

Chrysochromulina polylepis

DE-2702

– en katastrofe?



Statlig program for
forurensningsovervåking

Overvåkingsrapport 475/91.
TA-nr. 810/1991.

*C*hrysochromulina
polylepis
– en katastrofe?

Are Pedersen
Mats Walday
Eivind Oug

Design: Petter Wang, NIVA
Foto: Forside, side 10 og 26, Are Pedersen, NIVA
Side 20, Mats Walday, NIVA
Sats: NIVA
Trykk: Reclamo, 1992

Forord

I de senere år har det vært flere oppblomstringer av giftige planktonalger i norske farvann, men ingen har vært like omfattende og dramatiske som oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak våren 1988. Alle rapportene og meldingene om store skader på livet i havet fikk en rekke institusjoner til straks å engasjere seg i undersøkelser som dekket alt fra algens biologi til skadevirkninger på fisk og bunn-dyr. Denne rapporten sammenfatter det arbeid som Norsk institutt for vannforskning - NIVA har utført for å kartlegge skadeomfanget på naturlige organisme-

samfunn og beskriver gjenoppbyggingen i tiden etterpå. Rapporten er skrevet på oppdrag av Statens forurensningstilsyn og baserer seg i hovedsak på resultater fra de undersøkelsene NIVA utførte i juni 1988, november 1988, juni 1989, juni 1990 og juni 1991. Aktuelle rapporter fra andre institusjoner som beskrev effekter på hardbunn og bløtbunn er også inkludert. Den videre gjenoppbygging av de rammede samfunnene langs kysten av Sør-Norge vil bli fulgt opp av det nye kystovervåkingsprogrammet som SFT sammen med NIVA og Havforskningsinstituttet (HF) startet i 1990.

Innhold

Sammendrag - 5

Innledning - 6

Bakgrunn - 6

Hendelsesforløp - 6

Hardbunnsområder - 11

Mål for undersøkelsene - 11

Prøvetaking - 11

Hardbunnsområder som
økosystem - 13

Litt om biologien til noen av
de mest påvirkede dyr - 15

Resultater - 16

Bløtbunnsområder - 21

Mål for undersøkelsen - 21

Prøvetaking - 21

Bløtbunnsområder som
økosystem - 22

Resultater - 24

Diskusjon - 27

Litteratur - 29

Sammendrag

Masseforekomster av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* ble først oppdaget ved den svenske vestkysten. Den spredte seg raskt med kyststrømmen langs Sør-Norge og vestover til Bømlo på Vestlandet hvor oppblomstringen døde hen. Algene skilte ut en gift som påvirket både alger og dyr. Skadevirkningene i kjølvannet av *C. polylepis*-oppblomstringen var alvorlige. Ettårige alger, muslinger, snegler, pigghuder og sjøpunger ble påført store skader, fra overflaten og ned til ca. 20m dyp. Skadene var størst i de ytre kyststrøk på strekningen Langesund til Mandal og ved Lista/Flekkefjord. Det er aldri

tidligere blitt observert så omfattende skader fra en algeoppblomstring noe sted i verden. Ord som "Økologisk katastrofe", "Giftalgen" og "Mördaralgen" forekom ofte i media. Giftvirkningene av *C. polylepis* ga også endringer i samspillet mellom arter. Etter oppblomstringen kunne man i enkelte områder spore endel langtidsvirkninger i form av unormale forekomster. De oppfølgende undersøkelser i 1989, 1990 og 1991 har imidlertid vist at med noen få unntak har de fleste rammede artene hatt en god gjenvekst. En kan derfor si at følgene av oppblomstringen ikke ble "katastrofale" selv om de var omfattende.

Innledning

BAKGRUNN

Chrysochromulina polylepsis var inntil 1988 en lite kjent art som det tidligere ikke var registrert større oppblomstringer av. Oppblomstringen i 1988, og de alvorlige følgene denne hadde på plante- og dyreliv i sjøen, kom derfor helt uventet. En rekke institusjoner startet straks undersøkelser for å prøve å få oversikt over skadeomfanget. Samtidig har det vært foretatt omfattende forskning på algens biologi og dens gift, og et stort arbeid er utført for å forstå grunnlaget for oppblomstringen.

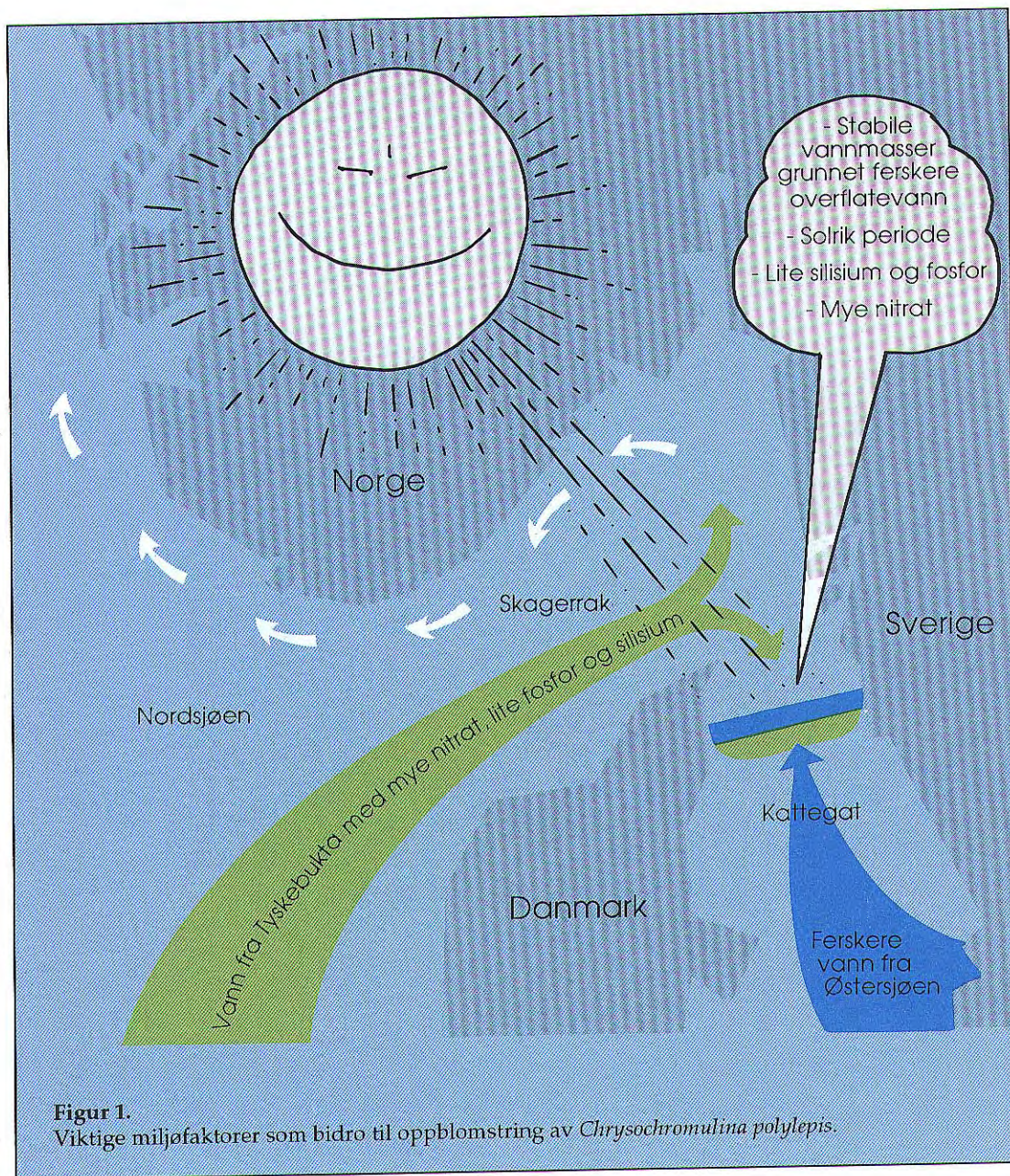
Denne rapporten omhandler skadevirkningene på organismsamfunn langs kysten. Det er lagt vekt på å forklare hvordan undersøkelsene er gjennomført og å beskrive gjenoppbyggingen i området som fikk påført skader. Rapporten bygger i hovedsak på resultater fra NIVAs undersøkelser i perioden 1988 til 1991, diskutert i en felles sammenheng, men det vil naturlig nok også bli referert til andre aktuelle undersøkelser. Rapporten omhandler virkninger på fastsittende alger og dyr fra fjæra og ned til 30 m dyp, samt på dyr som lever på sand- og mudderbunner på større dyp.

Det skal i årene framover bli tatt prøver i en del av de undersøkte lokalitetene innenfor rammene av **Kystovervåkingsprogrammet** som kom i gang i 1990. Programmet omfatter både hardbunn, bløtbunn og vannmasser på strekningen fra Hvaler til Sognefjorden. Dette gir anledning til å følge langtidsutviklingen etter algeoppblomstringen.

HENDELSESFORLØP

I begynnelsen av mai 1988 ble det rapportert om massedød av ulike marine organismer langs den svenske vestkysten. De første skadevirkningene i oppdrettsanlegg ble observert den 9. mai i et anlegg i Gullmaren på den svenske vestkysten. Kort tid etter ble det også observert døde organismer i norske farvann (Telemark og Aust-Agder). Etter en uked tid ble det fastslått at masseoppblomstring av planktonalgen *Chrysochromulina polylepsis* var årsak til skadene (Lindahl 1988). Denne algen har tidligere ikke vært registrert i slike høye konsentrasjoner over et stort område og det har heller aldri tidligere vært observert at den kunne være dødelig overfor fisk.

Årsaken til oppblomstringen er ikke helt klarlagt, men det synes som om den ble utløst av spesielle hydrografiske, hydrokjemiske og meteorologiske forhold i Skagerrak og Kattegat våren 1988. Hovedtrekkene er skissert i Figur 1. Våren 1988 ble vannmassene i Skagerrak/Kattegat tilført vann fra Tyskebukta som hadde høye konsentrasjoner av nitrat, men lite fosfor og silisium. Samtidig var det stor utstrømming av vann fra Østersjøen med nedsatt saltholdighet som førte til en sterk stabilisering av vannmassene. At vannmassene er stabile vil si at de øvre vannsjiktene er lettere enn de underliggende og at det derfor ikke vil foregå noen vertikal vannblanding. Planktonalgene er avhengige av lys og må derfor tilbringe sitt liv i det øverste vannlag. Dersom de blir transportert ned i dypere



