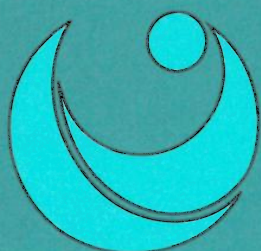


Utviklingen i hardbunns-
samfunn på Skagerrakkysten
etter *Chrysochromulina*-
oppblomstringen våren 1988
- undersøkelser i 1992-93

Hans Petter Leinaas
Hartvig Christie
Eli Rinde



Utviklingen i hardbunns-
samfunn på Skagerrakkysten
etter *Chrysochromulina*-
oppblomstringen våren 1988
- undersøkelser i 1992-93

Hans Petter Leinaas
Hartvig Christie
Eli Rinde

NINAs publikasjoner

NINA utgir fem ulike faste publikasjoner:

NINA Forskningsrapport

Her publiseres resultater av NINAs eget forskningsarbeid, i den hensikt å spre forskningsresultater fra institusjonen til et større publikum. Forskningsrapporter utgis som et alternativ til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

NINA Utredning

Serien omfatter problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, litteraturstudier, sammenstilling av andres materiale og annet som ikke primært er et resultat av NINAs egen forskningsaktivitet.

NINA Oppdragsmelding

Dette er det minimum av rapportering som NINA gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. Opplaget er begrenset.

NINA Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern- og turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

NINA Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINAs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

I tillegg publiserer NINA-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Leinaas, H.P., Christie, H. & Rinde, E. 1994. Utviklingen i hardbunnssamfunn på Skagerrakkysten etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988 - undersøkelser i 1992-93.
- NINA Oppdragsmelding 264: 1-16.

Oslo, mars 1994

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0450-9

Klassifisering av publikasjonen:

Norsk: Forurensning og miljøovervåking i maritimt miljø
Engelsk: Pollution and monitoring of marine ecosystems

Copyright ©:

Stiftelsen Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Lars Erikstad
NINA, Oslo

Design og layout:

Klaus Brinkmann
Cathrine Haneng Svendsen
NINA, Ås/Oslo

Sats: NINA

Kopi: Kopisentralen A/S

Opplag: 100

Kopiert på miljøpapir!

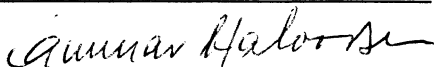
Kontaktadresse:

NINA
Boks 1037, Blindern
N-0315 Oslo
Tel.: 22 85 46 84

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 5536

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Leinaas, H.P., Christie, H. & Rinde, E. 1994. Utviklingen i hardbunnssamfunn på Skagerrakkysten etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988 - undersøkelser i 1992-93. - NINA Oppdragsmelding 264: 1-16.

Hardbunnssamfunn langs Skagerrakkysten ble utsatt for akutt stress våren 1988 i forbindelse med oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis*. Mange viktige predatorer ble sterkt redusert av giftalgene. Dette resulterte i dramatiske indirekte effekter, med en oppblomstring av et mektig blåskjellbelte som utkonkurrerte andre fastsittende organismer ned til 5-7 m dyp, som så ga grunnlag for masseforekomster av sjøstjerner og etterhvert også ærfugl, som beitet ned blåskjellbeltet i løpet av 1989-90. Også de neste par årene viste samfunnsstrukturen store svingninger, særlig i mengden predatorer, som kunne tilskrives langtidseffekter av algeoppblomstringen. En kartlegging av disse effektene og en analyse av de underliggende mekanismene i utviklingen har gitt økt forståelse av stabiliteten og sårbarheten i disse økosystemene. NINA har fulgt opp disse studiene også i perioden oktober 1991 - mai 1993, med fokusering på dynamikken i det mer uforstyrrede (normale) hardbunnssamfunnet, etterhvert som det restituerer seg etter algeoppblomstringen. Undersøkelsene er foretatt på strekningen Nevlunghavn-Tvedestrand, med hovedvekt på Jomfruland.

Vi har registrert et årviss nedslag av blåskjell i de øverste 1-2 m. Nedslaget i 1991 ble i løpet av høsten og vinteren helt beitet ned av sjøstjerner og ærfugl. Det var fortsatt store mengder ærfugl i området vinteren 1992, mens forekomstene var merkbart mindre neste høst og vinter. Blåskjellene som slo seg ned sommeren 1992, hadde derfor større overlevelse enn året før, særlig i tidevannssonen hvor ikke sjøstjerner kommer til. Sjøstjerner har også hatt god rekruttering hvert år. Disse rekruttene er med på å beite ned blåskjellene som slår seg ned i sublitoralen, men sjøstjernerens vekst og overlevelse blir begrenset av næringsmangel slik at få når kjønnsmoden størrelse.

Etter at blåskjellbeltet ble beitet ned, har hardbunnssamfunnet på Jomfruland vært dominert av alger i sublitoralen ned til ca. 12 m dyp. De øverste 4-5 m er preget av en vekslende forekomst av kortlevde alger, som er vanlig for tilsvarende eksponerte lokaliteter. På dypere vann har det, siden vi startet registreringene i 1989, skjedd en stadig økende dominans av langtlivende brunalger (særlig stortare). Denne utviklingen har sannsynligvis intet med langtidseffektene etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen å gjøre. Under ca. 12 m dyp har fastsittende dyr vært tallrike, men vært utsatt for et varierende beitepress fra sjøstjerner som har vandret ned fra sin tidligere masseforekomst i blåskjellbeltet.

De utviklingstrekkene som vi har funnet ved inngående studier på utsiden av Jomfruland, går også igjen på andre sterkt eksponerte lokaliteter. På moderat bølge-eksponerte og beskyttede lokaliteter, som raskt ble restituert etter algeoppblomstringen, har forholdene vært mer stabile, dominert av langtlivende, store brunalger (tang og sukkertare) fra fjæra og ned til 10-12 m dyp.

Emneord: *Chrysochromulina*, langtidseffekter, bunn-alger, blåskjell, predasjon, sjøstjerner, ærfugl, purpurnegl.

Hans Petter Leinaas, Hartvig Christie og Eli Rinde, NINA, Boks 1037 Blindern, 0315 Oslo.

Abstract

Leinaas, H.P., Christie, H. & Rinde, E. 1994. The development of hard bottom communities on the Skagerrak coast following the *Chrysochromulina* bloom in 1988 - results from 1992-93. - NINA Oppdragsmelding 264: 1-16.

