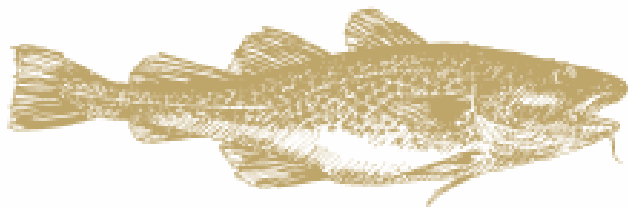




RAPPORT LNR 5168-2006

Kysttorsk og miljø

Dataserier og verktøy for studier
av miljøets betydning for
bestandssituasjonen



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

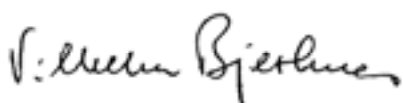
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Kysttorsk og miljø. Daserier og verktøy for studier av miljøets betydning for bestandssituasjonen	Løpenr. (for bestilling) 5168-2006	Dato 22.02.06
	Prosjektnr. Undernr. 25057	Sider Pris 41
Forfatter(e) Vilhelm Bjerknes, NIVA (redaktør) Hatrvig Christie, NIVA Ketil Hylland, NIVA Torstein Kristensen, NIVA Torleif Markussen Lunde, UiB Are Pedersen, NIVA Eli Rinde, NIVA Jan Henrik Sandberg, NIVA	Fagområde Fisk og akvakultur	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norsk institutt for vannforskning (NIVA)	Oppdragsreferanse Merete Ulstein
--	-------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Bestanden av kysttorsk har gått sammenhengende tilbake fra 1994. Overbeskatning anses som en hovedårsak. Kysttorsk består trolig av en mosaikk av ulike delbestander, og trusselfaktorene kan tenkes å variere mellom ulike områder. Denne rapporten gir en kortfattet oversikt over miljømessige trusselfaktorer for norsk kysttorsk, og peker på noen viktige oppgaver for å kartlegge årsaker, omfang av trusler mot kysttorskens habitat. Lange dataserier fra Kystovervåkingen kan danne grunnlag for nasjonale, regionale og lokale trendanalyser i tidsrommet før og under kysttorskens tilbakegang. Oversikt over miljøgifter knyttet til sedimenter kan utgjøre lokale trusselfaktorer. Det er også påvist omfattende skader på torskens oppvekst-habitat, både langs Skagerrakkysten og i våre fire nordligste fylker. På Skagerrakkysten og lokalt i ferskvannspåvirkete fjorder på Vestlandet, kan estuarine blandsoner med tilførsler av forsuret, aluminiumsholdig vann ha spilt en rolle for overlevelse av ungstadier av torsk. Informasjon om kysttorskens gyteområder foreligger i en rekke ulike kilder, primært Fiskeridirektoratet, lokale kystsoneplaner og avgrensede pilotprosjekter av vitenskapelig karakter.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kysttorsk 2. Kystovervåking 3. Trusselfaktorer 4. Kartlegging 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coastal cod 2. Coastal monitoring 3. threats 4. mapping
--	--



Vilhelm Bjerknes
Prosjektleder



Trond Rosten
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

Kysttorsk og miljø

**Dataserier og verktøy for studier av miljøets
betydning for bestandssituasjonen**

Forord

Denne rapporten gir en summarisk oversikt over miljøinformasjon innen kysttorskens utbredelsesområde i Norge som NIVA sitter inne med. Prosjektet er bekostet av NIVA, og er initiert på bakgrunn av den alarmerende bestandssituasjonen for norsk kysttorsk. Rapporten presenterer de viktigste miljøovervåkings- og kartleggingsprogrammene der NIVA deltar, og som har relevans for kysttorsk. Skriftlige bidrag er levert av Are Pedersen, Ketil Hylland, Hartwig Christie, Jan Henrik Sandberg, Eli Rinde, Torstein Pedersen og Vilhelm Bjerknæs fra NIVA, og hovedfagsstudent Torleif Markussen Lunde ved UiB. Vilhelm Bjerknæs har vært prosjektleder og har redigert rapporten. Redaktøren retter sin takk til medarbeiderne og til NIVA for økonomisk bistand til arbeidet.

Bergen, november 2005

Vilhelm Bjerknæs

Innhold

Sammendrag

Summary

1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Mål	9
2. Materiale og metoder	10
3. Generelt om kysttorsk	11
3.1 Miljøforhold	11
3.2 Livssyklus	12
3.2.1 Gyting	12
3.2.2 Egg- og larvestadiet	12
3.2.3 Fra yngelfase til kjønnsmoden torsk	12
4. Dataserier og trendanalyser på nasjonalt, regionalt og lokalt nivå	13
4.1 Historiske data og sentrale aktører innen overvåking.	13
4.2 Kysttorsk og NIVAs miljøovervåkingsprogram	13
4.3 NIVAs databaser	14
4.3.1 Annen relevant informasjon	19
5. Forurenset sjøbunn. Relevante utdrag av tidligere utførte undersøkelser	21
5.1 Norske fjorder og kystområder med miljøgiftbelastning som kan påvirke rekruttering til torskebestander	21
5.1.1 Områder med kostholdsråd	21
5.2 Potensielle effekter av miljøgifter på embryonal- og/eller larvestadier hos torsk	24
5.2.1 Eksperimentelle studier	24
5.2.2 Felt-studier	25
5.3 Adferd	25
5.4 Databaser	25
6. Tarevegetasjon	27
7. Gyte- og oppvekstområder for torsk	31
7.1 Registrering og kartlegging av biologisk mangfold	31
7.2 Gyte- og oppvekstområder for kysttorsk	31
7.3 Modellering, kartfesting og arealberegning av ulike typer av områder	35
7.4 Brakkvannsområder og estuarine blandsoner (VIB)	35
8. Litteratur	36

Sammendrag

Bestanden av norsk kysttorsk har avtatt sammenhengende siden 1994, og totalbestanden i 2005 anslås til om lag ¼ av hva den var i 2002. Kysttorsken er sannsynligvis sammensatt av et stort antall bestandskomponenter, og årsakene til tilbakegangen varierer trolig i ulike deler av utbredelsesområdet, selv om overbeskatning anses som en hovedårsak.

Gjennom sitt langvarige arbeid med overvåking og forskning innen norsk fjord- og kystøkologi, sitter NIVA på et stort erfaringsmateriale, og lange dataserier som bør komme til anvendelse i en bred analyse av årsakene til tilbakegangen.

Målet med denne rapporten er å gi en kortfattet oversikt over de miljømessige trusselfaktorene for norsk kysttorsk, og å bidra til at denne kunnskapen blir gjort kjent og tilgjengelig for forvaltningen.

Kysttorsk er utbredt langs hele norskekysten. Merkeforsøk har påvist at kysttorsken er svært stasjonær. Torsken gyter pelagisk, hovedsakelig i mars-april. Egg, larver og yngel lever pelagisk fram til bunnslåing om høsten. Tareskog og ålegrasenger er viktige habitat for ung kysttorsk. Kjønnsmodning finner sted etter 2-4 år.

Statlig program for forurensningsovervåking, inkludert Kystovervåkingsprogrammet og Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP) har framskaffet lange miljødataserier innen kysttorskens utbredelsesområde i den perioden kysttorskbestanden har avtatt. Arbeidet skjer i samarbeid mellom NIVA og Havforskningsinstituttet. I tillegg er NIVA involvert i overvåkingsprogrammene TEOTIL (SFT) og Riverine Inputs, som registrerer tilførselene til norske fjorder og kystfarvann. Dataseriene fra disse overvåkingsprogrammene er samlet i databaser ved NIVA, og danne grunnlag for utvikling av modellverktøy. Dette materialet kan danne grunnlag for regionale og lokale trendanalyser i bestandsutviklingen for kysttorsk.

I mange kyst- og fjordområder har tilførsler av miljøgifter fra bosetting, industri og annen virksomhet blitt tilført og lagret i sedimentene over lang tid. Slike lagre av miljøgifter kan forårsake problemer i lang tid etter at kildene til forurensningen er fjernet. NIVA bistår SFT i kartlegging av disse områdene. Kobling av slik informasjon til informasjon om gyte- og oppvekstområder for kysttorsk kan danne grunnlag for en drøfting av mulige sammenhenger mellom forurensning og mulige skader på lokale bestander.

Stortarevegetasjonen danner store undervannsskoger fra Vestlandet og nordover, og utgjør et viktig habitat for ungstadier av kysttorsk. I våre 4 nordligste fylker er tareskogen sterkt redusert gjennom de siste 35 år. Overbeiting fra kråkeboller er en hovedårsak. Endringene gir grunn til bekymring, da degenerasjon av skogdannende tarearter medfører en degenerasjon av økosystemet, inkludert høstbare ressurser som torsk, krabbe og hummer.. Sukkertaren er en mindre tareart, som spiller en tilsvarende rolle som stortaren på de sørlige delene av kysten. Gjennom kystovervåkingsprogrammet er det påvist en dramatisk tilbakegang av sukkertare på Skagerrakkysten, der eutrofiering og økt partikkeltilførsel fra land (lokalt og fra kontinentet) diskuteres om mulige årsaker. Til tross for ulike årsaker, vil konsekvensene i stor grad være de samme i sør som i nord, reduserte skjulesteder, redusert produksjon, og reduserte næringsområder for kysttorsk.

Kartleggingen av marint biologisk mangfold har hittil skjedd gjennom avgrensede pilotprosjekter. Status for den fysiske kartleggingen av viktige områder for fiskeri- og havbruksnæringen varierer for ulike deler av kysten. Gyteområder for bl.a. kysttorsk inngår som en sentral naturtype i kartleggingen av marint biologisk mangfold. Kartleggingen av gytefelt ligger foran registreringen av biologisk mangfold. Anvendelse av nye marine grunnlagskart med informasjon om dyp og bunntype vil gjøre

det lettere å avgrense gyteområdene. I det framtidige arbeidet vil en kunne bygge på erfaringer fra Skagerrakkysten for oppdatering av fiskeriinteresser og gytefelt i resten av landet.

Fiskeriforvaltningens og fiskernes kartlegging av gyteområder skal revideres på nasjonalt nivå, og kartleggingen av gyteområder i forbindelse med marint biologisk mangfold vil måtte samordnes med denne revisjonen. NIVA og Havforskningsinstituttet arbeidet høsten 2005 med modellering av gyteområder for kysttorsk, og det arbeides med etablering av kriterier for å verdiklassifisere slike områder.

Brakkvannsområder med skadelige estuarine blandsoner er blitt avdekket under studier av lakseoppdrett i ferskvannspåvirkete fjorder, og anses som mulige trusselfaktorer i migrasjonsrutene for anadrome laksefisk. Eksponeringsstudier av torsk i slike fjordområder viser at også torsk affiseres i brakkvann med tilførsler fra forsuret ferskvann med høyt aluminiumsinnhold. Lokalt kan estuarine blandsoner ha medvirket til nedsatt overleving av egg og yngel av kysttorsk. I tillegg bidrar disse observasjonene til å styrke hypoteser om at kysttorskens langvarige tilbakegang på Sørlandskysten har sammenheng med forsurings situasjonen i første halvdel av forrige århundre.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Fiske etter kysttorsk danner en viktig del av livsgrunnlaget i lokalsamfunn på deler av norskekysten. Det er derfor alarmerende at bestanden av norsk kysttorsk har avtatt sammenhengende siden 1994. Havforskningsinstituttets (HI's) toktindeks (antall fisk) fra kysttoktet i 2003 utgjorde 17,4 % av indeksen i 1995. Gytebestanden i 2005 er beregnet til under 25.000 tonn, mindre enn 1/3 av hva den var i 2002, og totalbestanden vil i 2005 være om lag ¼ av hva den var i 2002.

Norsk kysttorsk er sannsynligvis sammensatt av et stort antall bestandskomponenter. Dette gjør at det kan være ulike årsaker eller ulike kombinasjoner av årsaker til tilbakegangen i ulike deler av utbredelsesområdet. Inntrykket er at det står dårligst til med kysttorsken i fjordområdene, og at kystnære områder ut til noen nautiske mil fra land er mindre truet.

Fiskeridirektoratet foreslo i 2004 og 2005 en rekke (hovedsakelig beskatningsregulerende) tiltak, i hovedsak nord for 62°N. Målet er å gjenoppbygge norsk kysttorsk til bærekraftige bestander i flest mulige fjorder og kystnære områder.

Det er påpekt (Fiskeridirektoratet og HI) at kunnskapene om norsk kysttorsk er mangelfulle for hele utbredelsesområdet. Dette gjelder i særlig grad viten om gyteområder og rekruttering. Relevant miljøinformasjon knyttet til kysttorskens leveområde og kysttorskens miljøkrav er også mangelfull. Et hovedmål i dette prosjektet har vært å finne fram til og systematisere slik informasjon som kan være til nytte for fiskeri- og miljøforvaltningen og fiskerorganisasjonene lokalt, regionalt og nasjonalt.

NIVA deltar i flere nasjonale og internasjonale overvåkingsprogrammer (TEOTIL, OSPAR, JAMP). I tillegg ligger det trolig relevant informasjon i diverse regionale og lokale undersøkelser utført av NIVA og andre (bl.a. Mattilsynets kostholdsråd) fra norske kyst- og fjordområder som kan gjennomgås og settes i system i forhold til ovennevnte problematikk.

NIVA har mye erfaring med effektparametre hos torsk i forhold til miljøgifter (se kap. 5). Dette har fremkommet gjennom bl.a. eksponeringsforsøk og vil være relevante å sette inn i en sammenheng med tilbakegangen av kysttorsk i påvirkete fjordområder. Materialet kan systematiseres og suppleres med data fra litteratur.

Fiskeridepartementet har våren 2005 etablert en nasjonal referansegruppe for kysttorsk med representanter fra næring, forskning og forvaltning for å øke kunnskapen om kysttorsken. Gruppen skal bidra til å innhente nødvendige kunnskaper fra kystbefolkningen både med hensyn til å kartlegge gyteområder, oppvekstområder og steder der det fiskes kysttorsk. Bl.a. arrangerte gruppen et seminar i Tromsø høsten 2005, der en rekke forskningsinstitusjoner, deriblant NIVA, bidro med foredrag som belyser ulike sider ved kysttorskens biologi og levevilkår i norske kyst- og fjordområder.