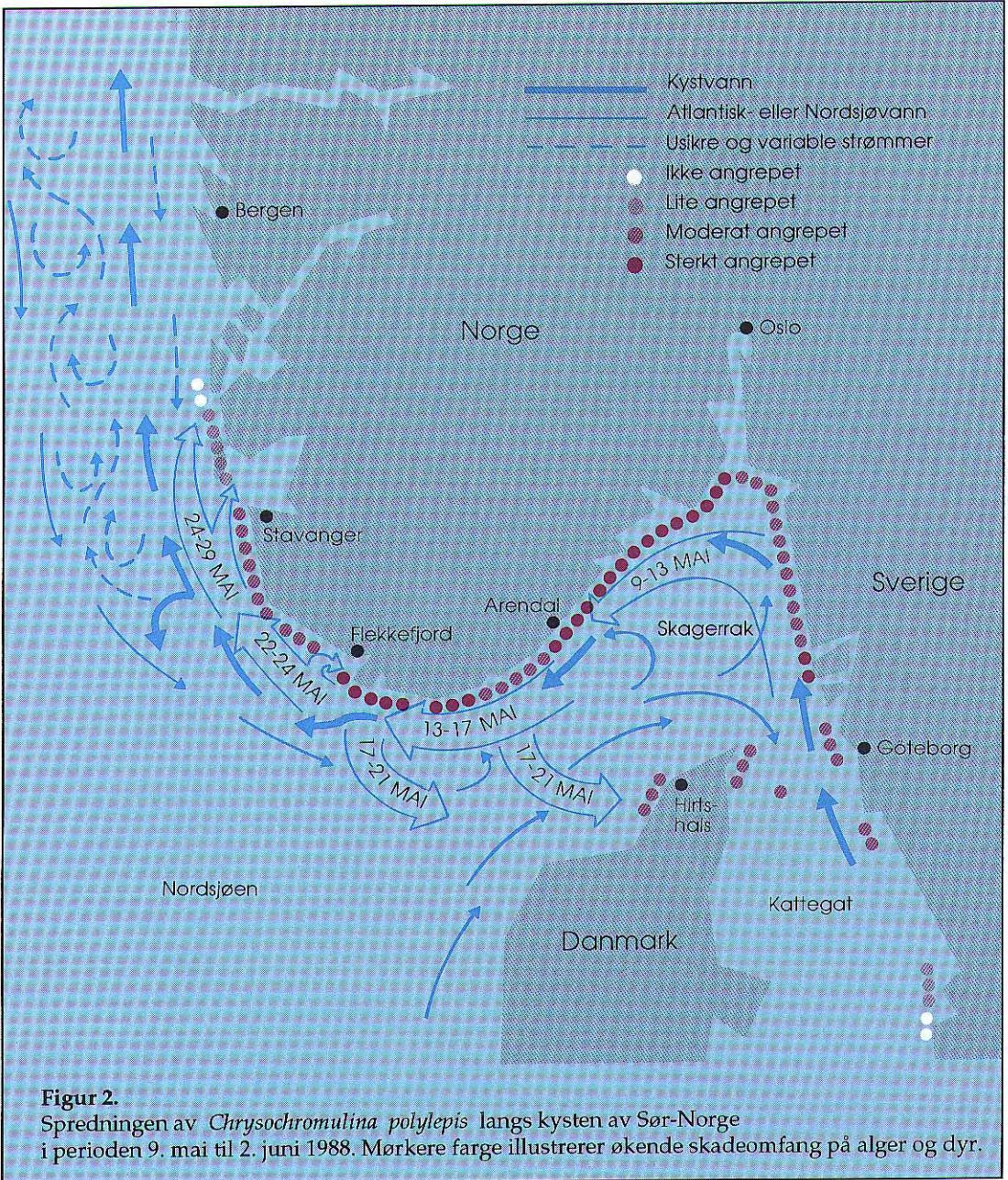
og mørkere vannlag, kan de ikke vokse og formere seg. I mai måned, mens vannmassene var svært stabile, var det en meget solrik periode slik at planktonalgene fikk mye lys og kunne formere seg raskt. Det

kan også ha hatt betydning at det i tiden før *Chrysochromulina* var oppblomstringer av "normale" planktonalger (kiselalger) som krever silisium i tillegg til de ordinære næringssaltene. Dette medførte at vannet i

Kattegat og Skagerrak i mai 1988 inneholdt svært lite silisium. Trolig forhindret det lave silisiuminnholdet oppblomstringer av de vanlig forekommende kiselalgene som

sannsynligvis ellers ville ha funnet sted.

Det kan ha vært en tilfeldighet at det akkurat var *C. polylepis* som dro nytte av de spesielle vekstvilkårene. Men da oppblom-



stringen først var i gang, forløp den hurtig. Den raske veksten førte til et underskudd på fosfor i vannmassene. Mangel på fosfor samt algenes møte med saltere vannmasser lengre opp i Skagerrak, stresset algene. I denne situasjonen produserte algene en gift som lignet toksinet til en beslektet art, *Prymnesium parvum*. Giften påvirker viktige cellefunksjoner og fører til forstyrrelser i saltbalansen hos påvirkede organismer (Leivestad & Serigstad 1988). Dette forklarer også hvorfor giften var skadelig for så mange forskjellige organismer med ulikt levesett.

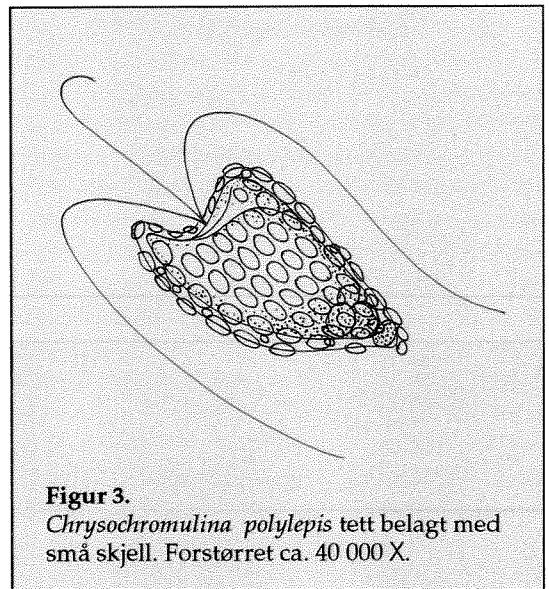
Figur 2 viser hvilke havstrømmer som sterke virker på våre kystfarvann og dermed resulterte i spedningen av *C. polylepis* langs vår sørlige kyst. Algene ble transportert hurtig av kyststrømmen. Over en periode på knappe to uker forflyttet algefronten seg fra det indre av Skagerrak til Rogaland (Fig. 2). Død villfisk ble første gang registrert på Sørlandet den 16. mai (Dahl 1988). Snart kom det mange og dramatiske meldinger om dødelighet både av fisk, fastsittende alger og forskjellige bunndyr. Hendelsesforløpet fikk stor oppmerksomhet i aviser, radio og fjernsyn. I avisene kunne man lese om "dødt hav" ned til ca. 12m dyp, og "økokatastrofe" var et ord som jevnlig ble brukt.

Algeoppblomstringen avtok rundt den 2. juni ved Bømlotraktene på Vestlandet. Den 9. juni var algemengdene nede på et normalt nivå igjen. Under oppblomstringen var cellekonsentrasjoner på 5-20 millioner celler per liter sjøvann vanlige, men det ble også ved en anledning registrert helt opp i 80 millioner celler per liter sjøvann utenfor Danmark (Barth & Nielsen 1989). Streknin-gen Hvaler - Bømlo ble påvirket i forskjellig grad. Det syntes som skadene var størst på strekningene fra Langesund til Lillesand og fra Mandal til Egersund (Fig. 2). Imidlertid så det ut til at områder som er ferskvannspåvirket ikke ble rammet av algene.

Beskrivelse av algen

Chrysochromulina polylepis tilhører klassen Prymnesiophyceae og er en liten, såkalt nakenflagellat (Fig. 3). Algen består av en celle med to lange flageller som brukes som "svømme-tråder" og en kortere flagell som benyttes som "festetråd". Den er tett besatt med små skjell. Algen er så liten at den kun kan bestemmes under elektronmikroskop. *C. polylepis* er sjelden blitt registrert i de rutinemessige planktonundersøkelsene, antagelig fordi den er så liten (en tusendels mm) og er vanskelig å bevare i prøver slik at den kan gjenkjennes. Algen er etter alt å dømme en vanlig art i våre farvann (Dahl 1988).

C. polylepis er tidligere testet for giftighet på fisk, men med negativt resultat (Manton og Parke 1962). Forsøk ved Universitetet i Oslo har vist at algen produserer gift under spesielle betingelser og at næringstilgangen er en viktig faktor i den sammenhengen (Edwardsen et al. 1990). Den beslektete algen *Prymnesium parvum* er også kjent for å kunne forårsake fiskedød.



Figur 3.
Chrysochromulina polylepis tett belagt med små skjell. Forstørret ca. 40 000 X.



Hardbunnsområder

Skadevirkningene på fastsittende alger og dyr ned til ca.30m er undersøkt på en rekke lokaliteter langs kysten. Skadene var størst på strekningen fra Langesund til Mandal og ved Lista/Flekkefjord hvor ulike organismer som ettårige alger, muslinger, snegler, pigghuder og sjøpunger ble rammet. Effektene var størst i de ytre kyststrøk. Allerede året etter fant en igjen de artene som forsvant/døde rett etter oppblomstringen, mens blåskjell og korstroll hadde uvanlig høye bestander. Tre år etter, i 1991, kunne en ikke finne effekter på artene, men i enkelte områder kan en fremdeles finne ettervirkninger i form av unormale forekomster.

MÅL FOR UNDERSØKELSENE

Chrysochromulina polylepis påvirket i første rekke alger og dyr som levde på grunt vann og særlig fastsittende organismer som ikke hadde mulighet for å slippe unna de vannmassene som inneholdt planktonalgen. Lokalt døde også endel stasjonær (ikke vandrende) fisk. Kartlegging av skader på grunt vann ble derfor høyt prioritert i de undersøkelser som ble satt igang av myndighetene.

De første undersøkelsene i mai-juni 1988 under og rett etter oppblomstringen hadde som målsetting å påvise grad av effekter på fastsittende alger og dyr, samt å avgrense det området som var rammet. En valgte derfor å undersøke kysten fra Hvaler og vestover med kyststrømmen til en ikke kunne spore tydelige effekter av planktonalgen.

På høsten 1988 ble det foretatt nye undersøkelser for å klarlegge om skadete hardbunnsamfunn hadde begynt gjenoppbyggingen. Undersøkelsene skulle også vise om de indre kystområder var like sterkt påvirket som de ytre strøk.

Ett år etter oppblomstringen (juni 1989) ble det undersøkt på nytt for å klarlegge hvor langt en eventuell gjenoppbygging var kommet. Flere av lokalitetene i den ytre skjærgården er videre blitt undersøkt i 1990 og 1991, i forbindelse med starten av det nye kystovervåkingsprogrammet. De siste undersøkelsene har gitt forskerne mulighet til å undersøke rekrutteringen til de ytre kyststrøk.

PRØVETAKING

1) Dykkerundersøkelser:

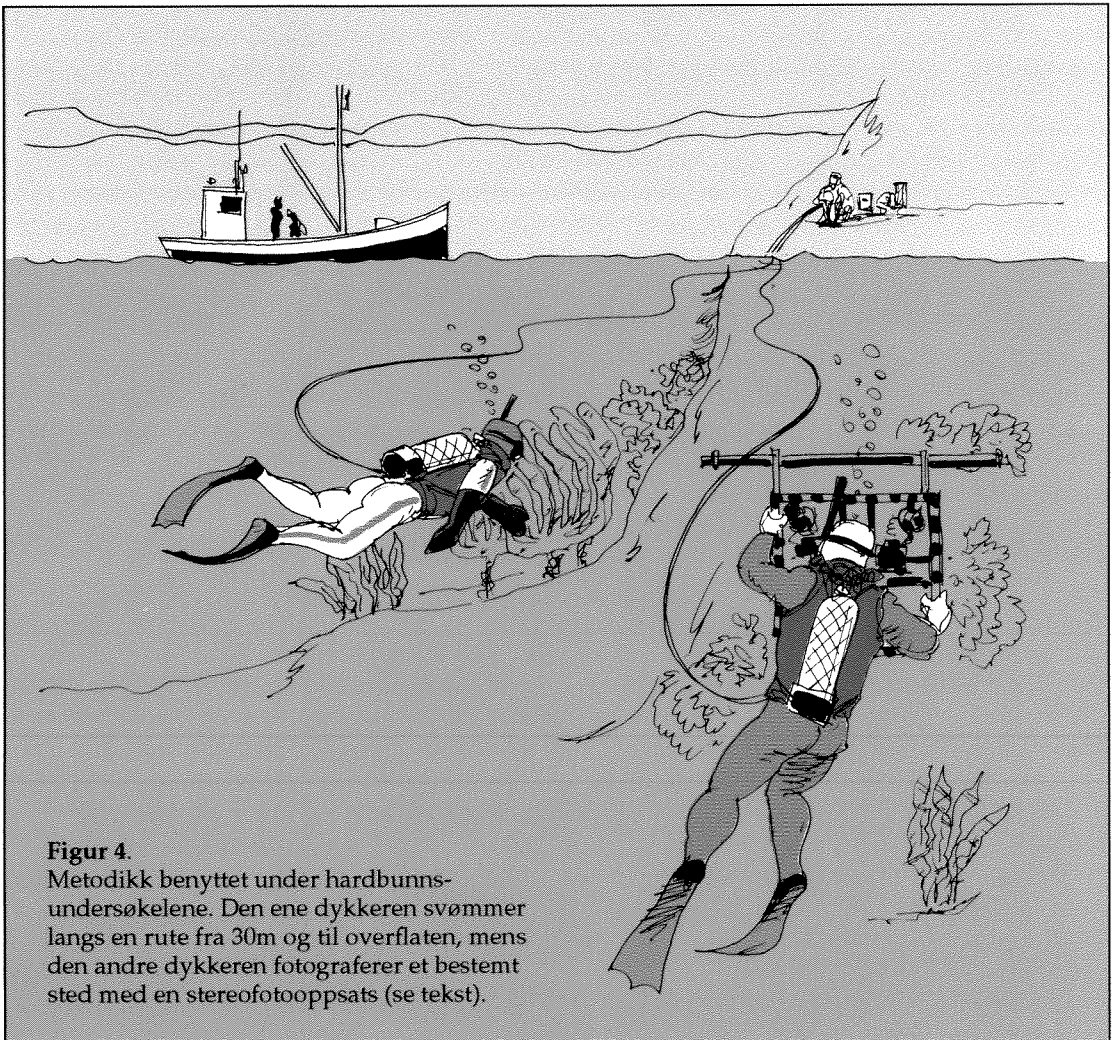
Bunnsområdene ble inspisert av dykkere fra 20-30 m dyp og opp til overflaten. Dykkerne svømte langs en fast bestemt rute i rett linje opp mot stranden - et transekt. Via telefonforbindelse til en assistent på land kunne alle observasjoner meldes og noteres ned. Alle makroskopiske dyr og planter (over ca. 1 mm) langs transektet ble registrert og notert. Mengden av artene ble anslått etter en 4-gradert skala: 1) enkeltfunn, 2) spredte funn, 3) vanlig, 4) dominerende. Bunntype, helningsgrad, sikt, nedslamming og andre

vesentlige forhold som f.eks. antall skadete organismer forårsaket av *C. polylepis*, ble også registrert (Fig. 4).

