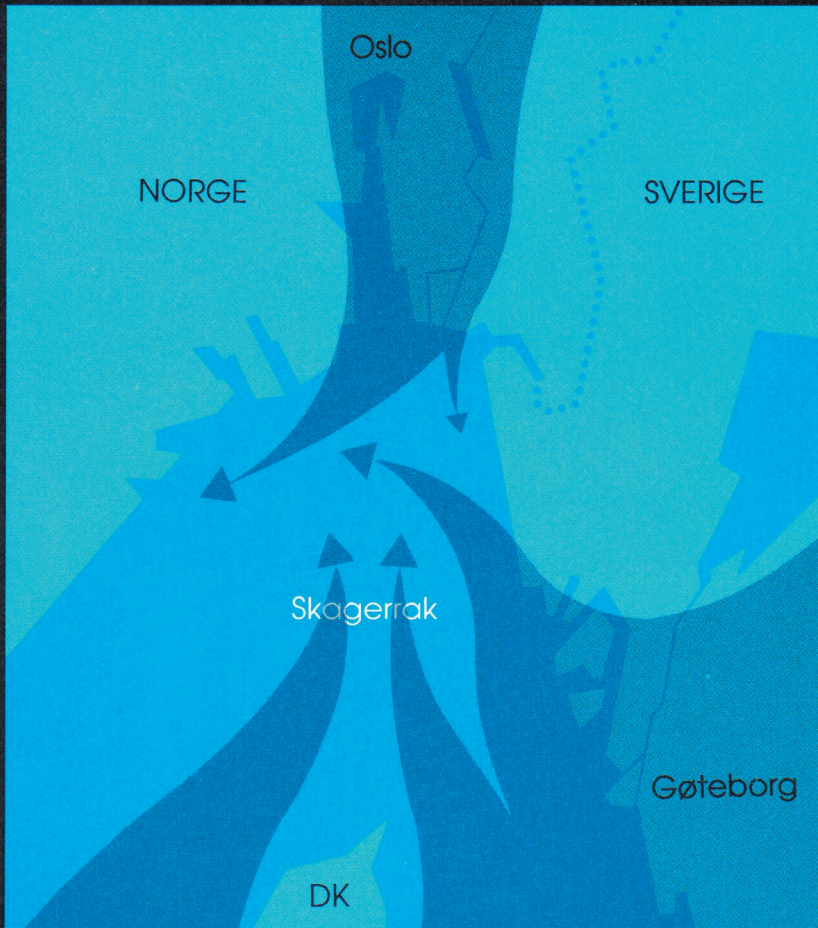
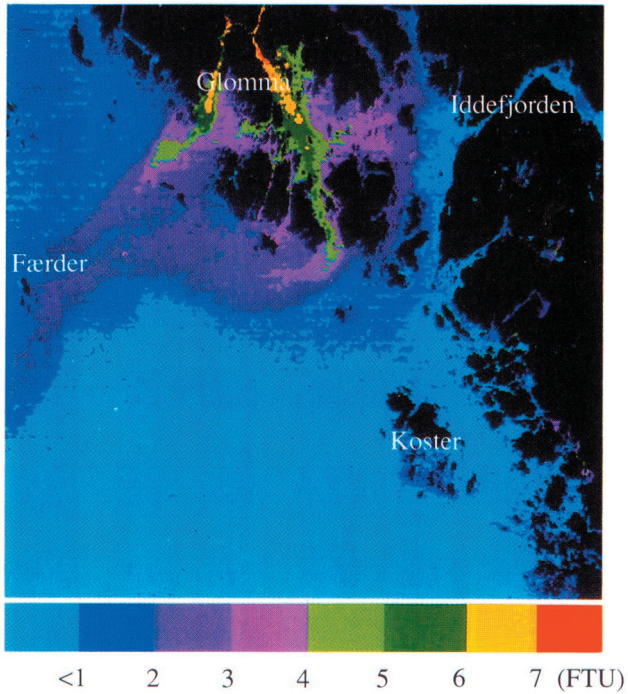


OVERVÅKING AV
SVENSK
NORSKE
GRENSEFARVANN
SAMMENDRAGSRAPPORT





Satellittbilde over Ytre Oslofjord og nordlige Skagerrak den 25.april 1987. Data fra "Thematic Mapper"-sensoren i jordressurs-satellitten Landsat-5. Bildet viser partikkelspredning som turbiditet (FTU) fra Glomma vestover mot Færder. Bildebehandling ved Norsk institutt for vannforskning og Norsk regnesentral.

OVERVÅKING AV
SVENSK
NORSKE
GRENSEFARVANN
SAMMENDRAGSRAPPORT

OVERVÅKING AV
SVENSK
NORSKE
GRENSEFARVANN
SAMMENDRAGSRAPPORT

Statens forurensningstilsyn • Statens naturvårdsverk

Rapport 445/9 - TA 741/91

ISBN 82-90031-77-7

Redaktionskommittéen för denna rapport har utgjorts av:

John Arthur Berge, NIVA

Stig A. Borgvang, SFT

Sverker Evans, SNV

Per Erik Iversen, SFT.

Forord

I augusti 1986 möttes miljöministrarna i Norge och Sveige för att diskutera förorenings-situationen i gränsvattenområdet Hvaler – Koster. Målsättningen var att öka förståelsen för de processer som styr belastningen av föroreningar i detta område, samt att ge faktaunderlag för att etablera ett norsk-svenskt miljöövervakningsprogram. En arbetsgrupp bestående av representanter för Statens forurensningstilsyn (SFT), Statens naturvårdsverk (SNV), Østfold Fylke och Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus Län fick uppdraget att initiera ett norsk-svenskt samarbetsprojekt. Arbetsgruppens medlemmar har varit:

Norge	Sverige
Stig A. Borgvang, SFT	Ulf Grimås, SNV
Tor Bokn, NIVA	Lars Afzelius, Tjärnö
Inge Eikland,	Knut Andrèn,
Østfold Fylke	Länsstyrelsen,
	Bohus och Göteborg

Kontaktperson i de respektiva land har varit: Stig Borgvang och Ulf Grimås.

Styringsgruppen har utgjorts av:

Norge	Sverige
Berit Kvæven, SFT	Per Olsén, SNV
Stig A. Borgvang, SFT	Sverker Evans, SNV
Inge Eikeland	Bengt Erik Olsson,
Østfold Fylke	Länsstyrelsen i
	Bohus og Göteborg

Rapporten utgör ett sammandrag av följande delrapporter som tagits fram inom projektets ram:

Berge, J.A. (1990). Miljøgifter i organismer i Hvaler/Koster-området. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp. nr. 446/91. (NIVA-rapport l.nr. 2560).

Dahl, F.-E., Irmann-Jacobsen, F.B., Røed, L.P. & Skåtun, H. (1991). En undersøkelse av transportveier i nordøstre del av Skagerrak. Resultater og konklusjoner: Numeriske modellforsøk; innsamling, bearbeiding og tilrettelegging av data. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp. nr. 449/91.

Engnell, L. (1990). Mjukbottenfaunan i gränsvattenområdet mellan Norge och Sverige. Naturvårdsverket Rapport 3909, 37 sid.

Grimås, U. & Jacobsson, A. (1990). Reproduktion, yngelöverlevnad och metaller hos tånglake (*Zoarces viviparus* L.) i gränsvattnen mellan Norge och Sverige. Naturvårdsverket Rapport nr. 3920, 6 sid.

Hackett, B. (1990). Transportforholdene i overflatelaget i Skakerrak, nordlige Kattegat og Ytre Oslofjord (SKO-område): En sammenfatning av eksisterende litteratur. VERITEC-rapport nr. 90-3064, 36 sid.

Helland, A., Næs, K. & Skei, J. (1990). Undersøkelse av partikler i vannmassen, sedimentasjon og bunnsedimenter i svensk/norsk grensefartvann. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp. nr. 432/90. (NIVA-rapport l.nr. 2494) 117 sid.

Håkansson, B. & Moberg, M. (1990). Glommaälvens spridningsområde i NO Skagerrak. Resultat av kontinuerlig övervakning av Skagerrak och Kattegat med satellitdata under januari – juni 1989. SMHI Oceanografi Nr. 36, 28 sid.

Håkansson, B., Dahl, F.-E. & Irmann-Jacobsen, T.B. (1990). En undersøkelse av transportveier i nordøstre delen av Skagerrak. Sammenligning av modellresultater og satelittbilder. Statlig program for forurensningsovervåking, rapp. nr. 450/91. (VERITEC Rapport nr. 90-3588) 13. sid.

Nilsson, P. (1990). Övervakningsprogrammet i kustområdet mellan Sverige och Norge. Hydrografiska och kemiska parametrar i fria vattnet. Naturvårdsverket Rapport 3910, 169 sid.

Innhold

Sammendrag 7

1. Innledning 11

2. De enkelte delprosjekter 12

2.1 Satellittdata 12

2.2 Modellering 13

2.3 Kjemien i de frie vannmasser 15

2.4 Suspendert materiale og sediment 16

2.5 Bottenfauna 19

2.6 Miljøgifter i organismer 21

2.7 Reproduktion, yngelöverlevnad och
metaller hos tånglake 27

3. Videreføringer 29

Sammendrag

I 1986 ble et svensk/norsk samarbeidsprosjekt initiert av miljøvernministrene i Norge og Sve-
rige.

Prosjektet har vært geografisk knyttet til kyst-
farvannet i området fra Hvaler i nord til Väder-
öarna i syd. Til deler av dette området knytter
det seg sterke friluft- og verneinteresser.
Området er også av betydning for yrkesfiske
etter reker, sjøkreps, hummer, makrell og ål.
Dette området er i varierende grad påvirket av
vann fra Glomma, fra den Baltiske strømmen
fra sydøst, Jyllandsstrømmen fra vest og av
lokale strømsystemer i ytre Oslofjord.

Hovedhensikten med dette samarbeidspro-
sjektet har vært firedelt:

1. Forbedre kunnskapene om transportveiene i
den sydøstlige del av Skagerrak.
2. Karakterisere miljøforholdene i de ulike
delene av undersøkelsesområdet.
3. Påvise eventuelle miljøpåvirkningsgradien-
ter.
4. Danne basis for et fremtidig overvåkingspro-
gram i svensk/norsk kystfarvann.

Undersøkelsene har omfattet fjernmåling fra
satelitt og matematisk modellering av hav-
strømmene. Satelittdata er brukt for å forsøke å
verifisere modellen. Dessuten er det undersøkt
fysisk/kjemiske forhold i de frie vannmasser,
suspendert materiale, sedimenterende partik-
ler og sediment. Videre er bløtbunnsfauna og
miljøgiftinnholdet i alger, blåskjell, fisk og
krepser undersøkt. En fiskeart fra strandsonen
(ålekvabbe/tånglake) er undersøkt med tanke
på en eventuell påvirkning av reproduksjons-
potensialet.

Satelittdata: Satelittdata av overflatevannets
temperatur i januar – juni 1989 ble utnyttet for
å påvise den Baltiske strømmens forekomst og
utbredelse. Den Baltiske strømmen er konti-
nuertlig i tid, og en utbredelse av strømmen til
ca. 50 km's bredde ble observert nord for Väder-
öarna. Dette innebærer at den hydrografiske
situasjonen i nordøstre Skagerrak påvirket av

denne strømmen. Utenfor Hvalerøyene påvir-
kes også utstrømningsmønsteret fra Glomma
(se 2. omslagsside) av denne sirkulasjonen. I
perioden januar – juni 1989 ble det observert
Glommavann i to tilfeller i Kosterfjorden.
Vannføringen oversteg da 1200 m³/sek. og sir-
kulasjonen i området var med urviseren (anti-
syklonal). Spredningsarealet av Glommas østre
løp utenfor Hvalerøyene i løpet av første halvår
1989 varierte mellom 15 og 129 km². Mengden
suspendert materiale ble også anvendt for å
identifisere spredningen av elvevannet i kyst-
sonen. I juni strakte utstrømningen utenfor
Hvalerøyene seg i nordvestlig retning med en
lengde på 15 km og en bredde på 2 – 5 km.

Modellering: Transportveiene for vannmassene
og dermed forennsninger i Skagerrak er dårlig
kjent og kartlagt. Modellering med en såkalt
tyngderedusert modell har vist seg vel egnet til
å reprodusere mange av de typiske strømbil-
dene i Skagerrak, blant annet har den vist at det
både under rolige og raskt skiftende værforhold
lett dannes virvler i området. En av disse virvlene
som vanligvis roterer med urviseren dominerer
til tider sirkulasjonen i Hvaler-Koster-området.

Det normale sirkulasjonsmønsteret i de kyst-
nære delene av Skagerrak karakteriseres av
transport fra Nordsjøen inn langs kysten av
Jylland (Jyllands-strømmen). Videre er det en
nordgående transport langs den svenske vest-
kysten fra Kattegat, den Baltiske strømmen.
Strømmen går opp langs den svenske vestkys-
ten og inn mot Oslofjorden. . Strømmen går så
sørvestover langs kysten av Telemark mot Sør-
landet og videre i den norske kyststrømmen.