NIVA har tradisjonelt betraktet kyst- og fjordområder og fjordmiljø som faglig kjerneområde. Det er bevilget midler fra NIVA's grunnbevilgning for 2005 til et prosjekt som presenterer noe av instituttets kunnskap, og hva instituttet kan bidra med for å belyse trusselfaktorer for kysttorsk. Prosjektet som presenteres her bygger på informasjon fra flere av NIVA's fagområder, bl.a. Kystovervåking, Kystsoneplanlegging, Miljøgifter, Biologisk mangfold. Rapporten er blitt til gjennom et internt

samarbeid på tvers av instituttets linjeorganisasjon. NIVA's seksjon for fisk og akvakultur har koordinert og leder prosjektet.

1.2 Mål

Kysttorskens nasjonale betydning og den urovekkende bestandsutviklingen gjør at kysttorsk vil stå høyt på agendaen innen marin forskning i årene framover. I denne rapporten vises noen eksempler fra NIVA's virksomhet som har relevans til kysttorsk. NIVA's marine forskning er i dag sterkt rettet mot miljø og økologiske problemstillinger, metodeutvikling osv., og i mindre grad direkte mot høstbare ressurser.

Prosjektgruppen har antatt at NIVA gjennom relativt små justeringer av hvilke data og parameter vi samler inn og vurderer kan gjøre at nasjonen kan dra nytte av våre overvåkingsdata og forskningsresultater i forvaltning av norsk kysttorsk i langt større grad. Som et eksempel kan det i større grad fokuseres på torsk i framtidige fjordovervåkingsprogrammer der NIVA deltar. Prosjektgruppen ser gjerne også at NIVA setter søkelyset på kysttorsk i søknader til relevante forskningsprogrammer i NFR i 2006.

Hovedmål

Hovedmålet med prosjektet var å systematisere NIVAs kunnskap om miljømessige trusselfaktorer for norsk kysttorsk, og bidra til at denne kunnskapen blir lettere tilgjengelig for norsk fiskeri- og miljøforvaltning.

Delmål

Prosjektet skal heve og integrere NIVA's kompetanse på kysttorsk ved å:

- Systematisere NIVA's samlede kunnskap om kysttorskbiologi.
- Framskaffe oversikt over mulige miljøtrusler i essensielle områder for rekruttering og oppvekst av kysttorsk
- Sette sammen og analysere miljøinformasjon (miljøendringer, trender) og økologisk informasjon (predatorer, næringsdyr, habitat) samt fangsttrender i essensielle områder.
- Beskrive kartleggings- og modellverktøy som er, eller kan tas i bruk for å gi en bedre og mer detaljert oversikt over bestandssituasjonen

2. Materiale

Denne rapporten presenterer et ekstrakt av etablert kunnskap og verktøy som kan anvendes for å øke kunnskapen om norsk kysttorsk og dens leveområder. Prosjektet oppsummerer følgende elementer/delstudier:

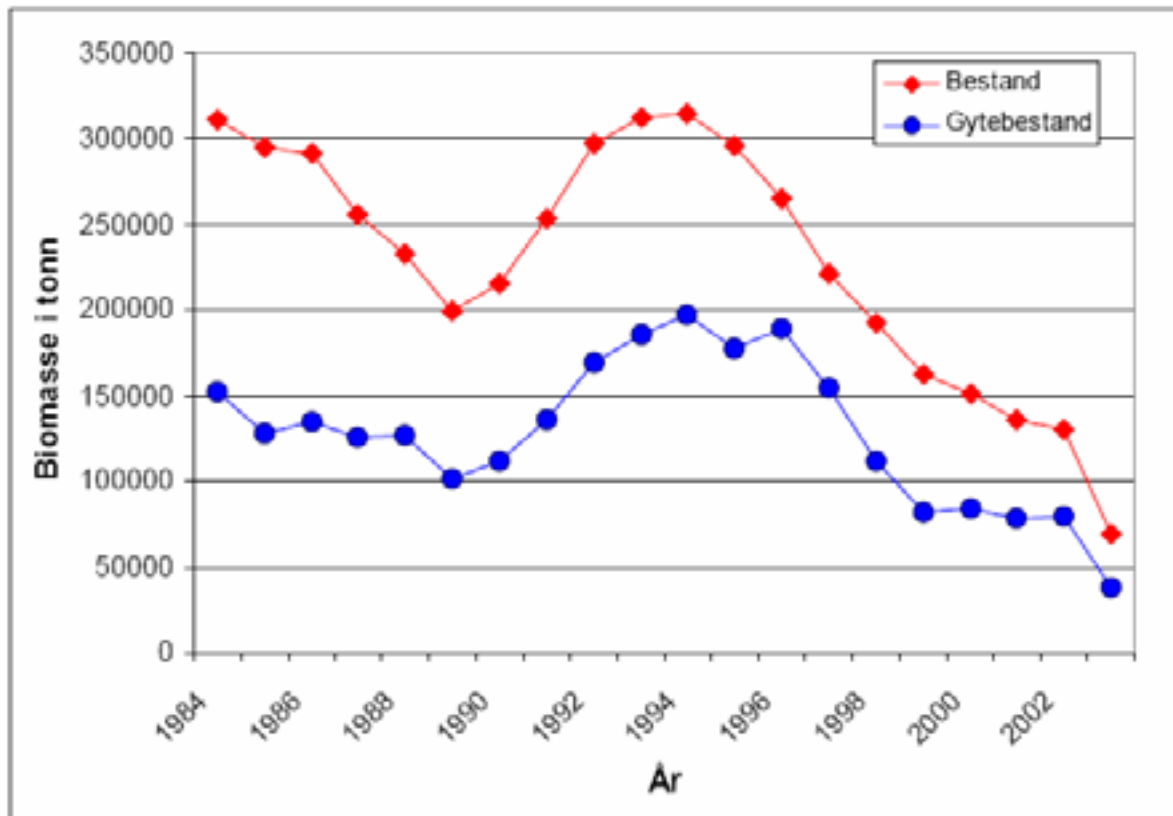
- Kysttorskens miljø og miljøkrav på ulike livsstadier
- Lange dataserier og trendanalyser på nasjonalt, regionalt og lokalt nivå
- Miljøgifter knyttet til sedimenter og deres effekter på torsk
- Torskens oppvekst-habitat, herunder omfang og betydning av skader på tareskog
- Informasjon om gyteområder for kysttorsk basert på ulike kilder, primært Fiskeridirektoratet og lokale kystsoneplaner
- Situasjonen i forsuringspåvirkete brakkvannsområder (estuarine blandsoner)
- Integrering av kunnskap om torskens habitatpreferanser på ulike stadier i livssyklus i GIS for modellering av potensielt godt egnede habitater

3. Generelt om kysttorsk

Kysttorsk er sannsynligvis satt sammen av flere lokale bestander og finnes langs hele norskekysten fra tarebeltet til 500 m dyp. 75% av kysttorskpopulasjonen finnes nord for 67 grader. De to første årene, før kjønnsmodning, oppholder kysttorsken seg på grunt vann. Merkeforsøk har vist at kysttorsk er svært stasjonær (Berg and Albert 2003), og vokser hurtigere enn norsk-arktisk torsk.

Kysttorsk blir kjønnsmoden etter 3-6 år og maksimal alder er ca. 15 år. I ekstreme tilfeller kan den bli 20 år. Gyteposjonene øker med torskens størrelse og alder, og ung fisk gyter posjoner på ca. 400.000 egg. Gammel fisk kan gyte så mye som 15.000.000 egg (Norwegian Institute of marine research 2005).

Siden 1994 har bestandene av kysttorsk gått kraftig tilbake (Berg, Korsbrekke et al. 2003) (**Figur 1**), spesielt i de indre fjordområdene. Årsaken til tilbakegangen er usikkert, men på grunn av situasjonen anbefalte ICES nullfiske fra juni 2004.



Figur 1. Biomasseutvikling av den totale bestanden (2 år og eldre) og gytebestanden av kysttorsk i perioden 1984-2003 (Fiskeridirektoratet 2004).

3.1 Miljøforhold

På grunn av ulike lys- og temperaturforhold nord og sør for 62°, er veksten generelt bedre i sør enn i nord. Det kan også forekomme store lokale forskjeller. Fjordene i Nord-Norge har sub-arktisk klima med konstant temperatur hele året, mellom 5-7 °C. I Sør-Norge er temperaturen 12-16°C sommertid og mye lavere om vinteren. Det har vist seg at lave temperaturer i februar og mars er fordelaktig for

eggstørrelse (Moksness, Kjørsvik et al. 2004). Sensongvarierende lysforhold etter breddegrad setter også ulike begrensinger på fødeopptak.

Golfstrømmen sørger for transport av vann langs norskekysten. Hovedstrømmen går nordover med fart på mellom 30-50 cm s⁻¹ ned til 500 m. Det er antatt at sterk nordlig eller sørlig vind langs kysten føre til nettotransport inn eller ut av fjorden (Asplin, Salvanes et al. 1999). Sterk nordlig vind kan føre til transport ut av fjorden, mens kraftig sørlig vind kan gi tilførsel av næringsstoffer. Denne teorien er basert på modellering fra Masfjorden, og er ikke underbygget av virkelige undersøkelser. Teorien gjelder for fjordene på Vestlandet. Dersom sterk nordlig vind oppstår i egg og larvefaser hos kysttorsk, er det mulighet for at disse kan bli transportert vekk fra oppvekstområdene og ut i golfstrømmen.

3.2 Livssyklus

3.2.1 Gyting

Populasjonene av kysttorsk har vist seg å være tilnærmet ikke-migrerende (Salvanes 2001; Salvanes, Skjaeraasen et al. 2004). Dette betyr at det er lite utveksling og reproduksjon mellom de ulike populasjonene. Kysttorsken gyter fra mars-april til så sent som juni i enkelte fjorder (Berg 2004).

Gyteplasser er lokalisert flere steder i ulike fjorder, men merkeforsøk har vist at kysttorsken benytter de samme gyteplassene år etter år, gjerne i strandsonen (Berg and Albert 2003). Modningsandelen for kysttorsk er ca. 20 % for 2-åringer, 52 % for 3-åringer og 82 % for 4+. Det er i denne sammenheng viktig å huske at modningsgrad varierer med breddegrad. Gytingen har topp i midten av mars og april, men lokale variasjoner kan føre til at gytingen fortsetter til sent i juni.

3.2.2 Egg- og larvestadiet

Etter gyting utvikles torskkeggene og -larvene i vannmassene fra 0-50 m. Det trengs ca. 84 dC° før klekking finner sted. Larvene øker på dette stadiet vanninnholdet og mister oppdrift. Anlegg til organer blir dannet, hjertet har full aktivitet og et enkelt blodkarsystem blir dannet. Etter 1-3 dager får larven "vilje" og reagerer positivt fototaktisk. På dette stadiet er larven også i stand til å ta til seg føde. Etter 7-10 dager er plommesekken brukt opp og larven er avhengig av å ta til seg føde (Stefansson 2002). Det er i første omgang dyreplankton som står på menyen. Larven kan på dette stadiet svømme aktivt i korte perioder.

Dynamikken i vannmassene i kyst- og fjordområdene sammen med tettheten på egg og larver gjør at tidlige livsstadier av kysttorsk kan bevege seg med 1 mm s⁻¹ vertikalt i vannmassene (Salvanes, Skjaeraasen et al. 2004). Imidlertid er det sjans for at egg og larver kan bli transportert nordover ved sterke strømmer. Dette forutsetter at larvene ikke har tilstrekkelig mulighet til å migrere vertikalt for å unngå dette. Kunnskapen på dette området er mangelfull.

3.2.3 Fra yngelfase til kjønnsmoden torsk

Tidlig på høsten slår torsk yngelen seg ned på dyp mellom 0-20 m og blir der til to-årsalderen, da en del av fisken når gytmodning. Nylig nedslått yngel spiser for det meste kutling, mens eldre torsk foretrekker lysing og krepsdyr. Hvor mye kutling som blir produsert avhenger av transporten av zooplankton inn i fjordene. I år med dårlig fødetilgang og/eller store årsklasser er kannibalisme ikke uvanlig. Makroalgebeltet kan fungere som skjul, slik at yngelen unngår kannibalisme fra dyptlevende torsk (Berg and Albert 2003).

4. Dataserier og trendanalyser på nasjonalt, regionalt og lokalt nivå

4.1 Historiske data og sentrale aktører innen overvåking.

Miljøet i kystområdene våre har vært studert og overvåket i flere hundre år. Det finnes en stor mengde biologiske og kjemiske data innsamlet fra norske kyst- og fjordområder. I tidligere tider var slike studier i stor grad rettet mot de livsviktige fiskeriressursene, men i de senere 30-40 år har økt miljøbevissthet ført til en intensivert fokus på overvåking av miljøkvalitet, vern om ressurser/biologisk mangfold samt forurensningsovervåking og tiltaksrettet overvåking.

Det finnes i dag to til tre større aktører, innen miljøsektoren i Norge mht. marin ressurskartlegging og overvåking, foruten det arbeid som har vært drevet og drives ved norske universiteter. Ressursorienterte data har i stor grad vært håndtert av Havforskningsinstituttet (HI) og Fiskeridirektoratet, mens miljø- og forurensningsdata har vært SFT ansvarsområde og fagområdet biologisk mangfold har vært ivaretatt av DN.

HI/Fiskeridirektoratet sitter utvilsomt på hoveddelen av all informasjon angående fangst og rekruttering av den norske kysttorsk. De har også antydning at det kan komme på tale å innføre restriksjoner på kysttorskfiske nord for 62° breddegrad på grunn av kraftig nedgang i bestandene. Årsakene til nedgangen er ennå usikre, og varierer trolig fra område til område, men overfiske antydes som en viktig årsak.