2) Stereofotografering:

For å studere gjenoppbyggingen av skadete samfunn, ble faste, permanent avmerkede flater på fjell fotografert av dykkerne ved hver undersøkelse. Fotograferingen foregår med to kamera samtidig, en teknikk som gir mulighet til å få fram 3-dimensjonale bilder når bildene betraktes under lupe. Arealene

som fotograferes ligger over og under en 4 meter lang stang som spennes fast mellom to bolter i fjellet (Fig. 4). Arbeidet ble utført første gang høsten 1988, men på enkelte lokaliteter ble det også i juni 1989 opprettet nye stereofotostasjoner. Arealene ble fotografert under hvert tokt. De fotograferte arealene blir sammenlignet med seg selv over tid. Eventuelle forandringer kan registreres med god nøyaktighet fordi både forekomst og mengde kan bestemmes eksakt for mange arter på bildene.



Figur 4.

Metodikk benyttet under hardbunnsundersøkelsene. Den ene dykkeren svømmer langs en rute fra 30m og til overflaten, mens den andre dykkeren fotograferer et bestemt sted med en stereofotooppsats (se tekst).

HARDBUNNSOMRÅDER SOM ØKOSYSTEM

Områdene på grunt vann kjennetegnes av et rikt plante- og dyreliv. Den vanligste bunn-typen i norske farvann er fjell og stein som gir feste for rike bevoxsninger av fastsittende alger og dyr. Mellom de større algene, som tang og tare, er det et yrende liv av smådyr og mindre algeformer. Arealet som er bevoxt med tang og tare langs Norges kyst er like stort som arealet av dyrket mark på land. Man pleier å dele inn området fra stranden og nedover i dypet i soner. Utstrekningen av sonene bestemmes i stor grad av tidevannsbevegelser og bølgeaktivitet i området.

Helt øverst i stranden, over vannflaten, finnes **sprutsonen**. Utstrekningen av den avhenger av hvor høyt bølgene normalt slår. De organismer som lever i sprutsonen må tåle langvarig uttørring og raske temperatursvingninger (Fig.5).

Under sprutsonen er selve **fjæra**. Den strekker seg fra høyeste høyvann ned til laveste lavvann. Her er uttørringen mer forutsigbar; den følger tidevannssyklusen (Fig. 5). Den nederste sonen, under laveste lavvann, kalles **sjøsonen**. I sjøsonen lever alger og dyr konstant under vann (Fig. 5). Man kan generelt si at jo dypere man kommer, jo mer stabilt blir det fysiske miljøet. På hardbunn vil man finne de fleste dyr og alger i de øverste metrene av sjøsonen.

Innen hver sone vil enkelte bestemte planter eller dyr dominere. Algene i sjøsonen vil derimot avta fra ca. 15-20m og ned til 30-40m hvor algene forsvinner helt. Dette skyldes at lyset avtar raskt fra overflaten og nedover. På 20m er lysmengden bare ca. 0,1% av det lys som er på overflaten. Ettersom miljøet i sjøsonen er stabilt, er de organismer som lever her også mer ømfintlige for ytre påvirkninger som f.eks. giftproduserende alger og forurensing.

Man deler de fastsittende algene inn i tre klasser: brunalger, rødalger og grønnalger. De største artene, som til daglig kalles tang og tare, tilhører **brunalgene**. Kystfolk tok før i tiden vare på brunalgene når de ble skyllet i land under storm og brukte algene som gjødsel og jordforbedringsmidler. I dag høstes tare kommersielt for utvinning av alginat som brukes f.eks i næringsmidler og malingsindustri.

Blant klassen **rødalger** finnes mange forskjellige former hvorav enkelte kan leve under dårligere lysforhold enn alger fra de andre klassene kan. I våre farvann kan de skorpeformede røde kalkalgene leve helt ned til 50 mdyp.

Grønnalgene er tilpasset mest lys og finnes oftest helt oppe på grunt vann. De fleste artene er ettårige og vokser raskt. Store mengder av enkelte grønnalger kan være tegn på at vannet er forurenset av næringssalter (eutrofiert).

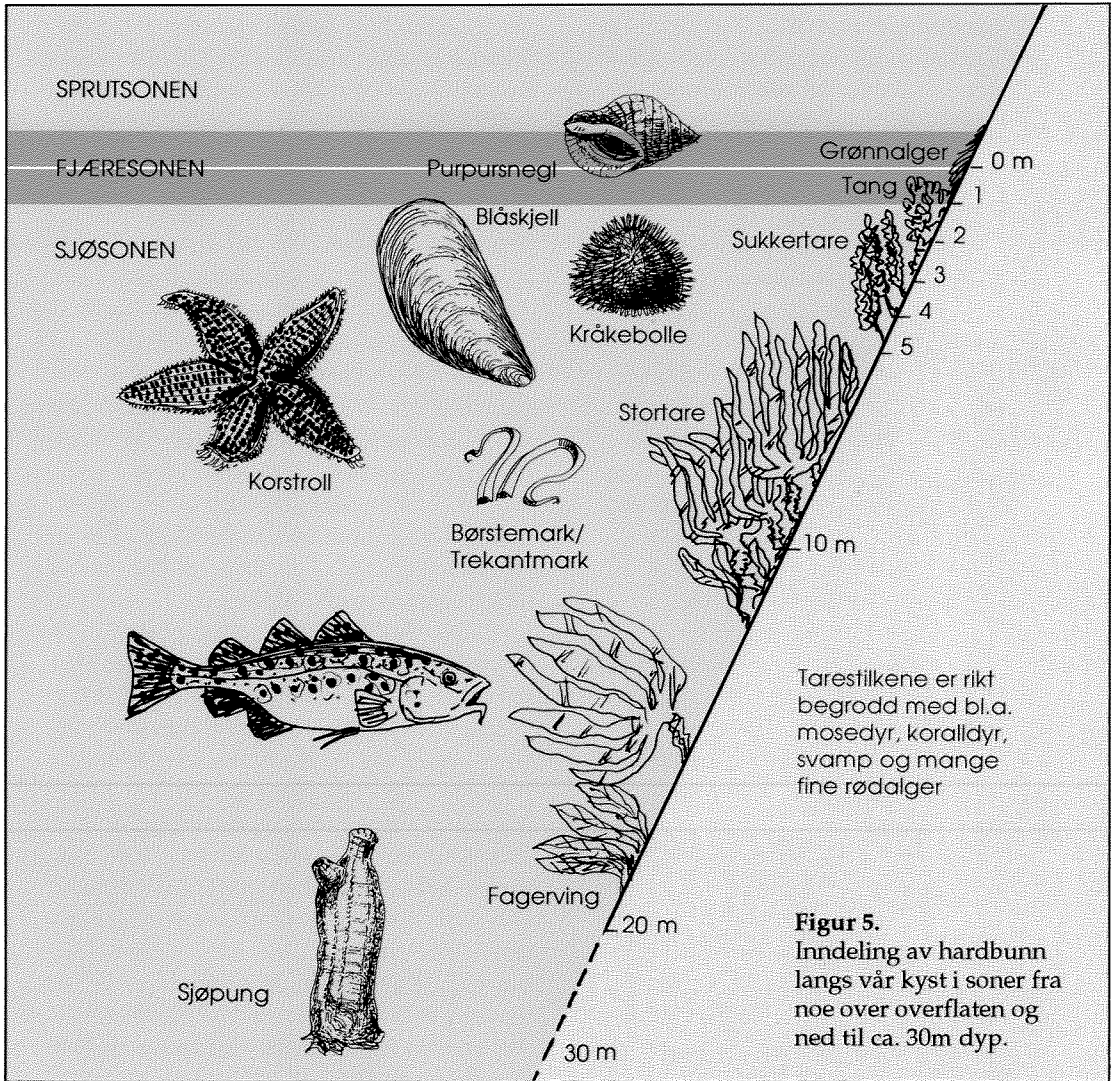
De fastsittende algene er viktige som mat for plantespisere, som underlag for begroingsorganismer, som bølgedempere og de gir beskyttelse til smådyr og larver/ yngel av større dyr. De er selvfølgelig også viktige som produsenter av oksygen og energirike organiske forbindelser. Vår del av Atlanteren er et av de mest produktive tang- og tareområder i verden.

Blant dyrene finner vi store variasjoner i utseende og levemåte, fra de kvikke leppefiskene til de enkelt bygde, fastsittende svampene. De fleste dyrene i gruntvanns-områder er meget sterkt knyttet til tang og tarebeltet. Hvis algene forsvinner, blir også dyrene borte. Dette er kommet tydelig til syne i områder av kysten hvor store mengder av kråkeboller har beitet ned tareskogen. I disse områdene er så godt som alle andre dyr og alger også forsvunnet. Noe forenklet kan man si at algene og dyr står i forhold til hverandre ved at plantespisende dyr kontrollerer algebestanden, mens rovdyrene kontrollerer bestanden av plante-

spisere. Rovdyrbestanden selv blir til stor grad kontrollert av tilgangen på byttedyr. I dette følsomme system er også mennesket blitt en viktig brikke; ved sin omfattende fangst av fisk og sjøpattedyr, tråling av tare, dumping av avfall, tilførsel av miljøgifter og næringsalter osv. er våre kystfarvann på forskjellige måter blitt merket av menneskelig aktivitet.

En kraftig oppblomstring av giftige

alger, slik som *Chrysochromulina*-oppblomstringen, påvirker også balansen mellom artene. Hvorvidt slike oppblomstringer er noe som menneskelig aktivitet har lagt grunnlaget for, eller noe som naturlig skjer av og til, er vi enda ikke sikre på. Det vi vet med sikkerhet, er at mennesket har lagt forholdene bedre til rette for algeoppblomstringer ved sine utslipp av næringsalter til kystområdene.



Figur 5. Inndeling av hardbunn langs vår kyst i soner fra noe over overflaten og ned til ca. 30m dyp.

LITT OM BIOLOGIEN TIL NOEN AV DE MEST PÅVIRKEDE DYR

Purpursnegl (*Nucella lapillus*)

Purpursneglen (Fig. 5) så i første omgang ut til å være utryddet ved algeoppblomstringen. Ved de senere undersøkelsene ble det funnet små mengder av den. Det er flere grunner til at man anså dette for å være meget alvorlig.

Purpursneglen er et viktig rovdyr på grunne hardbunnsområder. Dens viktigste byttedyr er blåskjell og rur, særlig mindre blåskjell. Purpursneglen rasper et hull med raspetungen i skallet på muslingen og bruker en "sugesnabel" til å suge i seg innmaten. Den har også et eget organ som mykner opp skallet mens raspetungen arbeider. Purpursnegl er igjen et viktig byttedyr for strandkrabber og tjeld.

