i dette prosjektet integrert biologiske effektindikatorer (biomarkører) med et miljørisikoverktøy som kan påvise utslipp av produsert vann (PV) på norsk sokkel. Artsfølsomhetsfordelinger er etablert for hel- og sub-individuelle effekter og responser i marine dyr som har vært eksponert for olje under kontrollerte betingelser i laboratorium. Fra dette er det utledet funksjoner som tillater omregning mellom overvåkings- og risikodata. Det er sånn sett mulig å beregne miljørisiko som er validert og kontrollert mot biomarkører, og miljøstyringen av PV-utslipp forbedres. Deler av resultatene er brukt av ICES/OSPAR for å etablere "Environmental Assessment Criteria" for biologiske effekter av forurensning. Kanskje er det også mulig å videreføre systemet til EUs marindirektiv, og bruke det som data for de biologiske effektindikatorerne i revidert utgave av forvaltningsplanen for Barentshavet og Lofoten. Den geografiske relevansen for forvaltningen øker dersom tillatelsen til PV-utslipp underlagt en risikovurdert styring utvides lengre nordover.

Den kjemiske sammensetningen av produsert vann gjenspeiler den vannløselige delen av olje, men vil sammenlignet med olje være anrikt med spesielt polare (vannløselige) forbindelser og mineraler fra formasjonen. I tillegg vil det produserte vannet inneholde en viss mengde dispergert olje og kjemikalier som er tilsatt i produksjonen. SINTEF Materialer og kjemi **157673** har studert innholdet i naturlige oljekomponenter, og ikke sett på tilsatte kjemikalier og mineraler fra





Foto: Kjell Næs, Forskningsrådet



Foto: Shutterstock

formasjonen. Resultatene innebærer betydelig bredere forståelse for at vannløselige ekstrakter av råolje har komplekse kjemiske sammensetninger. En rekke type forbindelser har blitt identifisert, og disse har det vært lite oppmerksomhet om i de eksisterende miljørisikobeskrivende modellene for produsert vann (for eksempel EIF-modellen). Resultatene og metodene fra prosjektet skal etter planen videreføres, og vil i så fall ha betydning for forvaltningen på lang sikt.

Institutt for Energiteknikk **163323** har utført en rekke forsøk for å måle radioaktivitet i forbindelse med produsert vann, både bakgrunnsverdier og effekter på en rekke organismer. Forsøkene viser små eller ingen målbare effekter verken på opptak av radioaktivitet eller biologiske effekter, men "scale inhibitor" økte tilgjengeligheten til biologisk radium med en faktor >5 mot ubundet radium. Det forventede opptaket av radium i fisk og videre i mennesket er likevel lavt. En dose til levende organismer i havet vil være godt innenfor det som defineres som velværesonen, og det er ikke mulig å observere negative effekter. Stråledosene som vi mennesker kan få etter å ha spist sjømat, vil det også kunne være mulig å neglisjere for målte og beregnede konsentrasjoner. For dyr og mennesker synes implikasjonene av doser fra utslipp av produsert vann å være så lave at de ikke har betydning. På kort sikt vil det derfor ikke være påkrevet med spesielle tiltak. På lang sikt bør påvirkning på opptak av radium og polonium til oljekomponenter i produsert vann, og tilsatte kjemikalier undersøkes nærmere.

### Borekaks og boreslam

Borekaks slippes ut fra olje- og gassinntallasjoner til sedimentoverflaten på havbunnen, der de kan skade bunndyrene og funksjonen til bløtbunnsfaunaen. Tidligere eksperimenter har vist betydelige effekter på bunnsamfunn fra borevæske basert på vektmaterialer mineralolje, ester, eter, acetyl og olefin med baritt. I et arbeid som Norsk Institutt for Vann-

forskning (NIVA **173333** har utført, viser sammenlignbare effekter av borekaks med vannbasert borevæske og vektmaterialer ilmenitt på bunnfauna, signifikant nedgang i biologisk mangfold av bunnlevende virvelløse dyr i kontrollerte langtidseksperimenter. Effektene var kraftige og nesten ingen arter overlevde etter å ha blitt begravet av 24 mm kaks. Resultatene fra studiene viser at vannbasert borekaks har større miljøeffekt enn tidligere antatt. Anbefalingen er å tone ned nedslammingseffekten av vannbasert borekaks, mens andre egenskaper i kaksen får større oppmerksomhet. Både myndighetene og oljeselskapene bør ta denne informasjonen i betraktning når de vurderer miljøkonsekvensene av utslipp av vannbasert borekaks. I løpet av 2010 har NIVA **164410** testet toksiske effekter av oljebasert, syntetisk og vannbasert kaks på tre forskjellige grupper organismer, og vannbasert borekaks ga signifikant effekt på samtlige organismer. Effektene var sammenlignbare med olje og syntetisk borekaks, men må utredes videre i henhold til oksygenforbruk, giftighet og mineralogi (form og sammensetning). Forskere, oljeselskapene og forvaltningen må sammen jobbe videre for å finne best mulige teknikker og praksis ved bruk av vannbasert kaks i marine miljøer.

### Borekaks og boreslam

Utslipp fra brønnboring består av knust masse fra borehullet (borekaks) sammen med kjemikalier brukt under boring. Boring skjer med konstant tilførsel av borevæske (boreslam). Denne har som funksjon å smøre borekronen, stabilisere brønntrykket og brønnveggene og transportere borekaks opp fra borehullet.

Kilde: Langtidsvirkninger av utslipp til sjø fra petroleumsvirksomheten. Resultater fra ti års forskning. (Havet og kysten, 2012).

Også International Research Institute of Stavanger (IRIS) **173418** har i langtidsforsøk studert effektene på torsk, kamskjell og blåskjell som har blitt eksponert for suspenderte partikler av vannbasert boreslam (WBM) og komponenter i boreslammet. Metall i vevet til de eksponerte dyrene er analysert. Hensikten har vært å finne ut om metall fra boreslammet ble tatt opp. En serie forsøk er gjort for å studere hvor mye metaller fra ulike typer boreslampartikler som lekker ut. Generelt var det høyere utlekking av metaller fra brukt vannbasert boreslam enn fra barytt, ilmenitt og bentonitt. Kamskjell var mest følsomme for boreslam, men også torsk og blåskjell (voksne og larver) hadde negative effekter. Generelt var effektene større på skjell eksponert for vannbasert boreslam enn skjell eksponert for barytt og ilmenitt (vektmaterialer). Vannbasert boreslam ga utslag på kamskjell i konsentrasjoner fra 0,5-20 mg/liter partikler. Høy konsentrasjon ga mest effekt, men selv et halvt milligram partikler per liter ga respons i kamskjellene. Den batchen av barytt-WBM som ble testet, ga mer alvorlige effekter enn ilmenitt-WBM-en. Myndighetene og oljeselskapene kan bruke resultatene til å sette en grense for hvor mye boreslampartikler det er akseptabelt å ha i vannet. De effektkonsentrasjonene som er funnet, må kombineres med