For en bedre helhetsforståelse av årsakene til nedgangen i kysttorsk må en også sette fokus mot miljøendringer og effekter av andre påvirkninger/stressfaktorer. Viten om miljøforholdene og eventuelle endringer i disse innen våre kystfarvann og fjorder er derfor essensielt i det videre arbeid med årsakene bak nedgangen i kysttorskbestanden. Som et ledende nasjonalt kompetansesenter innen vern og bruk av vann sitter NIVA på vesentlig kunnskap om miljøforhold i våre kystområder. I hovedsak har NIVA's aktiviteter vært knyttet vannkjemisk, geokjemisk og biologisk overvåking av marine områder som kyst, fjorder og havner.

NIVA har gjennom sitt systematiske og omfattende arbeid gjennom et halvt århundre innsamlet og lagret større mengder av miljødata som finnes tilgjengelig gjennom instituttets databaser. Slike data vil være meget viktige for å beskrive miljøforhold i norske farvann, og for å belyse sider ved kysttorskens autøkologi. Potensielt kan det avdekkes nye og uventede årsakssammenhenger mellom endringer i miljø og habitat-forhold over tid og nedgangen i kysttorskbestandene.

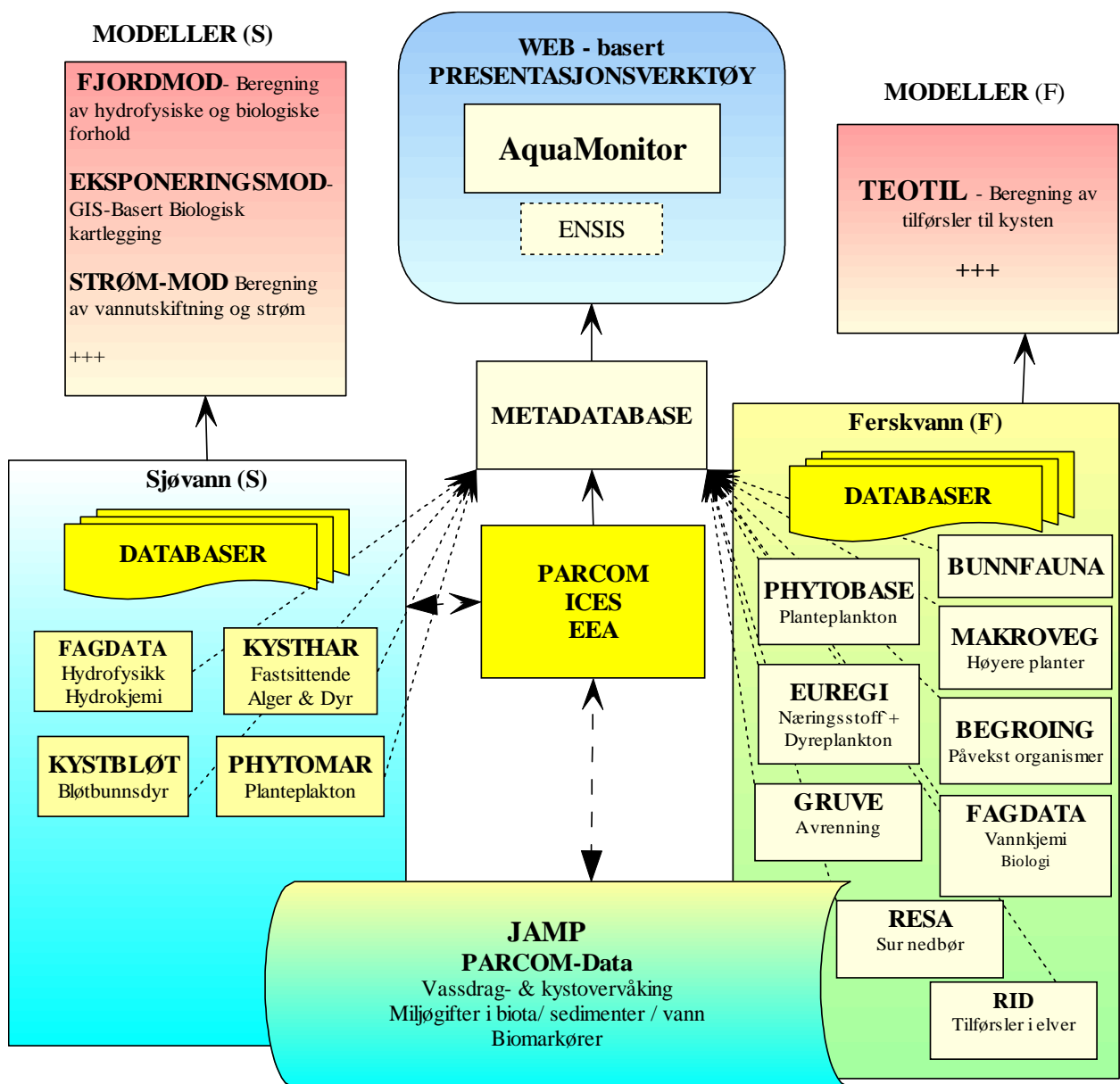
4.2 Kysttorsk og NIVAs miljøovervåkingsprogram

Overvåkingsvirksomhet (Statlig program for forurensningsovervåking, inkludert Kystovervåkingsprogrammet og Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP)) har framskaffet lange miljødataserier som dekker den norske kysttorskbestandens utbredelsesområde i den perioden kysttorsk har avtatt. Programmene dekker overgjødsling og miljøgifter. Torsk inngår også som biomarkør i JAMP-programmet. Hydrografidata fra bl.a. Kystovervåkingsprogrammet leveres til Det internasjonale havforskningsråd (ICES) som en del av arbeidet med OSPAR (Oslo-Paris kommisjonen). Deler av dette arbeidet utføres i samarbeid mellom NIVA og Havforskningsinstituttet.

NIVA er også involvert i overvåkingsprogrammer på tilførsler til norske fjorder og kystfarvann (TEOTIL og Riverine Inputs). Dataseriene fra overvåkingsprogrammene kan danne grunnlag for trendanalyser som kan settes sammen med regionale og lokale trender i kysttorskutviklingen, med sikte på å finne mulig årsakssammenheng og optimalisering av eventuelle tiltak.

4.3 NIVAs databaser

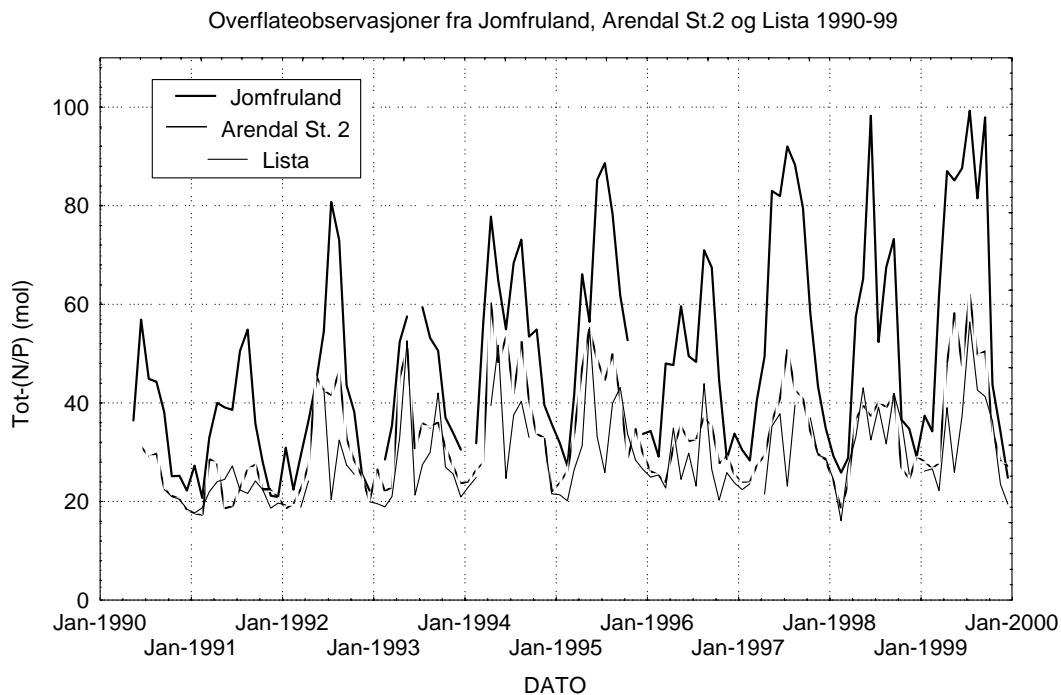
De viktigste databasene på NIVA (**Figur 2.**) inneholder datasett for hydrofysikk, hydrokjem, sedimenter, biologi (planteplankton, hardbunn- og bløtbunn arter) og miljøgifter. I tillegg er alle tilførsler til kystområdene kartlagt og tilførsler kan modelleres (TEOTIL **Figur 2.**). De viktigste



Figur 2. Skjematisk oversikt over de viktigste databaser og modellverktøy som benyttes på NIVA.

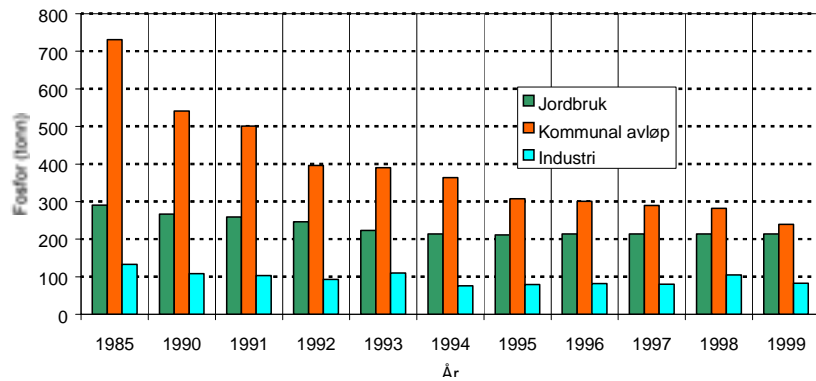
databasene i forhold til kysttorsk er: FAG-DATA (ferskvann og marint), JAMP, KYSTBLØT, KYSTHAR, PHYTOMAR, RESA samt RID. Dette er baser hvis innhold gjør oss i stand til å beskrive tilstand og eventuell endring av kystnære fjordstrøk over tid. Omfanget av datasett innen hver enkelt base varierer mye, men NIVA har dataserier helt tilbake til tidlig på 1960-tallet.

FAGDATA inneholder dataserier fra et stort antall norske fjorder og elver. Den omfatter generelle vannkjemiske og hydrografiske data, og inneholder ca. 500 000 måleverdier helt tilbake til 1960-tallet. Data fra kystovervåkingsprogrammet inngår her. I **Figur 3** er vist et utdrag av endringen i totale nitrogen:fosfor- forholdet (Tot. N/P) i overflatelaget 0-10m, som et eksempel (Moy et al 2002).



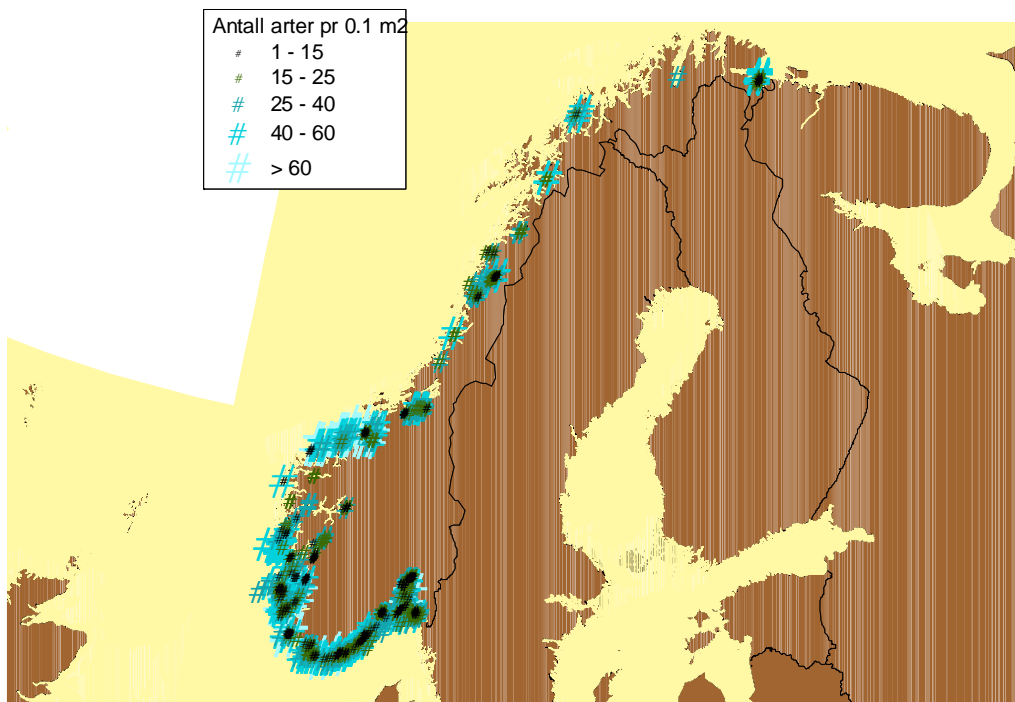
Figur 3. Tot-(N/P), 0-10 meters dyp, 1990-99, månedsmiddel (fra Moy.et al.2002).

Fra ferskvannsdelen av FAGDATA er blant annet viktige sammenstillinger av tilførselsdata til Skagerak-kysten sammenstilt (**Error! Reference source not found.**) En ser her viktigheten av å koble data fra tilførselssiden på ferskvann med de registrerte data for nitrogen og fosfor i kystområdene.



Figur 4. Beregnede norske tilførsler av fosfor (tot-P) fra jordbruk, kommunalt avløp og industri fra 1985 og 1990-99 til Skagerrakkysten (svenskegrensen-Lindesnes) (Borgvang og Tjomsland, 2001)(fra Moy et al.) 2002).

KYSTBLØT er en database over bløtbunnsfauna fra store deler av Norskekysten. Basen inneholder data vedrørende marin bløtbunnsfauna ("grabbfauna") innsamlet i tidsrommet 1974-2004 (**Figur 5**). Prøvene er fra norske fjorder og kystfarvann fra Iddefjorden (svenskegrensen) til Varangerfjorden. Hovedmengden av data er fra Sør-Norge. I alt er det data fra over 1100 stasjoner. Fra mange av disse foreligger det tidsserier fra overvåkingsprosjekter. Databaseen omfatter ca 100 000 poster og inneholder informasjon for over 1300 arter.