Sneglen gyter normalt om våren ved 2,5 til 3 års alder. Eggene, som er relativt få, utvikles inne i avlange eggkapsler som er festet til underlaget. I egget utvikles det en ferdig liten snegl uten at denne har noe frittsevende (pelagisk) spredningsstadium. Vanligvis slutter purpursneglen å vokse etter gyting, og gjennomsnittlig skallhøyde ligger da i overkant av 2cm. Imidlertid kan individer som er blitt infisert av en parasittisk ikte, *Parorchis acanthus*, fortsette å vokse, men uten å kunne formere seg (Todd, 1985). Få purpursnegl blir eldre enn 6 år. Dette, sammen med en ofte høyt utviklet lokal genetisk tilpasning (Kitching, 1985) gjorde at man fryktet langvarige virkninger av den reduksjon bestanden var utsatt for.

Undersøkelser utført i 1991 har også vist at purpursnegler langs hele Sør-Norge står i fare for å bli utryddet av miljøgifter (TBT-organotinnforbindelser) (Bailey et al. 1991). Området ved Haugesund og Bømlø var sterkest påvirket av TBT da alle hunnene her var formeringsudyktige. Dette antyder at reetablering av purpursnegl langs vår

kyst kan bli enda vanskeligere enn før antatt.

Blåskjell (*Mytilus edulis*)

Blåskjell er ved sin tallrikhet og betydelige biomasse (vektmengde) en nøkkelart i kystnære farvann (Fig. 5). Blåskjellet har også økonomisk betydning siden muslingen dyrkes på flere steder. Det er vel kjent at blåskjell til tider ikke kan spises fordi de er giftige. Årsaken til dette er også oppblomstringer av giftige planktonalger, men ikke *C. polylepis*. Blåskjellet forekommer hyppigst i de øverste metre i sjøsonen og i fjæra, men finnes helt ned til 10m. Det er et viktig byttedyr for blant annet vanlig korstroll, krabber og purpursnegl. Blåskjellet blir i norske farvann kjønnsmodne ved en lengde på 20-30mm (Widdows et al. 1983), og kan gyte opptil 10 millioner egg per sesong. Larvene lever fritt i vannmassene i 3-4 uker hvilket betyr at de kan spres over store områder. Hos oss gyter blåskjellet vanligvis fra mai og utover sommeren, men man kan finne larver i vannet til langt utpå høsten.

Blåskjellet lever av planktonalger som den filtrerer fra vannmassene. Skjellene er derved prisgitt de planktonalger som til enhver tid finnes i vannet som fødegrunnlag. Blåskjellet blir sjelden påvirket av gifter som såkalte "giftalger" produserer, men giftstoffene konsentreres i skjellene som dermed i perioder vil være giftige som menneskeføde. Giftige blåskjell virker på forskjellig måte avhengig av hvilken art plankton blåskjellet har filtret fra vannet. Algegiften fra *C. polylepis* ble også påvist i blåskjell, men dyrene ble ikke nevneverdig påvirket av den, og de hadde en vellykket gyting like etter oppblomstringen.

Vanlig korstroll (*Asterias rubens*) Korstroll opptrer fra nederst i fjæra og nedover til store dyp. Korstrollet er følsomt for ferskvannspåvirkning og er lite motstandsdyktig

for bølgebevegelser som kan løsrive den fra underlaget. Den har god bevegelsesevne og kan samles i store antall der hvor nærings-tilgangen er god. Blåskjell er den viktigste føden, men andre dyr fortæres også. Korstrollet kan gyte flere millioner egg i løpet av sommeren. Egg og larver er frittsvevende i vannmassene (pelagiske) og kan spres over store områder. I en alder av 2,5-3 år blir de kjønnsmodne og er da rundt 50 mm i diameter (Todd 1981). Undersøkelser har vist at korstroll på dypere vann kan ha et dårligere reproduksjonspotensiale enn de som lever i det nedre fjærområdet. (Jardine 1985). Dødeligheten under algeoppblomstringen var stor, men arten kom raskt tilbake til de skadete områdene -

Tabell 1.

Antall arter innen forskjellige grupper som ble hardt rammet av *Chrysochromulina polylepsis*.

Påvirkete organismer i mai-juni 1988	
Gruppe	Antall
Rødalger	19
Brunalger	3
Grønnalger	3
Svamper	2
Sjønemoner	3
Mangebørstemarkar	4
Skallus	1
Snegler	8
Muslinger	4
Rur	1
Krabber	3
Kråkeboller	3
Mosdyr	1
Sjøstjerner	2
Slangestjerner	1
Sjøpunger	5
Totalt	63

sannsynligvis på grunn av at dyrene vandret opp fra dypere vann som ikke hadde vært utsatt for algegiften. Men viktigere var det at de overlevende individene hadde en vellykket gyteperiode like etter at algeoppblomstringen var over. I november 1988 ble det registrert store mengder små korstroll i tilknytning til blåskjellbanker.

RESULTATER

Skader under oppblomstringen 1988

Undersøkelsene under og etter algeoppblomstringen dokumenterte at det var skader på en rekke dyr og alger (Tabell 1.). På blad-formete alger som fagerving (*Delesseria sanguinea*), eikeving (*Phycodryis rubens*) og kjøttblad (*Dilsea carnosa*) gikk bladene i oppløsning og bare bladnervene og stilkene stod igjen. De fleste ettårige alger, hovedsakelig trådformete rødalger, var helt forsvunnet. Blant dyrene ble funnet store mengder døde individer fra dyregrupper som sjøpunger, svamper, pigghuder, muslinger og snegler. Dybdeområdet 5-10 m var hardest rammet, mens snegler og pigghuder var betydelig skadet fra 0-30 m dyp. Effektene var størst i de ytre kyststrøk og spesielt i området ved Grimstad/Lillesand og ved Lista. (Fig. 2).

Ettervirkninger, november 1988

I november kunne man ikke se noe ytre tegn til skade hos dyrene og det ble også påvist at purpursnegl ikke var helt utryddet. Artsmangfold i algefloren var større inne i fjordene enn på ytre kystområder. Normalt ville vi ventet det omvendte forhold fordi ytre kystområder som er sterkt eller midtels utsatt for bølgeeksponering, generelt har høyest artsrikdom. Også registreringene av dyr viste at de ytre kystområdene hadde færre arter enn de indre, tildels var enkelte dyregrupper helt savnet. Dette tyder på at

ikke bare den direkte dødeligheten under algeoppblomstringen, men også ettervirkningene var større i ytre kyststrøk enn innover i fjordene.

1989

I juni 1989 var antall arter både av alger og dyr på ytre kyststrøk tilsvarende eller noe høyere enn det som ble registrert på indre strøk. Dette bekrefter at det hadde funnet sted en rekruttering og gjenvækst i de områdene som ble hardest rammet under oppblomstringen.

Blant algene ble de fleste artene som manglet i 1988, funnet som friske individer i 1989. I 1989 ble 17 ettårige rødalger funnet mot bare 3 i 1988. Totalt ble det funnet 70% flere algearter i juni 1989 enn i juni 1988. På de ytre kystområdene i vest (strekningen Lista - Kjør i Rogaland) virket det som gjenoppbyggingen ikke var kommet like langt som på lokalitetene øst i Skagerrak. Dette kan ha noe med at kyststrømmen ved Lista blir tvunget ut fra land. Det oppstår derfor her en bakevje i kyststrømmen og i perioder skjer hyppige oppstrømninger av dypvann i dette området (Fig. 2).

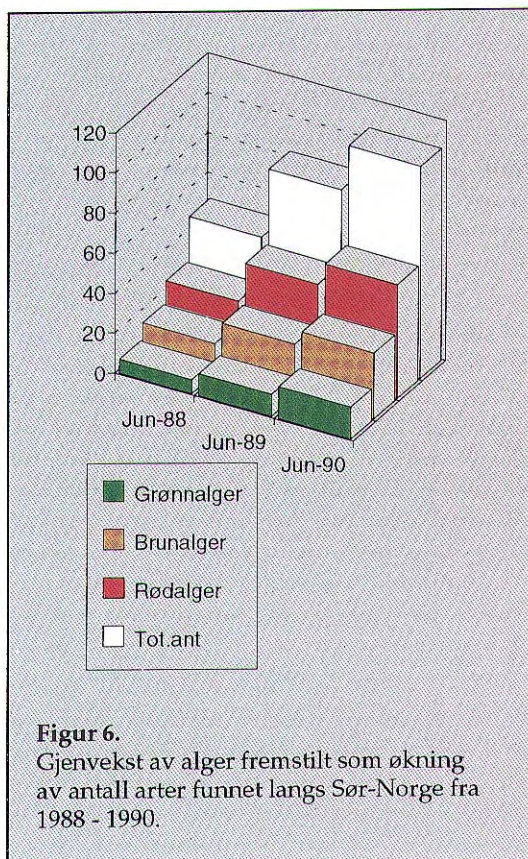
På de indre stasjonene langs hele kysten var algevegetasjonen slik en kunne forvente å finne. Det kunne derfor ikke spores noen ettervirkninger av *C. polylepis*. Andre institusjoner har derimot funnet lokale senefekter på enkelte indre lokaliteter (Johannessen & Gjørseter 1990, Christie et al. 1991). Dette indikerer at *Chrysochromulina* lokalt kan ha gjort store skader. Trolig var skadeomfanget avhengig av hvordan lokale strømmer var under og like etter oppblomstringen. De fleste dyr langs hele kyststrekningen viste, som for alger, bestander i sterk gjenvækst. Flere dyregrupper som var savnet i 1988, for eksempel sjøroser, svamper og sjøpunger, ble funnet i 1989. Imidlertid ble fortsatt få kråkeballer registrert. Bestanden av purpursnegl var lav. Sjøpungen *Ciona intestinalis*, som er ansett

som en meget robust art, ble ikke registrert noe sted langs kysten. Dette er bemerkelsesverdig siden den ble funnet i november 1988 og normalt er å finne også sommerstid. O-skjell ble ikke registrert på noen av de undersøkte stasjoner hverken i 1988 eller 89.

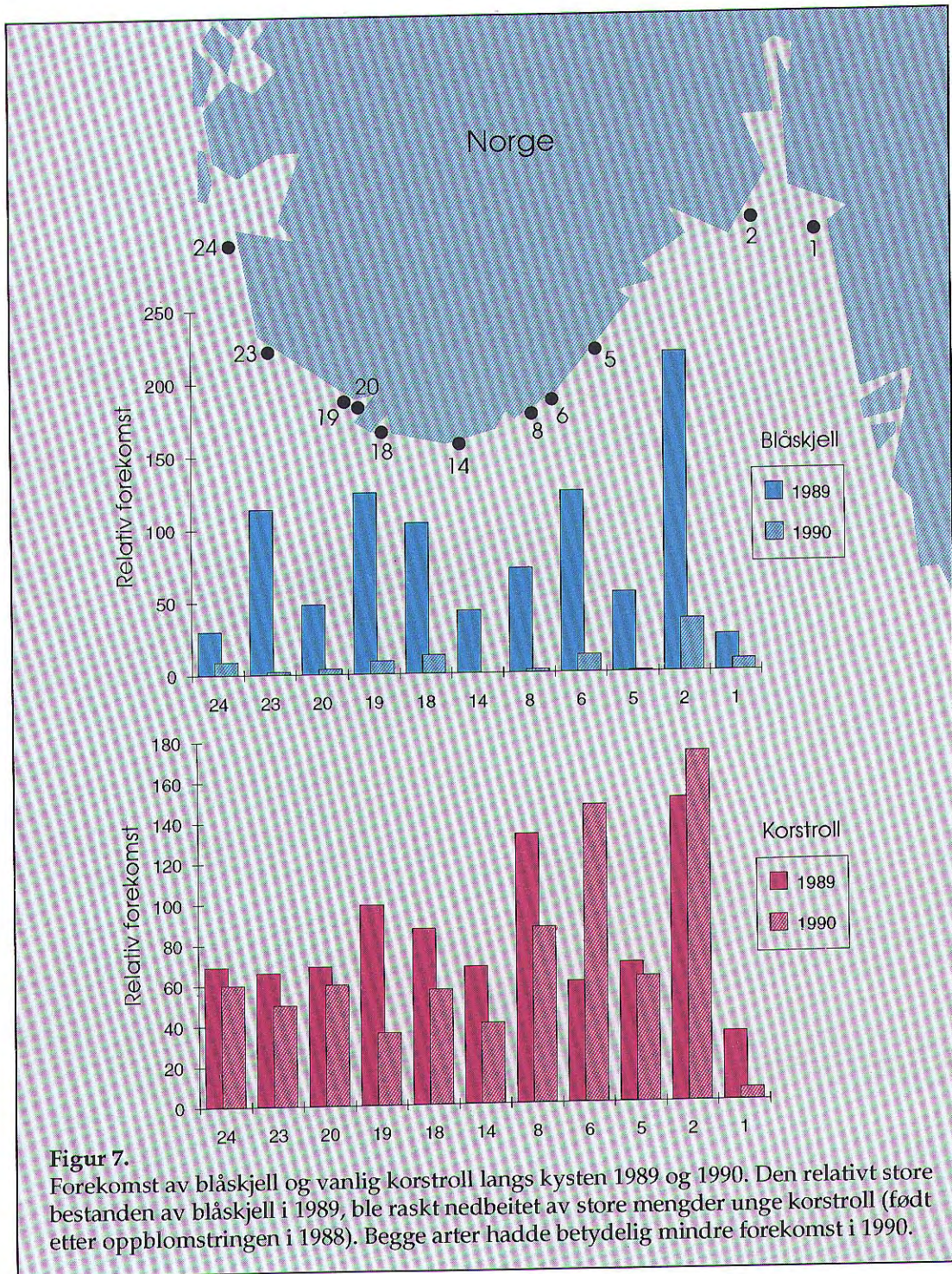
I 1989 var det unormalt store bestander av blåskjell og trekantmark. Dette avspeiler nok også ettervirkninger av *C. polylepis*-oppblomstringen ved at f.eks. konkurransen om plass har vært redusert. Slike bestandsvingninger, hvor enkelte arter en periode øker sterkt, er et vanlig økologisk fenomen når organismesamfunn utsettes for sterke forstyrrelser.