informasjon om spredning og oppholdstid for boreslam-partikler i vannet. Når forvaltningen bestemmer hva slags vektmateriale industrien skal pålegges å bruke, bør de også ta hensyn til effekten av brukt mudd, ikke bare innholdet av metaller. Dette gjelder effektene på bunndyr som lever nær utslippet og ”drukner i kaks”, men også virkningene av suspenderte boreslampartikler som kan følge med havstrømmene langt vekk fra borestedet. Senere har International Research Institute of Stavanger (IRIS) **184699** undersøkt dypvannskorallen *Lophelia pertusa* for potensielle biologiske effekter fra brukt vannbasert boreslam under eksponeringsperioder på inntil en måned, og i konsentrasjoner fra 4-40 mg/liter. Prosjektet studerte responsene fra molekylært nivå (genekspresjon og proteiner), fysiologisk nivå (respirasjon og vekst), histologiobservasjoner og adferd (polyppaktivitet). *L. pertusa* viste seg å være tolerant og generelt sett ikke vesentlig påvirket av de eksponeringsscenariene de ble utsatt for. Kombinasjonen mellom boreslam og havforsuring ga likevel større effekter på enkelte parametere. Olje- og gasselskapene utvinner energireserver som er lagret i havbunnen. Mange av disse reservene befinner seg i områder hvor det også er gamle, mangfoldige økosystemer som består av korallformasjoner og assosierte arter. Kunnskapen om biologiske effekter av olje- og gassaktivitetene på korallene er fremdeles liten. Denne forskningen bidrar på kort sikt til å forstå dypvannskorallens følsomhet bedre, kunne sette grenser for utslippstillatelsene og gi råd om tiltak som begrenser skadene. Regjeringen og myndighetene vurderer fra år til år åpningen av nye områder for prøveboring, også i områder hvor føre-var-prinsippet er brukt i dag. På lengre sikt vil prosjektet bidra til en bedre evaluering av miljørisiko for nøkkelarter i områder med olje- og gassaktivitet.

## Hydrokarboner

Oljevirkosomhet i Arktis er forbundet med risiko for oljedrift i den marginale issonen i havet. Det er viktig å etablere naturlige tålegrenser for oljepåvirkning gjennom forsøk med nøkkelarter i de arktiske økosystemene. Amfipoden *Gammarus wilkitzkii* er en nøkkelart i randområdene for pakkis, og utgjør et viktig næringsgrunnlag for høyere organismer, som polartorsk. Potensielt sett vil oljedrift inn i pakkis bli frigjort med ulike mellomrom i smelteperiodene, og denne nøkkelarten eksponert for olje. Kunnskap om bioakkumulering og tålegrenser er derfor et viktig grunnlag for operatører og offentlig forvaltning. International Research Institute of Stavanger (IRIS) **164407** har gjennomført en rekke forsøk som indikerer høy bioakkumulasjon, men samtidig høyt toleransenivå for vannløselige fraksjoner av olje hos amfipoden *G. wilkitzkii*. Det er avgjørende for den framtidige olje- og gassaktiviteten i nordlige regioner å utvikle overvåkningsmetoder som kan bidra til å vurdere hvordan olje og gass kan påvirke de arktiske nøkkelartene.

## Flammehemmere

I et studium gjennomført av Norsk institutt for luftforskning (NILU) **173446** utviklet de metoder for å påvise nyere flammehemmende stoffer. Forekomsten av disse, sammen med tidligere mer vanlige flammehemmere ble studert i vann-

prøver, sedimentprøver og i forskjellige leverprøver av fisk i nærheten av offshoreinstallasjoner i Nordsjøen. Prosjektet fant i varierende grad forhøyede verdier for de forskjellige stoffene i alle typer substrater. Studier av giftighet viste signifikante genuttrykk som resultat av påvirkningen. Både bakgrunnsverdier og grenseverdier er nødvendige for at myndighetene kan overvåke disse miljøgiftene, og sette grenser for anvendelse.

## Modeller

Et arbeid er gjennomført ved Akvamiljø AS **153882** for å integrere biologiske effektmetoder (biomarkører) til miljørisikosystemet. Olje- og gassindustrien på den norske kontinentalsokkelen har utviklet og bruker det. I forsøk med oljeeksponerte marine organismer etablerte de standarder og fordeling av følsomhet basert på terskelverdier for biologiske effekter, både på individnivå (miljørisikoparametere) og subindividnivå (overvåkningsparametere). Svarene er med på å fastslå tålegrensene for miljørisikoberegninger og terskelverdier til bruk i overvåking. Resultatene for biomarkørene er målt med OSPAR-anbefalte metoder for marin overvåking av biologiske forurensningseffekter. Deler av datagrunnlaget er allerede brukt av ICES/OSPAR til å fastsette terskelverdiene for biomarkører, som videre er foreslått som grunnlag for EUs marindirektiv. Dersom EU oppnår enighet om å bruke dette, vil resultatene på noe sikt (3-10 år) kunne være med å danne grunnlaget også for overvåkingen i norske marine forvaltningsområder, blant annet i Barentshavet. Akvaplan-niva **190247** har senere funnet at ulike prosesser og arter i bunndyrsamfunn kan være gode indikatorer for miljøtilstanden i et område, og således nyttige verktøy for å utarbeide strategier for forvaltning av naturressursene. Vekstmønstrene hos de undersøkte skjellene viste seg å reflektere viktige klimatiske indekser (North Atlantic Oscillation, Arctic Climate Regime Index), og skjellenes mineralogi reflekterte endringer i blant annet saltholdighet og primærproduksjon. Klimaendringene kan påvirke både saltholdigheten og primærproduksjonen. Analyser av skjellene kan derfor benyttes til å studere effektene som klimavariasjonene har på økosystemprosessen. Analyse av økologiske egenskaper ser ut til å være en kostnadseffektiv metode for å vurdere hvordan samfunn fungerer under ulike forhold og når artsidentifikasjon er usikker og inkonsekvent. Det kan være en god metode for fysisk eller kjemisk forstyrrelse og miljøendringer.

International Research Institute of Stavanger (IRIS) **173343** har etablert modeller for å beskrive vannkvalitet basert på regresjoner mellom nivåer av forurensende komponenter og biomarkører. Slike modeller gjør det mulig å estimere konsentrasjoner av ukjente stoffer, og dermed kunne klassifisere vannkvalitet basert på tidligere datasett fra samme område. Dette er et nyttig verktøy for overvåking. GIS kartverk som grafisk beskriver og tolker vannkvalitetsdata er også implementert.

SINTEF Materialer og kjemi **184716** har ved eksperimentell tilnærming koblet parametere brukt i spredningsmodeller for oljesøl (eksponering) til parametere i populasjonsmodeller (effekt). Resultatene fra prosjektet er benyttet som en del av grunnlaget som fastsetter effektgrensene for fiskeyngel



da Utredning Lofoten Barentshavet (ULB) ble revidert våren 2010. Tilnæringsmåten og metodikken ble også etablert i USA som et bidrag til skadevurderingen etter ulykken med Deepwater Horizon. Prosjektet venter at metodikken på lengre sikt vil bidra til å øke forståelsen for skadepotensialet etter oljesøl, spesielt beredskapstiltak skal velges og ved vurderinger knyttet til bruk av kjemisk dispergering. Funnene i prosjektet viser at torskelarver i startfôringsfasen har liten toleranse for oljekomponenter sammenlignet med mange andre arter. Hovedårsaken til at fisken dør, er trolig sult. Larvene slutter å spise når det er olje i vannet. Oljedråper bidro lite til den akutte giftigheten Tilsatt kjemisk dispergeringsmiddel endret ikke på hvor giftig oljen var, og det var ingen målbar økning av langtidseffektene hos overlevende larver i månedene etter at de akutt ble eksponert for olje. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) **203802** har brukt embryo fra den transgene linjen av sebrafisk som testorganisme for å undersøke den østrogene effekten av miljøfremmede stoffer og blandinger av dem. Resultatene viser at denne metoden gjør det mulig å påvise både potente og mindre potente østrogene stoffer. I tillegg avdekket prosjektet at effekten av blandinger av østrogene stoffer var additive, og responsen kunne karakteriseres ved hjelp av ulike prediksjonsmodeller for de aller fleste blandinger og konsentrasjonene som ble undersøkt. Hensikten med forsøkene var å se om denne måten å gjøre undersøkelsene på kan erstatte mer ressurskrevende metoder med voksen fisk, men også bidra til bedre å forstå samvirkeinteraksjoner mellom ulike miljøgifter. Resultatene viser at enkle og lite ressurskrevende