I sentrale deler av Skagerrak er det normalt
små strømhastigheter. Kraftige vestlige vinder
kan midlertidig blokkere utstrømningen fra
Skagerrak, og man kan nærmest få et flodbølge-
fenomen når vinden stilner. Transportveiene i
nordøstre Skagerrak er meget følsomme for
styrken og «plasseringen» av den Baltiske
strømmen lang Bohuslän. Den er avgjørende
for hvorvidt vanntransporten går med eller mot
urviseren i det norsk-svenske grensefarvannet,

og derved også om det dannes sydgående strømmer fra Hvalerøyene langs Bohuslän-kysten.

Kjemien i de frie vannmassene: Med bakgrunn i et noe komplisert strømbilde i Skagerrak er det rimelig at også Hvaler/Koster-området har en kompleks årstidsvariasjon med tanke på kjemiske og biologiske parametre. En indikasjon på landbasert påvirkning fra nord viser seg i en tydelig nord-sør gradient for saltholdighet, humusinnhold, ammonium og nitrat ned til 5 – 10 meters dyp syd til Syd-Koster i hele undersøkelsesperioden. Dette viser at vannmassene fra Glomma/Iddefjorden skiller seg klart fra Skagerrakvann og vannet i den Baltiske strømmen. På 30 meters dyp er forholdene stabile og like i hele undersøkelsesområdet.

Suspendert materiale og sediment: Mengden partikulært materiale viser en stor sesongmessig og geografisk variasjon. Konsentrasjonene av organisk materiale (humus), jern og aluminium markerer Glommas utbredningsområde. Gjennomsnittsverdien var høyere i den nordlige delen av Hvaler – Kosterområdet. Sedimentasjonen av partikulært materiale var ca. 50% høyere nord for Nord-Koster, mens sedimentasjonen av jern og titan var dobbelt så stor.

Ved vannføringer i Glomma på under 750 m³/s begrenset påvirkningen fra Glomma seg til området nord for Nord-Koster. Middelvannføringen i Glomma er ca. 700 m³/s. Også områder så langt syd som til Väderöarna kan påvirkes av suspendert materiale under flomsituasjoner i Glomma.

Området fra munningen av Singlefjorden og sørover til Kosterfjorden tar under normale forhold imot de største mengdene av suspendert materiale fra Glomma under vårfloppen. Dette kan også påvises ved høyere innhold av forurensende stoffer i sedimentene i dette området sammenlignet med resten av undersøkelsesområdet. En relativ rask sedimenttilvekst i hele undersøkelsesområdet bidrar imidlertid til å senke graden av forurensning. Kvikksølv og bly viste forhøyede verdier, sammenlignet med hva som er normalt i sediment i slike havområder. Kvikksølvnivået var i området Singlefjorden – Syd-Koster 2 – 5 ganger høyere enn i et normalområde og synes å ha økt de siste 20 år. Det forhøyede innholdet av kvikksølv fra områ-

det kan skyldes transport innenfor Hvalerøyene. Det kan synes som om Kosterfjorden fungerer som et avsetningsområde for kvikksølvforurensede partikler. Det ble registrert et markert forhøyet innhold av PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner = «tjærestoffer») i hele undersøkelsesområdet. Mest sannsynlig skyldes dette diffuse kilder som skipstrafikk, atmosfæriske tilførsler, forbrenningsprodukter. Også innholdet av PCB (polyklorerte bifenyler) var moderat forhøyet i hele undersøkelsesområdet.

Bunnfauna: Dyrelivet på bunnen eller bunnfaunaen har i mange tilfeller vist seg å være en god indikator på miljøtilstanden i et havområde. Artsstruktur og biomasse blir sammenlignet for å kunne fastlegge eventuelle lokale variasjoner i miljøtilstanden. De kystnære stasjonene viste en høyere andel av organismer som ernærer seg av suspendert materiale, mens stasjonene lenger fra land inneholdt en større andel av organismer som ernærer seg av sedimentet. Dette kan tolkes som om det foreligger et høyere innhold av suspendert materiale nærmere kysten. Dette stemmer også overens med resultatene fra sedimentfellene, som viste en høyere sedimentasjon i den nordlige delen av undersøkelsesområdet. Det ble ikke funnet noen nord-sydlig gradient med henblikk på individ- og artsantall eller biomasse. Tråling forekommer regelmessig i området, hvilket medfører et stort usikkerhetsmoment ved tolkningen av resultatene. Trålerne forårsaker forstyrrelser på bunnfaunasammfunnene og reduserer bestanden av storvokste arter, så som sjøpinnsvin, visse børstemarkar og større muslinger.

Miljøgifter i organismer: Tidligere undersøkelser i Hvaler-området gjennom flere 10-år har vist at en nær Glommas munning og i Iddefjorden har lokale miljøgiftproblemer. Miljøgiftpåvirkningen av området utenfor Hvalerøyene og i svensk/norsk grensefarvann er mindre kjent og tildels omstridt.

Hovedhensikten med denne delundersøkelse har vært å kvantifisere miljøgiftinnholdet i utvalgte organismer (blåretang, blåskjell, sjøkreps, taskekrabbe, ål og torsk) for å vurdere effekter av forurensningsbelastningen i ulike deler av området. Undersøkelsene er knyttet

opp mot tilsvarende undersøkelser innenfor Hvalerøyene i regi av det norske Statlig program for forurensningsovervåkning. Resultatene fra dette prosjektet er også presentert og tatt inn i vurderingene her.

Blæretang, blåskjell og fisk ble innsamlet på 10 – 13 stasjoner, mens krabbe og sjøkreps ble innsamlet på henholdsvis 1 og 2 stasjoner. Innsamlingen ble hovedsakelig foretatt i perioden oktober-november 1989. På bakgrunn av analyser av metaller, klororganiske forbindelser og biocider i organismer fremstår området utenfor Hvalerøyene som et lite til moderat belastet kystområde med relativt små forskjeller i forurensningsnivå. De konsentrasjonsnivåene av miljøgifter som er observert i dette området har sannsynligvis ikke konsekvenser for bruken av området til rekreasjon og fiske.

Noe større miljøgiftproblemer ble imidlertid avdekket i området innenfor Hvalerøyene og ved Glommas vestre løp. Innholdet av metaller i alger og blåskjell og innholdet av flere klororganiske forbindelser (HCB, PCB) i fisk lå klart over bakgrunnsnivå på enkelte stasjoner innenfor Hvalerøyene. Ved munningen av Glomma's østre og vestre løp ble det observert konsentrasjoner av PCB i torskelever som må vurderes nærmere av næringsmiddelmyndighetene, tilsvarende bør det høye kadmiuminnholdet i krabber fra Iddefjorden også bli gjenstand for nærmere vurdering. Med unntak av det høye kadmiuminnholdet i krabbe og det noe forhøyede kvikksølvinnholdet i torskelever, fremstår Iddefjordens munning som vesentlig mindre miljøgiftpåvirket enn området ved Glommas utløp.

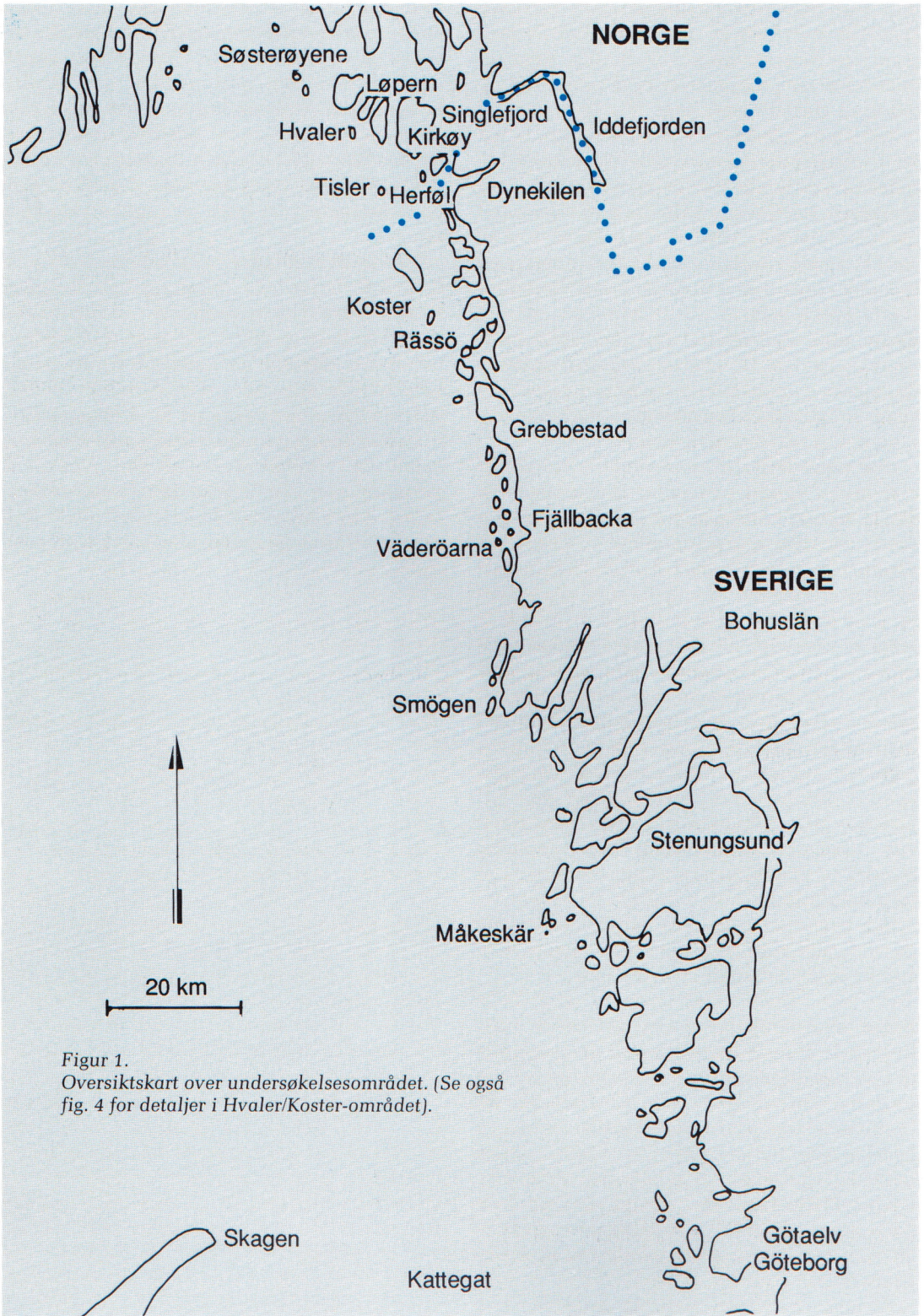
Det konkluderes med at problemområdene når det gjelder miljøgifter i organismer hovedsakelig ligger innenfor Hvalerøyene.

Ålekvalbe: Forekomsten av yngel i ulike utviklingsstadier hos hunner fanget i grensevannet ble sammenlignet med motsvarende verdier fra et referanseområde ved Fjällbacke, samt fra to dokumentert påvirkede områder, tremassefabrikk nær Svinesund og en petrokjemisk industri i Stenungsund. Ålekvalbe fra grensevannet, Fjällbacke, samt Øresund har også blitt analysert med henblikk på kvikksølv i muskel, mens materialet fra grensevannet ble analysert på metaller i lever.

De fem lokalitetene som ble undersøkt i de

ytte delene av grensefarvannet viste ingen avvik fra referanseområdet når det gjelder tilvekst og overlevelse hos ålekvalbens yngel, mens de to industriresipientene viste signifikante avvik. Andelen hunner med yngel med langsom tilvekst – som i tidligere undersøkelser har vist seg å være en indikator på miljøforstyrrelser – var svært høy ved Asmaløy, men de få hunnene i fangsten gir ingen sikker konklusjon.

Kvikksølvinnholdet i muskel hos ålekvalbe fanget i Dynekilens munning var 3 ganger høyere enn i referanseområdet ved Fjällbacke. Dette kan bero på en påvirkning fra Singlefjorden. Innholdet sør for Kirkøy var forholdsvis lavt, hvilket kan tyde på at denne prøvofiskplassen ligger mer beskyttet for direkte påvirkning fra Glomma. Innholdet av kopper, sink og kadmium i leveren var høyere ved Dynekilens munning enn ved Kirkøy. Bly utgjør unntak, som kan forklares med at dette metallet hovedsakelig tilføres gjennom atmosfærisk deposisjon.



Figur 1.
 Oversiktskart over undersøkellesområdet. (Se også
 fig. 4 for detaljer i Hvaler/Koster-området).

1. Innledning

Kystfarvannet mellom Norge og Sverige (fig. 1 og 4) har vært gjenstand for diskusjoner på forskjellige nivåer, både vitenskapelig og politisk med hensyn til mulig transport av forurensninger over landegrensene. Det er hevet over enhver tvil at det foregår en slik vannbåren forurensningstransport (se 3. omslagsside). Debatten de siste årene har dreid seg om transportveiene, og påvirkningsgraden fra de potensielle kildene på hver side av grensen.