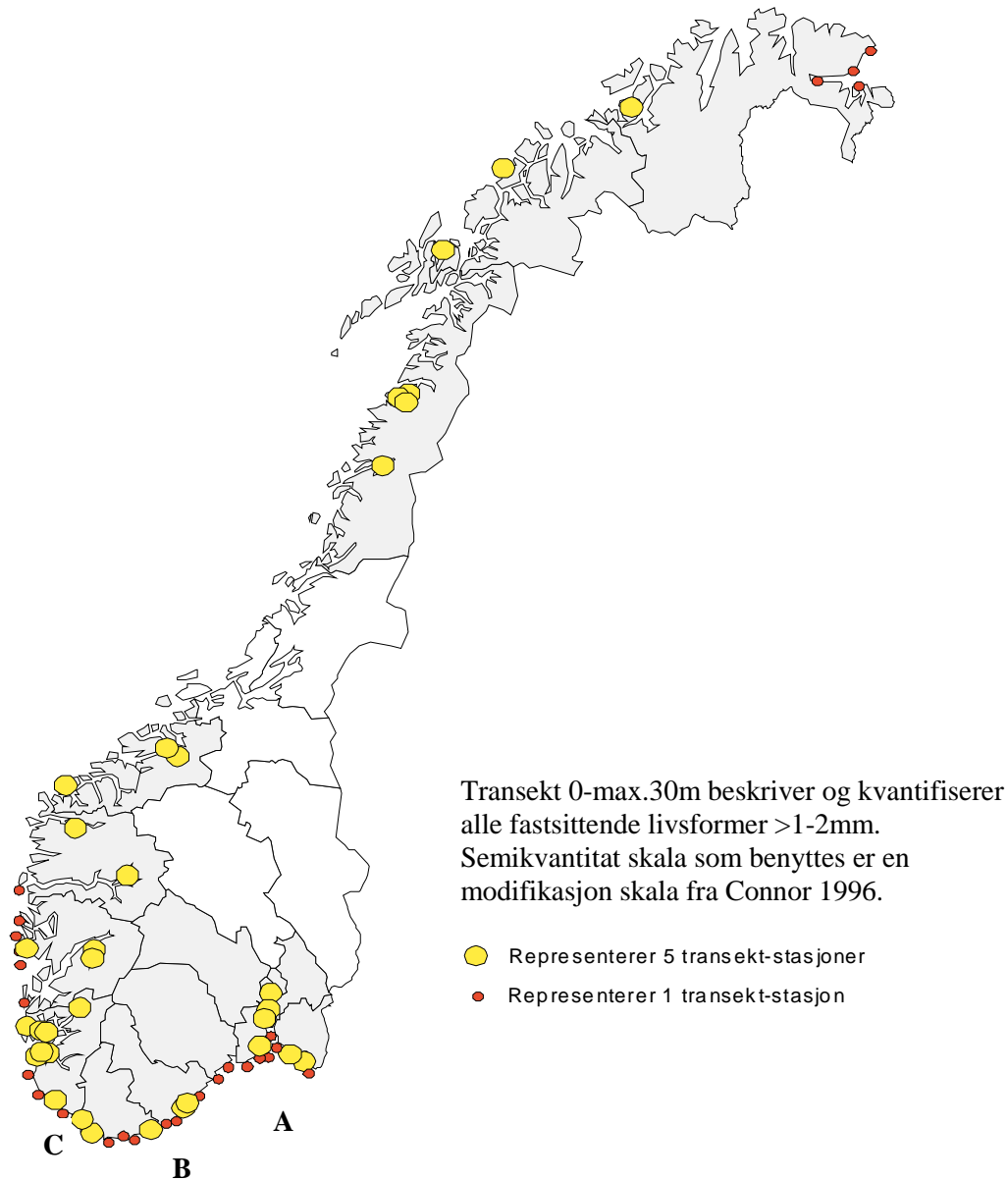


Figur 5. Antall arter registrert innen et stasjonsnett for bløtbunnsobservasjoner utført innen kyststrøk (Rygg pers. com).

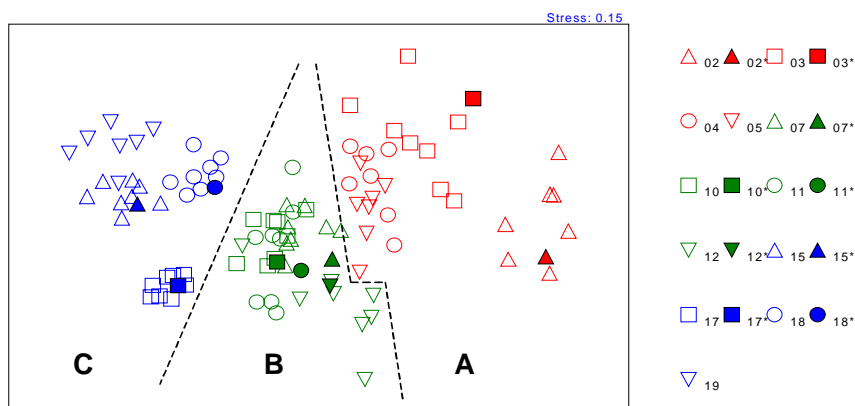
KYSTHAR inneholder informasjon om fastsittende alger og dyr på over 100 stasjoner langs norskekysten (**Figur 6**). Data foreligger i 4 forskjellige hovedtabeller og omfatter over 400 000

observasjoner fra svenskegrensen i sør til Varangerfjorden i nord. De fleste registreringene er utført i forbindelse med resipient- og basisundersøkelser i forbindelse med Nasjonalt Program for Forurensningsovervåkning og inneholder data fra 1980 og frem til 2004. Flere eldre undersøkelser er under forberedelse til innlegging i basene.

Den informasjon som ligger i KYSTBLØT og KYSTHAR kan benyttes for å beskrive økologisk tilstand og endringer over tid som vist i **Figur 7**, hvor artssammensetningen fra undersøkelser utført over flere år er sammenstilt mot undersøkelser utført i 2003 (fylte symboler). Tilsvarende dataserier kan benyttes i vurderinger angående endringer i økologisk status for et område og har stor relevans med henblikk på kysttorskproblematikken, ettersom fastsittende alger og dyr, samt bløtbunnsundersøkelser, integrerer belastningen innen et område/habitat. Disse kan dermed benyttes som indikatorer på om de miljømessige forhold har endret seg, selv om en ikke har hydrokjemiske, hydrofysiske eller økotoksikologiske data tilgjengelig.



Figur 6. Marine hardbunnsstasjoner. Områdene A, B og C er referert til i Figur 7 under.



Figur 7. Likhet mellom hardbunnsstasjoner basert på artssammensetning, dvs. tilstedeværelse og mengde av arter/taxa. Liten avstand mellom symboler viser stor likhet. Stasjoner i 2003 er markert med fylte symboler (og merket med * i tegnforklaring). Stasjoner i perioden 1995-2002 er vist med åpne symboler (uten å angi det enkelte år). Stasjon 02-05 er område A (røde symboler), stasjon 07-12 område B (grønn) og stasjon 15-19 område C (blå) (Figur 6). Sammenlikningen er basert registreringer fra dybdeintervallet 4-22m (Moy et al.2004).

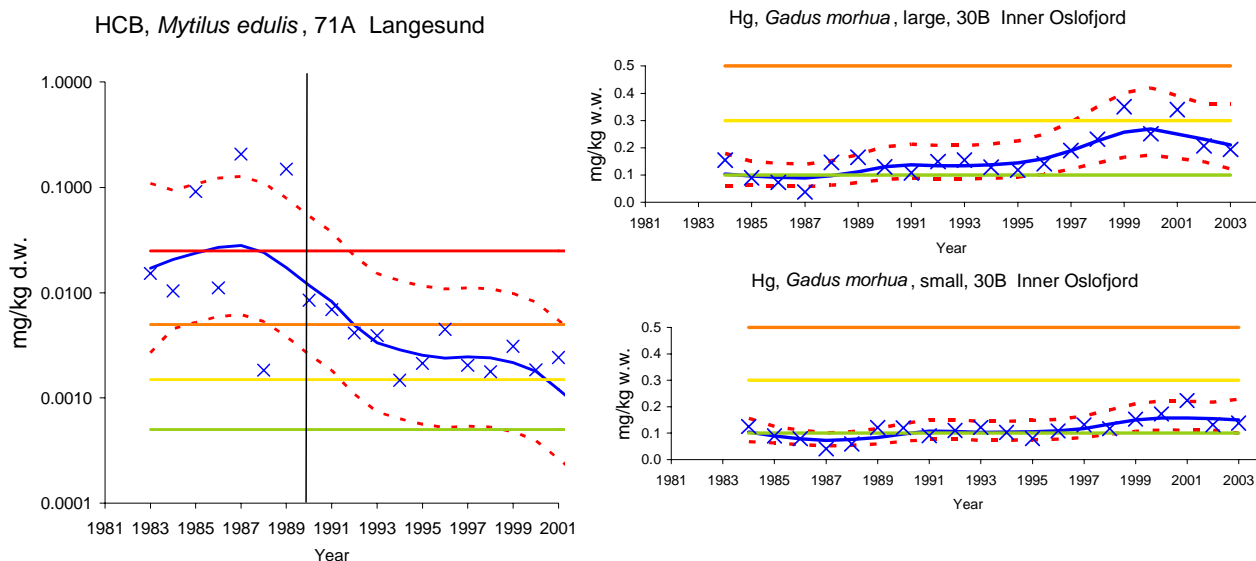
PHYTOMAR er en nyutviklet base over marint fytoplankton. Basen ble tatt i bruk i april 2005 og inneholder per dags dato informasjon fra 43 stasjoner og rundt 400 arter. NIVA er en stor aktør i overvåking av giftige alger både forbundet med skjell- og fiskeoppdrett. Daglig telles prøver i denne forbindelse, og data legges direkte inn i basen Phytomar. Basen inneholder i dag stort sett data fra 2005, men det jobbes med å legge inn "gamle" data. NIVA har en mengde data på marint planteplankton, fra Glomfjorden i nord til svenskegrensen i sør samt Skagerrak, tilbake til begynnelsen av 1960-tallet.

Ferry Box : NIVA har i de senere år montert automatisk prøvetakingsutstyr på flere båter (Color festival: Oslo-Hirtshals, hurtigruten Trollfjord: Bergen-Kirkenes og Fjordline's Fjord Norway: Bergen-Hanstholm). Dette gjør oss i stand til å overvåke salinitet, partikler, tempertur og algemengder langs hele kysten og Skagerrak.

JAMP databasen er en omfattende database for miljøgifter for Norge. Den omfatter en lang rekke organiske miljøgifter og tungmetaller bl.a analyser av 16 metaller, tbt (tributyltinn), 50 forskjellige PAH (polyaromatiske hydrokarboner), 23 PCB (polyklorerte biphenyler), 27 forskjellige dioxiner, 19 pesticider, 3 HCB (hexaklorbenzen), samt EOCL (ekstraherbart organisk bundet klor), EPOCL (ekstraherbart persistent organisk bundet klor), NTOT (total organisk nitrogen), CTOT (total organisk karbon), kornfordeling og vanninnhold.

Det analyseres på blåskjell, purpursnegl, brosme, havmus, torsk (hovedsakelig kysttorsk- prøver tatt på senhøsten), 5 forskjellige flyndrefisk, lange og reker. JAMP (Joint Assessment and Monitoring Program) ble startet i 1981, og det er utført årlige undersøkelser siden den gang. JAMPdatabasen inneholder også data fra før 1981, og inneholder i tillegg informasjon om biomarkør i lever, muskler og galle fra bl.a. torsk. (se kap. 5). Databasen er også til en viss grad knyttet opp mot en database på miljøgifter i sedimenter, som igjen er integrert mot KYSTBLØT. Etersom basen inneholder mange

langtidsserier over miljøgifter i både torsk og i en del av torskens mat (f.eks blåskjell og småfisk), vil den informasjon som ligger i basen være svært viktig i en vurdering av årsakssammenhenger mht. desimering av kysttorskbestanden i norske farvann (**Figur 8**).



Figur 8. A. Median HCB konsentrasjon i blåskjell fra Langesund (NB- log-skala). Horisontal linje viser tidspunkt for 99 % reduksjon i utslipp fra magnesiumfabrikk. B. Kvikksølv i kysttorsk fra indre Oslofjord i stor og liten fisk. Horisontale linjer refererer til SFT klassifisering av miljøtilstand basert på respektive parameter fra god (grønn) til meget dårlig (rød). (Green et al. 2004)

RID. På tilførselsiden har NIVA flere databaser som er relevante mht. tilførselsinformasjon til våre kystområder. PARCOM/ RID er en landsomfattende database som dekker tilførsler av miljøgifter (13 typer) og næringssalter til 10 hovedelver samt 145 mindre elver. Prøver tas hver måned fra hovedelvene, og noe sjeldnere fra de andre elvene. Hele nettet av elver dekker ca. 80 % av hele Norge. Resten av tilførselene dekkes av en modell TEOTIL som beregner tilførsler, men som også kan regne seg tilbake til kilden for de aktuelle stoffene dvs. om tilførsel kommer fra industri, kommunale utslipp eller jordbruk.

4.3.1 Annen relevant informasjon

NIVA har også flere marine modeller som vil kunne belyse dynamikken i våre fjorder- FJORDMOD og STRØM-MOD. FJORDMOD er en dynamisk modell for beregning av eutrofisituasjonen i våre fjorder ved å dele fjorden inn i horisontalt integrerte basseng hvor hvert basseng er vertikalt oppdelt i et visst antall lag. Modellen beregner primærproduksjon, partikkel transport, oksygenforbruk og nedbryting av organisk materiale, basert på transport fra land av næringssalter og organisk stoff, på værforhold, lysforhold samt på randtilstander. Videre kan også innblandingsmodeller som JETMIX benyttes innen denne modellen (Bjerkeng, 1994).

NIVA er også i stor grad involvert i kartlegging av biologisk mangfold og naturtyper. I denne forbindelse er det utviklet flere GIS-baserte modellverktøy for modellering av naturtyper som i hovedsak er basert på en eksponeringsskala. Slike modeller benyttes nå i kartleggingen av hele kysten.