eksperimentelle metoder basert på embryo fra sebrafisk kan avdekke kompliserte interaksjonseffekter mellom østrogenliknende miljøgifter. På lang sikt kan det tenkes at disse resultatene og resultater fra lignende forsøk kan bidra til å bedre forståelsen for sammenhengen mellom eksponering for komplekse blandinger av miljøgifter og deres samlede effekter på mer relevante fiskearter for det marine miljøet. Ved å etablere slike sammenhenger er det på sikt mulig å benytte disse i forbindelse med risikovurdering av blandinger i ulike eksponeringsscenarier på norsk kysten og i havområdene.

### 7.3 Annen antropogen påvirkning

Vi mennesker øker stadig vårt aktivitetsnivå og utvider vår innflytelse overalt i det marine miljøet. Forskjellige aktiviteter på land fører i tillegg til at kystsonen blir påvirket gjennom tilførsel av flere forurensende stoffer. I mange havne- og fjordområder kan omfanget av miljøgifter fra deponier og sedimenter som lekker ut være så betydelige at kostholdsråd for sjømat er nødvendig. Den menneskelige påvirkningen på havet og i kystsonen har vært økende over en lang periode, og vi kan forvente at prosessen fortsetter. I henhold til førevar-prinsippet må den økte bruken og innflytelsen over det marine miljøet føre til økt innsats for å forstå og forvalte denne ressursen på en bærekraftig måte.



### Krevende å rydde opp

For å bedre forholdene for områder som allerede er rammet av miljøgifter, er opprydning en løsning. Norges Geotekniske Institutt (NGI) **184928** har erfart at det kan være krevende å planlegge og gjennomføre større opprydningsprosjekter av sedimenter. Helt fram til i dag har interessenter vært hørt som en del av den lovpålagte åpne høringen og høringsuttalelsen, som finner sted etter detaljprosjekteringen. De som blir berørt av et tiltak, har ofte veldig god lokalkjennskap til sitt område. Sosiale medier og ny teknologi gjør at "folk flest" i større grad enn tidligere har mulighet til å påvirke prosessene. Bedre løsninger og større oppslutning betinger derfor at interessenter involveres på et tidlig tidspunkt under større miljø- og samferdselsprosjekter.

### Fritid og forurensning

De fleste tiltakene som har til hensikt å rense og redusere menneskeskapt forurensning, er knyttet opp mot punktutslipp fra avløp og kloakk. I et arbeid utført ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA) **173461** fokuserte prosjektet på andre forurensningskilder, nemlig resultatet av våre rekreasjonsaktiviteter. I flesteparten av de 14 undersøkte stasjonene i Oslofjorden fant NIVA komponenter fra solkrem som inneholdt diverse UV-filtre med for høye verdier. Konsentrasjonene av UV-filtre var svært høye, og oversteg til tider nivåene som kan forårsake hormonelle forandringer. Disse nivåene kan ha effekt på den marine faunaen i framtiden. Stoffer fra insektmidler og maling brukt på fritidsbåter hadde også forhøyde verdier. Resultatene fra denne undersøkelsen

viser at vi bruker fjordene til rekreasjonsformål, og dette fører til forurensning tilsvarende den bruken disse områdene utsettes for.

### Miljøgifter sprer seg

Utslippene av miljøgifter er størst som følge av kloakk- og avrenningsutslipp fra byer. I en stor undersøkelse utført av Norsk institutt for naturforskning (NINA) **173447** ble en rekke organiske miljøgifter og tungmetaller analysert i vann, sedimenter og organismer som ligger i bynære lokaliteter og som presumptivt er påvirket. Resultatene ble sjekket mot analyser fra kontrollstasjoner et stykke fra byen. Nærmest byen viste nivåene av organiske miljøgifter som PCB og klorert hydrokarbon (DDT), og tungmetaller (kvikksølv og tinn) forhøyede verdier både i vann, sediment og bioakkumulert i bentiske evertebrater, fisk og fugleegg. Flammehemmere var derimot jevnt fordelt. Det indikerer at en annen kilde ligger bak, trolig offshore-installasjoner. Resultatene viser at Trondheim havn fortsatt er belastet med organiske miljøgifter og tungmetaller, og ytterligere tiltak er nødvendig. Kommunen bør vurdere å forbedre oppsamlingen av overflatevann, få bedre renseanlegg og mudring/deponering. Forbud mot å behandle båtskrog med tinnholdig maling er iverksatt, og situasjonen vil sannsynligvis bedre seg over tid, men bør overvåkes. Prosjektet anbefaler også kommunen å måle tungmetallene i avløpsvannet fra renseanleggene kontinuerlig og vurdere å overvåke tungmetallinnholdet i overflatevannet. Norges Geotekniske Institutt (NGI) **178141** har funnet at utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorete



Foto: Shutterstock





Foto: Shutterstock

bifenylar (PCB) i Oslofjorden skyldes både gamle synder og pågående utslipp. PAH kommer fra pågående utslipp i luften, mest trafikken, men også fra sedimenter. Utslippene av PCB til vann og luft kommer hovedsakelig fra utslipp som stammer fra gamle forurensede sedimenter. Passive prøvetakere kan legge til rette for og gjøre det enklere å måle sedimentvann-luft-flukser av kontaminanter, og dermed redusere utslippene til fjordvannet. Prøvetakerne kan angi hvilke type tiltak som gir mest effekt i ulike sammenhenger, og på sikt kan de danne grunnlaget for risikovurderinger på fritt løste kontaminantkonsentrasjoner.

### Miljøet reagerer sent

Analyser som Norsk Polarinstitutt [173430](#) har gjort av organiske miljøgifter i egg fra ulike sjøfuglarter i en periode på 20 år, viser en generell nedgang av PCB og DDT/DDE. Til tross for dette, utgjør disse stoffene den høyeste andelen av den totale miljøbelastningen hos sjøfugl. Dette illustrer et viktig poeng. Det tar lang tid fra forbud og bruk av miljøfarlige stoffer stopper til det er mulig å observere tilsvarende reduksjon i miljøet. Studiet viser at det er viktig å etablere tidsserier av ulike miljøgifter for å kunne påvise geografiske forskjeller og tidstrender, samtidig som vi analyserer miljøgifter årlig og ser hvordan miljøbelastningen varierer. Nivåene av den bromerte flammehemmeren heksabromsyklododekan (HBCD) øker, og til tross for en generell nedgang i miljøgiftkonsentrasjonene, er arktiske dyr fortsatt påvirket av høyere nivåer med miljøgifter i sensitive organer som lever og hjerne. Arktiske dyr må i perioder tære på fettreservene. Dyrene kan da være utsatt for effekter av organiske miljøgifter når stoffene blir frigjort i blodet. Forskjellen i miljøbelastningen mellom dyregrupper kan være stor. Det er derfor viktig å overvåke miljøgifter på ulike arter av dyr, og resultatene må kunne sammenlignes over tid.