The hard bottom communities along the Skagerrak coast were exposed to an acute stress during the bloom of the toxic algae *Chrysochromulina polylepis* in spring of 1988. Important benthic predator populations were strongly reduced, resulting in dramatic indirect effects that started with the establishment of a massive mussel bed which ousted all other sessile organisms down to 5-7 m depth. These mussels provided a surplus food resource for predators (starfish, *Asterias rubens*, and eider ducks) which grazed down the mussels during 1989-90. Further long term effects of the algae bloom were mainly ruled by large fluctuations in predator abundance which characterized the community structure the following couple of years. A monitoring of these effects and a study of the structuring processes of these long term effects have improved our knowledge of the stability and vulnerability of these systems. NINA has continued these studies till May 1993, but as the hard bottom communities has developed towards a normal situation, studies has been more focused on the dynamics of the undisturbed community. The Skagerrak coast between Nevlunghavn and Tvedestrand has been investigated, but most effort has been put in studies on the Jomfruland site.

Annual settling of mussel larvae has been found to occur in the upper 1-2 m depth. The 1991 settlement was totally removed by starfish and eider ducks, while decreasing numbers of eider ducks in the area throughout 1992 allowed higher survival of mussels in the upper zone throughout the autumn of 1992 and towards the summer of 1993. The starfish showed also dense recruitment each year, which contributed to the grazing of mussels in the sublittoral zone. However, food shortage put limitations to their growth and survival, and only few specimens attained the size of maturity.

After the disappearance of the mussel bed, the sublittoral hard bottom community has been subject to algal vegetation down to approximately 12 m depth. The upper 4-5 m have been dominated by fluctuations of seasonal algae which is common for such exposed sites. A gradually increasing occurrence of large brown algae, mainly kelp, occurred in the deeper zone, a development that probably is independent of long term effects of the toxic algae bloom. The sessile fauna below 12 m depth has become more abundant, but this fauna has also been affected by predation as the mass occurrence of starfish has dispersed to deeper waters.

The same pattern of community development as documented at Jomfruland have been recognised at other exposed sites. On less exposed sites, the hard bottom communities have recovered more rapidly and have been more stable and dominated by larger brown algae from the sea shore and down to 10-12 m depth.

Key words: *Chrysochromulina*, long term effects, benthic algae, mussels, predation, starfish, eider ducks, dog whelk.

Hans Petter Leinaas, Hartvig Christie and Eli Rinde, NINA, P.O.Box 1037, Blindern N-0315 Oslo, Norway.

Forord

Direktoratet for naturforvaltning (DN) har ønsket å kartlegge langtidseffektene etter oppblomstringen av den giftige algen *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak våren 1988. NINA har vært engasjert for å registrere utviklingen i hardbunnssamfunn etter algeoppblomstringen på strekningen Nevlunghavn-Tvedestrand. I tilknytning til disse undersøkelsene er det også utført mer inngående studier på én lokalitet (Jomfruland) for å belyse økologiske prosesser som ligger til grunn for de endringene som observeres. I tillegg til denne undersøkelsen fra 1992 og første halvdel av 1993, har DN også finansiert NINA-undersøkelser utført i 1988, 1989, 1990 og 1991.

Undersøkelsene er foretatt i regi av NINAs Østlandsavdeling, som også har fått støtte fra NINAs basisbevilgning til arbeidet.

Oslo, januar 1994

Hans Petter Leinaas
prosjektleder

Innhold

	Side
Referat	3
Abstract	3
Forord	4
1 Innledning	5
2 Lokalteter og metoder	6
3 Resultater og diskusjon	7
3.1 Jomfruland.....	7
3.1.1 Blåskjellene og deres viktigste predatorer.....	7
3.1.2 Utvikling av andre fastsittende organismer.....	12
3.2 Jomfruland sammenliknet med andre lokaliteter.....	13
4 Konklusjon	15
5 Litteratur	16

1 Innledning

Oppblomstringen av den giftige algen *Chrysochromulina polylepis* i Skagerrak våren 1988 påvirket en rekke organismer, og rammet spesielt hardt hardbunnssamfunn fra litoralsonen (tidevannssonen) og ned til 12-15 m dyp. Effekter ble registrert langs hele Skagerrakkysten og var mest merkbare i de ytre deler av skjærgården (Berge et al. 1988, Edvardsen et al. 1988, Rosenberg et al. 1988). Purpursnegl og sjøstjerner ble nesten helt utryddet i de områdene som ble sterkest påvirket, og stor dødelighet ble registrert hos svamper, bløtdyr, pigghuder, sekkdyr, strandlevende fisk og rødalger. Andre dyre- og plantegrupper var langt mer tolerante overfor den giftige algen.

NINA-Østlandet har fulgt utviklingen i hardbunnssamfunnene etter denne akutte miljøforstyrrelsen på 5 stasjoner fra Nevlunghavn til Tvedestrand, med hovedvekt på undersøkelser fra utsiden av Jomfruland (Edvardsen et al. 1988, Gray et al. 1989, Leinaas et al. 1990, Christie et al. 1991, Leinaas et al. 1992). Undersøkelsene har gitt en god beskrivelse av hvordan en slik hendelse kan føre til en serie med sekundære reaksjoner i komplekse suksesjonforløp. Formålet med å studere disse langtidsreaksjonene har vært å belyse dynamikken og stabiliteten til hardbunnssamfunnet langs denne sterkt utnyttede delen av kysten vår. Slik viten vil være nyttig for utviklingen av strategier for økologisk fundert overvåkning og forvaltning av denne kystlinjen.

De fleste artene som ble direkte påvirket av giftalgene, hadde potensiale til å restituere populasjonene i løpet av det første året etter algeoppblomstringen (Gray et al. 1989, Gjøsæter & Johannesen 1989). Sekundære effekter på viktige nøkkelarter hindret imidlertid en tilsvarende rask restituering av samfunnet. Helt sentralt i denne dynamikken står blåskjell og dets predatorer (Leinaas et al. 1990, Christie et al. 1991, Leinaas et al. 1992).

Normalt er predasjon en effektiv begrensende faktor for blåskjell på mer eksponerte lokaliteter, hvor de derfor oftest bare forekommer flekkvis i tidevannssonen. Men, fordi viktige predatorer ble sterkt redusert eller utryddet i de øvre 15 m av sublitoralsonen, ble det i løpet av 1988-89 etablert et helt unormalt mektig blåskjellbelte langs det meste av de ytre deler av Skagerrakkysten. I våre undersøkelsesområder utgjorde dette et sammenhengende teppe fra tidevannssonen og ned til ca 5-7 m dyp. I grunne områder, som på utsiden av Jomfruland, strakte blåskjellbeltet seg 50-100 m utover. Disse blåskjellforekomstene utkonkurrerte annen fastsittende flora og fauna, samtidig som de ga gode oppvekstbetingelser for predatorer og andre mobile dyr som levde mellom skjellene (særlig manglebørstemark og tanglopper).