Ellers finnes det mye annen relevant informasjon og kompetanse på NIVA som kan være med på å belyse den aktuelle problemstillingen. NIVA har god kunnskap om omsetning i sedimenter og spesielt tilknyttet eutrofe områder som for eksempel under fiskeoppdrettsmerder og kommunale utslipp

(Schanning & Hansen, 2004). NIVA er bl.a. involvert i et større EU-prosjekt COST-IMPACT som belyser samspillet mellom sediment og eutrofi, i stor grad relatert til fiskeoppdrettsproblematikken (Austen et al. 2004, Widdicome et al. 2004, Schaaning et al. in prep).

5. Forurenset sjøbunn

I mange kyst- og fjordområder har forurensning fra bosetting, industri og annen virksomhet blitt tilført og lagret i sedimentene over lang tid. Slike lagre av miljøgifter kan forårsake problemer også etter at kildene til forurensingen er blitt fjernet. NIVA bistår SFT i registrering, vurdering og opprydding. Det skal utarbeides fylkesvise tiltaksplaner for de mest forurensete områdene innen 2005. I dette prosjektet er oversikter over slike områder koblet sammen med oversikter over gyteområder for torsk. En del av grunnlaget er hentet fra kommunale og regionale kystsoneplaner.

Denne rapporten gjengir utdrag av undersøkelser av forurenset sjøbunn og effekter på bunnfisk, spesielt torsk. Kobling av geografisk informasjon om forurenset sjøbunn og gyteområder for kysttorsk danner grunnlag for en drøfting av mulige sammenhenger mellom forurensning og reproduksjon hos torsk.

5.1 Norske fjorder og kystområder med miljøgiftbelastning som kan påvirke rekruttering til torskebestander

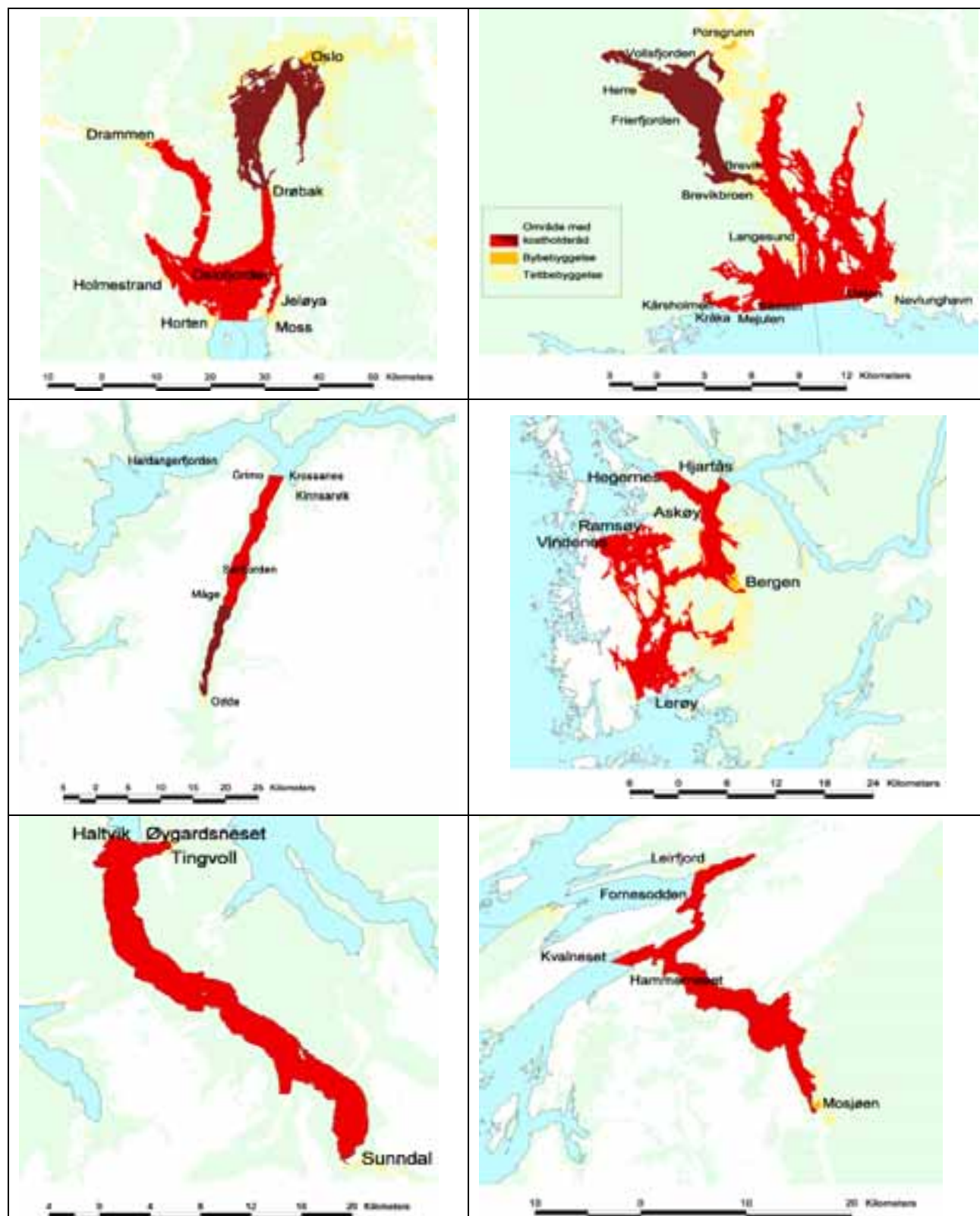
Det er begrenset dokumentasjon på reelle effekter av miljøgifter på torsk. For å kunne vurdere områder med mulige problemer er det derfor nødvendig å benytte kunnskap om nivåer av miljøgifter i miljøet. Den mest direkte dokumentasjonen av områder med sterk påvirkning er kostholdsråd. En vil anta at områder der det er tilstrekkelige tilførsler av miljøgifter til bioakkumulering over nivåer som gjør organismene akseptable som menneskeføde også vil kunne ha effekter på tidlige utviklingsstadier hos torsk. Det er viktig å være oppmerksomme på at det også kan være effekter av stoffer som ikke akkumulerer i vesentlig grad (alkylfenoler og hormonforstyrrende stoffer), det analyseres dessverre ikke for alle aktuelle stoffer (eksempelvis bromerte flammehemmere). Sist men ikke minst, alle områder langs kysten med potensiell miljøgift-belastning er ikke kartlagt.

5.1.1 Områder med kostholdsråd

Enkelte områder i norske kystfarvann har såpass høy miljøgift-belastning, at marine organismer ikke uten videre bør brukes til konsum av mennesker (Tabell 1 og Figur 9). Det finnes komparative studier, men det er sannsynlig at nivåer i organismer som gjør dem uegnet til menneskeføde også vil kunne gi effekter i de samme eller andre organismer i økosystemet. Noen av disse områdene er av begrenset omfang, eksempelvis havner, og vil trolig gi et begrenset bidrag til miljøgift-belastningen for kysttorsk-populasjoner. Det er viktig å være klar over at dette er en grov angivelse av miljøgift-belastningen i norske kystfarvann. Det er både sannsynlig at andre områder burde ha vært på denne lista og at datagrunnlaget for noen av områdene som er på lista er utilfredsstillende.

Tabell 1. Oversikt over områder med kostholdsråd
(2005; http://snt.mattilsynet.no/nytt/kosthold/fisk_skalldyr/kyst.html).

Område	Areal	Miljøgifter	Potensielt gyte- og/eller oppvekstområde
<u>Oslofjorden</u>	omfattende	PCB	X
<u>Tønsberg og Vrengen</u>	begrenset	PCB	X
<u>Sandefjordsfjorden</u>	lite	PCB	(havn)
<u>Grenlandsfjordene</u>	omfattende	dioksiner	X
<u>Kragerø</u>	lite	PAH, dioksiner	X
<u>Tvedestrand</u>	lite	PCB	X
<u>Arendal</u>	lite	PCB	X
<u>Kristiansandsfjordene</u>	lite	klororganiske	(havn)
<u>Farsund</u>	begrenset	PCB, PAH	X
<u>Fedafjorden</u>	begrenset	PAH	X
<u>Flekkefjord</u>	lite	PCB	(havn)
<u>Stavanger</u>	lite	PAH, PCB	(havn)
<u>Sandnes</u>	lite	PAH	(havn)
<u>Karmsundet</u>	begrenset	PAH	X
<u>Saudafjorden</u>	begrenset	PAH	X
<u>Hardangerfjorden/ Sørfjorden</u>	omfattende	Cd, Hg, PAH	X
<u>Bergen</u>	omfattende	PCB	X
<u>Årdalsfjorden</u>	begrenset	Cd, Pb, PAH	X
<u>Sunnalsfjorden</u>	omfattende	PAH	X
<u>Hommelvik</u>	lite	PAH	begrenset område
<u>Trondheimsfjorden</u>	lite	PAH, PCB	(havn)
<u>Brønnøysund</u>	lite	PAH	X
<u>Sandnessjøen</u>	lite	PAH	(havn)
<u>Ranfjorden</u>	omfattende	metaller, PAH	X
<u>Vefsnfjorden</u>	omfattende	PAH	X
<u>Ramsund</u>	lite	PCB	X
<u>Harstad</u>	lite	metaller, PCB	(havn)
<u>Narvik</u>	lite	PCB	X
<u>Tromsø</u>	lite	PAH	X
<u>Hammerfest</u>	lite	PAH	(havn)
<u>Honningsvåg</u>	lite	PAH	(havn)



Figur 9. Noen av de større områdene med kostholdsråd i Norge. Indre og ytre Oslofjord, Grenlandsfjordene, Sør fjorden/Hardangerfjorden, Bergen, Sunndalsfjorden, Vefsnfjorden.

5.2 Potensielle effekter av miljøgifter på embryonal- og/eller larvestadier hos torsk

Larver og ungstadier av torsk kan i utgangspunktet bli utsatt for miljøgifter gjennom to kilder – via plommesekken (overført fra morfisk) eller eksponert via miljøet under utvikling eller etter klekking. Eksponering i miljøet kan skje via føde og/eller via vannet direkte. I tillegg til opptak via gjellene vil marin fisk få i seg miljøgifter gjennom vann de drikker (for osmoregulering).

De fleste miljøgifter vil kunne påvirke larveutvikling og vekst hos torsk hvis nivåene er høye nok. Enkelte miljøgifter har imidlertid spesielt sterke effekter på hormonregulering og utvikling. Data som er relevante for denne oversikten omfatter laboratorie-studier og felt-studier, hovedsakelig av epidemiologisk art. Laboratorie-studiene omfatter begge eksponeringsmekanismene beskrevet ovenfor - eksponering via plommesekken kan enklest studeres ved nano- eller mikro-injeksjon av aktuelle stoffer eller ekstrakter i plommesekken før eller umiddelbart etter befruktning (Ekman et al., 2003). Metoden for eksponering via vannet er selv-forklarende; slike studier har vært gjennomført i forhold til ulike utviklingsstadier hos andre arter enn torsk.

5.2.1 Eksperimentelle studier

Som nevnt ovenfor har det vært gjennomført en rekke studier som vil være relevante for å vurdere om miljøgifter i norske fjorder kan påvirke tidlige livsstadier hos torsk. I og med at eksponering av hunnfisken før gyting også vil kunne påvirke utviklingen hos avkommet, er det viktig å inkludere eksponering av hunner også før selve gytingen i en slik vurdering. En serie studier både i Nordsjøen (Hansen et al., 1985; Westernhagen et al., 1988a, b, 1989) og i USA (Spiess et al., 1988) har demonstrert sammenhenger mellom konsentrasjonene av miljøgifter i fiskevev og klekkesuksess.

Nano- eller mikroinjeksjon er en eksperimentell modell for å studere maternalt overførte miljøgifter (via plommesekken). I denne modellen blir små volum miljøgift injisert i plommemassen snart etter befruktning. Siden miljøgiften introduseres i en lipidfase vil materialet blandes med plommemassen og tas opp av larven tidlig i utviklingsfasen. Metodene har vært benyttet for blant annet laks, torsk og sebrafisk. Nano- eller mikroinjeksjon har foreløpig bare vært benyttet i begrenset grad til mekanistiske studier av miljøgifter, men har vært benyttet til testing av ekstrakter fra sediment eller utslipp (Ekman et al., 2003, 2004; Wright & Tillitt, 1999).

Et tilbakevendende tema når det gjelder effekter hos tidlige utviklingsstadier hos fisk er spørsmålet om i hvor stor grad embryonal-stadier hos fisk i det hele tatt eksponeres for miljøgifter. Umiddelbart etter befruktning vil egget ta inn væske for å oppnå korrekt tetthet. Denne vil variere fra art til art og også mellom populasjoner. Deretter forsegles embryoet og det vil være begrenset utveksling mellom embryo og vannet rundt. Det vil imidlertid være et opptak av organiske miljøgifter, deriblant dioksiner (e.g. Toomey et al., 2001). Etter klekking vil fiskelarven naturligvis være eksponert for vannet, men det er først når larven har konsumert plommesekken at føde også blir en eksponeringsvei.

Som nevnt ovenfor har embryonalutvikling hos fisk (salmonider) vist seg å være følsom for svært lave nivåer av miljøgifter som eksempelvis dioksin (2,3,7,8-TCCD) (Spitsbergen et al., 1991; Toomey et al., 2001), paraquat (Tjaernlund et al., 2002) og kadmium (Iliopoulou-Georgudaki & Kotsanis, 2001). Slik eksponering gir flere symptomer og de fleste av skadene vil føre til død hos individet.

Eksperimentelle studier har vist at fiskelarver hos noen arter er spesielt følsomme for eksponering under særlige perioder av utviklingen. Det er foreløpig begrenset kunnskap om økologisk relevante arter i Norge, men det er sannsynlig at også norske arter vil ha perioder under utviklingen der de er spesielt følsomme. Dette betyr at selv en kortere tids eksponering gjennom et utslipp eller lignende vil kunne ha store effekter hvis det inntreffer i en periode der larver er i en slik følsom fase.