### Det marine miljøets tåleevne

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) [189613](#) har brukt forskjellige transporterte kjemikalier og olje, vurdert ulike hendelsscenarier og rangert risikoen for det europeiske marine miljøet. Prosjektet utviklet også kjemiske og biologiske analytiske metoder for å karakterisere og kvantifisere oljeprodukter, i tillegg til farlige og skadelige stoffer (Hazardous and Noxious Substances, HNS) etter at de er brutt ned. Ulike bioassay (*in vitro* og *in vivo*) på ulike trofiske nivåer ble

brukt for å evaluere de potensielle konsekvensene oljen og HNS kunne gi. Både polarorganiske og aromatiske komponenter av oljen er en fare for miljøet. Aromatiske oljekomponenter har størst betydning for akutte effekter, mens polare oljekomponenter er hormonforstyrrende. Prosjektet har både utviklet prediktive og retrospektive verktøy som måler miljørisikoen.

Tre sentrale miljøproblemer, nemlig oljeutslipp, eutrofiering og utslipp av miljøgifter virker inn på hverandre når de påvirker det marine økosystemet. Resultatene fra Biologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO) [178441](#) viser at miljøgiftene kan ha dramatiske konsekvenser på enkelte arter, men sentrale prosesser i det pelagiske systemet er overraskende robuste mot endringer. Også sedimentlevende organismer sammen med olje eller alger blir påvirket overraskende lite av hvor mye organisk miljøgift (emamectin) som lekker ut av sedimentet eller begraves. Potensielle miljøeffekter av utslipp fra miljøgifter må vurderes sammen med miljøfaktorer slik som mengden organisk materiale. Klare effekter i giftighetstester med enkeltarter kan vise seg bare i liten grad å påvirke sentrale prosesser i økosystemet. Prosjektet mener det er behov for å avklare om organiske miljøgifter i sediment i så stor grad som funnene viser, virkelig forblir i overflatesedimentet. Hvis det er tilfellet, vil det ved naturlig sedimentasjon ta tiår å forbedre miljøsituasjonen i områder med miljøgiftholdige sedimenter. Alternativet er å fjerne eller dekke over sedimentet.

### Polyklorete biphenylar (PCB)

Molekylærbiologisk Institutt, Universitetet i Bergen (UiB) [140293](#) gjennomførte i perioden 2001 til 2006 en rekke forsøk som identifiserte biomarkører på polyklorete biphenylar (PCB). Instituttet fant endringer i proteinstrukturer i eksponerte organismer hos blåskjell. På lengre sikt har dette arbeidet lagt grunnlaget for å utvikle mer sensitive metoder for miljøovervåkingen.

Norsk institutt for luftforskning (NILU) [173428](#) har målt organiske miljøgifter i luft i norske kystsoner, og resultatene viser at forhøyede nivåer primært kan tilskrives gjenværende lokale utslipp, og ikke atmosfærisk langtransport. Forvaltningen kan nå få bistand til spore opp gjenværende kilder for organiske miljøgifter til luft. For å kunne gi kostholdsrad på sjømat, er det nødvendig å identifisere og kontrollere de eksisterende tilførselene, og deretter evaluere rasjonelle kontrollstrategier som kan bidra til å redusere den belastningen som miljøgiftene gir i kystsonene. Resultatene viser at enkelte kystsoner med kostholdsrad på sjømat klart har forhøyede nivåer av miljøgifter som PCB i atmosfæren. Det stammer fra pågående lokale utslipp til luft. Atmosfæren utgjør en viktig tilførselsmekanisme for organiske miljøgifter til akvatisk miljø. Vi kan ikke se bort ifra at kontrolltiltak rettet mot sedimentene alene på sikt kan vise seg å være bortkastet, med mindre de gjenværende lokale utslippene til luft identifiseres og kontrolleres. Metoden som har blitt utviklet og kvalitetssikret, kan gi viktig informasjon for å identifisere rasjonelle kontrollstrategier for miljøgiftproblematikken i de norske fjordene, kystsonene og innsjøene der organiske miljøgifter utgjør et problem.



### PCB

En gruppe kjemiske forbindelser avledet av bifenyyl, der to eller flere hydrogenatomer er erstattet med kloratomer. Industrielle klorbifenyylprodukter, som er flytende eller faste alt etter kloreringsgraden, er meget bestandige og anvendelsene er basert på deres kjemiske stabilitet og fysikalske egenskaper. PCB har blitt brukt til forskjellige formål i industrien siden 1930-årene. PCB-holdige oljer ble i Norge frem til 1980 brukt som kjøle- og isolasjonsmiddel i elektrisk utstyr som blant annet kraftkondensatorer og transformatorer og i små kondensatorer i lysstoffarmaturer og enkelte vaskemaskiner. PCB er dessuten brukt som bestanddel i fugemasser, malinger, lim, og smøremidler, blant annet i bygningsdeler og isolerglass.

Kilde: Store norske leksikon

### Bromerte flammehemmere

Norsk institutt for luftforskning (NILU) [173366](#) har gjennomført et prosjekt med bakgrunn i en rapport finansiert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) om funn av forhøyede nivåer av den bromerte flammehemmeren heksabromsyklododekan (HBCD) i Åsefjorden utenfor Ålesund. HBCD er særlig brukt i isolasjonsmaterialer, blant annet i bygninger, og er karakterisert som en miljøgift. Prosjektet har gjort foringsforsøk på mus og fisk for å se på stoffets toksikologiske egenskaper. Et representativt næringsnett fra fjorden bestående av børstemark, blåskjell, strandkrabbe som lever av sedimenter, og egg fra ærfugl og svartbak ble hentet inn. Generelt sett viser funnene en klar konsentrasjonsgradient både i sedimentene og organismene, selv om kilden var langt unna. Dette betyr at organismene var eksponert for HBCD. Tilgjengelige studier som er gjort for å finne ut hvor stor giftigheten er i HBCD, har vist at dette stoffet ikke regnes som spesielt giftig, men kunnskapen er likevel mangelfull. Opptaksstudiet påviste at HBCD raskt ble tatt opp og spredt ut i fiskens organer.

To forskjellige musestammer ble eksponert for forskjellige konsentrasjoner av HBCD. De mest påfallende morfologiske effektene var at både lever og nyre ble påført skade. Konsentrasjonene som induserte denne effekten var relativt høye, men viser likevel for første gang at HBCD kan være nyre- og levertoksisk.

### Bromerte flammehemmere

Stoffer som tilsettes tekstiler, plast, elektroniske kretskort, bilinnredninger og isolasjonsmaterialer for å hindre at produktene tar fyr.

Kilde: Store norske leksikon

### Perfluorerte forbindelser

Perfluorerte forbindelser (PFC) er en stor gruppe kjemiske stoffer. Totalt eksisterer det flere hundre forbindelser. To av stoffene, PFOS (perfluoroktylsulfonat) og PFOA (perfluoroktylsyre), har alvorlige helse- og miljøskadelige effekter. Stoffene

finnes vi igjen i miljøet, og de brytes ikke ned. NTNU [178611](#) har funnet toksiske effekter som kan føre til alvorlige fysiologiske problemer og utviklingsproblemer hos fisk. Laksefisk som kontinuerlig er eksponert for PFOS eller PFOA gjennom kostholdet, har skader i nyre og lever. Det er en utfordring å fjerne PFC og andre langsomt nedbrytbare forbindelser på en effektiv måte fra vannfasen i sigevann i kommunale avfallsdeponier. Avrenningen fra deponiene representerer en kilde til PFC og andre bioaktive organiske forbindelser som legemidler og biocider, og dette påvirker miljøet. Kunnskapen om effektene og effektnivåene av hormonforstyrrende kjemikalier hos fisk er derfor svært viktig.