1990

Gjenvæksten av hardbunnssamfunn hadde



Figur 6. Gjenvækst av alger fremstilt som økning av antall arter funnet langs Sør-Norge fra 1988 - 1990.



Figur 7.

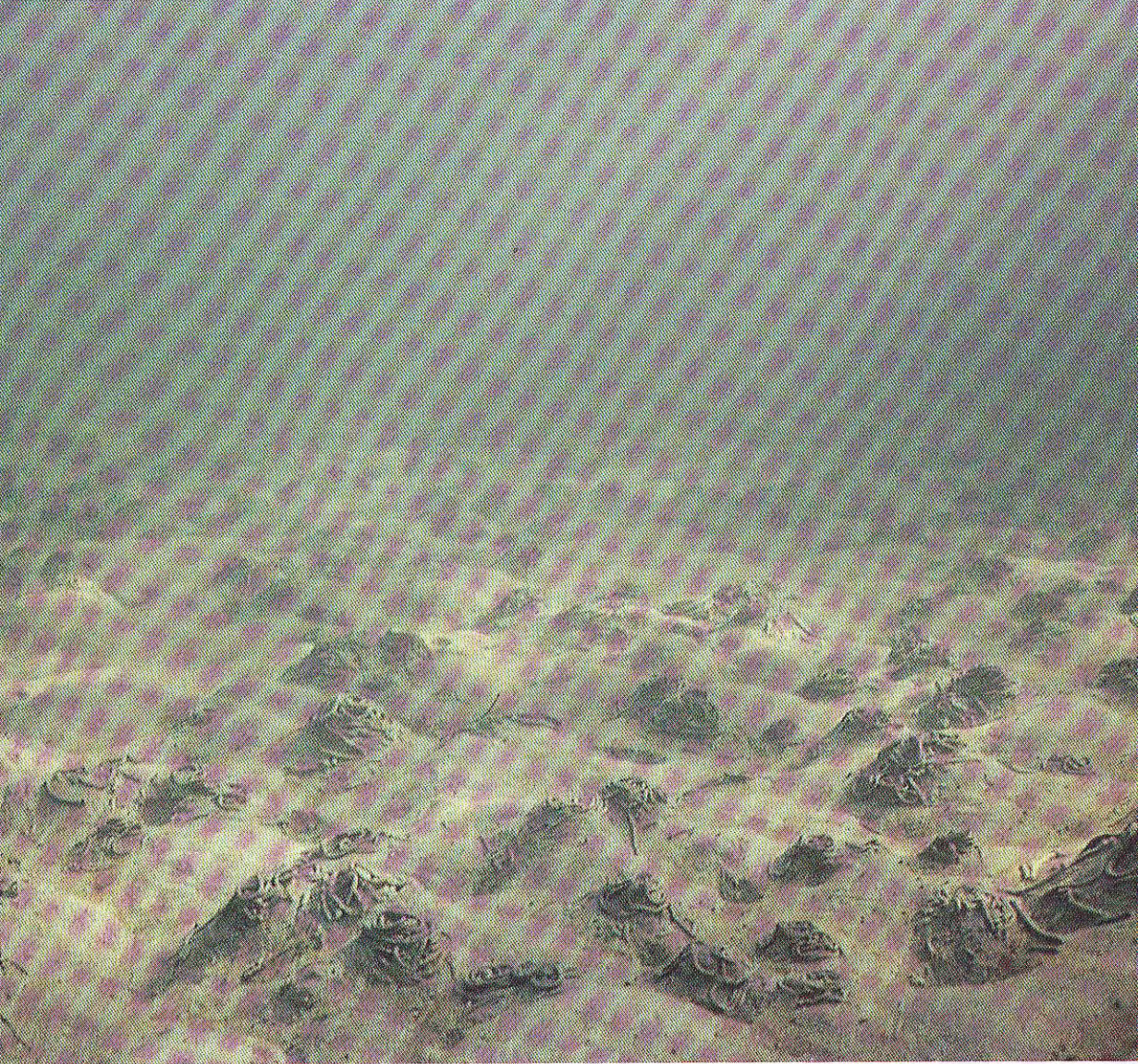
Forekomst av blåskjell og vanlig korstroll langs kysten 1989 og 1990. Den relativt store forekomsten av blåskjell i 1989, ble raskt nedbeitet av store mengder unge korstroll (født etter oppblomstringen i 1988). Begge arter hadde betydelig mindre forekomst i 1990.

fortsatt langs hele kysten og flere tidligere fraværende arter ble funnet i 1990. Fremdeles syntes området ved Lista å henge noe etter med hensyn til gjenvekst. Strømforholdene i området kan sannsynligvis forklare dette.

Den positive utviklingen for alger fortsatte også i 1990. På de ytre stasjonene ble det nå registrert 105 algearter mot 48 og 83 i henholdsvis 1988 og 1989 (Fig.6). Blant dyrene var det derimot fortsatt uregelmessigheter. Heller ikke i 1990 ble det registrert O-skjell på noen av lokalitetene. Det var svært lite av sjøpungen *Ciona intestinalis* som bare ble funnet spredt på tre lokaliteter øst for Lindesnes. Kråkebollbestanden var også fortsatt redusert, men nord for influensområdet til *C. polylepis* ble den registrert som vanlig. Purpurneglen var

vanlig på tre stasjoner rundt Lindesnes, men den manglet fortsatt helt på flere stasjoner.

Bestandene av blåskjell og tildels av korstroll var redusert siden sommeren 1989. Det var tydelige bare flekker på fjellet hvor blåskjell tidligere hadde vokst. Bestanden av trekantmarken avtok også, men nedgangen var ikke så entydig som for blåskjell og korstroll. Figur 7 viser hvordan forandringene har vært for blåskjell og korstroll fra 1989 til 1990 på de ytre stasjonene. Tilbakegangen for blåskjellene skyldes i stor grad beiting fra korstroll og ærfugl, men noe kan nok også skyldes at deler av blåskjell bankene har løsnet på grunn av egen vekt. Korstroll viste også nedgang, men i området Tvedestrand - Nevlunghavn er det rapportert om fortsatt store mengder i 1990 (Christie et al., 1991).



Bløtbunnsområder

Effektene av *Chrysochromulina polylepis* var mindre synlige på bløtbunn enn på hardbunn. På grunt vann kunne det lokalt forekomme tildels stor dødelighet av fjæremark og andre flerbørstemarker, muslinger, slangestjerner og gravende sjøpinnsvin. Senere på høsten 1988 og i 1989 ble det observert stor nedgang i artsantall og individantall både på grunt og dypt vann i enkelte områder. Dette er trolig ettervirkninger av algeoppblomstringen som først vises over tid. Utslagene kan skyldes svak eller unormal rekruttering. Det er også mulig at nedsynkende døde alger og dyr har brakt giften ned på dypere vann.

MÅL FOR UNDERSØKELSEN

Da oppblomstringen fant sted og det ble meldt om skader på fisk og strandnære organismer på hardbunn, ble det ganske fort også satt i gang undersøkelser av bløtbunnfauna. Undersøkelsene tok sikte på å belyse flere forhold:

Var det tilsvarende skader og dødelighet blant organismer på bløtbunn som observert på hardbunn?

Var det skader på dypt vann? Et viktig spørsmål var om algegiften bare var knyttet til *Chrysochromulina polylepis* og vannlagene der denne fantes i høye konsentrasjoner (grovt sett 0-20 m), eller om giften på noen måte kunne bli brakt nedover i vannmassene.

Kunne det opptre skader etter at oppblomstringen var over?

Det siste spørsmålet ble stilt av to grunner. Hvis algegiften kunne følge med døde celler av *C. polylepis* eller knytte seg til annet nedsynkende organisk materiale, ville det da gi virkninger som var forsinket i forhold til algeoppblomstringen? Og hvis det var dødelighet av bunndyrklarver i vann-

massene, hvor stor betydning hadde dette for bestandene?

PRØVETAKING

Prøvetaking på bløtbunn gjøres med bunngrabb fra båt (Fig. 8). Bunngrabben er en liten grabb som graver ut et stykke av bunnen, normalt 0.1 m². Prøven hentes opp på dekk og blir spylt på sifter med 1 mm hullstørrelse for å fjerne bunnsedimentet. Alle dyr (makrofauna) må deretter håndplukkes for å skille ut de enkelte artene. Dette er et tidkrevende arbeid som må foregå med bruk av lupe og mikroskop. Det vanlige er at dyrene fra sikten konserveres ombord, og at prøvene tas inn til laboratoriet hvor sorteringen kan gjøres senere.

NIVA tok prøver på i alt mer enn 60 lokaliteter langs kysten fra ytre Oslofjord til Bømlo i Sunnhordaland. Det ble gjennomført undersøkelser både i mai og juni 1988. Undersøkelsene for ettervirkninger ble foretatt i november 1988 og i juni 1989, samt på tokt under kystovervåkningsprogrammet i juni 1990 og 1991. På disse toktene

ble et utvalg av lokalitetene fra undersøkelsen i juni 1988 prøvetatt på nytt.

Universitetet i Oslo foretok undersøkelser i området fra Langesund til Tvedestrand. I tillegg har Havforskningsinstituttets avdeling i Flødevigen gjort undersøkelser i områdene ved Risør, Farsund og Flekkefjord hvor dykkere også har observert bløtbunnsområder på grunt vann.