5.2.2 Felt-studier

Det er hovedsakelig to typer felt-studier som har vært benyttet til studier av effekter av miljøgifter på tidlige livsstadier hos fisk: (i) epidemiologiske studier der et stort antall embryoer innsamles og eventuelle avvik registreres, (ii) eksperimentelle studier der fisk som skal gyte innsamles og strykes ombord i et forskningsfartøy eller i laboratoriet. Begge disse strategiene vil være relevante i forhold til undersøkelser av miljøgift-effekter på kyst-torsk.

Den epidemiologiske tilnærmingen krever et omfattende materiale (stort antall larver), et program som strekker seg over mange år og spesial-kompetanse til identifisering av embryoer fra ulike arter, stadier og eventuelle avvik fra normal utvikling. Europeisk (og global) kompetanse finnes hovedsakelig i Tyskland (BFA). Slik identifisering må gjøres umiddelbart etter innsamling (med levende embryoer) og er tidkrevende, men kan gi et godt grunnlag for vurdering av eventuelle skader på tidlige livsstadier i en fiskepopulasjon (Dethlefsen 1989; Dethlefsen et al., 1984).

Den eksperimentelle tilnærmingen har vært benyttet blant annet for torsk i Østersjøen, med ønske om å undersøke eventuelle sammenhenger mellom miljøgift i fisken og klekkesuksess. Denne tilnærmingen krever god kunnskap om gyteområder og – tidspunkt for aktuelle populasjoner, men vil også kunne gi kunnskap om effekten av eventuelle miljøgifter overført fra morfisken. Det er svært begrensede kunnskap om kvaliteten i melke påvirkes av miljøgifter og om det vil ha effekter for befruktning eller larveutvikling hos fisk. Kime og medarbeider har i en serie studier vist at sædceller fra fisk er følsomme for miljøgifter og de har sannsynliggjort at nivåer i elver vil kunne være tilstrekkelig høye til å påvirke befruktningraten (van Look & Kime, 2003). For marin fisk foregår ofte selve befruktningen med liten innblanding av vann og det er derfor mindre sannsynlig at det vil være effekter under selve befruktningen. Tidligere eksponering av hannen kan imidlertid også ha påvirket kvaliteten av melke. Det er lite kunnskap om slike effekter; de kan studeres både under felt-forhold (tilnærming (i) ovenfor) og i laboratoriet.

På grunn av høy naturlig dødelighet og at individer som eventuelt er svekket av eksempelvis miljøgifter derfor raskt vil forsvinne fra en populasjon er det vanskelig å detektere eventuelle effekter som uttrykkes etter klekking i felt. To mulige strategier er enten å sammenligne genetisk diversitet i en populasjon på ulike utviklingsstadier (med utgangspunktet at denne vil være redusert ved en betydelig dødelighet) eller ved å la yngel utvikle seg fra tilnærming (ii) ovenfor.

5.3 Adferd

Prosser knyttet til gyting er styrt av feromoner hos blant annet laksefisk og det er vist at miljøgifter kan forstyrre denne prosessen og derved forsinke eller forstyrre gyting (Moore & Waring, 1996). Det er begrensede kunnskaper om viktigheten av feromoner for gyting hos torsk; denne typen studier vil igjen måtte gjennomføres i laboratoriet, eventuelt med individer som er gyteklare.

Tidligere studier har vist at avkom fra metylkvikksølv-eksponerte foreldre hadde lavere evne til fødeinntak enn avkom fra referanse-fisk (Fjeld et al., 1998). Fødeinntak er naturligvis avgjørende for tidlig overlevelse hos torskelarver og eventuelle reduserte ferdigheter i så måte vil ha store konsekvenser for både individer og årsklassen. Denne typen studie bør gjennomføres både under kontrollerte forhold (med larver fra (ii) ovenfor, eksponert via mikroinjeksjon eller ved eksperimentell eksponering av foreldrefisk) og med larver innsamlet fra naturlige populasjoner.

5.4 Databaser på biologiske effekter

NIVA har et omfattende datamateriale om biologiske effekter hos torsk som omfatter både eksperimentelle studier (Solbergstrand) og felt-observasjoner (overvåking og JAMP). Dataene for JAMP finnes i en egen database, men resten av dataene finnes som regneark i de relevante

prosjektfolderne. Aktuelle prosjekter omfatter JAMP, EU-prosjektet COMPREHEND, NFR-prosjektet DIG (Grenlandsfjordene), samt overvåking i Sandefjordsfjorden, Sørfjorden, Sunndalsfjorden, Grenlandsfjordene (i tillegg til DIG) og indre Oslofjord.

6. Tarevegetasjon

De mest vidstrakte og dominerende tareskogene dannes av arten stortare, som særlig danner store og høye undervannsskoger fra Vestlandet og nordover (Figur 10). Denne skogen er sterkt redusert i våre fire nordligste fylker, der overbeiting fra kråkeboller er hovedårsak. Endringene gir grunn til bekymring, da degenerasjon av skogdannende tarearter vil ha konsekvenser for økosystemet og de arter som lever der, inkludert høstbare ressurser som torsk, krabbe og hummer.



Figur 10. Gamle stortare-planter overgrodd med epifytter på stilken. Epifyttene er viktige som næring og skjulested for faunaen og spiller en viktig rolle i opprettholdelsen av mangfoldet i systemet. Bak de gamle plantene sees en tett skog av unge planter slik gjenveksten ser ut ca to år etter en storm eller taretråling. Foto: K. M. Norderhaug.

I media har det vært fokusert på den dramatiske tilbakegangen av sukkertaren på Skagerrakkysten. Miljøverndepartementet har (høsten 2004) bevilget penger til nærmere undersøkelser og tiltaksanalyser. Disse opplysningene har bl.a. framkommet gjennom Kystovervåkingsprogrammet som ble startet i 1990, og blir administrert og finansiert av SFT. Eutrofiering og økt partikkeltilførsel fra land (både lokalt og fra kontinentet) til skjærgård og fjorder er foreslått undersøkt som en mulig årsak (se **Figur 11**).

Bortfall av et høyproduktivt og tredimensjonalt system som sukkertareskogen utgjør store arealer i skjærgården og ytre fjordområder fra Svenskegrensa og forbi Lindesnes, og betyr reduserte skjulesteder og produksjon av energi og reduserte næringsområder for kysttorsk. Det er foreløpig ikke

utført anslag eller beregninger på hvor stort areal som er berørt. Vi vet at sukkertareskog innholder en organismetetthet på linje med stortare og annen makroalgevegetasjon (i størrelsesorden 100 000 individer makrofauna pr m²), og man kan anta at den er like produktiv som annen tarevegetasjon. Det er også observert fisk knyttet til sukkertareskog tilsvarende annen undervannsvegetasjon.



Figur 11. Nedslammet sukkertare, Skagerrak-kysten. Foto: Fritjof Moy.

De siste data på produksjon av stortare viser at dette systemet er blant de mest produktive på kloden, og en årlig avkastning på 20-30 kg biomasse pr m² kan forekomme. Det er anslått at et areal på ca 2000 km² er berørt av kråkebollebeiting, det er et areal på størrelse med Vestfold fylke, og utgjør et stort tap av skjulesteder for kysttorsk. Selv om produksjonen ikke er like høy på alle dyp og langs hele kysten, vil dette produksjonstapet kunne estimeres til en størrelse på 20 mill tonn plantemateriale årlig. Årsaken til kråkebollenedbeitingen er ikke forklart, men uansett er det ikke naturlig at en viktig bidragsyter til første ledd i næringskjeden er borte, og nedbeitingen har vedvart i snart 35 år. Det er anslått at 90 % av tareskogen i Finnmark er borte. Tareskogen er som nevnt en viktig tilførsel av energi, og det er funnet at tareskogens produksjon blir utnyttet av mindre dyr som bl.a. snegl og krepsdyr som igjen er næring for torskefisk. Hvis all tareproduksjon skulle gå ganske effektivt oppover i næringskjeden til ung-torsk, vil tapet kunne teoretisk beregne seg til over 0,5 mill tonn fisk pr år.

Fra den Nordamerikanske østkysten, der torskebestanden er sterkt desimert, rapporteres det om store endringer i økosystemet som mistenkes å være storskala kaskadeeffekter. Overbeskatning av torsk (som kan være en predator på ulike stadier i kråkebollens livssyklus) blir nå regnet som den sannsynlige årsak til at kråkeboller har blomstret opp og beitet ned tareskog. I mangel av en dominerende predator som torsk, er her blitt en ledig nisje, og dette tror man kan forklare den sterke framveksten av krabbe.



Figur 12. Fiskeyngel i tareskog (Foto: Hartvig Christie).

Tilsvarende endringer og forklaringsmodeller er foreløpig ikke lansert for Norskekysten, men elementene overfiske av kystfiskebestander (torsk, steinbit, andre), framvekst av kråkeboller og nedbeiting av tareskog, og framvekst av krabbepopulasjoner er påvist i Nord-Norge. Foreløpig er man usikker på inntreden av de ulike elementene. Oppblomstring av kråkeboller (**Figur 13**) er en udiskutabel årsak til nedbeiting av tareskog, mens årsakene til framveksten av krabber er mer usikker. Den tidsmessige nedgangen i kysttorsk er den mest usikre, og man kan stille spørsmål ved om kråkebollepopulasjonene har fått bedre vekstvilkår pga nedgang i torskebestanden, eller om kysttorsken har gått tilbake som følge av tapte næringsområder og skjulesteder (nedgang i tareskog). Dette er spørsmål som må undersøkes nærmere, både ved å spore opp data, men også ved å gå ut i felt og gjøre undersøkelser og eksperimenter. NIVAs marine forskningsstasjon på Solbergstrand vil være en mulig plass å kjøre eksperimentelle studier innenfor dette tema.

En foreløpig vurdering er at det er stor sannsynlighet for at tap av store arealer tareskog på flere steder langs kysten kan ha sammenhenger med lokale og regionale endringer i kysttorskbestandene.



Figur 13. Nedbeiting av tareskog (Foto: Hartvig Christie).

Blant forskere på NIVA diskuteres igangsetting av tiltaksrettet forskning omkring rehabiliteringsforsøk i nedbeitete områder, bl.a. ved hjelp av kunstige rev. Kunstige rev, utryddelse av kråkeboller ved fangstmetoder eller andre metoder har som hensikt å reetablere tareskoger og deres naturlige innbyggere, deriblant kysttorsk og dens næringsdyr. Betydningen av slike tiltak vil være avhengig av areal, mens resultater vil kunne være synlige allerede etter noen få år. Slike forhold er ikke undersøkt tidligere, og man har sparsomme data å gå ut fra. Imidlertid vet man at tareskogen gror til hvis man fjerner kråkebollene, og både tareskog og kunstige rev tiltrekker seg fisk. Der det er fisk og andre dyr tilknyttet tareskog synes det som om kråkebollenes rekruttering og nyetablering svekkes. Det fins således indikasjoner og også forskningsresultater fra inn- og utland som bygger opp om grunnlaget for slike forslag til tiltaksrettet forskning.

7. Gyte- og oppvekstområder for torsk

7.1 Registrering og kartlegging av biologisk mangfold

Gjennom Stortingsmelding 58 (1997 – 98) om ”Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling”, er det bestemt at alle landets kommuner skal gjennomføre en kartlegging av det biologiske mangfoldet. Dette omfatter også sjøområdene. Hittil har kartlegging av marint biologisk mangfold skjedd gjennom avgrensede pilotprosjekter, med Direktoratet for naturforvaltning som oppdragsgiver og NIVA som prosjektleder, i samarbeid med Havforskningsinstituttet.

Status for den fysiske kartleggingen av viktige områder for fiskeri- og havbruksnæringen varierer forholdsvis mye mellom de ulike regionene. De fleste av Fiskeridirektoratets regionkontorer har fylkesdekkende kartverk over gjeldende havbrukslokaliteter og viktige fiskeområder. I fylkene Nordland, Troms og Finnmark er det ikke gjennomført noen samlet kartlegging av fiskeriinteressene, men viktige områder for fiskerinæringene blir kartfestet gjennom de ulike kommunale kystsoneplanprosessene. Dette skjer gjennom innspill fra lokale fiskere, fiskarlag og fiskeriretledere. Det bør bevilges midler til å sette fortgang i kartleggingen, og for å få utarbeidet et landsdekkende marint grunnkartverk.

Kartleggingen av gytefelt ligger foran registreringen av biologisk mangfold (kap. 7.2). Det er utvilsomt et potensial for å forbedre kartleggingen av gyteområder. Dagens kartlegginger og intervjuundersøkelser bør suppleres og vurderes sammen med biologiske undersøkelser. Bruk av nye marine grunnlagskart med informasjon om dyp og bunntype vil gjøre det lettere å avgrense gyteområdene. I det framtidige arbeidet vil det derfor være svært nyttig å bruke erfaringene fra Skagerrakkysten når fiskeriinteresser og gytefelt skal oppdateres i resten av landet. Det vil samtidig være nyttig å bruke erfaringene fra Vestlandet, Trøndelag og Nord-Norge når gytefelt og andre fiskeriinteresser kartlegges i Oslofjorden og langs Skagerrakkysten. (Dette er områder som i liten grad er kartlagt fra før).

Gyteområder, bl.a. for kysttorsk, inngår som en sentral naturtype ved kartleggingen av marint biologisk mangfold (oppvekstområder kartlegges ikke i denne sammenhengen). Denne naturtypen anses som viktig fordi egg og larver er følsomme livsstadier for fisken. Uten produktive områder for rekruttering vil mengden fisk i kystsonen kunne bli redusert. Utslipp og dumping av muddermasser anses som viktige trusler mot de viktigste gyteområdene.

Fiskeriforvaltningens og fiskernes kartlegging av gyteområder skal revideres på nasjonalt nivå. Kartleggingen av gyteområder i forbindelse med marint biologisk mangfold vil måtte samordnes med denne revisjonen. NIVA og Havforskningsinstituttet vil gjøre forsøk med å modellere gyteområder for kysttorsk. Det arbeides også med å etablere egnede kriterier for å verdiklassifisere disse områdene.