### Høster tareskog

Stortaren er en viktig ressurs som råstoff for å utvinne alginater. Høsting av stortare foregår fra Jæren i sør til Trøndelag i nord. Uttaket har vært stabilt de siste årene, og ligger på rundt 160 000 tonn. Resultatene fra studier ved Biologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO) [164941](#) viser at gjenveksten og de økologiske forstyrrelsene vil være størst i de eksponerte områdene. Trålfisken påvirker områdene de første 4 – 5 årene etter inngrepet. På lenger sikt (5 – 10 år) blir feltene fullstendig restituert.

### Fiskeoppdrett og effekter

Til dels store mengder villfisk trekkes til oppdrettsanlegg, i snitt omlag 10 tonn per anlegg per dag i sommerhalvåret. Sei, torsk og hyse er de vanligste artene. I studiene gjennomført ved SINTEF Fiskeri og havbruk [173384](#) fant de til sammen 15 ulike arter ved oppdrettsanlegg. Mengden fisk reduseres raskt når avstanden til anleggene blir større. Dette kan påvirke fordelingen av viktige arter i kystfisket i tid og rom. Situasjonen kan bidra til å beskytte for eksempel torskebestandene i områder der de er sterkt reduserte. Fisket foregår lengre unna oppdrettsanleggene. Fisker som har trukket til anleggene, vandrer kjapt og relativt ofte mellom de anleggene som ligger i samme fjord. Dersom villfisk og oppdrettsfisk deler patogener, kan dette innebære at villfisk fungerer som smittebærere mellom anlegg og er bærer fra oppdrettsfisk til villfisk. Foreløpige analyser tyder på at villfisken som er fanget ved oppdrettsanlegg har høyere nivåer av en rekke miljøgifter, inkludert klorert hydrokarbon (DDT), enn villfisk fanget et stykke unna et oppdrettsanlegg. Nivåene er likevel så lave at det mest sannsynligvis ikke er farlig å spise fisken. Villfisk som har trukket til anleggene, har en fettere diett (pellets) enn fisk som ikke har det. Miljøgiftene "bindes" bedre i fett, og slik oppstår de forhøyede nivåene.

### Overproduksjon av organisk materiale (eutrofiering)

Biologisk institutt, Universitetet i Oslo (UiO) [173478](#) har vist at overvitrende brisling er i stand til å tåle oksygenverdier ned til 7 % metning. Dette er betydelig lavere oksygenkonsentrasjoner enn det som tidligere er oppgitt som toleranseverdier for sildefisk. Undersøkelsen har videre gjort det klart at ulike torskefisk (predatorer) i praksis ikke dykker ned i områder med oksygenverdier lavere enn 15-20 %. Dermed fungerer de hypoksiske vannmassene som et predator-refugium for brislingen. Brislingens evne til å tolerere, og potensielt sett

utnytte, vann med lave oksygenverdier kan være avgjørende for fortsatt suksess i kystnære områder der lavt oksygeninnhold (hypoksi) forekommer både av naturlige, og i økende grad også antropogene årsaker. Undersøkelsen har påvist at brisling svømmer til overflaten, trolig for å gulpe luft. En hypotese er at fisken benytter oksygenet i svømmeblæren når den befinner seg i vann med lave oksygenverdier. Evnen til å tåle lave oksygenverdier avhenger også av temperaturen. Økt energibehov i varmere vannmasser fører til at fisken trenger mer oksygen. Dette viser at kvaliteten på de hypoksiske overvintringshabitatene vil endre seg som følge av eventuell økt temperatur. Kopepodene (*Calanus*) som overvintrer i dypet i et dvalerliknende stadium har høy toleranse for lave oksygenverdier og de representerer den viktigste føderesursen for overvintrende brisling. Samtidig har det vist seg at brislingens fødeaktivitet om vinteren ikke er relatert til hvor mye kopepoder som finnes, men heller til oksygenverdiene. Fordøyelsen krever oksygen, og ved lave oksygenverdier slutter brislingen å spise. Å la være å spise representerer en kostnad, men det er tydeligvis adaptive fordeler som veier opp for denne kostnaden. Prosjektet konkluderer med at dette er predatorunvikelse. Resultatene viser at den vertikale oksygengradienten for brislingens hypoksitoleranse er den viktigste faktoren for at føde er tilgjengelig om vinteren. En slak oksygenprofil med et vertikalt utstrakt habitat mellom 7 og 15 % metning vil dermed definere et optimalt overvintringshabitat både for brislingens fødeinntak og for predatorene.

Biologisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) **152862** har vist at lavt oksygeninnhold (hypoksi) på kort sikt kan redusere

vekst og overlevelse, og på lengre sikt endre populasjonsstrukturen og -veksten. Forvaltningsmodeller bør ta hensyn til temperatureffekter og effekter som skyldes lavt oksygennivå i det marine miljøet som et ledd i å forvalte de lokale populasjonene med kysttorsk på en god måte, og da særlig i eutrofierte områder.

### Mørkere kystvann

Observasjoner viser at siktedypet i Østersjøen og Nordsjøen i det 20. århundret er redusert. Forandringene er størst i kystnære strøk. Universitetet i Bergen (UiB) **196444** har gjort modellstudier som viser at økt tilførsel av humus (CDOM) i kystvannet gir symptomer som ligner eutrofi langs kysten. Eutrofi utover et visst nivå og/eller det at kystvann blir mørkere, fører til at områder får færre fisk og flere planeter. På kort sikt er planen å benytte resultatene fra prosjektet til å gjøre modellsystemet NORWECOM mer realistisk og inkludere effektene av CDOM på lysforholdene under vann. Universitetet forventer et langt mer realistisk modellsystem som kan bidra til å vurdere og utrede økosystemendringene i fjorder og kyststrøk. De oppnådde resultatene tilsier at kystøkosystemene er svært følsomme for endringer som oppstår i de optiske forholdene i kystvannet. Klimaframskrivninger viser forventet økt tilførsel av terrestrisk CDOM til kystvannet. Det sannsynlige resultatet er en formørkning av kystvannet med eutrofilignende symptomer. Denne mekanismen synes å mangle i dagens forvaltningsbaserte miljøutredninger og vil sannsynligvis komme inn på listen over viktige drivere for økosystemendringer i våre fjorder og kyststrøk.



Foto: Shutterstock

# Appendiks 1

## Liste over prosjekter som har levert resultater til rapporten.

Faktaark fra prosjektene finnes på Havet og kystens nettside under menyelementet Faktaark. Søk etter ønsket prosjekt ved å skrive inn prosjektittelen i søkefeltet på [www.forskningsradet.no/havkyst](http://www.forskningsradet.no/havkyst).