Allerede høsten 1988 ble det registrert et kraftig nedslag av sjøstjernelarver, og pga de gunstige næringsbetingelsene etablerte sjøstjernerne en meget kraftig årsklasse i 1988. Sjøstjernerne individuelle vekst var rask og nedbeitingen av blåskjellbeltet ble tydelig utover høsten 1989 (Leinaas et al. 1990). Fram mot våren 1990 ble det meste av blåskjellbeltet beitet ned. Den kraftige 1988 årsklassen av sjøstjerner hadde en avgjørende betydning for nedbeitingen av blåskjellene i sublitoralen, og de dominerte fullstendig sjøstjernerpopulasjonen gjennom hele 1990 (Christie et al. 1991). Denne bestanden ga opphav til kraftige larvenedslag i 1990 og 1991 (Leinaas et al. 1992), men pga næringsknapphet etter 1990 viste de

nyrekruttede individene liten vekst og ga ikke opphav til nye kraftige årsklasser. Etterhvert spredde også sjøstjernerne seg fra tette ansamlinger i det tidligere blåskjellbeltet og utover på mer dypt vann. Selv om sjøstjerner antas å være den viktigste predatoren på blåskjell i sublitoralen, vil også ærfugl og krabbe kunne ha betydelig effekt (Christie et al. 1991).

I de øverste 1-1,5 m, der bølgeeksponeringen i stor grad hindrer sjøstjernerne å komme til, holdt blåskjellbeltet fortsatt stand utover i 1990, men ble i løpet av sommer og tidlig høst kraftig desimert av ærfugl (Christie et al. 1991). Allerede i løpet av 1989 hadde ærfuglene beitet ned det meste av blåskjellforekomstene i litoralsonen på de mer beskyttede lokalitetene vi undersøkte, og etterhvert som dette næringstilbudet forsvant, så vi stadig flere ærfugl på utsiden av Jomfruland utover i 1990 (Christie et al. 1991). Det skjedde også en immigrasjon av ærfugl til Skagerrakkysten i disse årene, samtidig som det var god heksesuksess (Rune Bergstrøm, pers. med.). Purpursnegl, som er en potensielt viktig predator på blåskjell i litoralsonen, var derimot fortsatt nesten helt utslått etter algeoppblomstringen, og derfor uten betydning for denne nedbeitingen.

De områdene som tidligere var dekket av blåskjell, dominertes i 1990-91 av små, kortlevde, opportunistiske algearter, mens mer langlevende brun- og rødalger dominerte i sonen under (Christie et al. 1991, Leinaas et al. 1992). Normalt vil samfunnet i de øverste metrene på eksponerte områder preges av opportunistiske alger, men en dominans helt ned til ca. 6 m representerte sannsynligvis et suksesjonsstadium etter at substratet ble frigjort for blåskjell. Dette sammen med fortsatt unormalt høye tettheter av predatorer på blåskjell, utgjorde i 1991 de siste tydelige langtids-ettervirkningene etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen. På mer beskyttede lokaliteter hadde etableringen av blåskjellbeltet vært mindre. Det ble stort sett beitet ned allerede sommeren 1989, og disse lokalitetene har siden vi startet undersøkelsene, vært dominert av store langtlivende brunalger.

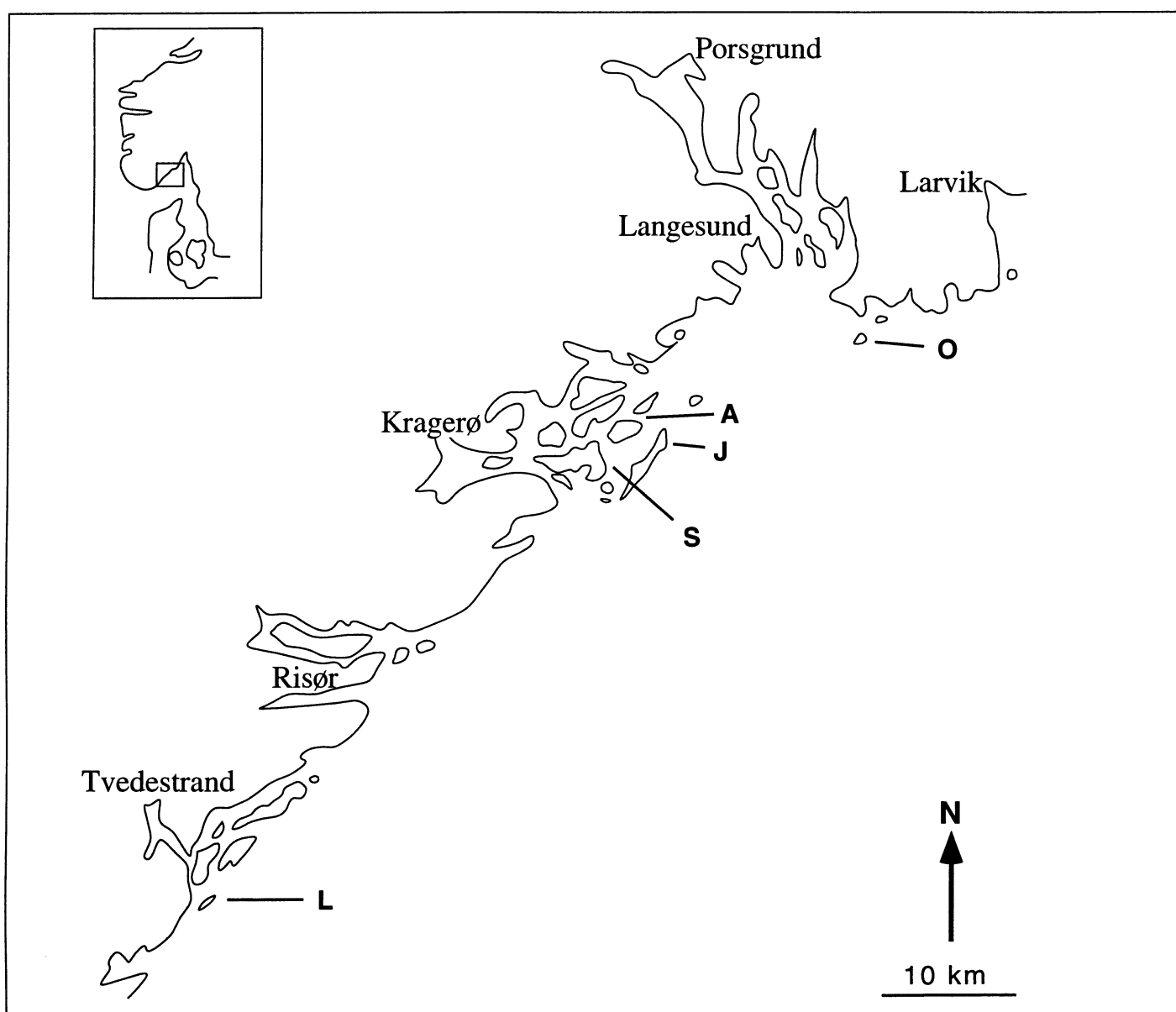
Denne rapporten er en oppfølging av de rapporter NINA årlig har utarbeidet om utviklingen i disse hardbunnssamfunnene (Leinaas et al. 1990, Christie et al. 1991, Leinaas et al. 1992), og beskriver utviklingen fra oktober 1991 og til mai 1993.