Det er sterke friluftsjakter knyttet til området med bading, båtliv og fritidsfiske som de viktigste aktivitetene. Området inkluderer dessuten viktige hekkeplasser for fugl og kaste-plasser for sel. Kyststrekningen er også av betydning for yrkesfiske etter reker, sjøkreps, hummer, makrell, ål og en del andre fiskeslag. På svensk side er det en viss oppdrettsaktivitet, hovedsakelig av blåskjell.

For å øke forståelsen av disse forholdene i dette spesielle kystområdet, ble det opprettet nærmere kontakt mellom miljøvernmyndighetene i Norge og Sverige. Behovet for økt aktivitet og undersøkelser var grunnet til møtet som ble holdt mellom den norske miljøvernministeren Sissel Rønbech og hennes svenske kollega Birgitta Dahl i august 1986.

På initiativ fra ministrene ble det dannet en svensk-norsk planleggingsgruppe med sikte på å etablere overvåking i det aktuelle området. Gruppen inkluderer representanter fra Statens forurensningstilsyn (SFT), miljøvernavdelingen i Østfold i Norge og Statens naturvårdsverk (SNV) og länsstyrelsen i Gøteborg og Bohuslän i Sverige.

Gruppens arbeid resulterte i et felles svensk-norsk samarbeidsprosjekt der svenske forskningsinstitusjoner fikk ansvaret for undersøkelser av bløtbunnsfauna, vannkjemi og ålekvabbe. Den norske delen av prosjektet omfattet undersøkelser av sediment, sedimenterende materiale og miljøgifter i organismer. Norge har dessuten hatt ansvaret for modellering av strømforholdene på bakgrunn av hydrografiske data, mens Sverige har hatt ansvaret for tolkning og bearbeiding av satellittdata.

Man kan tenke seg i hvertfall 3 ulike vannmasser som skulle kunne påvirke undersøkelsesområdet:

- Vann som kommer sørfra med den Baltiske overflatestrømmen og som transporterer forurensninger fra Østersjøen og den svenske vestkysten.
- Vann som kommer nordfra og som fører med seg forurensninger fra Oslofjorden, Glomma og Iddefjorden.
- Vann fra Skagerrak/Nordsjøen som kommer opp til undersøkelsesområdet med den nordadgående Jyllandsstrømmen.

Dette svensk-norske samarbeidsprosjektet omfatter overvåking av de ytre kystområdene fra Søsterøyene i nord til Väderöarna i sør (fig. 1).

Formålet med undersøkelsene har vært fire-delt:

1. Forbedre kunnskapene om transportveiene i den sydøstlige del av Skagerrak.
2. Karakterisere miljøforholdene i de ulike deler av undersøkelsesområdet.
3. Påvise eventuelle miljøpåvirkningsgradienter.
4. Danne basis for et fremtidig overvåkingsprogram i svensk/norsk kystfarvann.

2. De enkelte delprosjektene

2.1 Satellitdata

Metode – utförande

Under januari – juni 1989 skedde en kontinuerlig övervakning av nordöstra Skagerrak med hjälp av den meteorologiska satelliten NOAA AVHRR. Målsättningen var att med hjälp av ytvattentemperatur och mängd suspenderat material i det övre vattenlagret identifiera utbredningen av vattenmassor med olika ursprung i de yttre delarna av Hvaler – Koster. Från NOAA är det möjligt att erhålla i medeltal två bilder per dygn med tillräcklig kvalitet. För att demonstrera transporten av Glommas vatten från mynning till öppet hav utnyttjades dessutom data från jordresurs-satelliten LANDSAT. Från LANDSAT är det möjligt att erhålla data maximalt 2 gånger per månad.

Den Baltiska strömmens förekomst och utbredning beräknades från satellitdata i de fall där en temperaturfront kunde identifieras. Under januari till mars 1989 var Baltiska strömmen kallare än Skagerraks ytvatten medan förhållandet var omvänt i maj och juni. Glommas älvvatten karaktäriseras normalt av en lägre temperatur än vattenmassan i nordöstra Skagerrak. Denna temperaturskillnad har använts för att uppskatta den areella utbredningen av främst Glommas östre lopp. Plymen identifierades enligt följande villkor: att ett sammanhängande område utanför Hvaleröarna har en temperaturskillnad av minst 0.24 °C med utanför liggande vattenmassa och att området inkluderar sundet mellan Kirköy och Asmalöy.

Sammanlagt arkiverades 68 termiska bilder från NOAA med en molnighet av mindre än 50%. I april och maj erhöles 11 respektive 12 dygn med data medan övriga månader hade en täckningsgrad av 5 till 7 dygn. I medeltal erhöles data var 4.e dygn.

Frekvensen av den Baltiska strömmen uppskattades genom att jämföra tidsserien då strömmens temperaturfront observerades med hela tidsserien av satellitbilder.

Resultat och slutsatser

Baltiska strömmen bedömdes förekomma under cirka 60% av observationstiden. Fron-

tens bredd varierade mellan 10 och 50 km. Frontens genomsnittliga position utefter den svenska kusten ökade i medeltal från ca. 25 km vid Måseskär och Smögen till ca. 40 km vid Grebbestad.

Ingen utbredning av Glommas älvvatten observerades under januari – februari. Under mars – juni kunde två olika spridningsförlopp följas med hjälp av temperaturdata. Vid svaga eller växlande vindar kunde ofta en ökning av plymens areal konstateras, utan att någon speciell riktning kunde anges. Under stabila västliga och sydvästliga vindar påverkade däremot den storskaliga cirkulationen utanför Hvaleröarna plymens läge och orientering. Denna cirkulation innefattar den Baltiska strömmen och den medurs- eller moturscirkulation som ofta förekommer i Skagerrak. Detta indikeras av att Glommas plym kunde ha olika orientering och tidsutveckling trots att vindriktningen var densamma. Den maximala spridningsarealen utanför Hvaleröarna uppgick i mars till ca. 130 km². Under perioden januari – juni observerades plymen vid två tilfällen i Kosterfjorden. Glommas vattenföring översteg då 1200 m³/sek. och cirkulationen i området var anticyklonal. Detta innebar att den sydostliga strömmen utanför Hvaleröarna transporterade vatten från Glommas västra och östra lopp i samma riktning längs Hvaleröarna och in i Kosterfjorden.

Identifiering av Glommas utbredning i kustzonen gjordes också med hjälp av suspenderat material. Under det första halvåret 1989 fanns inga tillräckligt molnfria LANDSAT-scener över nordöstra Skagerrak. En scen från 14. juni kunde emellertid användas för att beskriva spridningen av älvvatten. Glommas östra lopp vatten identifierades med reflektansnivåer motsvarande 15 – 20 mg/l suspenderat material. Ett sammanhängande område fanns i sundet mellan Asmalöy och Kirköy vilket bekräftar att detta sund är den viktigaste transportleden för vatten från Glommas östra lopp. Plymen sträckte sig utanför Hvaleröarna i nordvästlig riktning med en längd av 15 km och en bredd av 2 – 5 km (se 2. omslagssida).

2.2 Modellering

Metoder – gjennomføring

Delprosjektets hovedmålsetning har vært å kartlegge og å forklare de fremherskende transportveiene for vannmasser i nordøstre del av Skagerrak med tanke på å fremskaffe tilstrekkelig kunnskap til å kunne anbefale et optimalt overvåkingsprogram av forurensningstransporten i området. Fase 1 i dette delprosjektet har bestått av (1) litteraturstudie, (2) eksperimenter med numerisk strømodell og (3) sammenligning av modellresultater og satelittdata. Med dette som basis er det blitt utarbeidet et overvåkingsprogram for etterprøving i fase 2 som er optimalt for dette undersøkelsesområdet.

Litteraturstudie: I denne delen av undersøkelsen er det lagt spesiell vekt på å belyse den midlere sirkulasjonen i Skagerrak, Kattegat og Ytre Oslofjord, samt de sesongmessige og kortvarige variasjonene. Materialet ble hentet fra offentlige kilder, samt fra diskusjoner med svenske og norske eksperter. Dataene som ble innhentet ble begrenset til hydrografiske data som foreligger på offentlige datasentre, dvs. Svenska Meteorologiske og Hydrologiske Institut (SMHI) og Havforskningsinstituttet i Norge.

Ekspirimeter med numerisk strømodell: Formålet med denne delen av prosjektet var å kartlegge de fremherskende transportveiene for vannmassene i Skagerrak, Kattegat og Ytre Oslofjord-området overflatelag gjennom numeriske modellforsøk. Det ble brukt en enkel numerisk strømodell for å oppnå denne målsettingen, og det ble gjennomført fem eksperimenter.

Det første eksperimentet besto i å etablere en «normalsirkulasjon» (typisk sommersituasjon) basert på typiske verdier for transporter i hovedstrømmen. Verdien ble først anslått gjennom litteraturstudieprosjektet. «Normalsirkulasjonen» ble etablert ved å la typiske verdier for vind, den Baltiske strømmen, den nordlige grenen av Jyllandsstrømmen, den norske kyststrømmen og ferskvannstilførsler gjennom elver være inngangsdata. De fire neste modellforsøkene ble utført med utgangspunkt i ekstreme situasjoner med den hensikt å vurdere hvordan området ville reagere. De ble gjen-

nomført på en slik måte at de hypotesene som ble satt frem gjennom litteraturstudiet med tanke på sirkulasjonen i Skagerrak ville kunne bli bekreftet eller avkreftet ved hjelp av disse eksperimentene.

De fire eksperimentene hadde følgende formål:

- Å undersøke om sterk vedvarende vind fra nordøst ville føre til en blokkering, muligens en reversering av den norske kyststrømmen og/eller av den nordlige grenen av Jyllandsstrømmen. Videre var formålet med denne delen av undersøkelsen å undersøke om den Baltiske strømmen ville slippes ut i Skagerrak og spre vann fra Østersjøen utover overflaten, mens strømmen langs den svenske kysten ble svekket.
- Å undersøke om en sterk innstrømming over yttergrensene for modellen i vest, ved f.eks. en innstrømming av Atlanterhavsvann eller Nordsjøvann, kunne være årsaken til at den nordlige grenen av Jyllandsstrømmen er større enn transportbudsjettet for Skagerrak tilsier.
- Å undersøke om kraftige vestlige og nordlige vinder ville gi opphav til en blokkering og oppstuvning av vann i Skagerrak. En teori var at det oppstuede vannet ville strømme ut som en «flodbølge» når vinden døde ut.
- Å undersøke innvirkninger av endringer i den Baltiske strømmen på sirkulasjonsmønsteret, spesielt i det nordøstre hjørnet av Skagerrak, idet det har vært hevdet at strømforholdene i dette området ikke er særlig påvirket av variasjoner i den Baltiske strømmen.

Resultatene av modellforsøkene er blitt brukt til å beregne transporter i typiske snitt i Skagerrak og til å plote tidsserier. Alle modellresultatene i form av øyeblikksbilder av strømfelt og øvrelags-tykkelseskonturer, er tatt ut på papir og samlet i et data-atlas.

Sammenligning av modellresultater og satelittdata: Det er vanskelig å sammenligne numeriske resultater og informasjon fra satelittbilder direkte. Modellforsøkene er eksperimenter med rendyrkede problemstillinger, som f.eks. en stabil nordlig vind eller en foreskrevet endring i vindens retning og styrke, mens satelittbildene viser fordelinger av temperatur og/eller

turbiditet i Skagerrak. Satelittbildene er resultatet av flere og vedvarende prosesser. SMHI analyserte en rekke satelittbilder som viser temperaturforholdene i Skagerrak. Disse ble så sammenlignet med modellresultatene. Sammenligningen mellom resultatene fra modellforsøkene og informasjonen fra satelittbildene utgjør en kvalitativ sammenligning mellom simulerte strømforhold og målte temperatur- og turbiditetsfordelinger i Skagerrak.

Resultater og konklusjoner

Gjennom litteraturstudiet ble det slått fast at transportveiene for vannmasser og dermed for forurensninger i Skagerrak er dårlig kjent og kartlagt. Dette vil igjen innvirke på de beregningene som gjøres for å anslå forurensningsbelastningen fra kyststrømmen.

Alle modellforsøkene har vist at det under rolige eller raskt skiftende vindforhold, lett dannes virvler i Skagerrak. Modellforsøkene viser at under alminnelige skiftende værforhold er sirkulasjonen som regel dominert av en eller to store virvler i det sentrale Skagerrak og av flere mindre langs kysten og i området Skagen – Gøteborg. En av disse virvlene, som vanligvis roterer med urviseren, dominerer til tider sirkulasjonen i nordøstlige deler av Skagerrak. Dette resultatet står i sterk kontrast til tidligere teorier om at Skagerrak er nesten virvelfri.