Prosjekt nr.	Prosjektansvarlig	Prosjektittel	Fra dato	Til dato	Prosjektleder
140293	Molekylærbiologisk Institutt, Universitetet i Bergen	Proteome ecotoxicology - a new strategy for developing biomarker tests for environmental monitoring, Postdr.stip.og utenl.stip. til Danmark	1.2.2001	30.4.2006	Anders Goksøyr
143481	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet	Exploitation of zooplankton as bio-resource for fish feed and industrial raw material - A complete value chain evaluation	1.1.2001	30.6.2006	Olav Vadstein
146548	Institutt for biologi, Universitetet i Bergen	Fødeatferd hos planktivor fisk og fiskel arver, effekt av lysmiljøet og turbiditet	1.1.2002	31.12.2006	Anne Christine Utne Palm
146687	Havforskningsinstituttet	Otolith growth as indicator of herring stock affiliation and survival probability, Dr.grad.stip.	1.1.2002	1.2.2007	Aril Slotte
146755	Stiftelsen Nansen senter for miljø og fjernmåling	Integrating Modelling and Remote Sensing for Algae Bloom Monitoring in Norwegian Waters, Dr.gr.stip.	1.10.2002	30.6.2006	Lasse Herbert Pettersson
148147	Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen	LLNW: Physics/Biology Based Approach to Satellite Monitoring of Primary Production and Algae Blooms, Dr.gr.stip.	1.1.2002	20.10.2006	Jakob J. Stamnes
152790	Christian Michelsens Research AS	Minimizing errors due to nonlinear effects in fisheries and research echo sounders and sonars, dr.gr.stip.	15.6.2003	15.8.2006	Per Lunde
152862	Institutt for biologi, Universitetet i Bergen	Habitat choice and activity in relation to hypoxia and haemoglobin genotype in fish comparisons across populations and species, Postdr.	1.1.2003	30.4.2006	Anne Gro Veia Salvanes
152880	Meteorologisk institutt	Use of new in situ observations in operational ocean forecasting	1.1.2003	30.6.2007	Bruce Hackett
152910	Havforskningsinstituttet	Surface monitoring of marine resources by LIDAR (SUMMAREL)	1.1.2003	31.12.2006	Olav Rune Godø
152962	Norsk institutt for vannforskning	Marine coastal habitat typology - how to model and classify habitats	1.1.2003	31.12.2006	Trine Bekkby
153028	Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo	Bowhead whales - at the edge of extinction in the Northeast Atlantic	1.1.2003	31.12.2006	Øystein Wiig
153064	Norsk institutt for naturforskning - Tromsø	Diversity of apex predators and ecosystem stability:spatial dynamics of predators and forage fish in the marine pelagic ecosystem	1.1.2003	31.12.2007	Per Fauchald
153070	Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø	Plankton climatology in North Norwegian waters - concepts, mechanisms and monitoring	1.1.2003	31.12.2006	Kurt Tande
153692	Havforskningsinstituttet	3 - Hormone disruption and possible DNA damage on fish of alkylphenols in produced water from offshore oil installations	1.1.2003	20.5.2008	Jarle Klungsøyr
153882	Akvamiljø AS	Validation of methods and data for Environmental Risk Assessment off-shore	1.1.2003	1.3.2007	Steinar Sanni
153898	International Research Institute of Stavanger AS	Pollutant exposure and effects in fish related to the discharge of produced water in the North Sea oil industry	1.1.2003	30.6.2006	Jonny Beyer
155890	Havforskningsinstituttet	Multi-usage system for towed vehicles, 2 dr.gr.stip.	1.9.2003	31.12.2006	John Dalen
156251	Havforskningsinstituttet	Assessomg and Compensating for Uncertainty in Combined Trawl and Acoustic surveys (ACUCTA)	1.4.2003	1.4.2006	Olav Rune Godø
157673	SINTEF Materialer og kjemi	Chemical Characterisation of Polar Components in Produced Water	1.6.2003	1.6.2006	Per S. Daling
158881	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	Flagellate biodiversity of marine North Atlantic sandy beaches, Dr.gr.stip/postdr.stip.	1.1.2004	31.5.2007	Jahn Throndsen




Prosjekt nr.	Prosjektansvarlig	Prosjekttittel	Fra dato	Til dato	Prosjektleder
159113	Norsk institutt for vannforskning	Integrating monitoring methods for impacts of offshore discharges to the North Sea - IMONIT	1.1.2004	31.8.2008	Knut-Erik Tollefsen
159820	Norges Fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø	Seleksjon og bifangst i det nordlige trålefisket etter reker og torsk, Dr.gr.stip. Eduardo Grimaldo Vela	1.1.2004	31.12.2006	Roger B. Larsen
163323	Institutt for energiteknikk, Kjeller	Radioactivity in produced water from Norwegian oil and gas installations - concentrations, bioavailability and doses to marine biota	1.12.2004	1.1.2008	Dag Øistein Eriksen
163338	Havforskningsinstituttet	3 - Effects on development, sex differentiation and reproduction of cod ( <i>Gadus morhua</i> ) exposed to produced water during early life stages	1.3.2004	1.1.2008	Jarle Klungsøyr
164398	Norsk institutt for vannforskning	The use of passive sampling devices in monitoring of potential impact of offshore discharges and accidental oil spills (PASSIMPACT)	1.1.2005	31.5.2009	Merete Grung
164407	IRIS – Biomiljø International Research Institute of Stavanger AS	Long term effects on Arctic ecosystem from accidental discharges	1.1.2005	1.3.2009	Steinar Sanni
164419	Norsk institutt for vannforskning	Predicting chronic effects in Fish from sublethal markers	1.1.2005	31.3.2009	Ketil Hylland
164423	Molekylærbiologisk Institutt, Universitetet i Bergen	3 - Effects of produced water to Atlantic cod: Mechanistic studies and biomarker development with proteomics based methods	1.1.2005	1.3.2008	Anders Goksøyr
164430	SINTEF Materialer og kjemi	The unresolved complex mixture (UCM) of petrogenic oils: Impacts in the seawater column	1.1.2005	1.3.2006	Odd Gunnar Brakstad
164501	Avdeling for beregningsvitenskap, Universitetet i Bergen	Non-hydrostatic Ocean General Circulation Models	1.1.2005	31.7.2009	Jarle Berntsen
164518	Norsk institutt for luftforskning	Development and Coordination of the IGBP program on Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ II)	1.1.2005	31.12.2006	Jozef M. Pacyna
164887	Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen	Dynamics and genetics of oceanic - coastal cod population complexes	1.1.2005	30.6.2008	Nils Chr. Stenseth
164940	Norsk Polarinstitutt	Foraging ecology of bearded seals ( <i>Erigonathus barbatus</i> ) and its effects on the benthic community in the Arctic	1.1.2005	20.5.2008	Kit M. Kovacs
164941	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	Exposure as a factor for primary and secondary production in a kelp forest	1.1.2005	31.12.2007	Stein Fredriksen
165121	Havforskningsinstituttet	New approaches in the understanding of schooling fish: combining individual based models with direct observations	1.1.2005	30.9.2007	Leif Nøttestad
165357	Havforskningsinstituttet	Monitoring recent technology changes in the Norwegian trawl fishery for gadoids	1.1.2005	31.12.2006	Arill Engås
165364	Havforskningsinstituttet	How to avoid fish bycatch in shrimp trawls using behaviour differences	1.1.2005	31.12.2008	Bjørnar Isaksen
167359	Samfunns- og næringslivsforskning AS (SNF)	A market model for optimal resource management	1.1.2005	31.12.2007	Stein Ivar Steinshamn
169046	Norsk Regnesentral	Relative bestandsestimater og simuleringsberegninger for nordøstatlantisk vågehal	1.1.2005	2.4.2008	Magne Tommy Aldrin
170429	Institutt for Biologi, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet	Long-term -chronic - effects of produced water effluents affecting reproduction in marine crustacean plankton. Ph. 2.	1.6.2005	31.3.2009	Anders J. Olsen
173030	Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning	4 - Implementation of TACs in the North Atlantic Fisheries	1.1.2006	15.3.2008	Stig Strandli Gezelius
173333	Norsk institutt for vannforskning	Parameterisation of the Environmental Impacts on Bottom Fauna of Water-based Drilling Fluids and Cuttings - Field and Mesocosm Experiments	31.1.2006	30.4.2009	Hans Christer Nilsson
173341	Havforskningsinstituttet	Timing and determination of fecundity and skipped spawning: implications for stock-recruitment theory of determinate spawners	1.1.2006	1.7.2009	Olav Sigurd Kjesbu
173343	International Research Institute of Stavanger AS	Developing an Index of the Quality of the Marine Environment (Marine Environment I.Q.) based on biomarkers: integration of pollutant effects	1.2.2006	28.2.2009	Elisa Ravagnan