2 Lokalteter og metoder

Figur 1 viser lokaliseringen av våre faste stasjoner langs strekningen Nevlungshavn-Tvedestrand. For en mer detaljert beskrivelse av stasjoner og innsamlingsmetodikk viser vi til Edvardsen et al. (1988). Våre studier har først og fremst vært konsentrert om lokaliteten på utsiden av Jomfruland, med undersøkelser i oktober 1991, mai, juni og oktober 1992, og i april og mai 1993. I juni 1992 og mai 1993 ble det bare gjort registreringer i litoralsonen, mens det på de andre datoene også ble utført undersøkelser i sublitoralen ned til ca 15 m dyp (alle dataene fra sublitoralen i oktober 1992 er ikke analysert). I litoralsonen er fastsittende flora og fauna registrert ved rutanalyser (3-5 ruter á 0,25 m²) i hva vi har definert som 0 m (rett under øverste rurbeltet) langs en 10-15 m lang strandlinje. Langs den samme strandlinjen har vi estimert utbredelsen av rur, blåskjell og ulike vegetasjonstyper fra 0-2 m dyp og telt det totale antall purpurnegl. I sublitoralen er undersøkelsene basert på undervannsfoto-

tografering i en ramme på 0,5x0,5 m. 5 bilder er tatt på hhv. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12 og 15 m dyp. Bildene er analysert mht. dekningsgrad og individtetthet av artene, og for sjøstjernene også størrelsen til individene. Registreringene er foretatt langs to transekter, et ytre transekt fra 15 m og opp til et lite skjær og et indre transekt fra dette skjæret og inn til stranden på Jomfruland. Begge transektene må betegnes som sterkt bølgeeksponerte, men indre transekt er noe mindre eksponert fordi de største bølgene bryter ved det lille skjæret.

De 4 andre stasjonene er undersøkt i april 1993. Her er artsammensetning registrert fra ca 0-15 m ved fotografering og semikvantitativ analyse. Dette gjelder to beskyttete lokaliteter (Arø og Svenskeholmen) i skjærgården innenfor Jomfruland, og to eksponerte lokaliteter, Oddane skjær utenfor Nevlungshavn og Langeboen utenfor Tvedestrand. På de to sistnevnte er også en beskyttet innside av skjæret registrert fra 0-3 m dyp.



Figur 1
Kart over undersøkelsesområdet med våre stasjoner avmerket. O - Oddane skjær, J - Jomfruland, A - Arø, S - Svenskeholmen, L - Langeboen.
Map of the Skagerrak coast showing our study sites. O - Oddane skjær, J - Jomfruland, A - Arø, S - Svenskeholmen, L - Langeboen.

3 Resultater og diskusjon

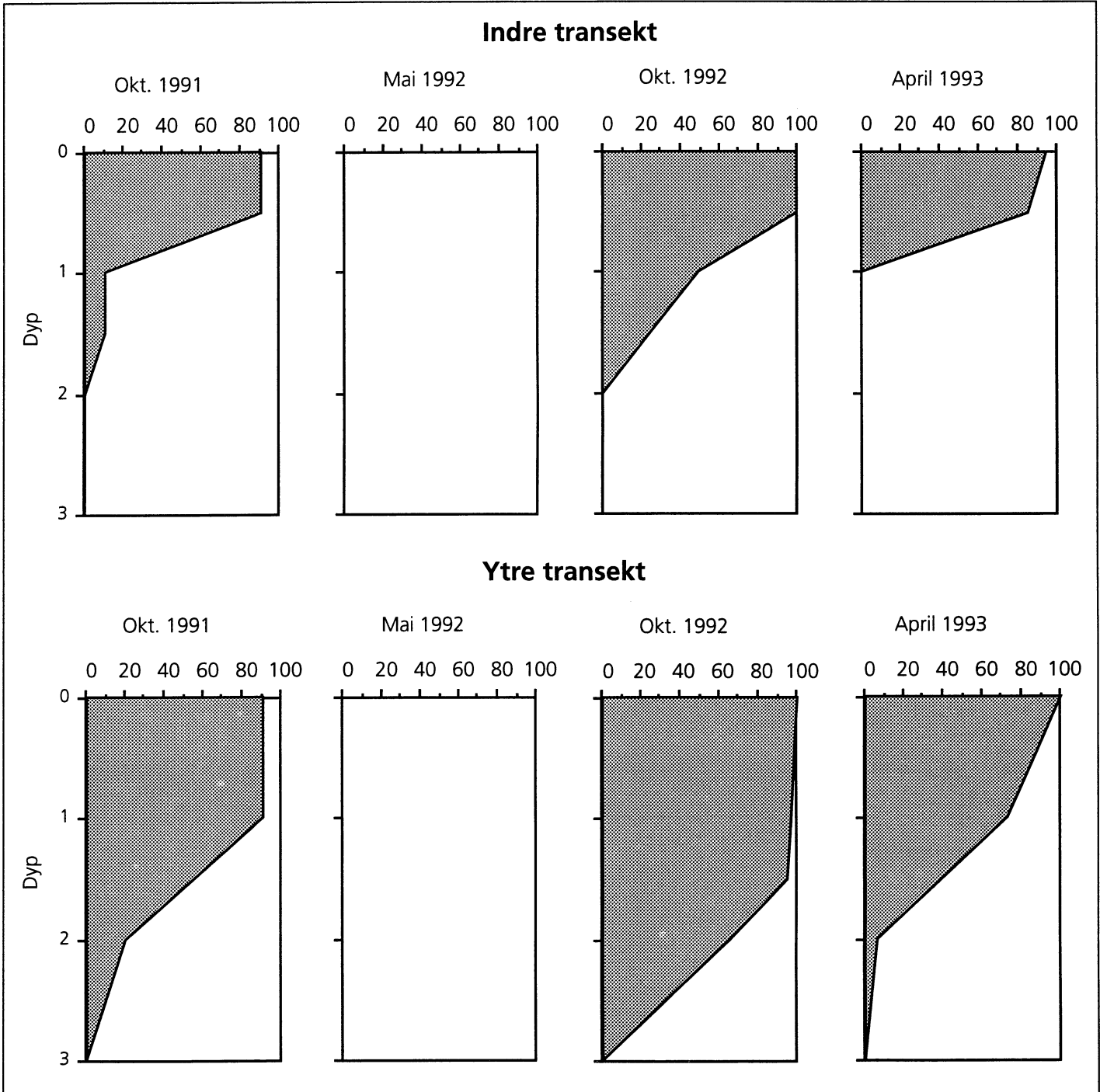
3.1 Jomfruland

3.1.1 Blåskjellene og deres viktigste predatorer

Blåskjell

Figur 2 viser blåskjellforekomster langs indre og ytre transekt ved Jomfruland fra oktober 1991 til april 1993. Høsten 1991 var det et