Den «normale sirkulasjon-situasjonen» karakteriseres av transport fra Nordsjøen og inn i Skagerrak langs kysten av Jylland. Det vil være en nordadgående transport langs den svenske vestkysten fra Kattegat til Skagerrak, opp Bohuslän, forbi Ytre Oslofjord. Den vil deretter gå mot sydvest langs kysten av Telemark og Sørlandet. I de sentrale delene av Skagerrak er «normalsituasjonen» dominert av små strømhastigheter. Sirkulasjonen i Skagerrak er sterkt påvirket av innstrømming av Nordsjøvann eller Atlanterhavsvann. Denne innstrømmingen påvirker til tider transportveiene i grensefarvannet mellom Norge og Sverige og er av stor betydning for plasseringen av virvler.

Gjennom modellforsøkene har man fått styrket teorien om at kraftige vestlige vinder midlertidig blokkerer utstrømmingen fra Skagerrak, og at de blokkerte vannmassene strømmer ut som en «flodbølge» når vinden dør ut. Forsøkene har videre vist at transportveiene i nord-

østre del av Skagerrak ved inngangen til Oslofjorden er meget følsomme for variasjoner i vannføringen i den Baltiske strømmen, dvs. strømmen ut av Kattegat. Styrken og plasseringen av den Baltiske strømmen langs Bohuslän er en meget viktig faktor for om vanntransporten foregår med eller mot urviseren i det norsk-svenske grensefarvannet, og derved også om det dannes sydgående strømmer fra Hvalerøyene langs Bohuslän-kysten. Selv om det ikke er noen «normalsituasjon», bør det understrekes at det sannsynligvis relativt ofte oppstår sydgående strømmer i dette grensefarvannet (se 3. omslagsside).

Analysene som SMHI har utført gir kvalitativ informasjon om transportveiene i Skagerrak, og spesielt om sirkulasjonen i grensefarvannet. Resultatene fra modellforsøkene til VERITEC indikerer at strømforholdene forblir påvirket i 20 døgn av tidligere vindforhold (kalt Skagerraks hukommelsestid). Dette er viktig å ta med i betraktning når satelittbilder sammenlignes med modellsimuleringer fordi vindforholdene fra satelittbilder som ble tatt 20 dager tilbake i tid, må tas med i vurderingene. Analysene av satelittbildene viser at det er vanskelig å finne bilder som viser situasjoner der vindforholdene er så enkle som forutsatt under de forskjellige modelleksperimentene. En nærmere beskrivelse av satelittdata-prosjektet finnes i kap. 2.1

Noen av bildene er tatt etter perioder med vindforhold som er slik at situasjonene nærmer seg de idealiserte modelleksperimentene. Sammenligningene for disse situasjonene viser visse likhetstrekk mellom modellresultater og satelittbilder. De viktigste av disse er den geografiske plasseringen av virvler i Skagerrak og skiftet mellom sirkulasjon med og mot urviseren i det norsk-svenske grensefarvannet. Satelittbildene viser at det er store variasjoner i vanntransporten i grenseflaten mot Nordsjøen. Både modellsimuleringene og satelittbildene viser at innstrømmingen fra vest påvirker hele den generelle sirkulasjonen i Skagerrak.

Arbeidet indikerer at den tyngdereduserte modellen var godt egnet til å reproducere mange av de typiske strømforholdene i Skagerrak. Samtidig vil modellen kunne gi ny innsikt og øke forståelsen for de prosessene som er årsak til endringer. Det virker f.eks. som om modellen kan forklare mange av de tidligere «uforståelige» og uoverensstemmende målere-

sultatene som foreligger fra undersøkelsesområdet ut i fra modellens geografiske plassering av virvler.

Anbefalinger

Ifølge programmet for dette norsk-svenske samarbeidsprogrammet skal hydrografidelen i undersøkelsen vurderes å fortsette i en fase 2 etter at fase 1 er gjennomført og resultatene fra denne fasen er evaluert. Denne evalueringen er foretatt av den nedsatte norsk-svenske arbeidsgruppen.

Det var enighet om nødvendigheten av å fortsette hydrografidelen av prosjektet i en fase 2, og et forslag til arbeidsprogram er blitt utarbeidet. Hensikten er å kunne utarbeide et optimalt kontinuerlig overvåkingsprogram for grensefarvannet som enten vil kunne gå inn i de svenske og norske nasjonale kystovervåkingsprogrammene eller som et oppfølgende norsk/svensk overvåkingsprogram. Programmet skal kunne:

- beskrive transportsystemet for overflatevannet i Skagerrak, Kattegat og Ytre Oslofjord.
- Kartlegge historien til overflatevannmassene i den nordøstlige delen av Skagerrak.
- Beskrive influensområdet av Glommavann, Frierfjordvann, Kattegat-vann, inkludert Götaelv, og vann fra Ytre Oslofjord.
- Gi opplysninger om viktige fysiske, kjemisk og biologiske vannkvalitetsparametre.

Både fase 1 og 2 i hydrografi prosjektet har som et viktig mål å kunne foreslå et overvåkingsprogram som optimaliserer ressursutnyttelser av måleutstyr og personell.

Fase 2 bør inneholde modellsimuleringer og feltmålinger av strøm og forurensningstransport, sammenholdt med målinger med spektrometer i fly, alternativt satellittdata.

Området for den til nå brukte «Skagerrak-modellen» foreslås utvidet til å innfatte større deler av Ytre Oslofjord. Spredningsmodellen og trajektoriemodellen fra Ytre Oslofjord-prosjektet tilknyttet «Skagerrak-modellen». Modellen som ble benyttet i det SFT-finansierte Ytre Oslofjord-prosjektet tilknyttet «Skagerrak-modellen» basert på nestingsteknikk. En temperaturmodell utvikles og tilknyttet begge modellene. Simuleringer med begge modellene vil bli gjennomført med spesiell

vekt på temperaturvariasjoner og spredning av sporstoff og partikler.

Temperaturen er av betydning for verifisering av modellresultater mot satellittbilder. Feltnålinger bør gjennomføres våren 1992, slik at forholdene for måling er optimale med sterke gradienter. Dette innebærer bl.a. utsetting av en eller flere bredbåndete ADCP'er (Acoustic Doppler Current Profiler) i utvalgte punkter på grunnlag av fase 1, målinger med skipsmontert ADCP, utsetting av konvensjonelle rigger for målinger av strøm og fysisk/kjemiske/biologiske vannparametre som temperatur, saltholdighet, turbiditet og klorofyll.

Dataene som blir samlet inn under feltnålingene skal analyseres og sammenstilles med modellresultatene. Verifiseringen skal ta stilling til egnethet av måleutstyr, omfang av målenett, hyppighet for overføring av opplysninger, analysenivå og modellens rolle.

2.3 Kjemien i de frie vannmassene

Formålet med denne delundersøkelsen har vært firedele:

- å fremskaffe en oversikt over vannkvaliteten i de frie vannmassene i området med hensyn på vannkjemi og alger.
- å studere en eventuell utvikling gjennom de to årene undersøkelsen foregikk.
- å bygge opp en databank som skal være et grunnlag for sammenligninger ved eventuelle senere undersøkelser i området.
- å undersøke om det finnes et horisontalt og/eller vertikalt utbredningsmønster blant de målte parametrene som kan knyttes til mulige forurensningskilder.

Det bør understrekes at hydrografiske og vannkjemiske parametre ikke gir noe integrert bilde av et lengre tidsforløp, men et raskt foranderlig øyeblikksbilde. Måleresultatene vil derfor reflektere den vannkvaliteten i den dominerende vannmassen i det øyeblikket prøven ble tatt.

Metoder – gjennomføring

Det ble tatt vannprøver 39 ganger i løpet av

perioden september 1988 – september 1990. Det var viktig å kunne fremskaffe et godt datagrunnlag for vinterperioden bl.a. med tanke på å tallfeste næringsstoffforrådet og derved bedre forståelsen av den biologiske aktiviteten om sommeren. Snøsmeltingsperioden april – juni ble også viet ekstra oppmerksomhet, da dette området har ekstra stor påvirkning fra ferskvannutbrudd fra Glomma i den perioden. Det ble tatt prøver på alle de 8 stasjonene 1 gang i måneden i perioden juni – november hvert år og 2 ganger i måneden i perioden desember – juni hvert år. I den siste perioden ble det i tillegg tatt prøver fra stasjonene ytterligere 1 gang i måneden.

Resultater og konklusjoner

Undersøkellesområdet har en kompleks årstidsvariasjon med tanke på fysisk/kjemisk og biologiske parametre som dels skyldes naturlige lys- og klimaforhold og dels skyldes dynamikken mellom de ulike vannmassene som påvirker området. Indikasjon på en landbasert påvirkning vises i en tydelig nord-sør gradient ned til 5 meters dyp under hele undersøkelsesperioden i verdier av saltholdighet, humusinnhold, ammonium og nitrat. Dette illustrerer at vannmassene fra Glomma/Iddefjorden klart skiller seg fra Skagerrakvann og vann i den Baltiske strømmen. Det sydadstrømmende vannet har sterkest innflytelse i de øverste 0 – 5 metrene fordi det har lavere saltholdighet. Den vertikale gradienten svekkes jo lenger sør og vestover man går ved at man får en bedre blanding av vannmassene.

Nord-sør gradienten for nitrat kan spores ned til 5 – 10 meters dyp og er mer markert enn for de andre parametrene, – noe som igjen understreker landbasert påvirkning. På 30 meters dyp er forholdene stabile og like for hele undersøkelsesområdet.

Om våren og spesielt tidlig på sommeren, forekommer det sterke utbrudd av brakkvann fra nord-øst som kjennetegnes av lavt saltinnhold, sterk brunlig farge, høyt innhold av humus og høye konsentrasjoner av nitrogenforbindelser.

Det ble ikke påvist noen tydelige gradienter for fosforforbindelsene. Det samme kan sies for klorofyllverdiene, selv om de to stasjonene ut for Hvalerøyene stort sett viser noe lavere verdier.

Anbefalinger

Det foreslås at et kjemisk undersøkelsesprogram går inn som en del av et kontinuerlig overvåkingsprogram på norsk og svensk side, enten i et felles norsk-svensk overvåkingsprogram eller som en del av de norske og svenske kystovervåkingsprogrammene i regi av henholdsvis Statens forurensningstilsyn og länsstyrelsen i Bohuslän. Det er viktig å opprettholde som et minimum den opprinnelige prøvetakingsfrekvensen, dvs. 1 prøve i måneden i perioden juli – november og 2 prøver i måneden i perioden desember – juni. Spesielt er det viktig å opprettholde prøvetakingsfrekvensen på senvinteren og under snøsmeltingen. Det ideelle i et fremtidig overvåkingsprogram ville være å opprettholde de 8 stasjonene som ble prøvetatt under denne undersøkelsen. Et minimum vil være å ta prøver ved den sydlige delen av Kirkøy, som er den stasjonen som har høyeste næringsstoffkonsentrasjoner, og den sydlige delen av Tisler fordi den befinner seg i et overgangsområde mellom vannmasser fra Glomma/Iddefjorden og den Baltiske strømmen.

2.4 Suspenderat material och sediment

Små partiklar som svävar i det fria vattnet kan användas för att karaktärisera en vattenmassa i kustzonen. Den största tilförseln av partikulärt material till det övre vattenlagret sker via flodtransport och planktonproduktion. Kvantifiering av det partikulära materialet och dess kemiska sammansättning ger möjlighet att spåra källor och avståndsgradienter inom ett område. Genom att samla upp det partikulära materialet i sedimentfällor erhålls förutom en kemisk karaktärisering också ett mått på sedimenttillväxten. När det partikulära materialet når havsbotten lagras det i kronologisk ordning. Den vertikala lagerföljden tjänar som ett historiskt dokument, förutsatt att ingen mekanisk störning sker. Den areella fördelningen av kontaminanter i sedimenten ger då en bild över belastningen, integrerat över en längre tidsperiod.

Metoder – utförande

Ytvattenprov samlades in från åtta stationer vid fyra tillfällen under 1989. Det partikulära

materialet definieras operationellt som det material som kvarstannar på ett 0.4 µm membranfilter. Filtren analyserades med avssende på aluminium, järn, titan, fosfor och kisel. Ett antal prov analyserades även med avseende på partiklarnas storlek, form och kemiska sammansättning.

Sedimentfällor sattes ut på sju lokaler på 10 och 50 m djup. De djupare belägna fällorna befann sig 15 – 30 m över botten och gav information om graden av resuspension av material från botten. Det insamlade materialet analyserades med avseende på organiskt kol, kväve, järn, aluminium, titan och fosfor.

I april 1989 insamlades sedimentprov från 32 stationer från Söstrene i norr till Väderöarna i söder. Det översta sedimentlagret analyserades med avseende på kornstorlek och ett antal metaller (järn, titan, krom, koppar, bly, kadmium, kvicksilver) samt kväve och organiskt kol. Sedimentprov från 13 stationer analyserades på en rad av organiska miljögifter.