Prosjekt nr.	Prosjektansvarlig	Prosjekttittel	Fra dato	Til dato	Prosjektleder
173373	SINTEF Materialer og kjemi	Exposure system for continuous controlled exposure of fish egg and larvae with dispersed oil	1.1.2006	31.12.2006	Trond Nordtug
173384	SINTEF Fiskeri og havbruk AS	2 Artificially created ecosystems (ACEs) in coastal waters: developing methods to assess their effects on wild fish in cold-water environments	1.4.2006	31.1.2008	Timothy David Dempster
173418	International Research Institute of Stavanger AS	Drilling mud follow up study - Input data and validation experiments for ERMS	2.1.2006	1.3.2009	Renée Katrin Bechmann
173424	Havforskningsinstituttet	Development of Fishing Gears with Reduced Effects on Environment (DEGREE)	3.7.2006	30.9.2009	Terje Jørgensen
173428	Norsk institutt for luftforskning	Tracking the atmospheric sources of selected POPs to contaminated coastal zones	1.1.2006	3.3.2010	Martin Schlabach
173441	Havforskningsinstituttet	6 - Development of a PIT-tag registration unit for screening of commercial herring and mackerel catches	1.1.2006	20.5.2008	Aril Slotte
173446	Norsk institutt for luftforskning - Tromsø	Environmental occurrence of fluorinated alkyl substances from fire fighting foams used on Norwegian oil platforms	1.2.2006	1.3.2009	Dorte Herzke
173447	Norsk institutt for naturforskning	Environmental pollution from municipal waste. Transport, bioaccumulation and effects on wildlife near point sources in Trondheim, Norway	1.1.2006	31.12.2007	Torgeir Nygard
173451	Marin miljøteknologi, SINTEF Materialer og kjemi	Effects of the unresolved complex mixture (UCM) of petrogenic oils in the marine water column - phase 2	1.1.2006	1.3.2007	Odd Gunnar Brakstad
173460	Tromsø Museum, Universitetet i Tromsø	7 - Winter foraging strategies of a diving seabird: impacts on survival and breeding at high latitudes	1.6.2006	1.10.2008	Robert T. Barrett
173461	Norsk institutt for vannforskning	Inputs of Chemicals from Recreational Activities to the Norwegian Coastal Zone 1. Summer Pilot Study	1.1.2006	30.6.2007	Katherine Langford
173476	Havforskningsinstituttet	Generic properties of harvest control rules: what works and what doesn't?	1.1.2006	31.3.2009	Dankert W. Skagen
173478	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	Marine ecosystem effects of eutrophication: Interactions between small pelagic fish and predators in low oxygen waters	1.7.2006	31.3.2010	Stein Kaartvedt
178214	Norges Fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø	5 - Antibiotics from the sea - isolation and characterization of novel compounds from cold-water benthic organisms (fortsetter som 184688)	1.1.2007	20.5.2008	Trond Ø. Jørgensen
178775	Norsk institutt for luftforskning	Climate change impact on catchment-coast processes and governance in the 21st Century	1.1.2007	15.7.2009	Jozef M. Pacyna
184725	Norges veterinærhøgskole	Development of genetic markers for population biology studies of Atlantic mackerel ( <i>Scomber scombrus</i> L)	1.1.2008	3.3.2010	Frode Lingaas
184939	Havforskningsinstituttet	Assessing the marine fish diversity of Jan Mayen and adjacent waters towards the 2010 Norwegian Red List	1.4.2008	31.3.2009	Kjell Harald Nedreaas
185139	Norsk institutt for vannforskning	7 - PhD-exchange for Hilde Cecilie Trannum	15.4.2008	15.7.2008	Hans Christer Nilsson
190317	Havforskningsinstituttet	PhD studies at Massachusetts Institute of Technology (MIT) for Lise Doksæter	1.1.2009	6.1.2009	Olav Rune Godø
194292	Universitetet i Tromsø	Bilat - Pseudocalanus: ecology and taxonomy of two sibling copepod species in Svalbard and Northern Norwegian waters	26.4.2009	29.6.2009	Ole Aarbakke

Prosjektnr.	Prosjektansvarlig	Prosjekttittel	Fra dato	Til dato	Prosjektleder
165003	Universitetssenteret på Svalbard AS	Phenotypic variability in life-history traits: is intra population variability important for zooplankton dynamics	1.1.2005	3.3.2009	Ketil Eiane
164410	Norsk institutt for vannforskning	Parameterisation of the Environmental Impacts on Bottom Fauna of Water-based Drilling Fluids and Cuttings	1.12.2005	31.10.2010	Karl Norling
173163	Havforskningsinstituttet	Effects of interactions between fish populations on ecosystem dynamics and fish recruitment in the Norwegian Sea (INFERNO)	1.1.2006	31.12.2009	Geir Huse
173274	Havforskningsinstituttet	Coastal fish resources: the foundation for tourist fishing and related commerce	1.1.2006	31.12.2009	Kjell Harald Nedreaas
173348	Havforskningsinstituttet	Barents sea ecosystem dynamics - a spatial approach	1.1.2006	31.12.2009	Mette Skern-Mauritzen
173417	Havforskningsinstituttet	Sustainable harvesting of marine resources: interactions between demographic, ecological and evolutionary effects of fishing	1.8.2006	3.3.2011	Mikko Patteri Heino
173430	Norsk Polarinstitutt	Biotransformation of Halogenated Organic (HOCs) and Associated Biological Effects in Arctic Seabirds	1.8.2006	31.12.2010	Geir Wing Gabrielsen
173432	Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen	MPAs in coastal Skagerrak: a model system for understanding lobster demography and successful introduction of MPAs in temperate waters.	1.1.2006	31.10.2009	Nils Chr. Stenseth
178015	Havforskningsinstituttet	Study of the long-term effects on Atlantic Herring ( <i>Clupea harengus</i> ) exposed to an oil-polluted <i>Calanus finmarchicus</i> diet.	1.1.2007	31.12.2009	Jarle Klungsøyr
178102	Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø	Efficient, low-cost monitoring of calanus	1.1.2007	31.12.2010	Kurt Tande
178141	Norges Geotekniske Institutt	Old and new organic priority contaminants in Norwegian fjords: old sins or ongoing input? Passive samplers as novel tool to measure fluxes	1.11.2007	30.6.2009	Gerard Cornelissen
178376	Havforskningsinstituttet	An integrated study of stakeholders and living resources in relation to the potential effectiveness of MPAs as a management tool (MPAtool)	1.4.2007	1.10.2010	Erlend Moksness
178421	SINTEF Fiskeri og havbruk AS	Harvesting zooplankton by bubble flotation	1.1.2007	31.12.2009	Svein Helge Gjørund
178434	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	The possible role of zooplankton in modulating ecosystem effects of acute oil spills in the Norwegian and Barents Seas	1.4.2007	31.8.2010	Nils Chr. Stenseth
178611	Fakultet for naturvitenskap og teknologi, NTNU	Neural and Interrenal Steroidogenesis as Cellular and Molecular Targets for Emerging Fluorinated organochemicals and Pharmaceutical EDCs	1.1.2007	31.12.2010	Augustine Arukwe
178679	Havforskningsinstituttet	Recruitment study on North Sea fish stocks	1.1.2007	31.12.2010	Geir Ottersen
184178	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	DEECON - Unravelling population connectivity for sustainable fisheries in the Deep Sea (EuroDEEP)	1.6.2007	31.12.2010	Nils Chr. Stenseth
184705	Havforskningsinstituttet	Low-frequency acoustics - potentials and dangers for marine ecosystem application	1.1.2008	31.12.2010	Ivar Rune Godø
184928	Norges Geotekniske Institutt	Designing a Collaborative Approach to Reduce Conflicting Interests in the Management of Contaminated Marine Sediments (SEDCONFLICT)	1.1.2008	31.12.2010	Amy Marie Patrin Oen
185150	NORUT Tromsø	Economic Effects of marine fishing tourism - the case of coastal regions in Norway	1.1.2008	31.12.2010	Ola Flåten
185151	Samfunns- og næringslivsforskning AS (SNF)	The effect of political uncertainty in fisheries management: A case study of the Northeast Arctic cod fishery	1.1.2008	30.6.2010	Linda Nøstbakken
185182	Senter for samiske studier, Universitetet i Tromsø	Fjord ecosystems - Sami communities: Local ecological knowledge and socio-ecological history	1.1.2008	31.12.2010	Else Grete Broderstad
189616	International Research Institute of Stavanger AS	AMPERA - Ecological Risk Assessment Information Data-mining and Comparison - ERA-Net	1.9.2008	30.9.2009	Jan Yngvar Piene