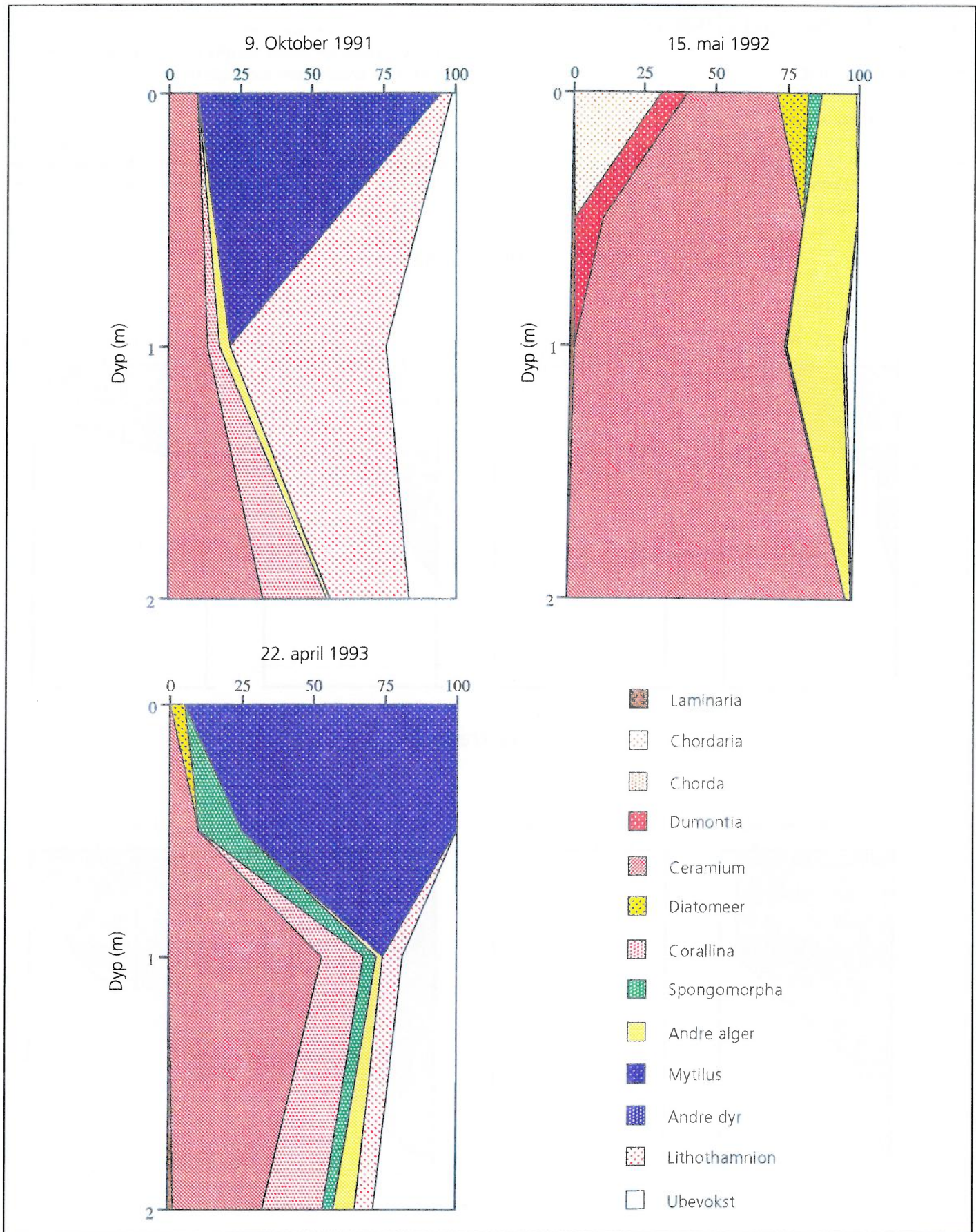
tett blåskjellbelte, som ved indre transekt stort sett var begrenset til de øverste 70-80 cm, mens det gikk ca. 1 m lengre ned ved ytre transekt hvor brenningene som regel hindret sjøstjernene å beite i den øverste sonen. På begge transekt ble imidlertid blåskjellene helt nedbeitet innen mai 1992. Bare innimellom sprekker o.l. fantes det fortsatt enkelte skjell. I slutten av juni var transektene fortsatt fri for blåskjell, men innen oktober 1992 hadde en ny generasjon av skjell etablert seg. Det var noe kraftigere utviklet enn foregående høst, men med tilsvarende forskjell i dybdefordeling mellom transektene