Resultat och slutsatser

Suspenderat material: Den kemiska sammansättningen av partikulärt material i havsvatten varierar betydligt beroende på mängden av plankton, tillförseln av minerogent material och humus från land (se 2. og 3. omslagssida), samt uppvirvlat bottenmaterial. Eftersom denna tillförsel i huvudsak sker i yt- och bottenvattnet uppvisar dessa vattenmassor generellt de högsta partikelinnehållet. I Skagerrak har uppmätta halter runt 0.5 – 2 mg/l där de högsta värdena normalt uppträder under sommaren. I gränsområdet mellan Norge och Sverige ger Glomma det största tillskottet av sötvatten och suspenderat material (se 2. og 3. omslagssida). Detta kan påvisas genom sambandet mellan salthalten i ytvattnet och mängden av suspenderat material; vid lägre salthalter erhöles högre halter av partikulärt material i ytvattnet. De högsta partikelmängderna erhöles också under sommaren då Glomma har störst vattenföring.

Mätningarna under 1989 visade att mängden partikulärt material i ytvattnet var i genomsnitt 3 gånger högre i den nordliga delen av undersökningsområdet jämfört med Nordkoster. Mätningarna under augusti 1989, då Glommas vattenföring var mindre än 750 m³/sek., visade att området söder om Nordkoster inte påverka-

des. Detta är emellertid beroende av den hydrografiska situationen vid undersökningsfallet.

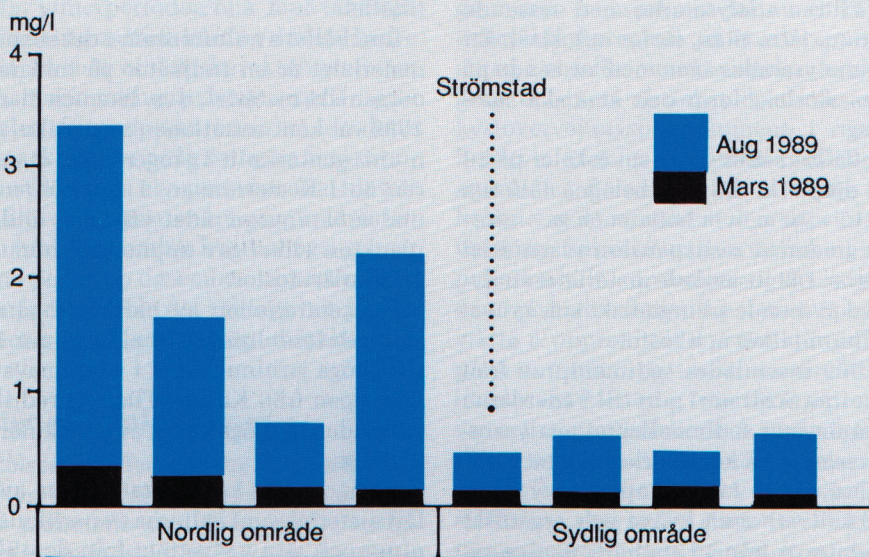
Innehållet av aluminium i det suspenderade materialet är en indikator på inblandning av oorganiskt material, dvs. lera och slam. Under 1989 var koncentrationen av partikulärt aluminium i genomsnitt 2 gånger högre utanför Löperen än i Kosterrännan. I den södra delen av undersökningsområdet ökade andelen av plankton vilket gav upphov till högre halter av partikulärt fosfor.

Koncentrationen av partikulärt järn följer i stort sett fördelningen av aluminium. Det generellt höga järninnehållet i Glommavattnet och utsläppen från Kronos Titan i Fredrikstad avspeglade sig i höga halter av partikulärt järn vid Löperen.

Figur 2 visar koncentrationerna av partikulärt material samt halterna av partikulärt aluminium och järn i ytvattnet från de olika stationerna under mars och augusti 1989. En uppdelning av undersökningsområdet i en nordlig och en sydlig del kan urskiljas. Vid moderat vattenföring tycks Glommas influensområde inte sträcka sig söder om Nordkoster. Vid vårflödet kan emellertid detta område utsträckas betydligt längre söderut (Väderöarna).

Sedimentfällor: Sedimentfällorna fångar upp det partikulära materialet som sjunker genom vattenpelaren och som efter kemiska förändringar till slut bildar botten sedimenten. Sedimentationen ges av partikelflödet vid en viss djupnivå och uttrycks som vikt/ytenhet och tidsenhet. Efter att det partikulära materialet har nått botten sker ofta en upprepad resuspension och deposition tills dess att partiklarna slutligen sedimenterar inom ett område med ackumulationsbotten. Analys av sedimentfällorna visade att det sedimenterade 2 – 3 gånger mera material på 50 m djup jämfört med 10 m-nivån. Resuspension från botten är troligen orsak till de ökade mängderna på större djup.

Skillnader i sedimentation observerades mellan den nordliga och sydliga delen av undersökningsområdet. Vid de tre nordliga stationerna varierade sedimentationen på 10 m-nivån mellan 600 och 1000 g/m²/år, medan motsvarande värden i Koster-området var 450 – 570 g/m²/år.



Figur 2.
Koncentration av suspenderat material i ytvattnet, mars och augusti 1989.

Partikelflödet kan användas för att uppskatta sedimenttillväxten. De nordliga stationerna hade en tillväxt av i genomsnitt ca. 2 mm/år medan de sydliga stationernas sedimenttillväxt var ca. 1 mm/år. Det är viktigt att understryka att dessa värden baseras på partikelflödena på 10 m djup. Den verkliga sedimentationen kommer att vara större. Beräkningar antyder en sedimenttillväxt i det nordliga området av ca. 5 mm/år och i det sydliga området av ca. 3 mm/år.

Det organiska material som insamlades i sedimentfällorna var i huvudsak av marint ursprung. Under den tid som fällorna var utplacerade tycks alltså påverkan av Glomma ha varit relativt liten. Detta överensstämmer också med tidigare undersökningar som visar att det nedersta området i Löperen fungerar som sedimentationsområde vid moderat vattenföring. Partikelflödet av organiskt kol var ca. 30% högre i den nordliga delen av undersökningsområdet.

Det fanns tydliga skillnader i koncentrationerna av järn, aluminium och titan i det mate-

rial som samlades på 10 m-nivån på den norska och svenska sidan av gränsen. Koncentrationerna av järn och titan var signifikant högre vid de tre nordliga stationerna. Halten av aluminium var också högre, men skillnaden var mindre markerad. Vidare fanns det ett överskott av både järn och titan i det nordliga området som inte var bundet till minerogent material. Räknat på årsbasis var sedimentationen av järn och titan dubbelt så hög i det nordliga området jämfört med Koster-området.

Sediment: Sedimenten utanför Hvaleröarna har tre olika ursprung: suspenderat material från Glomma, material som transporterats med Jutland- och Baltströmmen, samt material som producerats i vattenpelaren. En del av det suspenderade materialet sedimenterar i estuariet innan vattnet når öppet hav.

Sedimenten innanför Hvaleröarna har därför en annan sammansättning jämfört med sedimenten längre ut och har också en snabbare tillväxt. Med undantag för området utanför mynningen av Löperen och Singlefjord utgörs

sedimenten av finkornigt material. Endast små variationer kunde observeras i den vertikala kornstorleksfördelningen. Detta indikerar att sedimenten är ostörda. Ett klart samband kunde konstateras mellan mängden organiskt material och mängden av finkornigt sediment. Mängden av organiskt material var låg. De översta 6 cm av sedimenten var oxiderade vilket visar att belastningen av organiskt material i området är måttlig.

Metallinnehållet i sedimenten är beroende av kornstorleken; finare sediment innehåller normalt högre halter. Koncentrationerna av metaller i ytsedimenten var nära bakgrunds nivå, med undantag för kvicksilver och bly. De relativt sett låga metallhalterna i området kan emellertid bero på en snabb utspädning på grund av hög sedimenttillväxt.

Området från mynningen av Singlefjord och söderut till Kosterfjord tar normalt emot de största mängderna av suspenderat material från Glomma vid vårfloedet. Detta kan också påvisas genom de jämförelsevis högre halterna av kontaminanter i sedimenten jämfört med andra områden. Kvicksilver uppvisar förhöjda halter jämfört med bakgrundsvärden; nivåerna var 2 – 5 gånger högre än bakgrunds nivå för diffust belastade områden medan nivåerna av bly var opptill 2 gånger bakgrunds nivå. Ett samband observerades mellan halten av kvicksilver och mängden av organiskt material i sedimenten. Detta visar att kvicksilver huvudsakligen är knutet till organiskt material. En gradient kunde spåras från mynningen av Singlefjord längs den svenska kusten till Grebbestad, se fig. 3. Tidigare undersökningar i Idefjorden har visat ökande halter av kvicksilver i ytsedimenten under det sista århundradet, från cirka 0.025 till 3 µg/g. Kadmium uppvisar en likartad fördelning som kvicksilver och det tycks som om Kosterfjorden utgör ett ackumulationsområde för kontaminerade sediment som transporteras från nordligare liggande områden.

Den vertikala utbredningen av metaller i sedimenten uppvisar små variationer, med undantag för kvicksilver. I Kosterfjorden minskar kvicksilverhalten med djupet vilket kan tolkas som att en ökad belastning har skett under de sista 20 åren. Mängden av finkornigt material tycks också ha ökat i detta område under de sista åren.

En rad av organiska miljögifter har analyse-

rats i sediment från 13 stationer. Mängden av polyaromatiska kolväten (PAH) i kustsediment som är opåverkade av punktkällor varierar omkring 200 – 500 µg/kg. I Hvaleröarna-Kosterområdet uppmättes koncentrationer runt 1500 µg/kg i samtliga prov, dvs. en förhöjning med en faktor tre. Någon nord-sydlig gradient existerar inte och de relativt höga halter som observerats i området antas bero på utsläpp från ett antal diffusa källor såsom atmosfäriskt nedfall och skeppstrafik. Den vertikala fördelningen av PAH sammanfaller med den för metallerna och indikerar att endast små variationer i belastningen har skett under de senare åren.

Innehållen av pentaklorbenzen och hexaklorbenzen i de kustnära sedimentproven uppvisar stora ökning jämfört med prov från utsjön. De kan alltså antas att området runt Hvaler tillförs dessa organiska ämnen från lokala källor.

Koncentrationerna av herbicider (α -BHC, β -BHC, φ -BHC och p,p-DDE) uppvisade måttliga halter. De kustnära sedimenten höll högre halter än de från öppet hav och indikerar att den flodburna tillförseln av dessa ämnen är en större källa än den atmosfäriska deponitionen.

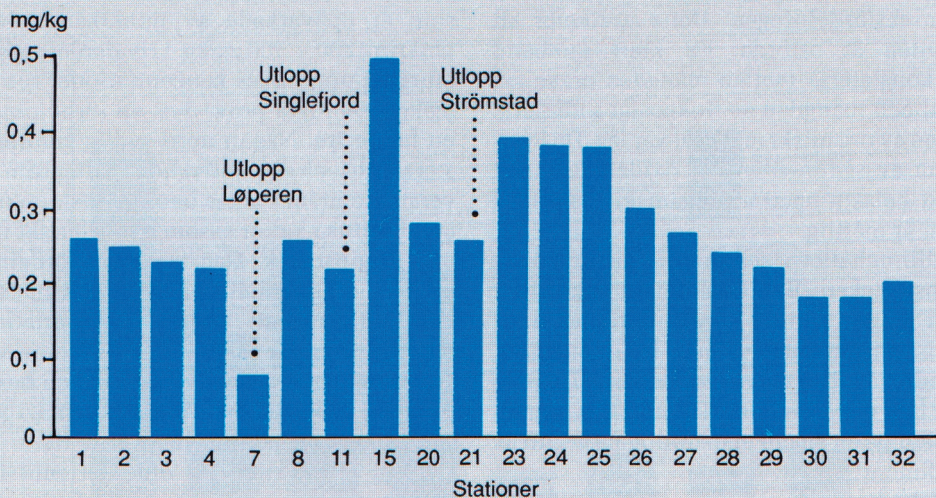
PCB-koncentrationen i sediment från undersökelsesområdet var 2 – 4 gånger högre än bakgrunds nivå. Några tydliga avståndsgradienter som indikerar närvaron av punktkällor kunde inte observeras.

Förslag till fortsättning

Det föreslås att undersökningar av partikulärt material i vatten och sedimentfällor utförs när vattenföringen i Glomma överskrider 1000 m³/s. Dessutom bör sedimentprov insamlas för att beräkna sedimenttillväxten.

2.5 Bottenfauna

Bottenfaunan har i många fall visat sig vara en god indikator på miljötillståndet i ett havsområde och utnyttjas därför regelbundet för att följa förändringar av föroreningsbelastningar. I Glommaestuariatet innanför Hvaleröarna har NIVA på uppdrag av SFT genomfört bottenfaunaundersökningar under 1980 och 1990. Bottenfaunan i det utanför liggande området har undersökts inom ramen för det norsk-svenska



Figur 3.
Halten av kvicksilver i sediment.