7.2 Gyte- og oppvekstområder for kysttorsk

Gyteområder står i en særstilling som naturtype av flere årsaker:

- Informasjonen er allerede etablert. Kystfiskere og fiskeriforvaltning har brukt store ressurser på kartleggingene, og de har ofte vært gjennom flere revisjoner.
- Kartlagte gytefelt er det eneste datasettet som er mer eller mindre heldekkende fra Rogaland til Finnmark.
- Datasettet omfatter områder (polygoner) og sjelden spredte punktobservasjoner, som er tilfellet for de fleste andre naturtypene.

- Det er allerede etablert en SOSI /Arealis-standard for gyteområder.
- Informasjon om gytefelt er i stor grad allerede innarbeidet i kommunale og regionale kystsoneplaner. Ved evt. konkurranse om arealer vektlegges kartlagte gyteområder som regel høyere enn de fleste andre interesser (skjellsanduttak, rør/kabler, oppdrettslokaliteter, m.m.).
- Gytefeltene har langt større næringspolitisk betydning enn de andre naturtypene.
- Kystfiskere, og til dels kystkommuner, har allerede et etablert "eierskap" til sine data / områder.

Kvaliteten på de etablerte datasettene varierer. Gytefelt er oftest kartlagt samtidig med andre fiskeriinteresser (oppvekstområder, fiskefelt, kaste- og låssettingsplasser m.m.), ved hjelp av intervjuundersøkelser. Dette er gjort på noe forskjellige måter. Enkelte steder er hele regioner kartlagt i sammenheng. I andre områder har kartleggingene blitt gjennomført i forbindelse med kystsoneplanprosessene. Fordi dataene ikke er "konsistente", har det vært vanskelig å samle dem i en nasjonal database.

Dagens kartlagte gyteområder inneholder ikke bare biologisk informasjon. Ved kartleggingene er det i blant annet også tatt strategiske hensyn. Kjente felt blir ikke alltid oppgitt, av hensyn til evt. konkurranse om ressursene. Flere har vært skeptiske til å peke ut områder som særlig viktige, fordi resterende områder da vil kunne bli "nedklassifisert" i viktighet. Det har vist seg å være vanskelig å gjennomføre en direkte verdiklassifisering av gyteområdene (viktig, mindre viktig osv.), men de kan verdiklassifiseres indirekte (gjennom informasjon om arter, størrelse på området, antall fiskere som mener området er viktig). Kartleggingene av gytefelt legger vekt på de kommersielt viktigste artene (torsk, sild, brisling, kveite, hyse, m.fl.). Fiskeslag med liten kommersiell verdi er som regel utelatt.

Generelt er datakvaliteten allikevel god nok til kystsoneplanlegging og forvaltningsformål. Kystfiskerne innehar svært god lokalkunnskap, og oppgitte gyteområder ser ut til å stemme bra overens med nye detaljerte kart over dyp og bunntype.

Kystnære områder av betydning for fiskerinæringen har blitt mer eller mindre systematisk kartlagt siden starten på 1980-tallet. Kartleggingene er gjennomført av fiskeriforvaltningen (Fiskeridirektoratets regionkontorer og fiskerirettledere) gjennom intervjuer med lokalkjente fiskere. Kartleggingene omfatter flere typer fiskeområder, som kasteplasser, låssettingsplasser, fiskefelt (f. eks. snurrevad, line og reketral) oppvekstområder og gyteområder. Langs store deler av kysten er de mest verdifulle gyte- og oppvekstområdene for både kysttorsk og innsigstorsk kartlagt på denne måten (Sandberg 2002).

Fiskeriforvaltningens hensikt med å gjennomføre disse kartleggingene har først og fremst vært å:

- Synliggjøre fiskerinæringens bruk av- og behov for areal
- Bedre samarbeidet mellom forvaltningsnivåene og interessene i kystsonen
- Bidra til helhetlige løsninger og mindre konflikter
- Bidra til bedre kystsoneplaner og kortere planleggingstid
- Bidra til en mer effektiv samhandling

Fiskeridirektoratet har etablert egne SOSI- og Arealis standarder for kartlegging av gyte- og oppvekstområder (innefor hovedtema "Kyst/fiskeri/Fiskeriressursområder"). Bl.a. skal art, gyteperiode (når området er mest sårbart) og kilde til opplysningene registreres. Det er også utarbeidet en egen prosedyre for innsamling og kvalitetssikring av slike data (Fiskeridirektoratet 23. november 1998). Informasjonen skal etableres som landsdekkende datasett, basert på N250 digitale kart. Nærmere informasjon om spesifikke krav til datafangst, egenskapstabeller, tegneregler m.m. finnes på hjemmesidene til Arealis (www.statkart.no/arealis).

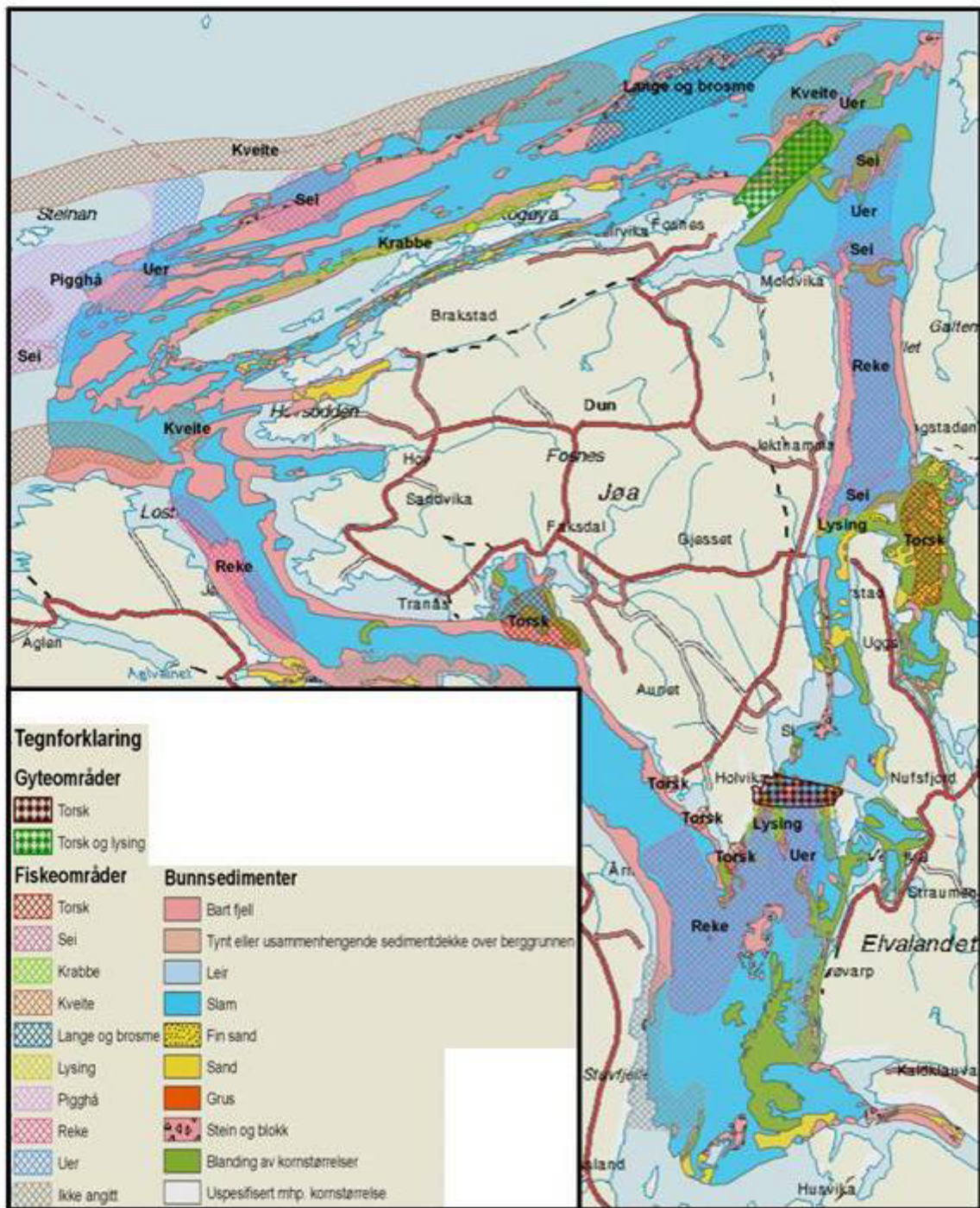
Registrerte gyteområder overlapper ofte med registrerte fiskefelt for kommersielt viktige arter, som torsk, sild, brisling og kveite. Gyte- og oppvekstområder for fiskeslag av liten kommersiell verdi er i liten grad kartlagt. Kjente områder blir, bl.a. av hensyn til konkurranse om ressursene, ikke alltid oppgitt. Flere har også vært skeptiske til å peke ut områder som særlig viktige, fordi resterende områder da vil kunne bli "nedklassifisert" i viktighet. Det har også vist seg å være vanskelig å gjennomføre en direkte verdiklassifisering av områdene (svært viktig, viktig, mindre viktig). Gyteområder kan allikevel bli indirekte verdiklassifisert gjennom informasjon om arter, områdestørrelse, antall fiskere som mener området er viktig, fiskeintensitet, registrert fangst osv.

Status for kartleggingen av fiskeområder, inkludert gyte- og oppvekstområder for kysttorsk, varierer mellom ulike regioner. Flere av Fiskeridirektoratets regionkontorer har gjennomført samlede regionale kartlegginger. I Nordland, Troms og Finnmark er det ikke gjennomført noen samlet kartlegging, men viktige områder for fiskerinæringene har blitt kartfestet gjennom kommunale kystsoneplanprosesser (Sandberg 2002). Fordi gyte- og oppvekstområdene er kartlagt på noe forskjellige måter, har det vært vanskelig å samle dem i en nasjonal database. Fiskeridirektoratet mener at dataene er best etablert, vedlikeholdt og tilrettelagt i Hordaland og Trøndelag, til dels også i Sogn og Fjordane og i Møre og Romsdal.

Selv om kvaliteten på de etablerte datasettene varierer, er informasjonen som regel god nok til planleggings- og forvaltningsformål. Registrerte gyte- og oppvekstområder er i stor grad innarbeidet i kommunale og regionale kystsoneplaner. Ved evt. konkurranse om arealer vektlegges disse områdene ofte høyere enn andre interesser (skjellsanduttak, rør/kabler, oppdrettslokaliteter, m.m.). Kystfiskere, og til dels kystkommuner, har ofte etablert et "eierskap" til sine data / områder. Det er allikevel stort potensial for å ta bedre hensyn gyte- og oppvekstområder ved konsesjonsbehandling, "bit-for-bit utbygging" av kystsonen (mudring, dumping, utfyllinger m.m.) og ved gjennomføring av forskjellige tiltak.

Kartleggingene av gyte- og oppvekstområder vil kunne være velegnet som grunnlag for miljøstudier, og kan lett kobles til geografisk informasjon om forurenset sjøbunn (kap. 5), skadet taeskog (kap. 6) og estuarier med forsurete vassdrag (kap. 7.4). Fiskeridirektoratets ressursavdeling vurderer nå i hvilken grad de kartlagte fiskeriinteressene bør være offentlige for ulike brukergrupper. Fiskeridirektoratet opplyser de ønsker at all nødvendig informasjon skal kunne være tilgjengelig for forsknings- og utredningsformål.

Nye kartleggingsmetoder har medført at en kan kartlegge områder i sjø langt bedre, raskere og rimeligere enn tidligere. Kartleggingene kan bl.a. gi detaljert informasjon om dybdeforhold, sediment, marine naturtyper og marine prosesser. Det er gjort forsøk med å sammenstille tidligere registrerte fiskeriinteresser med nye detaljerte sjøbunnskart. Det viste seg at de registrerte fiskeriinteressene stemte godt overens med bunn- og sedimentforholdene (Sandberg 2004). Opplysninger om fiskeplasser og gyteområder får også en mer "logisk forklaring" når informasjonen sees i sammenheng med sjøbunnsforholdene (**Figur 14**). Slik detaljert informasjon er allerede etablert for store deler av kysten, men er fremdeles ikke gjort tilgjengelig av hensyn til rikets sikkerhet. Forsvaret vurderer nå mulighetene for frigivelse av disse dataene.



Figur 14. Registrerte gyteområder og fiskeområder i Fosnes kommune i Nord-Trøndelag, sammenstilt bunnsediment (HASUT-prosjektet, Norges geologiske undersøkelse og Fiskeridirektoratet 2004).

7.3 Modellering, kartfesting og arealberegning av ulike typer av områder

Integrert informasjon til nytte for fiskeri- og miljøforvaltningen og fiskerorganisasjonene regionalt og nasjonalt er en mangelvare. Det foreligger en del punktinformasjon om torskens habitatpreferanser på ulike stadier i livssyklus. For eksempel så vet man at torsken utnytter marine makrofyttssystemer (tare, tang, ålegras) som både næringsområde og skjulested for predatorer. Vi har mye felt- og litteraturbasert informasjon om hva som bestemmer utbredelsen av tareskog og ålegras (f. eks. dyp, terrengforhold, substrat, eksponeringsforhold). Dette kan integreres i en GIS-modell slik at vi kan predikere hvor det med størst sannsynlighet burde finnes egnede habitat for torsk. Disse modellerte områdene kan kartfestes og kvantifiseres (arealmål), slik at for eksempel tap av tareskog kan kvantifiseres. Man vil da kunne få gode mål for å vurdere potensiale for restaurering og finne lokaliteter der det er lurt å sette i gang restaureringstiltaket.

Det foreligger også tilgjengelig informasjon om hvor man finner gyteområder for torsk. Denne informasjonen kan også integreres i GIS og kriterier (f. eks. for dyp, skråningsforhold, substrat etc) integreres og videreutvikles til modeller. Gyteområdene vil dermed også kunne kartfestes og kvantifiseres. Et område består jo ofte av et subområde som er godt gyteområde, et annet subområde som er egnet oppvekstområde for småfisk og andre områder som er egnede beite- og skjulområder. Hvis vi har gode kriterier for disse, så kan vi modellere hvilke områder som oppfyller alle disse kriteriene innen rimelig avstand.