Figur 2

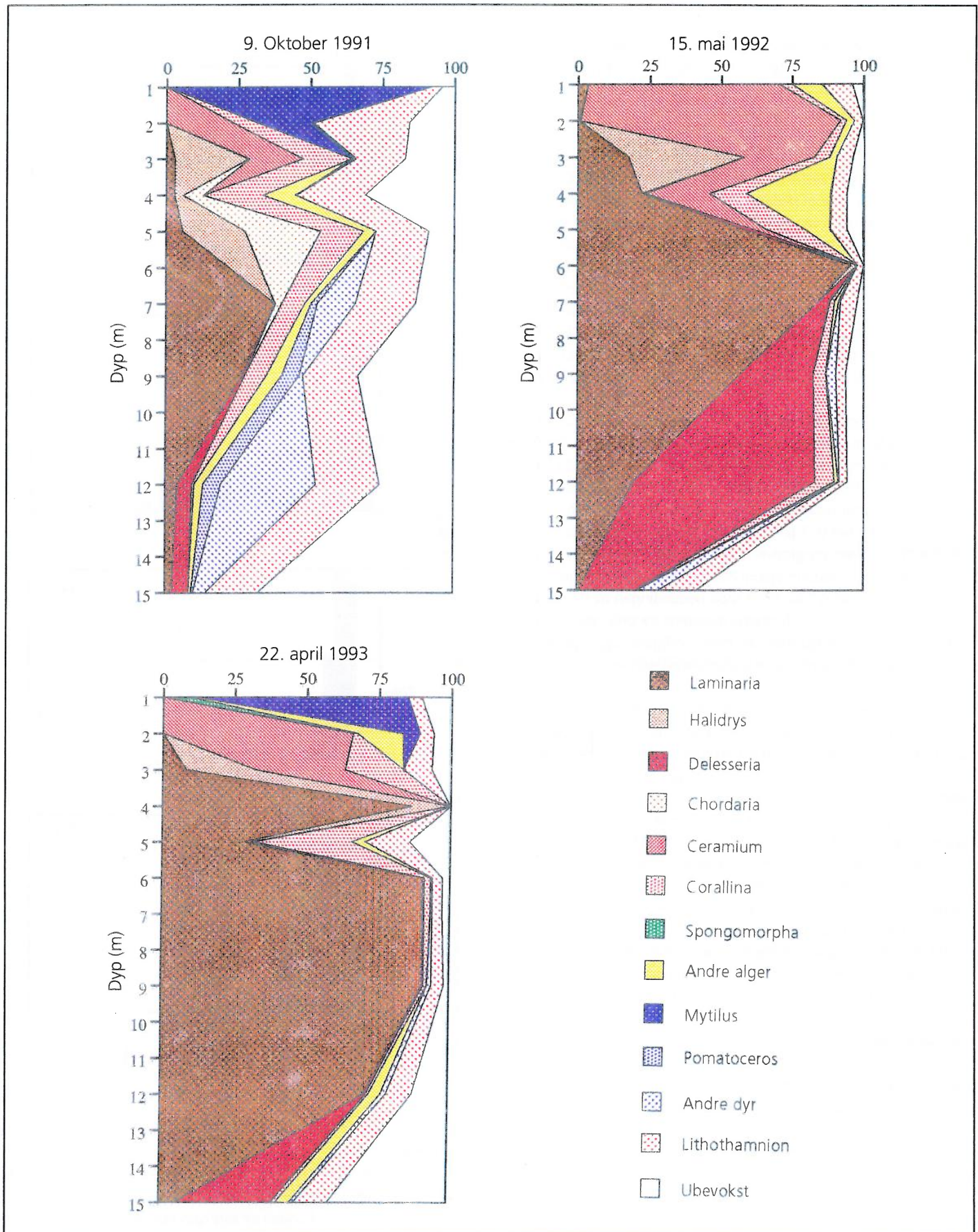
Utvikling av blåskjellbeltet på indre og ytre transekt, 0-3 m dyp, på Jomfruland fra okt. 1991 til april 1993. Den prosentvise dekningsgraden av blåskjellforekomstene er angitt ved skravering.

Changes in the mussel bed cover at 0-3 m depth on the inner and outer transect at the Jomfruland site. Percent cover of the mussels are indicated as shading.

**Figur 5**

Prosentvis dekning av dominerende alger og dyr fra 0-2 m dyp på indre transekt, Jomfruland.

Percentage cover of the dominating benthic flora and fauna species on 0-2 m depth on the inner transect, Jomfruland



Figur 6
 Prosentvis dekning av dominerende alger og dyr fra 1-15 m dyp på ytretransekt, Jomfruland.
 Percentage cover of the dominating benthic flora and fauna species on 1-15 m depth on the outer transect, Jomfruland

som høsten 1991. I motsetning til forrige generasjon, ble disse blåskjellene stort sett bare utsatt for beiting i den nederste delen av deres utbredelse fram til neste vår. I april og mai 1993 var det derfor fortsatt en tett bestand av skjell, som på begge transekter hadde svært lik utbredelse som i oktober 1991.

Sjøstjerner

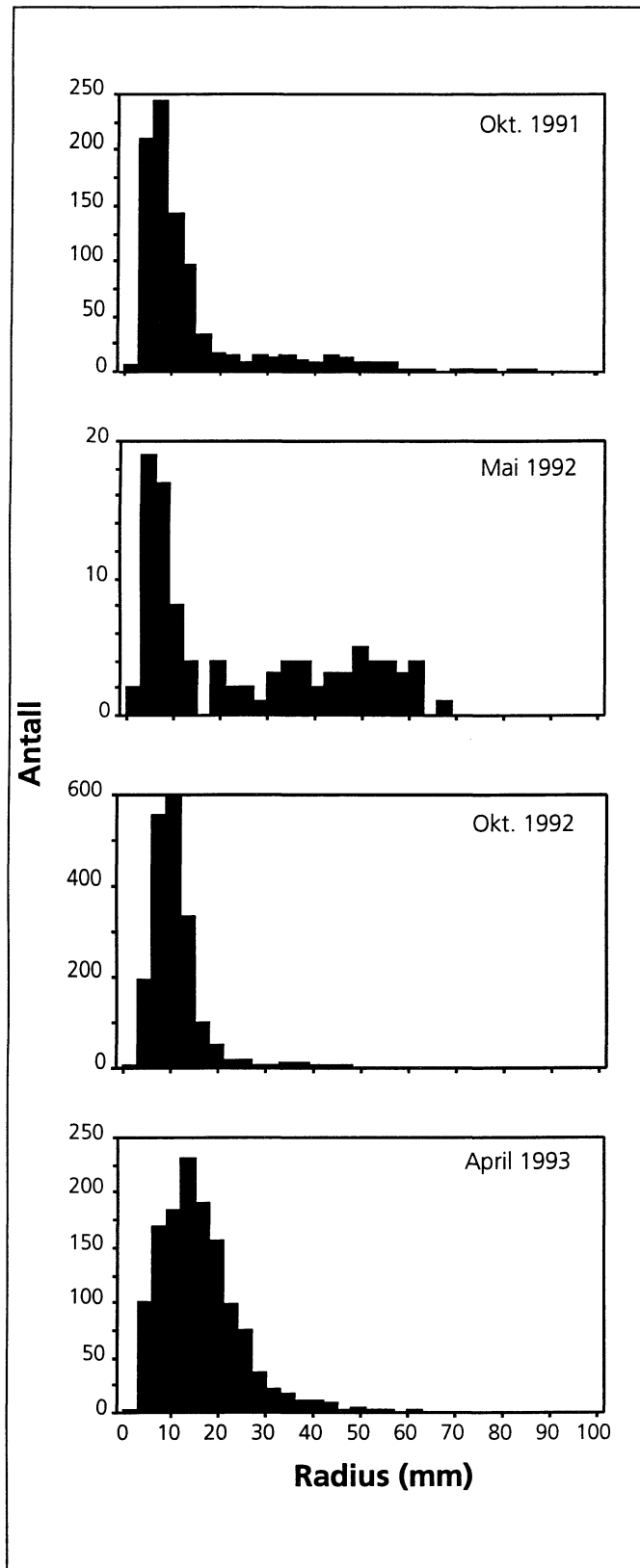
Figur 3 viser størrelsesfordelingen av sjøstjerner fra oktober 1991 til april 1993. Det var et middels godt nedslag av sjøstjerner i 1991, mens rekrutteringen var meget kraftig i 1992 (**figur 3 og 4**). De to generasjonene skiltes også ad i overlevelse og vekst. Endringene i størrelsesfordelingen fra oktober 1991 til mai 1992 skyldtes alt vesentlig at mengden av 1991-generasjonen hadde gått sterkt tilbake, mens dyrene viste liten vekst i perioden. Til sammenlikning var 1992-generasjonen fortsatt sterkt representert i april 1993 på indre transekt, og de hadde hatt betydelig vekst. På ytre transekt var det derimot lite å se av den kraftige 1992-rekrutteringen i april 1993.