övervakningsprogrammet. Målsättningen var att belägga eventuella regionala skillnader i miljötillståndet som kan hänföras till mänsklig påverkan.

Metoder – utförande

Undersökningen genomfördes i november 1988. Fem bottenhugg togs på vardera av nio stationer inom ett djupintervall av 39 – 65 m, dvs. under det språngskikt som separerar Östersjöns och Nordsjöns vattenmassor. Proven analyserades med avseende på individ- och artantal samt biomassa. Sedimentprov insamlades i november 1989 från samma stationer och analyserades på vattenhalt, kornstorlek och mängd organiskt material.

Resultat och slutsatser

De olika stationernas artstruktur och biomassa jämfördes för att kunna identifiera eventuella lokala variationer i miljötillståndet. Totalt identifierades över 200 taxa.

Borstmaskar dominerade, följda av mollusker, kräftdjur och tagghudingar. Ormstjärnor dominerade i antal medan grävande sjöborrar

bidrog mest till den totala biomassan på nästan alla stationer.

Organismsamhällellens utbredning och sammansättning bestäms i stor utsträckning av en kombination av biotiska (konkurrens, predation) och abiotiska (fysikaliska, kemiska) faktorer. De marina djupvattenssamhällellena regleras sannolikt till stor del av biotiska faktorer eftersom variationerna i temperatur, salthalt och vågpåverkan är förhållandevis små. Det finns emellertid yttre faktorer som har en likartad effekt över ett stort djupintervall. Sedimentationen av organiskt material påverkar överlevnad, tillväxt och artsammansättning av både grunda och djupvattenlevande bottenfaunasamhällellena. De kustnära stationerna uppvisade en högre andel av suspensionsätare medan utsjöstationerna i stället innehöll en större andel av sedimentätare.

Detta kan tolkas som att det skulle föreligga en högre halt av suspenderat material närmare kusten som skulle gynna närvaron av filtrerare. Detta överensstämmer också med resultaten från sedimentfällorna, som påvisade en högre sedimentation i den norra delen av undersökningsområdet. Depositionsätare bör ha sin maximala utbredning på botten med god tillgång på näringsrikt organiskt material.

Mængden av organiskt material och andelen finkornigt material i sedimenten ökade från söder mot norr i området. Närvaron av depositionsätare var dock inte korrelerat med mängden av organiskt material i sedimenten. Någon nord-sydlig gradient med avseende på individ- och artantal eller biomassa kunde inte konstateras inom undersökningsområdet.

Resultaten från provtagningen i november 1988 jämfördes med prov som insamlades inom det svenska PMK-programmet i maj 1988, dvs. 6 månader tidigare. Trots skillnader i provtagningspunkter, årstid samt mindre avvikelser i sällteknik avvek inte resultaten från dess två provtagningar nämnvärt från varandra. Trålning förekommer regelbundet i området vilket medför ett osäkerhetsmoment vid tolkningen av resultaten. Trålarna orsakar störningar på bottenfaunasamhällena och minskar överlevnaden av storväxta former såsom sjöborrar, vissa borstmaskar och större musslor.

Inga signifikanta avvikelser med avseende på artrikedom eller biomassa kunde fastställas inom undersökningsområdet. Risken för störningar av bottenfaunasamhällena på grund av trålning kan emellertid inte uteslutas vilket utgör ett osäkerhetsmoment vid tolkningen av resultaten.

Förslag till fortsättning

En förnyad undersökning av bottenfaunan i området Hvaler-Koster bör utföras i samverkan med den provtagning som är planerad innanför Hvaleröarna under 1994.

2.6 Miljögifter i organismer

Tidligare undersökkelser i Hvaler-området genom flere 10-år har vist at en nær Glommas munning og i Iddefjorden har lokale miljøproblemer knyttet til industriutslipp som treforedling, metallurgisk industri, kommunal forurensning og tidligere deponier (Øra-området). Påvirkningen av området utenfor Hvalerøyene er mindre undersøkt og tildels omstridt. Til kystfarvannet i Hvaler/Koster-området knytter det seg sterke friluft- og verneinteresser. Området er også av betydning for yrkesfiske etter bl.a. reker, sjøkreps, hummer, makrell, brisling, torsk, flatfisk og ål.

Hovedhensikten med denne delundersøkelse har vært å kvantifisere miljøgiftinnholdet i utvalgte organismer for å vurdere effekter av forurensningsbelastningen i ulike deler av området lokalisert utenfor Hvalerøyene og eventuelt påvise geografiske gradienter i miljøpåvirkning. Undersøkelsene er knyttet opp mot tilsvarende undersøkelser innenfor Hvalerøyene i regi av det norske Statlig program for forurensningsovervåking. Resultatene er også presentert og tatt inn i vurderingene i dette prosjektet.

Metoder – gjennomføring

Forundersøkelse: Det ble gjennomført en forundersøkelse i 1988 på 3 stasjoner, Herføl, Dynekilens munning og Tjernö. Torskelever fra disse stasjoner ble analysert for blant annet klorerte fenoler og guajakoler. Dette er stoffer som har vist seg egnet til å kunne spore påvirkning fra treforedlingsindustri. Disse stoffene ble imidlertid ikke påvist i de analyserte prøvene og videre analyser av disse parametrene ble ikke foretatt på materialet innsamlet i 1989.

Hovedundersøkelse: Blæretang, blåskjell og fisk ble innsamlet på 10 – 13 stasjoner, mens krabbe og sjøkreps ble innsamlet på henholdsvis 1 og 2 stasjoner (Fig. 4 og Tabell 1). Innsamling ble hovedsakelig foretatt i perioden oktober-november 1989. Analysene ble hovedsakelig foretatt på blandprøver.

Resultater og konklusjoner

Metaller i blæretang og blåskjell: Blæretang og blåskjell finnes i overflatelaget (ca. 0–2 m). Miljøgiftinnholdet i disse organismer gjenspeiler derfor vannkvaliteten i dette laget som i undersøkelsesområdet, spesielt i området innenfor Hvalerøyene, er denne delen av vannsøylen dominert av vann fra Glomma.

Stasjoner med konsentrasjoner klart over bakgrunnsnivå lå hovedsakelig i Glommas hovedløp innenfor Hvalerøyene (Fig.5). Dette hovedmønstret kunne ses både i blåskjell og blæretang. Metaller med overkonsentrasjoner i dette området var sink (kun i blæretang), jern, krom (kun i blåskjell), kobber, nikkel (kun i blæretang), kadmium (kun i blæretang), kvikksølv (kun i blåskjell) og titan. For tungmetallet

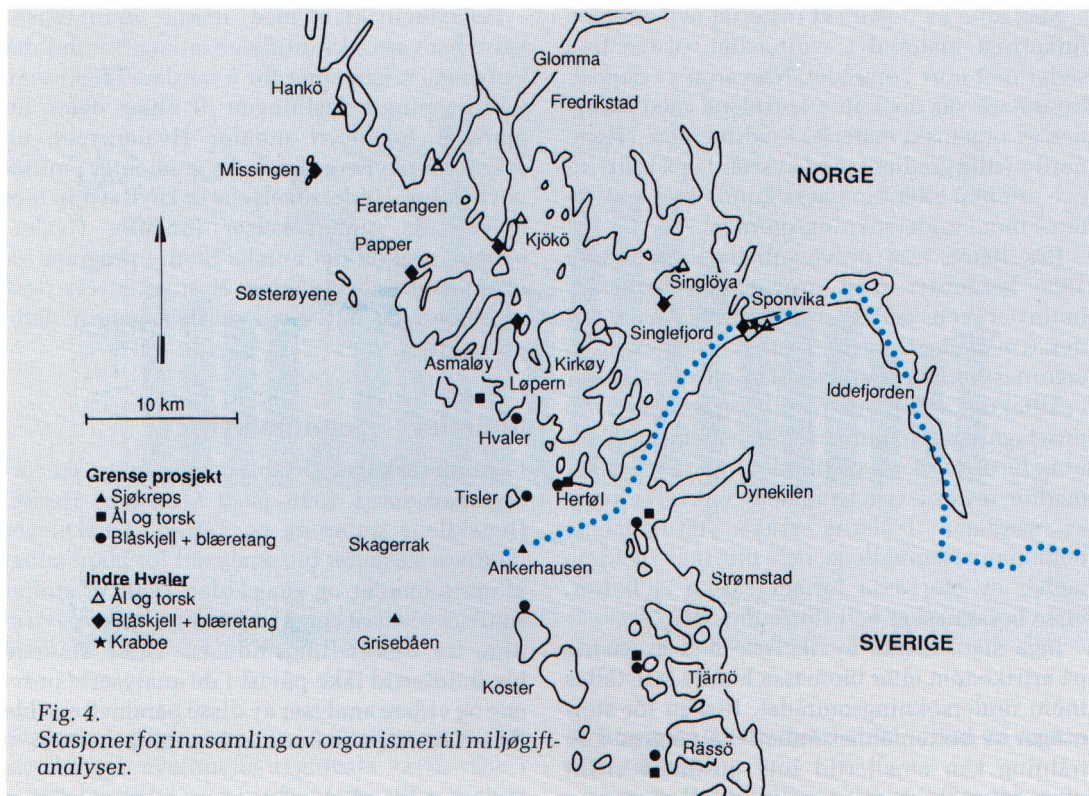


Fig. 4. Stasjoner for innsamling av organismer til miljøgift-analyser.

Tabell 1

Oversikt over forurensningskomponenter som er analysert i de enkelte organismer. St=Antall stasjoner innsamlet (tall i parentes angir antall stasjoner innsamlet i forbindelse med overvåkning av området innefor Hvalerøyene) M=metaller (jern, titan, krom, kobber, bly, nikkel, kadmium, kvikksølv) PCDF/PCDD=«dioksiner» (polyklorerte dibenzofuraner og dibenzo-p-dioksiner), T=toksafen, K=klordan, PCB=polyklorerte bifenyler (her beregnet som summen av syv utvalgte enkeltforbindelser, ACL=andre klororganiske forbindelser (pentaklorbenzen, DDT, heksaklorbenzen, oktaklorstyren, lindan, dekaloribifenylyl), EPOCI=ekstraherbart persistent organisk bundet klor, PAH=polyaromatiske hydrokarboner.

Organisme	St	M	PCDF/D	T	K	PCB	ACL	EPOCI	PAH
Blæretang	13(6)	X							
Blåskjell	12(5)	X	X ¹	X ¹	X ¹	X	X		X
Ålefilet	10(5)	X	X ¹	X ¹	X ¹	X	X	X	X
Torskefilet	10(5)	X							
Torskelever	10(5)	X	X ¹	X ¹	X ¹	X	X	X	X
Sjøkreps	2(0)	X							
Taskekrabbe	1(1)	X	X			X	X	X	

¹⁾ Kun utvalgte stasjoner analysert.

bly hadde en ikke klare overkonsentrasjoner på noen av de undersøkte stasjoner. Overkonsentrasjonen i blæretang var størst for titan, jern og kobber (Fig.2).

Overflatevannet fra Iddefjorden synes ikke å forårsake den samme metallbelastningen som Glommavann (fig. 5), idet konsentrasjonen ved Sponvika og Singlöya generelt sett var lavere enn nærmere Glommans munning.

	Zn	Fe	Hg	Cr	Pb	Cu	Ni	Cd	Ti
Kjökö	■	■				■	■	■	■
Papper	■	■				■			
N-Asmaløy		■				■	■		■
Sponvika		■							
Singløya									
Løperen	■	■				■	■		■
Dynekilens munning									
Herføl									
Tisler									
N-Koster									
Missingen									
Tjærnö	■								
Rössö									
"Bakgrunns- nivå"	200	300	0,05	2	3	10	10	1.5	5
XB	1,5	3,4	-	-	-	3,3	1,4	1,1	8,3

Fig.5.

Stasjoner med metallinnhold i blæretang over et antatt høyt bakgrunnsnivå i diffust belastede områder. Som bakgrunnsnivå er benyttet data fra Knutzen og Skei, 1990.

XB=konsentrasjon/bakgrunnskonsentrasjon for den mest belastede lokaliteten. Enheter= $\mu\text{g/g}$ t.v..

Sammenlignet med undersøkelsene i 1980/81 tyder blåskjelldataene fra 1989 på en svak nedgang i belastningen på utsiden av Hvaler (Herføl-området). Det samme var delvis tilfelle for Glommas hovedløp innenfor Hvaler, unntatt for jern.

Fra mai 1990 ble utslippet fra Kronos Titan redusert med ca. 90%. Resultatet av denne utslippsreduksjonen fanges derfor ikke opp av denne undersøkelsen.

Metallinnholdet i ål, torsk, krabbe og sjøkreps: Med unntak for ål er dette organismer som i større grad enn blæretang og blåskjell finnes i dypere områder. Sjøkreps lever dypest, mens både krabbe og torsk kan ha noe varierende dybdeutbredelse og kan også oppholde seg nær overflaten avhengig av saltholdighet og temperatur. Ål derimot holder seg i våre kystområder hele året, hovedsakelig på grunt vann og er også vinterstid knyttet til grunnområder der de overvintre i sedimentet.