Prosjektnr.	Prosjektansvarlig	Prosjekttittel	Fra dato	Til dato	Prosjektleder
173497	Fridtjof Nansens institutt (FNI)	Post-Agreement Bargaining in the Barents Sea Fisheries - Strategies for Coping with Overfishing	1.1.2006	1.1.2011	Geir Hønneland
178408	IRIS – Biomiljø International Research Institute of Stavanger AS	Integration of biomonitoring with risk assessment by construction of biomarker bridges for water column organisms exposed to produced water	1.1.2007	1.3.2012	Steinar Sanni
178441	Biologisk institutt, Universitetet i Oslo	Interactions between eutrophication, oil and contaminants in marine ecosystems	1.1.2007	1.1.2012	Ketil Hylland
178447	Havforskningsinstituttet	Harvesting at lower trophic levels - stock assessment and ecological consequences	1.6.2007	1.1.2012	Webjørn Melle
178681	Norsk institutt for vannforskning	Causes and consequences of a large-scale shift from sugar kelp ( <i>Saccharina latissima</i> ) to ephemeral algae and implications for management	1.1.2007	3.3.2011	Hartvig Christie
178322	Universitetet i Oslo	Linking physics and biology - Structuring of cod-populations in the North Sea/ Skagerrak water-system	1.1.2007	1.1.2012	Nils Chr. Stenseth
178712	Universitetet i Bergen	Individual based statistical methods for DNA-profiles with application to management of marine resources	1.8.2007	1.1.2012	Hans Julius Skaug
184638	Norsk institutt for vannforskning	KelpPredict: Kelp community structure and function; analysing interactions and developing models along multiple exposure gradients	1.1.2008	1.7.2012	Trine Bekkby
184699	International Research Institute of Stavanger AS	Impact of water-based drilling mud in the Barents Sea: a study using the epibenthic coral species <i>Lophelia pertusa</i>	1.4.2008	1.3.2012	Thierry Baussant
184716	Miljøteknologi, SINTEF Materialer og kjemi	Toxicity of acute oil discharges to cod larvae - Relative contribution of oil droplets, water soluble fraction, and photosensitization	15.2.2008	31.3.2011	Trond Nordtug
184719	Akvaplan Niva AS	Modeling benthic consumption, advection, and carbon subsidies in the Barents Sea	1.4.2008	1.1.2012	Paul Renaud
184951	Universitetet i Bergen	Socio-economic effects of fisheries-induced evolution	1.7.2008	1.1.2012	Christian Jørgensen
185065	Havforskningsinstituttet	Survey Methods for Abundance Estimation of Sandeel ( <i>Ammodytes marinus</i> ) Stocks	1.1.2008	3.3.2011	Egil Ona
189570	Havforskningsinstituttet	MarinEra - Marine phylogeographic structuring during climate change: the signature of leading and rear edge of range shifting populations	1.1.2009	30.6.2012	Halvor Knutsen
189592	Havforskningsinstituttet	MarinEra - Ecosystem change in the North Sea: Process, Drivers, Predictions (Del 1 HI, Del 2 prosjekt: 193530)	1.4.2009	31.3.2012	Morten Dahlberg Skogen
189613	Norsk institutt for vannforskning	AMPERA- Implementation of risk assessment methodologies for oil and chemical spills	1.5.2008	1.3.2012	Kevin V. Thomas
189614	Norsk institutt for vannforskning	AMPERA - Toxicity profiling of the major EU transported HNS and oil types (TOXPROF) - ERA – NET	1.5.2008	1.3.2012	Kevin V. Thomas
190247	Akvaplan Niva AS	Benthic Indicators for Monitoring the Ecosystem of the Barents Sea	15.1.2009	31.3.2011	Paul Renaud
190320	Samfunns- og næringslivsforskning AS	Fishermen behavior with individual vessel quotas	1.1.2009	3.3.2013	Frank Asche
193530	Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen	MarinEra - Ecosystem change in the North Sea: Process, Drivers, Predictions (Del 2 UIB, del del 1 HI prosjekt: 189592)	1.4.2009	31.3.2012	Corinna Schrum
196444	Universitetet i Bergen	Coastal water darkening causes eutrophication symptoms	1.5.2010	3.3.2013	Dag L Aksnes
196604	SINTEF Materialer og kjemi	Metabionics to study toxicity of acute discharges to cod larvae	1.1.2010	31.3.2011	Trond Nordtug
203802	Norsk institutt for vannforskning	Assessment of combined effects of mixtures of contaminants in the fish ( <i>Danio rerio</i> ) embryo test (178621)	3.1.2011	4.4.2011	Knut-Erik Tollefsen



Publikasjonen kan bestilles på  
[www.forskningsradet.no/publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)

**Norges forskningsråd**  
Postboks 2700 St. Hanshaugen  
0131 Oslo

Telefon: 22 03 70 00  
Telefaks: 22 03 70 01  
[post@forskningsradet.no](mailto:post@forskningsradet.no)  
[www.forskningsradet.no](http://www.forskningsradet.no)

Utgiver:  
© Norges forskningsråd 2013  
Havet og kysten  
[www.forskningsradet.no/havkyst](http://www.forskningsradet.no/havkyst)

Oslo, mai 2013  
ISBN 978-82-12-03183-8 (trykksak)  
ISBN 978-82-12-03184-5 (pdf)

Opplag: 350  
Trykk: 07 Gruppen  
Design: Jentestreker AS  
Foto forside: Vidar Vassvik (profilbilde)