BLØTBUNNSOMRÅDER SOM ØKOSYSTEM

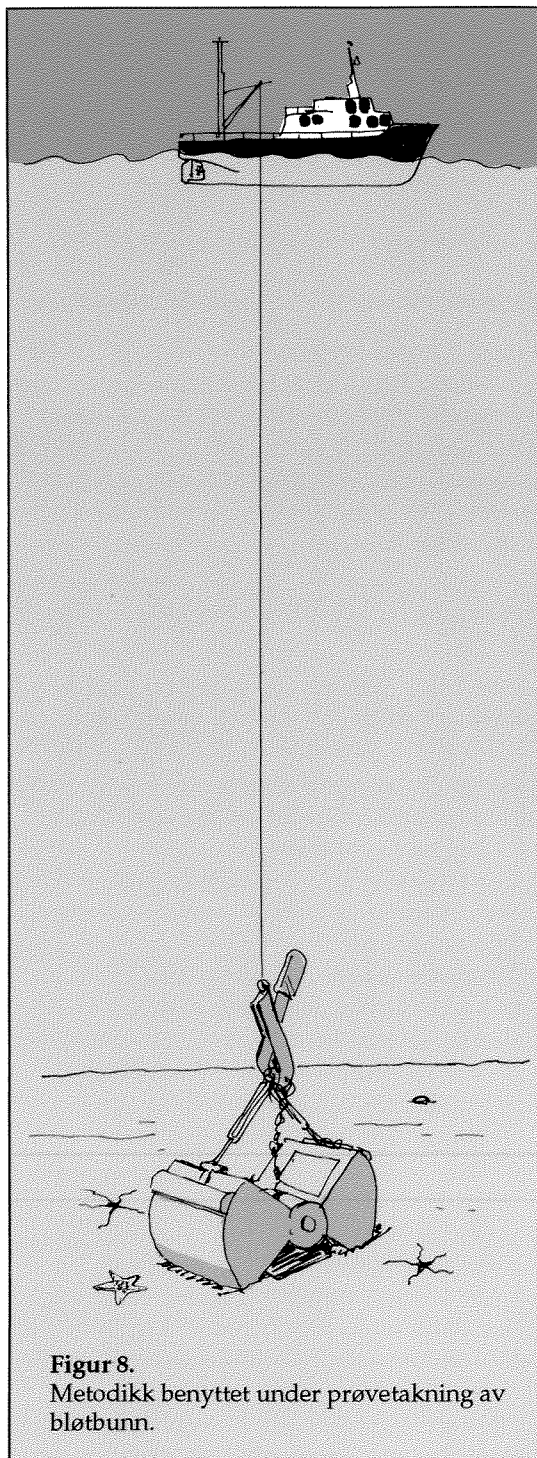
Bløtbunn som livsmiljø

Bløtbunn betegner alle bunntyper med sand- og mudderholdig bunn. Generelt vil det være bløtbunn de fleste steder på dypere vann. Hva slags bunntype som finnes på et sted, avhenger av bølgepåvirkning og strøm. Der vannbevegelsene er sterke, slik som tilfellet oftest er på grunt vann, blir finpartikulært materiale vasket bort. Dette materialet avsettes i beskyttede områder eller på dypt vann hvor strømmene er svake.

På typiske bløtbunner består det meste av bunnmaterialet av mineralpartikler fra fin sand til leire (partikkelstørrelser på 0.1-0.01 mm). I tillegg vil det være endel organisk materiale innblandet, men normalt utgjør dette ikke mer enn 2-10 % på vektbasis. Mye av det organiske materialet i vannmassene vil komme som nedfall i form av døde planktonorganismer. I kystnære områder tilføres også døde rester fra alger i strandsonen og plantemateriale fra land.

Bløtbunnsdyr

Betrakter man en mudderbunnsflate ser denne vanligvis ganske grå og livløs ut. Men nede i bunnsedimentet og tildels også på overflaten er det normalt et rikt liv av småorganismer. De vanligste dyregruppene er mark (flerbørstemark og slim-mark), muslinger, små krepssdyr og pigghuder



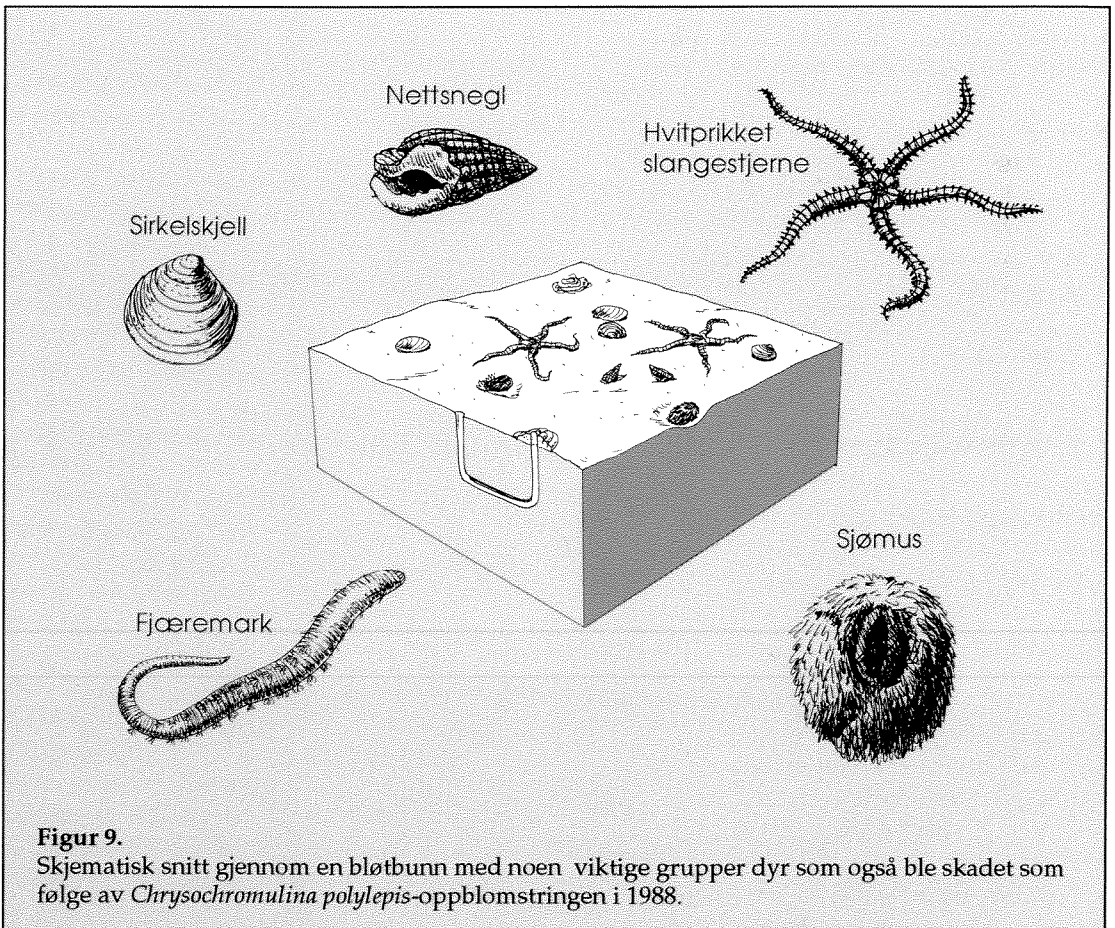
Figur 8.
Metodikk benyttet under prøvetakning av bløtbunn.

(Fig. 9). Det er vanlig å sette en grense på 1 mm størrelse for å skille mellom "ordinære" bunndyr, såkalt **makrofauna**, og andre mindre organismer. I normale fjordsedimenter vil det på 1 m² flate grovt være 50-100 ulike arter og 500-3000 individer av makrofauna.

Svært mange av artene lever av det finpartikulære organiske materialet i bunnsedimentet. Dette kan de enten samle opp fra bunnoverflaten eller fordøye direkte ved å la bunnsediment passere gjennom tarmen, jfr. fjæremarkens muddertårn som er synlig på mudderflater ved lavvann. En del arter er rovdyr. Selv spises bunnfauna

av bunnfisk som hyse, torsk og flyndrer. På grunt vann (0-50 m) kan det foregå noe planteproduksjon på bunnsedimentet, men i realiteten er hele organismesamfunnet avhengig av at organisk materiale tilføres utenfra. En del undersøkelser med sikte på å fastslå om havområdene våre er utsatt for økte tilførsler av næringssalter (eutrofiering), tar nettopp utgangspunkt i å måle mengde og forekomst av bunnfauna (artsantall, individantall) som tegn på om de organiske tilførselene endrer seg.

Mange av bløtbunnsartene har et forplantningsmønster hvor larvene lever i de frie vannmassene. Slike larvestadier kan



Figur 9.

Skjematisk snitt gjennom en bløtbunn med noen viktige grupper dyr som også ble skadet som følge av *Chrysochromulina polylepis*-oppblomstringen i 1988.

vare fra noen få dager til 4-6 uker, og først etter dette søker larvene mot bunnen. For de fleste artene skjer forplantningen i vår- og sommermånedene når larvene kan ernære seg på den rike planktonproduksjonen i vannmassene. Larvene er svært sårbare og deres mulighet for å overleve er helt prisgitt forholdene i vannmassene i den tiden de oppholder seg der. Oppblomstringen av *C. polylepis* kan ha drept mange larver av bunndyr. Virkningene av dette kommer først kommer til syne i prøvene på høsten etter at larvene normalt ville ha slått seg ned på bunnen.

RESULTATER

Skader under oppblomstringen 1988

De umiddelbare resultatene fra undersøkelsene i mai og juni 1988 viste at det ikke skjedde noen omfattende dødelighet på bløtbunn langs kysten. På de fleste undersøkte lokalitetene ble det ikke observert noe unormalt, men i Tingsakerfjorden ved Lillesand (45 m dyp) var så godt som alle dyr i prøvene døde. Det kan synes som kystområdet ved Grimstad og Lillesand var spesielt utsatt, for også på litt dypere vann (55-70 m) i den ytre skjærgård var det enkelte døde dyr i prøvene.

Mindre skader ble observert på innskjærs lokaliteter ved Grimstad, i Søgne og ved Egersund (alle 13-38 m dyp). Her ble det funnet gravende sjøpinnsvin (sjømus) som hadde kastet piggene på ryggsiden. Dette ble også observert ved Kårstø i Rogaland (56 m).

På grunt vann observert dykkere flere steder høy dødelighet av enkelte lett gjenkjennbare arter som nettsnegl (*Nassa reticulata*), fjæremark (*Arenicola marina*) og hvitprikket slangestjerne (*Ophiura albida*) (Johannessen & Gjøsæter 1990) (Fig. 9). Det synes som virkningene varierte betydelig fra sted til sted. Ved Langesund og Tvede-

strand var det for eksempel ingen dødelighet selv i nærheten av områder hvor det var typiske effekter på hardbunn (Edwardsen et al. 1988).

Undersøkelsene viste at også bløtbunnsområdene var utsatt for skader under algeoppblomstringen. Det var tydelig at skadene var lokale, men det er ikke så lett å gi et generelt mønster av skadebildet. Virkningene på bløtbunn var heller ikke like visuelt dramatiske som på hardbunn. Hvorvidt dette skyldes at bløtbunnsområdene i alminnelighet var mindre utsatt, eller om det skyldtes at de fleste artene finnes gjemt i sedimentet, er ikke så godt å avgjøre.

Undersøkelsene har altså kunnet vise at det forekom dødelighet på større dyp enn der oppblomstringen av *C. polylepis* fant sted. Dette ble bare funnet i ett område, men det bør tas i betraktning at lokal dødelighet på dype bløtbunnsområder er vanskelig å påvise fordi bunnprøvene dekker så små flater. På grunt vann, og spesielt på hardbunn, er mulighetene for å oppdage skader mye større fordi dykkere kan observerte større områder og lett se døde organismer. Selv om det synes som de direkte skadene var større på hardbunn enn på bløtbunn, kan man ikke uten videre fastslå at dette var tilfelle.

Ettervirkninger, november 1988

Ved undersøkelsene i november 1988 var det ikke lenger noen direkte skader å se. Alle dyr virket friske og i normal tilstand. Men det hadde vært en sterk reduksjon både i antall arter og individer på lokalitetene ved Grimstad og Lillesand. Også i Stolsfjorden utenfor Flekkefjord og på enkelte lokaliteter i Søgne og ved Farsund var det tilsvarende forandringer. Normalt ville vi ventet en økning i individtallene på høsten fordi så mange arter forplanter seg i sommermånedene. Det kan derfor synes som rekruttering har uteblitt og at det har

vært dødelighet i de etablerte bestandene for mange av artene.

Vi kan ikke si med sikkerhet at nedgangen i arts- og individtallene skyldes *C. polylepis*, men forandringene er slik som kunne forventes som ettervirkninger av algeoppblomstringen. Det normale er at bunndyrbestandene er svært stabile, men de vil påvirkes av klimavariasjoner, fiske med bunnredskaper (trål), endring i bestandene av bunnfisk og selvfølgelig av forurensninger. Så langt vi kjenner til var det ikke noe spesielt med miljøforhold eller menneskelig aktivitet i tidsrommet juni-november 1988. Undersøkelser fra området

ved Jøssingfjorden foretatt hvert år fra 1983 til 1991, viser også en tydelig nedgang i artsantall i 1988 i forhold til tidligere år (Olsgard 1991).