Metallinnholdet i fisk reflekterte ikke på samme måte som analysene av blæretang og blåskjell en metallpåvirkning langs Glommas hovedløp. Generelt sett ble de laveste konsentrasjonene funnet i den sydlige delen av området (Tjärnö, Rässö).

Konsentrasjoner av bly over bakgrunnsnivå i torskefilet (0.05 µg/g t.v.), torskelever (0.2 µg/g t.v.) ble observert i hele undersøkelsesområdet uten at det var mulig å spore noen klare geografiske gradienter. En tilsvarende overkonsentrasjon ble registrert i torskelever i forbindelse med forundersøkelsen i 1988. En bør imidlertid være noe tilbakeholden når det gjelder utsagnskraften ved analyser av vev der bakgrunnsnivået er så lavt som i fiskefilet (0.05 µg/g t.v.) fordi opparbeiding av prøvene lett medfører forurensning over bakgrunnsnivå. Spredningen av bly antas hovedsakelig å være en funksjon av luftbåren transport.

Kvikksølv lå under bakgrunnsnivå i torskefilet (0.5 µg/g t.v.) på alle stasjoner. I lever fant en noe høyere konsentrasjoner av kvikksølv i torsk fra Sponvika enn på de øvrige stasjonene (Fig. 6). De høyeste kvikksølvkonsentrasjonene fantes hos ål i området umiddelbart utenfor Hvaler. I dette området ble også de høyeste kvikksølvkonsentrasjoner i sediment funnet (se fig. 3). For ål er bakgrunnskonsentrasjoner av metaller lite kartlagt. De laveste kvikksølvkonsentrasjo-

nene ble funnet i den sørlige del av undersøkelsesområdet på svensk side av riksgrensen. På alle stasjoner lå kadmiumkonsentrasjonen i torsk (filet og lever) og sannsynligvis også i ål (bakgrunnsnivå er ikke tilstrekkelig kjent) under bakgrunnsnivå for diffust belastede områder.

Kobber er et metall som blant annet brukes som begroingshindrende middel på båter. Konsentrasjonen av kobber var ca 20-35% over bakgrunnsnivå (20 µg/g t.v.) i lever fra Hankø og Herføl, men lå ellers relativt lavt i hele undersøkelsesområdet.

Ingen av de konsentrasjonsnivåene for kvikksølv, bly og kadmium som er funnet i torskelever og torskefilet og ålefilet i Hvaler/Koster-området overskrider foreslåtte grenseverdier for spiselige akvatiske organismer.

Metaller i taskekrabbe: Konsentrasjonen av metaller i krabbe fra Iddefjordens munning lå 1-5 ganger høyere enn i et antatt upåvirket område på den norske Sørlandskysten og antyder en metallpåvirkning. Forbehold må imidlertid tas da bakgrunnskonsentrasjonen av metaller i krabbe er dårlig kjent. Konsentrasjonen av kadmium var høyt (5.6 µg/g v.v.). Kadmiuminnholdet i krabbe bør derfor utifra et næringsmiddelhygienisk synspunkt vurderes av helsemyndighetene. En slik vurdering bør imidlertid bygge på analyser fra flere stasjoner i området.

Metaller i sjøkreps: Innholdet av metaller (Hg, Fe, Ti, Cr, Zn, Cu, Ni, Pb og Cd) i muskelvev fra halen (abdomen) var med unntak av for kadmium (Cd) meget likt på de to stasjonene. Bakgrunnskonsentrasjoner av metaller i sjøkreps er ikke etablert. På begge stasjoner er imidlertid konsentrasjonen av Hg, Fe, Cr under øvre grense for bakgrunnskonsentrasjonen i torskefilet, mens konsentrasjonen av Zn, Cu og Pb ligger over denne grense. For Cd ligger konsentrasjonen på Ankerhausen over bakgrunnskonsentrasjonen i torskefilet. Metallkonsentrasjonen i sjøkreps ligger imidlertid på samme nivå eller lavere (Fe, Zn, Cd) enn i krabbesmør fra den norske Sørlandskyst.

Polyklorerte bifenyler (ΣPCB₇) og andre klororganiske forbindelser i blåskjell: Den høyeste konsentrasjonen av PCB i blåskjell ble funnet

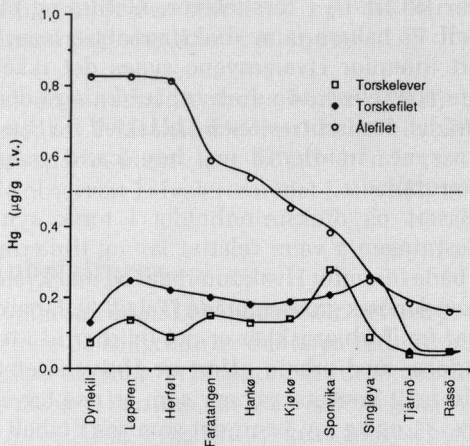


Fig. 6. Kvikksølvkonsentrasjonen i ål og torsk i undersøkelsesområdet. Horisontal linje angir antatt øvre grense for bakgrunnsnivå i torskefilet i diffust belastet område (omregnet fra Knutzen og Skei, 1990).

ved Papper (31 µg/g v.v.). Med unntak av denne stasjonen synes imidlertid konsentrasjonene å være nær bakgrunnsverdier for diffust belastede områder. Høyeste konsentrasjon utenfor Hvalerøyene ble funnet på N-Koster (1.5 µg/kg v.v.) og den laveste ved Rässö (0.13 µg/kg v.v.). Konsentrasjonen av PCB i blåskjell fra den østre delen av Hvalerøyene (Singløya, Sponvika) hadde lavere verdier enn i den vestre delen (N-Asmaløy, Papper). Blant de stasjonene som ligger klart utenfor området som omkranses av de innerste av Hvalerøyene (dvs. Missingen, Tisler, Dynekilens munning, N-Koster, Tjærnø og Rässø) er det ikke mulig å identifisere klare geografiske gradienter. Det synes ikke som om konsentrasjonene av PCB i blåskjell innenfor Hvalerøyene har endret seg vesentlig siden 1981. For området utenfor Hvalerøyene har en for lite erfaringsmateriale til å si noe om eventuelle tidstrender.

Høyeste konsentrasjon av heksaklorbenzen (HCB) i svensk/norsk grensefarvann ble funnet på N-Koster (0.22 µg/kg v.v.), mens konsentrasjonen i blåskjell fra Løperen og Rässö lå under deteksjonsgrensen (0.01 µg/kg v.v.). Konsentrasjonen av HCB i blåskjell ligger på alle stasjoner nær eller under det en antar er et høyt normal-

nivå i diffust belastede områder. Meget lave konsentrasjoner (< 0.01 µg/kg) ble funnet både nord i undersøkelsesområdet (Løperen) og i syd (Rässö), mens de høyeste konsentrasjonene ble funnet nær riksgrensen på stasjonene N-Koster og Tisler. Klare geografiske gradienter i innholdet av HCB i blåskjell ble ikke påvist i svensk/norsk grensefarvann utenfor Hvalerøyene.

Ingen av de undersøkte stasjoner hadde et Σ«DDT» nivå klart over bakgrunnsnivå i diffust belastede områder (dvs. 3 µg/kg v.v.). Den høyeste konsentrasjonen ble funnet ved Singløya (1 µg/kg v.v.) og den laveste i området utenfor Løperen (< 0.02 µg/kg v.v.). Også for biocidet lindan fant en lave konsentrasjoner i blåskjell i hele undersøkelsesområdet.

Polyklørerte bifenyler (PCB) og andre klororganiske forbindelser i fisk, sjøkreps og krabbe:

Konsentrasjonen av ΣPCB₇ i torskelever og ålefilet var høyest nær munningen av Glomma (Fig.7), mens den utenfor Hvalerøyene lå klart lavere. Klare geografiske PCB gradienter ble ikke påvist i området utenfor Hvalerøyene. Konsentrasjonen av PCB i torsk nær Glommas munning var i underkant av det som er funnet i den sydlige del av Nordsjøen, mens området utenfor Hvalerområdet hadde tilnærmet samme belastningsgrad som sentrale og nordlige deler av Nordsjøen.

Konsentrasjonen av PCB i torskelever lå på alle stasjoner på eller over en antatt øvre grense for bakgrunnskonsentrasjonen i diffust belastede områder uten klare punktkilder. Tilsvarende bakgrunnskonsentrasjoner er ikke etablert for ål. Det var en lineær sammenheng mellom konsentrasjonen i torskelever og ålefilet for alle de ulike PCB-forbindelser. Dette gjenspeiler at miljøpåvirkningen av PCB er såpass sterk i området at forskjeller i de to artenes biologi (næring, habitat, vandringsmønster) ikke er tilstrekkelig til å viske ut sammenhengen mellom belastning og konsentrasjon i de to fiskearter på samme stasjon.

Konsentrasjonen av PCB i torskelever lå tildels på et nivå som bør vurderes nærmere av næringsmiddelmyndighetene.

Konsentrasjonen av HCB i ålefilet og torskelever var høyest ved Faretangen og Kjølke. Høyeste konsentrasjon i torskelever ble observert ved Kjølke (0.09 µg/g v.v.). Belastningsnivå-

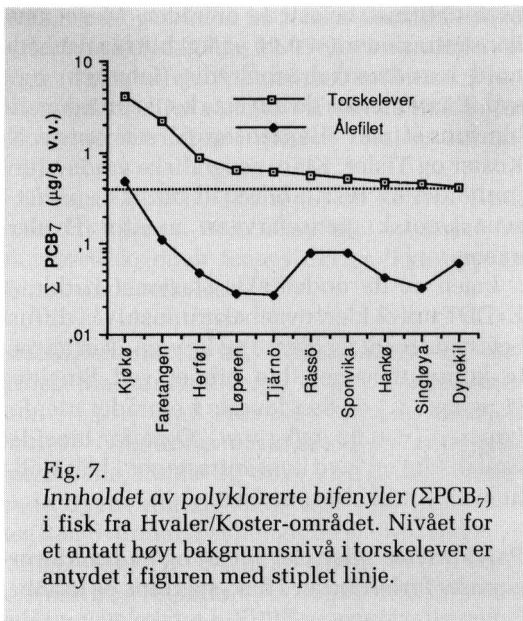


Fig. 7. Innholdet av polyklorerte bifenyler (ΣPCB_7) i fisk fra Hvaler/Koster-området. Nivået for et antatt høyt bakgrunnsnivå i torskelever er antydnet i figuren med stiplet linje.

et på disse stasjonene kan karakteriseres som moderat (Faretangen) til markert (Kjøkekø) (antatt bakgrunnskonsentrasjon i torskelever = $0.02 \mu\text{g/g v.v.}$) På de øvrige stasjoner var konsentrasjonene lavere (mindre enn $0.02 \mu\text{g/g v.v.}$) i begge vevstyper. Det ble funnet høyere konsentrasjoner i torskelever enn i ålefilet.

Analyser av PCB og andre klororganiske komponenter i sjøkreps tyder på at dypere områder utenfor Hvalerøyene er lite påvirket av slike forbindelser. Tilsvarende fant en at krabber fra ytre del av Iddefjorden også var lite påvirket av klororganiske forbindelser.

Polyklorerte dibenzofuraner og dibenzodioxiner (PCDF/D) i torskelever, ålefilet og blåskjell: På bakgrunn av dioksinanalyser som er gjort innenfor Hvalerøyene synes det ikke å være noen vesentlig dioksinpåvirkning i dette området. Konsentrasjonen i blåskjell fra Sponvika synes imidlertid noe høy (ca. 3 ganger bakgrunn).

Basert på dioksininnholdet i torsk synes belastningen å være relativt lav og tilnærmet lik både innenfor Hvalerområdet og nær kysten i svensk/norsk grenseområde (Tabell 2). I torskelever fra Torbjørnskjær er det imidlertid i forbindelse med arbeid utført av Universitetet i Oslo målt konsentrasjoner som er noe høyere (dvs. $31 \mu\text{g/kg v.v.}$) enn det som ses i tabell 2. Dette kan skyldes en mer storskala dioksinpåvirkning transportert via strømsystemet i Skagerrak.

Klordan og toksafen i fisk og blåskjell: Det var ikke mulig å påvise noe tydelig toksafenmønster (GC-analyse) i noen av prøvene. Resultatene må oppfattes som maksimalverdier. Toksafenmengden i torskelever fra Løperen og Rässö var mindre enn henholdsvis 170 og 330 pg/g v.v. og i ål fra Rässö mindre enn 29 pg/g v.v. , mens konsentrasjonen av toksafen i blåskjell var mindre enn 45 pg/g v.v.

I torskelever fra Løperen og Rässö ble det totalt funnet mindre enn $4\text{-}5 \text{ pg/g total}$ (gamma + alfa) klordan. I blåskjell ble det ikke påvist klordan.