7.4 Brakkvannsområder og estuarine blandsoner

Torsk har stor toleranse for saliniteter som er betydelig lavere enn rent sjøvann, og arten takler også hurtige variasjoner i salinitet. Torskens naturlige utbredelse inkluderer store brakkvannsområder i Østersjøen og den Kanadiske atlantehavskysten (Scholz og Waller 1992, Nelson m.fl. 1996). Torsk er også kjent for å utnytte brakkvannsområder i og ved elveutløp i Norge. Det er vist at torsk kan tolerere saliniteter ned i 5 promille over lang tid uten fysiologiske forstyrrelser (Provencher m.fl. 1993, Odense m.fl. 1966). Toleransen for lave saliniteter varierer marginalt med sesong (temperatur og lysforhold) (Dutil m.fl. 1992). Dødelighet har oppstått ved 1 promille (Provencher m.fl. 1993) Parasittinfeksjoner er vist å påvirke salinitetstoleransen negativt, og øke den foretrukne salinitet og temperatur (Kahn 1977). Direkte overføring fra fullt sjøvann til brakkvann er vist å være uproblematisk i flere tilfeller (Odense m.fl. 1966, 3 ppt, Dutil m.fl. 1990, 7 ppt, Provencher m.fl. 1993, 5 ppt, Kristensen 2001, 10 ppt).

I fjorder med nedbørfelt som er rammet av sur nedbør forekommer effekter som tilsvarer de effektene vi har registrert på fisk i ferskvann, der økt utlekking av aluminium fra berggrunn og jordsmonn fører til fiskedød (Rosseland et al. 1998). NIVA har studert disse effektene på laks og regnbueørret i fjordbaserte oppdrettsanlegg og i settefiskanlegg med surt vann der sjøvann nyttes som buffer. Avdekkingen av de såkalte estuarine blandsonene har gitt forklaring på det fiskeoppdrettere gjennom år har registrert som "uforklarlig" dødelighet i anleggene (Bjerknes et al. 2003).

Det er påvist tilsvarende effekter på torsk (Kristensen 2001; Bjerknes et al. 2005). Disse undersøkelsene viser at ferskvannspåvirkete fjordområder kan ha skadelig vannkvalitet for torsk i perioder med stor ferskvannstilførsel fra forsurete nedbørfelt. Det er påvist respiratorisk og osmoregulatoriske stress hos torsk i blandsoner med kombinasjon av høy aluminiumskonsentrasjon og lav salinitet (Bjerknes et al 2005). Dette betyr at giftige blandsoner kan redusere reproduksjons- og oppvekstområdene for kysttorsk i ferskvannspåvirkete fjordområder. Problemet er ikke systematisk kartlagt, men er trolig vanlig i fjorder på Vestlandet og Sørlandet. Disse problemene har heller ikke til nå vært koblet opp mot gyte- og oppvekstområder for kysttorsk.

I forbindelse med det pågående miljøovervåkingsprogrammet for Sunndalsfjorden og Tingvollfjorden i Møre og Romsdal vil det bli undersøkt i hvilken grad lekkasjer av aluminium fra industriell virksomhet, deponert i fjordsedimenter, gir opphav til estuarine blandsoner.

8. Litteratur

Kap. 3

Fiskeridirektoratet 2004. Høringsnotat om tiltak for vern av kysttorsk i 2005.

Asplin, L., A. G. V. Salvanes, et al. 1999. Nonlocal wind driven fjord-coast advection and its potential effect on plankton and fish recruitment. *Fisheries Oceanography* 8(4): 255-263.

Berg, E. and O. T. Albert 2003. Cod in fjords and coastal waters of North Norway: distribution and variation in length and maturity at age. *Ices Journal of Marine Science* 60(4): 787-797.

Berg, E., Korsbrekke, et al. 2003. Akustisk mengdemåling av sei, kysttorsk og ungsild Finnmark-Møre og Romsdal hausten 2003. Institute of Marine Research.

Berg, E. 2004. Norks kysttorsk - historie og fremtid. *Havets ressurser, Fisken og havet*. 1.

Moksness, E., E. Kjørsvik, et al. 2004. *Culture of Cold-Water Marine Fish*.

Norwegian Institute of marine research 2005. *Kysttorsk*.

Salvanes, A. G. V. (2001). Review of ecosystem models of fjords; new insights of relevance to fisheries management. *Sarsia* 86(6): 441-463.

Salvanes, A. G. V., J. E. Skjaeraasen, et al. (2004). Sub-populations of coastal cod with different behaviour and life-history strategies. *Marine Ecology-Progress Series* 267: 241-251.

Stefanson, S. (2002). Utviklingsstadier hos torsk. 10 stadier i embryo og larveutvikling hos torsk før første fødeopptak. BFM240, University of Bergen, Bergen.

Kap 4

Austen MC, Widdicombe S, Burska D, Dashfield S, Drgas A, Kendall M, Olsgard F, Papadopolou K-N, Schaanning M, & Smith C *Costing* 2004. the impact of demersal fishing on marine ecosystem processes and biodiversity COST-IMPACT workpackage 3 report January 2004: 105pp.

Schaanning, M. and P.Kupka Hansen. 2004. The suitability of simple electrode measurements for assessment of benthic organic impact and their use in a management system for marine fish farms. *The Handbook of Environmental Chemistry (Springer Verlag), Ch.17, Vol. 5 ed. B. T. Hargrave, Manuscript accepted dec.2004.*

- Widdicombe S., M.C. Austen, M.A.Kendall, F.Olsgard, M.T. Schaanning, S.L. Dashfield¹ and H.R. Needham. The importance of bioturbators for biodiversity maintenance: The indirect effects of fishing disturbance. *Mar Ecol. Prog. Ser.* 275, 1-10.
- Schaanning, M, Widdicombe S. and Austen M. The importance of bioturbators for nutrient cycling: indirect effects of fishing disturbance. Manuscript for publication in *Limnology and Oceanography*, in prep.
- Bjerkeng, B.1994. Eutrofimodell for indre Oslofjord. Rapport1. Praktisk bruk i indre Oslofjord. NIVA-rapport 3112,96ss (se også rapport 3113-3117).
- Green N. W., Ruus A. & Walday, M. 2004. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National Comments regarding the Norwegian Data for 2003. Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 912/2004. TA-no. 2072/2004. NIVA-rapport. 4927-2004. 219s.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T.M., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Omli, L. Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M., 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge.10-årsrapport 1990-1999 SFT-rapport 848/02. TA-1883/2002. NIVA-rapport 4543. 136s.
- Borgvang, S. og Tjomslund, T. 2001. Tilførsler av næringssalter til Norges kystområder, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL (Overvåkningsrapport 815/01). TA-1783/2001). Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking.). Løpenr. 4343, 40 s.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Falkenhaus, T., Green, N., Johnsen, T.M., Lømsland, E.R., Magnusson, J., Omli, Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M.,2004. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Årsrapport 2003. SFT-rapport 901/04. TA-2025/2004. NIVA-rapport 4841. 79s.

Kap 5

- Dethlefsen, V. 1989. Fish in the polluted North Sea. *Dana*, 8: 109-129.
- Dethlefsen, V., Cameron, P., von Westernhagen, H. 1984. On the emergence of abnormal fish embryos in the southern North Sea. *Inf. Fischwirtsch.*, 32: 22-27.
- Ekman, E., Aekerman, G., Balk, L., Norrgren, L. 2004. Impact of PCB on resistance to *Flavobacterium psychrophilum* after experimental infection of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* eggs by nanoinjection. *Dis. Aquat. Org.*, 60: 31-39.
- Ekman, E; Akerman, G; Balk, L; Norrgren, L. 2003. Nanoinjection as a tool to mimic vertical transmission of *Flavobacterium psychrophilum* in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Dis. Aquat. Org.*, 55: 93-99.
- Fjeld, E., Haugen, T.O., Vollestad, L.A. 1998. Permanent impairment in the feeding behavior of grayling (*Thymallus thymallus*) exposed to methylmercury during embryogenesis. *Sci. Total Environ.*, 213: 247-254.

- Hansen, P.-D., von Westernhagen, H., and Rosenthal, H. 1985. Chlorinated hydrocarbons and hatching success in Baltic herring spring spawners. *Mar. Environ. Res.*, 15: 59–76.
- Iliopoulou-Georgudaki, J., Kotsanis, N. 2001. Toxic Effects of Cadmium and Mercury in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): A Short-Term Bioassay. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 66: 77-85.
- Moore, A. and Waring, C.P. 1996. Sublethal effects of the pesticide diazinon on olfactory function in mature male Atlantic salmon parr. *J. Fish Biol.*, 48: 758-775.
- Spieß, R. V., Rice Jr, D. W. 1988. Effects of organic contaminants on reproduction of the starry flounder *Platichthys stellatus* in San Francisco Bay. II. Reproductive success of fish captured in San Francisco Bay and spawned in the laboratory. *Mar. Biol.*, 98: 191–200.
- Spitsbergen, J.M., Walker, M.K., Olson, J.R., Peterson, R.E. 1991. Pathological lesions in the early life stages of lake trout (*Salvelinus namaycush*) exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo- *p*-dioxin as fertilized eggs. *Aquat. Toxicol.* 19: 41–72.
- Tjaernlund, U., Akerman, G., Vuorinen, P.J., Balk, L. 2002. Oxidative Stress: High rate of hepatic glutathione reductase activity in salmon (*Salmo salar*) larvae after nanoinjection of paraquat. *Mar. Environ. Res.*, 54: 437-442.
- Toomey, B.H., Bello, S., Hahn, M.E., Cantrell, S., Wright, P., Tillitt, D.E., Di Giulio, R.T. 2001. 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin induces apoptotic cell death and cytochrome P4501A expression in developing *Fundulus heteroclitus* embryos. *Aquat. Toxicol.*, 53: 127-138.
- van Look, K.J.W., Kime, D.E., 2003. Automated sperm morphology analysis in fishes: the effect of mercury on goldfish sperm. *J. Fish Biol.*, 63: 1020-1033.
- Westernhagen, H. von, Cameron, P., Dethlefsen, V., Janssen, D. 1989. Chlorinated hydrocarbons in North Sea whiting (*Merlangius merlangus* L.) and effects on reproduction. I. Tissue burden and hatching success. *Helgol. Meeresunt.*, 43: 45–60.
- Westernhagen, H. von, Dethlefsen, V., Cameron, P., Berg, J., Fürstenberg, G. 1988b. Developmental defect on pelagic fish embryos from the Western Baltic. *Helgol. Meeresunt.*, 42: 13–36.
- Westernhagen, H. von, Dethlefsen, V., Cameron, P., Janssen, D. 1988a. Chlorinated hydrocarbon residues in gonads of marine fish and effects on reproduction. *Sarsia*, 72:419–422.
- Wright, P.J., Tillitt, D.E., 1999. Embryotoxicity of Great Lakes lake trout extracts to developing rainbow trout. *Aquat. Toxicol.*, 47: 77-92.

Kap 7

- Bjerknes, V., Fyllingen, I., Holtet, L., Teien, H.C., Rosseland, B.O. and Kroglund, F. 2003. Aluminium in acidic river water causes mortality of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norwegian fjords. *Marine Chemistry*. 83 pp. 169-174.
- Bjerknes, V., Åtland, Å., Kristensen, T. and Kroglund, F. 2005. Eksponering av torsk i estuarine blandsoner. Effekter av lav salinitet og aluminium. NIVA rapport nr. 5032-2005. 17 s.

- Dutil, J.D., Besner, M., and Munro, J. 1990. Response of plasma sodium, chloride and osmotic concentrations in Atlantic cod (*Gadus morhua*) following direct transfer to diluted seawater. In Proceedings of Canada-Norway finfish aquaculture workshop, September 11-14, 1989. Edited by R. L. Saunders. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 1761 pp. 169-174
- Dutil, J.D., Munro, J., Audet, C., and Besner, M. 1992. Seasonal variation in the physiological response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to low salinity. Can. J. Fish. Aquat. Sci. **49**: 1149-1156.
- Khan, R.A. 1977. Blood changes in Atlantic cod (*Gadus morhua*) infected with *Trypanosoma murmanensis*. J. Fish. R. Board Can. **34**: 2193-2196.
- Kristensen, T. 2001. Respiratory and physiological effects of inequilibrium aluminium chemistry on Atlantic cod, *Gadus morhua*, in an estuarine mixing zone. Cand. scient. Thesis, Norwegian university of Science and Technology (NTNU), 66 pp.
- Nelson, J.A., Tang, Y., and Boutilier, R.G. 1996. The effects of salinity change on the exercise performance of two Atlantic cod (*Gadus morhua*) populations inhabiting different environments. J. Exp. Biol. **199**: 1295-1309.
- Odense, P., Bordeleau, A., and Guibalt, R. 1966. Tolerance levels of Cod (*Gadus morhua*) to low salinity. J. Fish Res. Board. Can. **23**: 1465-1467.
- Provencher, L., Munro, J., and Dutil, J.D. 1993. Osmotic performance and survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at low salinities. Aquaculture, **116**: 219-231.
- Rosseland, B.O., Salbu, B., Kroglund, F., Hansen, T., Teien, H.C., Håvardstun, J., Åtland, Å., Østby, G., Kroglund, M., Kvellestad, A., Pettersen, O., Bjerknes, V., Wendelaar Bonga, S., van Ham, E.H., Lucassen, E., Berntssen, M.H.G., Weinhoven, S., and Lohne, S. 1998. Endring i metallers tilstandsform i overgangen fra ferskvann til sjøvann (estuarier) og virkningen på laks og marine organismer (estumix). Norwegian Institute of Water Research. Final report for project no. 108102/122. In Norwegian.
- Sandberg J. H. 2004. HASUT-prosjektet, Hovedrapport. Report. Nord-Trøndelag fylkeskommune. Steinkjer. (Norwegian).
- Sandberg J. H. 2002. Kartlegging av arealbrukskonflikter i kystsonen. Report. Oslo: Ministry of Fisheries and Coastal Affairs. (Norwegian).
- Scholtz, U., and Waller, U. 1992. The oxygen requirements of three fish species from the German Bight: cod *Gadus morhua*, plaice *Pleuronectes platessa*, and dab *Limanda limanda*. J. Appl. Ichthyol. **8**: 72-76.