1989 - 1990

Undersøkelsene i 1989 og 1990 viste at det fortsatt var unormale arts- og individtall på noen lokaliteter ved Grimstad og Lillesand, men ikke så avvikende som i november 1988. Forholdene synes å være på vei tilbake til hva de var før algeoppblomstringen. At vi vil kunne registrere ettervirkninger i flere år etter en slik forstyrrelse, må vi betrakte som normalt.



Diskusjon

Skadene i kjølvannet av *Chrysochromulina polylepis*-oppblomstringen var alvorlige; mange fastsittende alger og dyr ble rammet over et stort område. Imidlertid har de oppfølgende undersøkelser i 1989, 90 og 91 vist at med noen få unntak så har de fleste rammede arter hatt en god gjenvekst. Den dårlige gjenveksten utenfor Flekkefjord kan sannsynligvis forklares ut fra de spesielle hydrografiske forhold i området. Selv om effektene av "giftalgen" var omfattende og at man i enkelte områder fremdeles kan spore endel indirekte langtidsvirkninger, kan man likevel slå fast at følgene av oppblomstringen ikke ble katastrofale, og heller ikke så omfattende som en først antok de ville bli.

For svært mange arter har mulighetene for rekruttering og gjenvekst til skadete bestander sammenheng med formeringsmåte. Purpursneglen, som legger få egg og ikke har noe pelagisk larvestadium, har liten spredningsevne og derved små muligheter til å rekolonisere områder hvor arten er blitt utryddet. Når den i tillegg ofte er genetisk tilpasset et område, vil forflyttede individer ha nedsatt evne til å overleve i områder som er litt annerledes enn det den er vant med. Ved etterundersøkelser viste det seg imidlertid at purpursneglen ikke var totalt utryddet. Johannessen og Gjørseter (1990) fant eggkapsler våren 1989 og NIVA observerte eggkapsler på flere lokaliteter under tokt i kystovervåkingsprogrammet i 1991. Det er likevel ikke observert noen god rekruttering av sneglen. Dette aktualiserer også undersøkelser som er utført i 1991 (Bailey 1991) om effekter av miljøgifter på formeringsevnen hos purpursnegl. Lokalt på Vestlandet var alle hunner ufruktbare. Det er ytterst betenkelig når flere negative forhold virker sammen.

Vanlig fjærerur klarte seg tilsynelatende bra under algeoppblomstringen og ble i 1990 registrert i normale forekomster. Blåskjell hadde en meget god rekrutteringsperiode rett etter oppblomstringen, den kraftigste som noen gang er blitt registrert ved prøvestasjoner på den svenske vestkyst (Loo 1988). At det gikk uvanlig godt for blåskjellene skyldes nok delvis den høye dødeligheten av andre organismer, som medførte lav beiting på larver i plankton og på de nylig nedslåtte muslingene, samt rikelig av ledig plass til å slå seg ned på.

Korstrollet kom sterkt tilbake til de påvirkede områdene. Ut fra størrelsen på dem kunne man avgjøre at det ikke bare var nyrekrutterte individer, men også eldre som hadde overlevd algene. Man antar at de under oppblomstringen vandret ned på dypere vann hvor de unngikk algene, for senere å bli lokket opp igjen av lukten fra døde dyr. På blåskjellbankene samlet det seg etterhvert enorme antall korstroll, og disse gjorde kraftige innhogg i bestanden av muslinger. I en periode var store områder

fra fjæra og nedover nesten totalt dominert av blåskjell og korstroll. Ved undersøkel-sene i juni 1990 hadde blåskjellene gått kraftig tilbake, men det var fortsatt høye tettheter øverst i fjæra hvor korstrollene vanskelig kommer til. Bestanden av kors-troll avtok også fra 1989 til 1990. Årsaken er sannsynligvis den betydelig reduserte blåskjellbestanden, men det kan også skyldes at korstrollene søker føde på dypere vann.

O-skjell og sjøpungen *Ciona intestinalis* ble nesten ikke registrert langs kysten. I undersøkelser med strandnot (Johannessen & Gjørseter, 1990) ble det ikke funnet noen *C. intestinalis* i 1988, men normale forekom-ster i 1989. Granmo et. al. (1988) under-søkte algegiftens påvirkning på egg fra *C. intestinalis* og fant at eggene hverken ble befruktet eller utviklet seg hvor giften var tilstede. Selv om mye taler for at *Chrysochromulina* var årsak til de svake bestandene, skal man ikke se bort fra mer naturlige årsaker. *C. intestinalis* er en ettårig art, og slike viser ofte store svingninger i antall fra år til år.

O-skjellene er flerårige og burde derfor ha en mer stabil bestandsstørrelse. Det er sannsynligvis at de er blitt borte under *C. polylepis*-oppblomstringen. I 1991 ble det funnet små skjell på tarestilker på noen lokaliteter i vest. Disse er yngre enn to år og har rekruttert til området etter at opp-blomstringen fant sted. I årene som kom-mer vil man under kystovervåkingspro-grammet følge utviklingen av O-skjell og bestanden av *C. intestinalis* ekstra nøye.

Utfra undersøkel-sene NIVA og Universi-tetet i Oslo utførte syntes det som skadene på hardbunn var mer omfattende enn på bløtbunn. Men dykkere fra Havforsknings-instituttet observerte flere steder omfat-tende skader på grunne bløtbunnsområder direkte etter oppblomstringen (Johannessen & Gjørseter, 1990). Resultatene synes å stå litt i strid med hverandre, men det kan

være at dette gjenspeiler lokale variasjoner i skademønsteret snarere enn forskjeller mellom bunntypene. Det er også klart at skader på hardbunn er lettere å se og virker mer dramatiske.

Men på høsten 1988 ble det registrert vesentlige uregelmessigheter på bløtbunn i områder som ligger dypere enn de vannsjiktene som inneholdt *C. polylepis*. På en lokalitet ved Lillesand var det også dødelighet i juni. Det finnes ingen direkte observasjoner som gir forklaring til dette, men eksperimenter har vist at giften fra *Chrysochromulina* kan være virksom i flere uker og overføres til andre organismer. Man kan derfor anta at døde alger og dyr fra vannmassene som sakte har sunket til bunns, har brakt giften med seg til dypere områder og etterhvert påvirket organism-ene der. Måten de fleste bløtbunns-organismer lever på (nedgravd i bunnen) kan også ha medvirket til at det tok lenger tid før de ble påvirket enn hva tilfellet var med hardbunnsorganismene.

De akutte virkningene av *C. polylepis* var større enn man kunne forvente ved en slik planktonoppblomstring. Derimot har gjenvekst og oppbygging av organismesam-funnene skjedd raskt slik at det om noen år nok vil være vanskelig å spore ettervirknin-ger. Skulle det imidlertid forekomme hyppige oppblomstringer av tilsvarende karakter som *C. polylepis*, vil dette fort lede til en utarming av dyre- og plantelivet langs vår kyst. Dette kan vi risikere dersom vi ikke kontrollerer utslippene av nærings-stoffer som fremmer algeoppblomstringer. Det er derfor viktig at vi systematisk over-våker våre kystfarvann, både med hensyn på næringsalter, planktonalger og bunnorganismer, slik at vi kan påvise eventuelle negative trender på et tidlig tidspunkt. Overvåkingen må også gi grunnlag for tiltak dersom vi skal klare å snu en negativ trend før det er for sent.

Litteratur

Oversikt over aktuell litteratur i forbindelse med algeoppblomstringen. Den omfatter fysisk og kjemisk bakgrunnsinformasjon, årsaker til oppblomstringen, giftens virkemåte, hendelsesforløpet samt effekter og gjenvekst på hardbunn og bløtbunn.

Aksnes, D.I., J. Aure, G.K. Furnes, H.R. Skjoldal & R. Sætre, 1989. Analysis of the *Chrysochromulina polylepis* bloom in the Skagerak, May 1988. Environmental conditions and possible causes. *Bergen Sci. Centre* 89/1: 38 pp.

Almer, B. & P. Norell, 1988. Mass kills in Kattegat Baltic Sea in the 1988 election year an ecological catastrophe. *Vatten* 44 (4): 325-328.

Almer, B. & P. Norell, 1989. The environmental situation in Kattegat in 1989. *Vatten* 45: 343-347.

Ambjörn, C., B. Becker, H. Dahlin & S. Carlberg, 1989. Meteorologi, oceanografi, hydrologi: Långtidstrender och situationer under våren 1988. *Naturvårdsverket rapp.* 3602: 13-32.

Aune, T., 1989. Toxicity of marine and freshwater algal biotoxins towards freshly prepared hepatocytes. *Proc. 7th Int. Symp. Mycotox. Phycotox.*, Tokyo Aug. 16-19, 1988.

Aune, T. & B. Underdal, 1988. Toxin discovered in the alga *Chrysochromulina polylepis*. *Nor. Veterinærtidsskr.* 100 (11): 829-830.

Bailey, S.K., M. Harding & I.M. Davies, (in.prep.). Snail Imposex North Sea (SINS). Report of Survey Work Undertaken in Norway. Presented at North Sea Task Force - meeting 25. Oct. 1991 in Hague.

Bart, H. & A. Nielsen (red.) 1989. The occurrence of *Chrysochromulina polylepis* in the Skagerak and Kattegat in May/June 1988: An analysis of extent, effects and causes. Commission of the European Communities. *Water pollution research report* 10 - 97pp.

Berge, G. & L. Føyn, 1988. Rapport om oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i mai-juni 1988. Overvåking, varsling, oppfølgende tiltak. Havforskningsinstituttet.

Berge, J.A., N. Green, B. Rygg & O. Skulberg, 1988a. Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Del A. Sammendragsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking, 328a/88, NIVA - rapport 2155 - 44 pp.

Berge, J.A., N. Green & B. Rygg (red.), 1988b. Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Del B. Samlede bidragsrapporter. Statlig program for forurensningsovervåking, 328b/88 NIVA-rapport 2194 - 441 pp.

Berge, J.A., N. Green & B. Rygg, 1988c. Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Datarapport fra NIVAs undersøkelser. Statlig program for forurensningsovervåking, 329/88, NIVA-rapport 2182 - 165pp.

- Berggreen, U.C., 1989. (The status of Øresund between Sweden and Denmark). *Vatten* 45: 40-42.
- Bisther, A. & R. Rosenberg, 1989. Effekter på marina organismer. *Naturvårdsverket rapp.* 3602: 55-71.
- Christie, H. & H.P. Leinaas (in prep.). Bunnfaunaundersøkelser etter blomstring av *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak 1988. *NINA forskningsrapp.*
- Christie, H., H.P. Leinaas, E. Rinde & M. Anstensrud, 1991. Hardbunnssamfunn etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988 - resultater fra 1990. *NINA oppdragsmelding* 61:1-21.
- Dahl, E., 1988. Masseoppblomstring av *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak i mai 1988. *Vann* B: 512-524.
- Dahl, E., O. Lindahl, E. Paasche & J. Thronsen, 1989. The *Chrysochromulina polylepis* bloom in Scandinavian waters during spring 1988. In: E.M. Cosper et al. (red.): *A novel phytoplankton bloom. Causes and impacts of recurrent brown tides.* Springer Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies.
- Draget, H.B.H. & T. Holthe (red.), 1990: Oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* 1988. *Direktoratet for naturforvaltning, rapp.* 12-1989, 56 pp.
- Edwardsen, B., M. Anstensrud, H. Christie, S. Fredriksen, J.S. Gray, H.P. Leinaas, T. Schram, I. Saanum & T. Winther-Larsen, 1988. Rapport fra undersøkelse om effekter på bunnlevende organismer og strandlevende fisk på kyststrekningen Langesund-Tvedestrand etter oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis*. I *NIVA-rapport* 2194. Berge, J.A., N. Green & B. Rygg (red.), 1988b.
- Erga, S.R., E. Oug, J. Knutzen & J. Magnusson, 1990. Eutrofitilstanden for norske fjorder og kystvann med tilgrensende havområder. Statlig program for forurensningsovervåking, 391/90, *NIVA-rapport* 2370 - 131pp.
- Gjøsæter, J., 1988. Algeoppblomstringen i Skagerrak i mai 1988, effekter på fisk og bunnfauna på Sørlandskysten. *Vann* 3B: 524-535.
- Gjøsæter, J. & T. Johannesen, 1988. Algeoppblomstringen i Skagerrak i mai 1988, effekter på bunnfauna på Sørlandskysten. *Flødevigen meldinger* 3-1988. 27 pp + app.
- Graneli, E., P. Carlsson, P. Olsson, B. Sundström, W. Graneli & O. Lindahl, 1989. From anoxia to fish poisoning: the last ten years of phytoplankton blooms in Swedish marine waters. In: E.M. Cosper et al. (red.): *A novel phytoplankton bloom. Causes and impacts of recurrent brown tides.* Springer Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies.
- Graneli et al. (red.), 1990. *Toxic marine phytoplankton; fourth international conference, Lund, Sweden, June 26-30, 1989.* Elsevier, XXI+554 pp.
- Granmo, Å., J. Havenhad, K. Magnusson & I. Svane, 1988. Effects on the planktonic flagellate *Chrysochromulina polylepis* Manton et Park on fertilization and early development of the ascidian *Ciona intestinalis* (L.) and the blue mussel *Mytilus edulis* (L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 124: 65-72.
- Hagström, O., 1988. Beteende hos pelagisk fisk i samband med blomningen av *Chrysochromulina polylepis* maj-juni 1988. Information från Havsfiskelab. Lysekil 1988 4.
- Havsfiskelaboratoriet, 1988. Följder for yrkesfisket av blomningen av *Chrysochromulina polylepis* i maj-juni 1988. *Rapport från Havsfiskelab.* 3/88.
- Hop, H., D.S. Danielssen, J. Gjøsæter & Ø. Paulsen, 1988. Dykkerobservasjoner ved Arendal og Risør under algeoppblomstringen i mai 1988. *Flødevigen meldinger* 2, 1988: 17 pp.
- Horstmann, U. & F. Jochem, 1988. Report of the activities and the first result of the investigations on the *Chrysochromulina* bloom in the FRG. Inst. Meereskunde Univ. Kiel, 17 pp.