De forholdsvis høye tetthetene av store sjøstjerner som vi fant på de dypeste nivåene i sublitoralen på ytre transekt gjennom 1990 og 1991 (Leinaas et al. 1992), var blitt vesentlig redusert ved våre registreringer i 1992 og 1993 (**figur 4**). Tilsvarende viste våre registreringer på sandbunnen utenfor transektet at det nesten ikke var sjøstjerner igjen her (« 1 pr. m²» de to siste årene. I perioden 1989-91 hadde det vært en gradvis økning av store sjøstjerner (1-2 pr. m²) på denne sandflata ettersom næringsgrunnlaget for sjøstjernerne ble redusert langs transektet med nedbeitingen av blåskjellbeltet (Leinaas et al. 1992). Tetthetsestimaterne av små sjøstjerner var også lavere enn foregående år, men frodigere algevegetasjon i 1992-93 vanskeliggjorde disse tetthetsregistreringene.

Langs ytre del av indre transekt (fra dypeste partiet, på ca. 4 m, og ut mot skjæret) har store sjøstjerner opprettholdt en betydelig høyere tetthet i hele perioden etter nedslaget av den sterke 1988-generasjonen (merk forskjell i skala mellom ytre og indre transekt i **figur 4**). Muligens har de utenforliggende skjærene hindret dem i å trekke ned på dypt vann. Samtidig har forholdsvis store gruntvannsarealer med kraftig blåskjellnedslag hvert år gitt bedre næringstilgang her enn på ytre transekt, hvor bølgeeksponeringen i stor grad har hindret sjøstjernerne i å utnytte blåskjellene. Det var imidlertid betydelige variasjoner i de observerte tetthetene av både store og små sjøstjerner også ved indre transekt, med et minimum våren 1992. For de små sjøstjernerne kan denne forskjellen tilskrives forskjell både i larvenedslag og i rekruttoverlevelse de to årene, bl.a. på grunn av større tilgang på blåskjell (mat og skjul) i 1992-93.

Purpursnegl

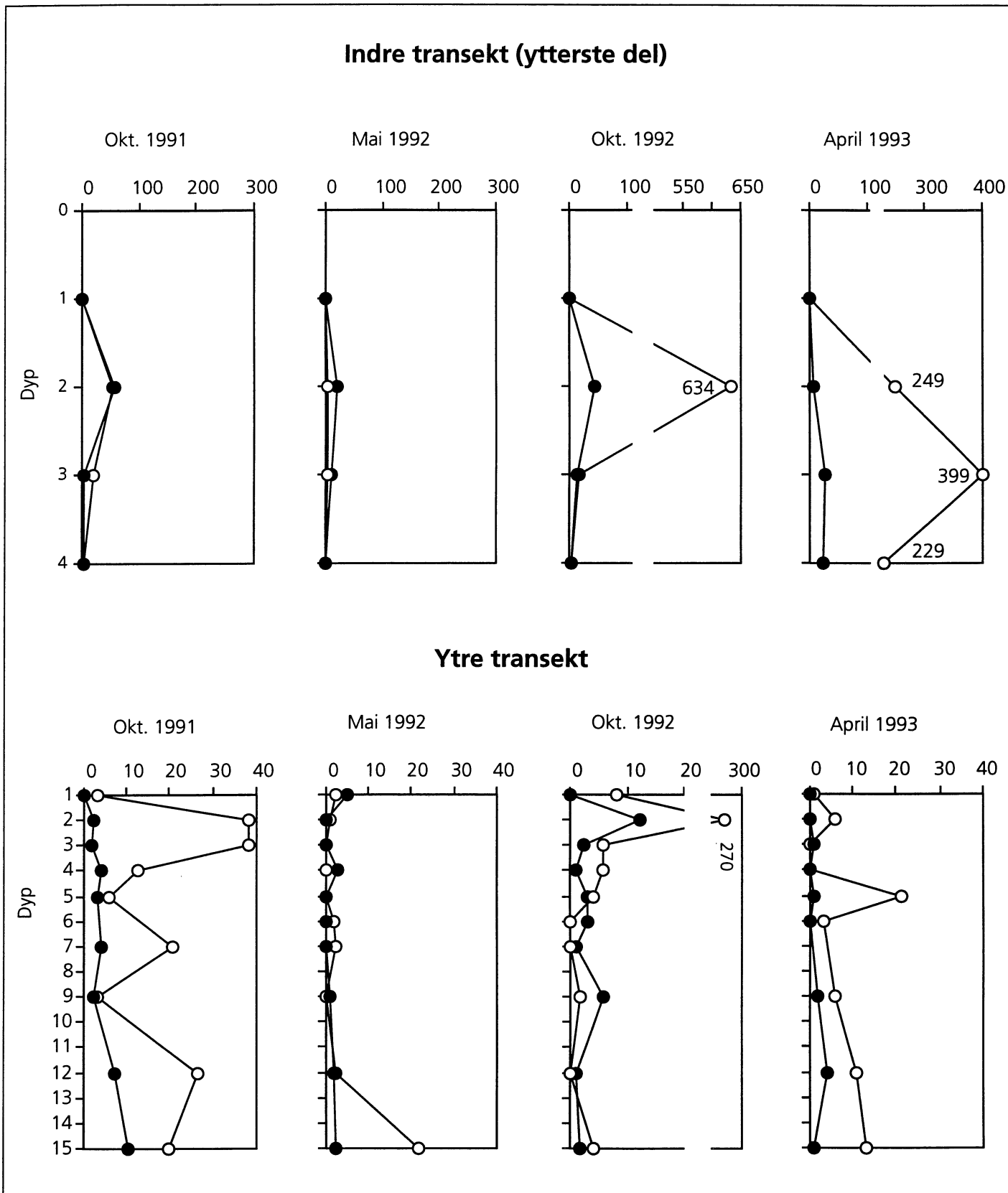
Langs en strandlinje hvor vi i 1988 så flere tusen døde purpursnegl rett etter algeoppblomstringen, har vi inntil 1993 bare observert noen få hundre levende snegl (**tabell 1**). Men populasjonen må sies å være såpass restituert at det er umulig å si i hvilken grad den forholdsvis lave tettheten fortsatt skyldes dødeligheten under algeoppblomstringen, eller om andre faktorer nå dominerer populasjonsdynamikken til arten. Ved flere datoer var det umulig å telle antallet pga kraftige brenninger langs stranda, men i oktober 1992 og april 1993 hadde vi bedre forhold. Den observerte nedgangen i antall snegl mellom disse datoene kan enten skyldes vinterdødelighet eller at mange av dyrene hadde vandret vekk fra vårt undersøkelsesområde.