Konsentrasjonen av toksafen i fisk i Hvalerområdet og i svensk/norsk grensefarvann er av samme størrelse eller mindre enn det en tidli-

Tabell 2

Polyklorerte dibenzofuraner og dibenzo-p-dioksiner (ng/kg v.v.) i torskelever, ålefilet, blåskjell og krabbesmør. Konsentrasjonene er beregnet som summen av 2,3,7,8-TCDD ekvivalenter, nordisk standard.

	Hankø	Kjøkekø	Utenfor Løperen	Rässö	Sponvika	N-Asmaløy
Ålefilet	0.96	1.21	0.16	0.55	0.82	
Torskelever		8.15	7.3	7.7	12.25	
Blåskjell			0.23	5.6 ¹	0.9	0.57
Krabbesmør					19.6	

¹ Usikker verdi pga. lav gjennvinning.

gere har funnet på den svenske vestkyst. Sammenligningen er imidlertid noe usikker, idet samme fiskeslag ikke er analysert.

Polyaromatiske hydrokarboner (PAH): Innholdet av PAH i blåskjell var i hele undersøkelsesområdet meget lavt. Et tilsvarende resultat ble observert i Hvalerområdet i 1980/81.

Anbefalinger

Hvalerområdet: Det anbefales at helsemyndighetene på bakgrunn av det høye kadmiuminnholdet i krabbe fra Iddefjorden vurderer bruken av disse til konsum. En slik vurdering må imidlertid i tillegg bygge på et større analysemateriale enn det som foreligger i denne undersøkelse. Det høye innholdet av PCB i torskelever fra området ved munning av Glomma's østre og vestre løp bør også vurderes av næringsmiddeltilsynet. Kilden til den vedvarende PCB-påvirkningen i området er ikke kjent. En har imidlertid tidligere hatt mistanke til at fyllingen ved Øra kan være en betydelig kilde. En nærmere kartlegging med tanke på å avdekke PCB kilden i området bør gjennomføres. Det forhold at en har overkonsentrasjoner både ved Glomma's østre og vestre løp kan antyde at en har en kilde lenger opp i Glomma.

Svensk/norsk grensefarvann: I 1994 skal det i regi av det norske Statlig program for forurensningsovervåkning foretas en oppfølging av de miljøgiftundersøkelsene som ble foretatt i 1989 innenfor Hvalerøyene (se tabell 1). I forbindelse med denne undersøkelse foreslås det at det også gjennomføres tilsvarende undersøkelse i svensk/norsk grensefarvann, men i noe redusert omfang i forhold til det som ble utført i 1989. En separat undersøkelse bør gjennomføres for å klarlegge om en har noen storskala spredning av dioksin i Skagerrak.

2.7 Reproduktion, yngel- överlevnad och metaller hos tånglake

Tånglaken (ålekvaabben) har flera fördelar som biologisk indikator på föroreningar i den marina miljön. Den är, till skillnad från nästan

alla andra marina fiskarter, stationär under hela livet. Vidare föder tånglaken levande ungar. I nordiska vatten sker leken under augusti. Antalet ägg varierar mellan 30 och 400 beroende på moderns storlek. Äggen kläcks i september och ynglen stannar i modern till januari – mars då de blir frilevande. Tånglaken är bottenlevande även som yngel och föredrar klippiga stränder med algbälten. Arten tillåter således undersökningar av de för gifter känsligaste processerna – reproduktion och yngelöverlevnad – hos enskilda individer som fått hela sin giftexponering i fångstområdet.

Metoder – utförande

Som ett led i undersökningarna av föroreningsbelastningen i de norsk-svenska gränsvattnet fångades tånglake för yngelkontroll och analys av metaller.

Fisk insamlades med ålryssjor i fem områden i november 1989. Honor frystes för senare kontroll av ynglen. Förekomsten av ofullgångna och små yngel i honor fångade i gränsvattnen har jämförts med motsvarande värden från ett referensområde i Fjällbacke i norra Bohuslän samt från två dokumenterat påverkade områden: Svinesund utanför Halden samt Stenungsund i södra Bohuslän. Svinesund påverkas av en massafabrik och Stenungsund av petrokemisk industri. I både dessa områden gjordes insamlingarna 1988. Tånglake från gränsvattnen, Fjällbacka och Öresund har analyserats med avseende på kvicksilver i muskel. Materialet från gränsvattnen har också analyserats på metaller i lever.

Resultat och slutsatser

Reproduktion och yngelöverlevnad

Tre distinkta storleksgrupper av yngel kan urskiljas vid kontrollen av honorna: «normala», «små» och «ofullgångna». Den första kategorien utgör det stora flertalet och består enligt tidigare studier av levande yngel. De är 40 – 50 mm långa. De ofullgångna utgörs av yngel som dör strax efter kläckningen och är mindre än 15 mm långa. Bland de små finns både döda yngel och sådana med hämmad tillväxt; dessa två kategorier kan inte skiljas i fryst material. Deras längd är 20 – 30 mm. Andelen ofullgångna

Yngel var liten i samtliga provfiskeområden. Andelen små yngel, som i tidigare undersökningar visat sig svara betydligt bättre på miljöstörningar, varierade däremot avsevärt. Vid Stenungsund uppgick den till 25% och vid Svinesund till 6% medan övriga lokaler låg under 2%, se tabell 3.

Också andelen honor med små yngel visade stora skillnader mellan lokaler. Provfiskelokalerna i gränsområdet samt vid Stenungsund har jämförts med referensområdet vid Fjällbacka. Härvid har lokaler med färre antal än 20 insamlade honor utelämnats. Statistisk analys visade att endast Stenungsund och Svinesund avvek signifikant från Fjällbacka, tabell 3.

Tabell 3

Andelarna av ofullgångna yngel, små yngel och honor med små yngel i procent av totala antalet i materialet.

Station	Antall honor	%		
		Ofullgångna	Honor med små	
Asmalöy	10	0	1.2	70
Herföhl	21	3.2	0.7	33
Dynekilens mynning	33	2.1	0.8	36
Tjörro	26	1.9	0.7	27
Rässö	16	1.3	1.8	6
Fjällbacka	95	1.9	0.7	25
Svinesund	25	3.1	5.9	72
Stenungsund	60	1.7	25	65

Tidigare undersökningar i kustvatten med höga halter av kvicksilver anger ett positivt samband mellan fiskens längd och kvicksilverhalten i muskulaturen. I relativt opåverkade vatten tycks detta samband inte föreligga. I Tabell 4 presenteras kvicksilver i tånglake från

Tabell 4

Kvicksilver i muskel av tånglake (ålekvabbe) från fyra stationer från Öresund till norra Skagerrak. Värden i µg/kg våtvikt.

Område	Antall	Medelvärde ± 1 Sd
Öresund	11	81 ± 6
Fjällbacka	10	42 ± 16
Dynekilens mynning	25	126 ± 33
Kirköy	25	54 ± 19

Öresund, Fjällbacke samt från två stationer i gränsvattnen: söder Kirköy och i Dynekilens mynning. De lägsta halterna återfanns i referensområdena vid Fjällbacka. De högsta halterna visade fisk fångad i Dynekilens mynning.

I likhet med kvicksilver är halterna av andra metaller i lever högre söder om Singlefjord jämfört med Kirköy. Undantag utgör bly vilket kan förklaras med att denna metall huvudsakligen tillförs genom atmosfärisk deposition.

Slutsatser

Dom fem lokaler som undersökts i de yttre delarna av de norsk-svenska gränsvattnen visade inga avvikelser från referensområdet Fjällbacka vad gäller tillväxt och överlevnad hos tånglakens yngel. Situationen var klart bättre än i två bohusländska industrirecipienter. Andelen honor med yngel med långsam tillväxt var visserligen mycket hög vid Asmalöy, men de få honorna i fångsten medger ej någon säker slutsats.

Kvicksilverhalterna i muskel hos tånglake fångad i Dynekilens mynning var 3 gånger högre än i referensområdet vid Fjällbacka. Även koppar, zink och kadmium i levern var högre vid Dynekilens mynning än vid Kirköy. De högre halterna kan bero på en påverkan från Singlefjord.

3. Videreføring av overvåkingsundersøkelser i svensk-norsk grensefarvann

De gjennomførte overvåkingsundersøkelsene i grensefarvannet mellom Norge og Sverige i perioden 1988 – 90 skulle etablere en kunnskapsbasis for et bredt spekter av parametre relevante for forurensningssituasjonen i området. Resultatene fra denne undersøkelsen skulle danne basis for videre rutineovervåking i grensefarvannet mellom de to land.

På norsk side ble det i den samme perioden startet et nasjonalt overvåkingsprogram i Hvaler- og Singlefjorden for blant annet å supplere grensefarvannsundersøkelsene. Dette prosjektet fortsetter til og med 1994. Norge startet også i 1989 et kystovervåkingsprogram som også inneholder stasjoner i Ytre Oslofjord-området. Dette programmet vil fortsette i overskuelig tid. I perioden 1988 – 89 ble det også i SFTs regi gjennomført undersøkelser med sikte på å vurdere eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord.

Samarbeidsprosjektet i grensefarvannet har fungert rimelig bra. Regelmessige kontaktmøter mellom de deltagende parter innen forskning og forvaltning fra begge land har vist seg å være viktige.

Den norsk-svenske arbeidsgruppen for grenseprogrammet tilrår at hydrografidelen av programmet fortsetter i nær fremtid i en fase 2. Resultatene fra hydrografidelens fase 2 skal sammen med en vurdering av de andre delrapportene i prosjektet blant annet danne grunnlaget for stasjonsplassering ved videre oppfølging av: transportmålinger, kjemisk måleprogram og biologisk måleprogram.

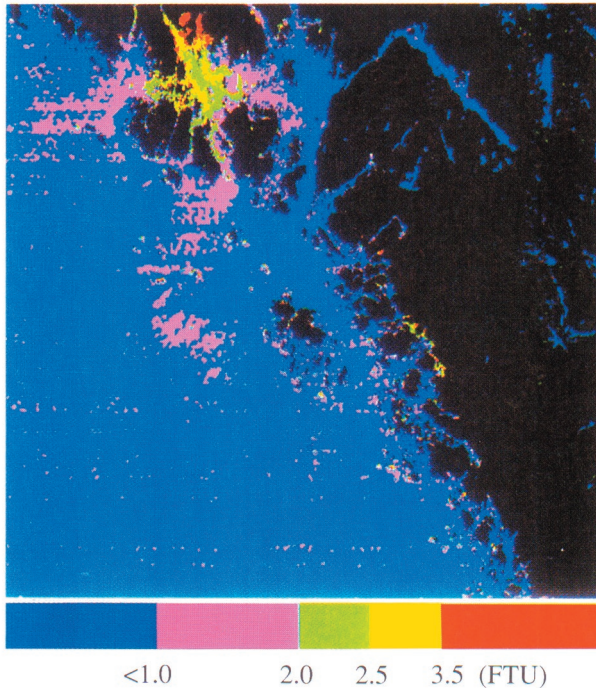
Statens Naturvårdsverk og Statens forurensningstilsyn anbefaler at en arbeidsgruppe vurderer de tilrådsninger om oppfølginger som kommer frem i de enkelte delrapportene, for så å lage en prioritert liste over overvåkingsoppgaver som bør igangsettes i det svensk-norske grensefarvann i løpet av den neste 5-årsperioden.

De konkrete elementene i et oppfølgingsprogram er beskrevet innen de forskjellige delundersøkelsene og er i hovedtrekk som følger:

- optimalt overvåkingsprogram for strømforholdene og forurensningstransporten i Skaggerrak, Kattegat og ytre Oslofjord med hovedvekt på det norsk-svenske grensefarvannet. Oppstart i 1992.
- kjemisk undersøkelsesprogram på utvalgte stasjoner med den prøvetakingsfrekvens som tidligere er anvendt. Oppstart i 1993/94.
- nivåer av miljøgifter i organismer og sediment på utvalgte stasjoner hvert femte år, neste gang i 1994.
- bløtbunnsfaunaundersøkelser, effekter på samfunnsnivå, på utvalgte stasjoner hvert femte år, neste gang i 1994.

Under oppfølgingen av grensefarvannovervåkingen må det påses at programmet harmoniseres/integreres med de pågående nasjonale program på begge sider av grensen. Programmet(ene) må også koordineres/harmoniseres med programmene innen Oslo- og Pariskommisjonen, JMG og MMP, samt de program som etterhvert settes igang i regi av Nordisk Ministerråd, Fellesnordisk Havovervåkingsprogram og Nordisk program for integrert økologisk miljøovervåking i kystsonen.





Satellittbilde over Ytre Oslofjord og nordlige Skagerrak den 31. august 1987. Data fra "Thematic Mapper"-sensoren i jordressurs-satellitten Landsat-5. Bildet viser partikkelspredning som turbiditet (FTU) fra Glomma sydover mot Koster. Bildebehandling ved Norsk institutt for vannforskning og Norsk regnesentral.