- Ibrekk, H.O., J. Molvær & B. Faafeng, (in press) Nutrient loading to norwegian coastal waters, and its contribution to the pollution of the North Sea. Presented at. IAWPRC/EWPCA International Conference on North Sea Pollution. Amsterdam 10-14 Sept.1990. In: *Water Sci. Technol.*
- Jardine, I.W., 1985. Height of the shore as a factor influencing growth rate and reproduction of the top-shell *Gibbula cinerea*, In : Moore P.G. & R. Seed : *The Ecology of Rocky Coasts*. Hodder and Stoughton. London. pp: 117-135.
- Johannessen, J.A., O.M. Johannessen & P.M. Haugan, 1989. Remote sensing and model simulation studies of the Norwegian coastal current during the algal bloom in May 1988. *Int. J. Remote Sens.* 10 (12): 1893-1906.
- Johannessen, T., 1991. Systematisering (sic!) av historiske strandnotdata fra Skagerrakkysten i EDB-basert databasesystem og ettervirkninger på fisk og bunnfauna etter algeoppblomstringen i 1988. *Sluttrapport til Direktoratet for naturforvaltning*. 8 pp.
- Johannessen, T., 1991. Long-term fluctuations in species composition in marine fish and invertebrates along the Norwegian Skagerrak coast. World Fisheries Cong. Athen 1991, no. A0231.
- Johannessen, T. & J. Gjørseter, 1990. Algeoppblomstringen i Skagerrak i mai 1988 - ettervirkninger på fisk og bunnfauna langs Sørlandskysten. *Flødevigen meldinger* 6: 1990 - 87pp.
- Johnsen, T.M. & E.R. Lønslund, 1989. The culmination of the *Chrysochromulina polylepis* bloom along the western coast of Norway. Fourth Intern. Conf. Toxic Mar. Phytopl., Abstracts: 84.
- Kitching, J.A., 1985. The ecological significance and control of shell variability in dogwhelks from temperate rocky shores. In : Moore P.G. & R. Seed : *The Ecology of Rocky Coasts*. Hodder and Stoughton. London. pp: 234-248.
- Lancelot, C., G. Billen & H. Barth (red), 1990. Eutrophication and algal blooms in North Sea coastal zones, the Baltic and adjacent areas: Prediction and assessment of preventive actions. Proceedings of a workshop organized by the Commission of the European Communities R&D Programm, in Brussels, 26-28 Oct. 1989 - 281pp.
- Larsen, G.S., 1988. Undersøkelse i ytre Oslofjord om utbredelsen av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis*. Fylkesmannen i Østfold, mva. 17 pp.
- Larsson, C. & B. Bergström, 1988. Kvantifisering av død epifauna i Gullmars tröskelområde. 1988-05-25. Kristinebergs marinbiol. stat.
- Leivestad, H. & B. Serigstad, 1989. Some observations on the effects of *Chrysochromulina polylepis* on the osmoregulation in fish. ICES workshop on the 1988 *Chrysochromulina polylepis* bloom.
- Lindahl, O., 1988. Preliminary results and hypotheses on the prehistory, effects and causes of the bloom of *Chrysochromulina polylepis* in the Skagerrak and Kattegat area in 1988. Kristinebergs Mar. Biol. Stat. 4 pp.
- Lindahl, O., 1989. Primärproduktion, algbiomassa, sedimentation och närsaltsförbrukning i Gullmaren i samband med blomningen av *Chrysochromulina polylepis*. *Naturvårdsverket rapp.* 3602: 49-54.
- Lindahl, O., 1989. Primary production and sedimentation during the bloom of *Chrysochromulina polylepis* in the Gullmar fjord in May 1988. In: O. Skulberg (red.): *Toksinproduserende alger*, symposium proceedings, NIVA.
- Lindahl, O. & R. Rosenberg, 1989 (red.). Algblomningen av *Chrysochromulina polylepis* vid svenska västkusten 1988. *Naturvårdsverket rapp.* 3602, 71 pp.
- Loo, L.-O., 1988. Nyrekryteringen av *Mytilus edulis* efter *Chrysochromulina polylepis*-blomningen sommaren 1988. Kristinebergs marinbiol. stat.

- Lundälv, T., 1988. Preliminär rapport rörande förändringar/störningar inom sublitorala hårbottensamhällen sommaren-hösten 1988. Göteborgs univ.
- Maestrini, Y. & E. Graneli, 1991. Environmental conditions and ecophysiological mechanisms which led to the 1988 *Chrysochromulina polylepis* bloom: an hypothesis. *Oceanologica Acta* 14: 397-413.
- Manton, I. & M. Parke, 1962. Preliminary observations on scales and their mode of origin in *Chrysochromulina polylepis* sp. nov. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 35: 387-414.
- Nielsen, A. (red.), 1988. The occurrence of *Chrysochromulina polylepis* in the Skagerrak and Kattegat in May/June 1988. An analysis of extent, effects and causes. National Agency of Environmental Protection Denmark.
- Nielsen, T.G., T. Kiørboe & P.K. Bjørnsen, 1990. Effects of a *Chrysochromulina polylepis* subsurface bloom on the planktonic community. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 61 (1-2): 21-36.
- Olsgard, F., 1991. Mulige negative effekter av *Chrysochromulina polylepis* på havbunnen ned til 180m dyp. Abstract fra Norske Havforskere Forening's årsmøte 1991.
- Pedersen, A., P.B. Wikander, E. Oug & N. Green, 1989a. Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis*. Virkninger på organismesamfunn langs kysten. NIVAs undersøkelser i november 1988. Statlig program for forurensningsovervåking, 355/89. *NIVA-rapport* 2233 - 182 pp.
- Pedersen, A., E. Oug & N. Green, 1989b. Oppblomstring av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis*. Gjenvekst av organismesamfunn langs kysten. NIVAs undersøkelser i juni 1989. Statlig program for forurensningsovervåking, Hovedrapport 403A/90. *NIVA-rapport* 2395. 92pp.
- Pedersen, A., E. Oug & N. Green, 1989c. Oppblomstring av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis*. Gjenvekst av organismesamfunn langs kysten. NIVAs undersøkelser i juni 1989. Statlig program for forurensningsovervåking, Vedleggsrapport 403B /90. *NIVA-rapport* 2396 - 138pp.
- Pedersen, A., N. Green, M. Walday & F. Moy, 1991. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport for Hardbunnundersøkelsene i 1990. Statlig program for forurensningsovervåking, 4447/91. *NIVA-rapport* 2606 - 127pp.
- Petterson, L.H. & O.M. Johannessen (red.), 1988. NORSMAP, Norwegian remote sensing spectrometer for mapping and monitoring of algal blooms and pollution. Nansen Remote Sensing Center. 26 pp.
- Roos, A., 1988. En kort rapport om effektene av *Chrysochromulina polylepis*-blomningen maj 1988 på + purpurnsäcka, *Nucella lapillus*. Uppsala univ.
- Rosenberg, R., O. Lindahl & H. Blanck, 1988. Silent spring in the sea. *Ambio* 17 (4): 289-290.
- Rygg, B., 1990. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnsundersøkelser 1988-1989. Statlig program for forurensningsovervåking 410/90. *NIVA-rapport* 2452 - 19pp.
- Rygg, B., 1991a. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnsundersøkelser 1990. Årsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking 444A/91. *NIVA-rapport* 2596 - 42pp.
- Sangfors, O., 1988. Are synergistic effects of acidification and eutrophication causing excessive algal growth in Scandinavian coastal waters? *Ambio* 17 (4): 286.
- Selmer, J.-S., 1988. Uptak och regenerering av ammonium under *Chrysochromulina*-blomningens senere del. Avd. f. Marin Mikrobiol., Bot. Inst., Göteborgs univ.

- Skjoldal, H.R. & I. Dundas (red.), 1991. The *Chrysochromulina polylepis* bloom in the Skagerrak and the Kattegat in May-June 1988: Environmental conditions, possible causes, and effects. ICES Cooperative Research Report nr. 175. ICES, København.
- Svane, I., 1988. Effekter av alge-blomstringen (*Chrysochromulina polylepis*) på hårdbundslokaliteter i Gullmarsfjorden og Lysekils skærgård. Kristinebergs marinbiol. stat.
- Tangen, K. & B. Underdal, 1989. Fish kills caused by algae. *Nor. Veterinærtidsskr.* 101 (6): 459-468.
- Thaulow, H., K. Baalsrud, H.O. Ibrekk, J. Magnusson, E. Oug & B. Rygg, 1990. Sårbare områder og næringsutslipp til Nordsjøen. *NIVA-notat* 2349 - 69pp.
- Todd, C.D., 1985. Reproductive strategies of North-temperate rocky shore invertebrates. In: Moore P.G. & R. Seed: *The Ecology of Rocky Coasts*. Hodder and Stoughton. London. pp: 203-219.
- Tiselius, P., 1988. Effects of *Chrysochromulina polylepis* on copepod egg production. Kristinebergs marinbil. stat.
- Underdal, B., O.M. Skulberg, E. Dahl & T. Aune, 1989. Disastrous bloom of *Chrysochromulina polylepis*, Prumnesiophyceae, in Norwegian coastal waters 1988. Mortality in marine biota. *Ambio* 18 (5): 265-270.
- Wikander, P.B., 1989. Inventering av molluskfaunaen på Skagerrakkysten I. 110 kvalitative stasjoner innsamlet fra 1982 til 1989. *NIVA-rapport* 2245 - 195pp.
- Wikander, P.B., 1990. Inventering av molluskfaunaen på Skagerrak-kysten II. 180 stasjoner prøvetatt fra 1982 til 1990. *NIVA-rapport* 2376, 274 pp.
- Wikner, J., B. Norrman, A.-S. Liljedahl & Å. Hagström, 1988. Bakterie antal och produktion in en intensiv blomning av *Chrysochromulina polylepis*. Inst. f. Mikrobiol. Umeå univ.
- Zeitzschel, B., 1988. Algenblüten in Nord- und Ostsee. Int. Wissensch. Symp. Robbensterben Algenblüten Nord- Ostsee, Bonn 23-24 Juni 1988.
- Åsen, P.A., 1988. Registrering av marin fastsittende algevegetasjon og skadevirkninger forårsaket av *Chrysochromulina polylepis* på utvalgte lokaliteter i Agder. Fylkesm. i Aust-Agder, *MVA. rapp.* 9-1988, 49 pp.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo

ISBN 82-577-2063-1

NIVA-rapport, l.nr. 2702