Figur 3

Størrelsesfordeling av sjøstjerner fra Jomfruland ved ulike tidspunkt. Lengden er angitt som radius (fra midten av dyret og ut til armspissen), og fordelingen er satt opp som antall dyr innenfor 3 mm intervaller.

Size distribution of starfish (*Asterias rubens*) from Oct. 1992 to April 1993 at Jomfruland. Length are given as arm radius, and the distribution are given as number of individuals in 3 mm intervals.



Figur 4
 Vertikalfordeling (antall pr m²) av unge sjøstjerner (<1 år), definert ut fra størrelsesfordelingsmønsteret i **figur 3** (o), og eldre individer (●) ved ulike tidspunkt på ytre transekt og på ytre del av indre transekt, Jomfruland. (Merk hopp i skala i figuren for oktober 1992 og indre transekt i april 1993.)

Vertical distribution (no per m²) of young starfish (<1 year), defined from the size distribution patterns in **figure 3** (o), and older animals (●) at different dates on the outer transect and on the outer part of the inner transect, Jomfruland. (Note the abrupt density scale on October 1992 and April 1993.)

Tabell 1. Registeringer av purpursnegl fra 0-2 m dyp langs en ca 15 m lang strandlinje på Jomfruland.

Recordings of dogwhelks at 0-2 m depth along a ca 15 m horizontal transect at the Jomfruland site.

Dato	Antall snegl registrert
8. september 1989	11
15. november 1989	15
27. mars 1990	18
19. juni 1990	50
29. august 1990	439
25. mars 1991	180
3. juli 1991	243
21. september 1991	207
7. oktober 1992	614
22. april 1993	170

Ærfugl

Fram til og med vinteren 1991-92 observerte vi store mengder ærfugl som beitet blåskjell i området. I følge Rune Bergstrøm (pers. med.) hadde ærfuglbestanden en topp i 1990. Hekkebestanden er ikke gått dramatisk tilbake, men det er blitt registrert en merkbar tilbakegang i bestanden utenfor hekkesesongen (overvintrende bestand). I samsvar med dette observerte vi ingen ærfugl-beiting høsten 1992, og opprettholdelsen av et relativt tett blåskjellbelte i de øverste 1-2 m fram til våren 1993 kan tyde på at det heller ikke var noen beiting i løpet av vinteren.

Dynamikken i blåskjellbeltet - diskusjon

Blåskjell er konkurransemessig overlegen de andre fastsittende dyr og planter langs den ytre kystlinjen. Det som begrenser blåskjellforekomstene har derfor store konsekvenser for dynamikken i hele hardbunnssamfunnet. Det foregår et årlig nedslag av blåskjell i området i løpet av sommeren, og en ser ofte tette forekomster av små skjell på grunt vann utover seinsommeren og høsten. Utbredelse og varighet av disse blåskjellforekomstene avhenger imidlertid av predasjonstrykket.

Sjøstjerner begrenser utbredelsen nedenfra, avhengig av hvor høyt opp disse kan gå pga bølgeeksponeringen. Purpursnegl, som stort sett er begrenset til tidevannssonen, synes å ha mindre potensiale til å begrense blåskjellforekomsten i området. Men ettersom grupper av dyr ofte har faste tilholdssteder, kan de holde mindre områder helt frie for blåskjell og rur, og derved bidra til utformingen av den typiske mosaikk-strukturen av fastsittende dyr og alger en ofte finner i litoralsonen. Ærfugl kan være svært effektive predatorene på blåskjell, men det er uklart hvor mye de normalt betyr i de mest eksponerte delene av kysten, som f.eks. utsiden av Jomfruland. Blåskjellforekomstene vil i stor grad bli holdt nede av andre predatorene (som sjøstjerner, purpursnegl, krabbe og andre), og i kalde vintre kan også isskuring være en viktig begrensende faktor for blåskjell i litoralsonen. Det er således flere faktorer som kan begrense blåskjellbeltet før det når en størrelse som gjør det attraktivt som beiteområde for ærfugl.

Under helt spesielle forhold, hvis begrensninger fra predasjon faller bort, slik som etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen, vil blåskjellene kunne etablere mektige forekomster som kan strekke seg

helt ned til 10-12 m dyp (Lundälv 1988). Undersøkelsene har vist at sjøstjerner reagerer kraftig på en slik endring i næringsforholdene. Selv om algeoppblomstringen på det nærmeste utryddet alle sjøstjerner i de øverste 10-15 m, resulterte tilførsel av larver fra overlevende populasjoner, sannsynligvis på dypere vann, i en meget sterk årsklasse som hadde rask individuell vekst. Etterhvert som den mektige sublitorale forekomsten av blåskjell ble beitet ned, viste sjøstjerner en tilbakegang både i populasjonstetthet og vekst. Sviktende næringsgrunnlag indikertes også av dårlig rekrutteringssuksess av nye generasjoner, trass i kraftige larvenedslag. I tillegg til næringsbegrensning vil økende predasjon (bl.a. fra ærfugl), kannibalisme og migrasjon ned på dypere vann være forhold som kan forklare den nedgangen i populasjonstettheten vi har sett til nå, som representerer en tilbakevending til mer normale forhold.

På grunn av purpursneglenes relativt lave reproduksjon og begrensede spredningsevne, har restitueringen av populasjonene foregått så langsomt at de ikke kunne nytte seg den store næringstilgangen som blåskjellene i litoralsonen representerte. Det er så langt uklart om de fortsatt har redusert populasjonstetthet i området som følge av dødeligheten i 1988. Derimot er det klart at de ikke har bidratt til den dramatiske dynamikken som har preget suksesjonen i hardbunnssamfunnet i tiden etter algeoppblomstringen.

I motsetning til de stedegne predatorene sjøstjerner og purpursnegl, som er en del av hardbunnssamfunnet, så vil ærfuglene raskt kunne forflytte seg mellom områder på søk etter de beste næringsforholdene. Sannsynligvis som følge av de rike blåskjellforekomstene etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen, skjedde det en immigrasjon av ærfugl til Skagerrakkysten i de første årene etterpå, samtidig som det var god hekkesuksess (Rune Bergstrøm pers. med.). Når flokker av ærfugl slår seg ned i et område viser de seg som de mest effektive predatorene på blåskjell. Ved beiting på masseforekomster av blåskjell på grunt vann fjerner de store flak av skjell i løpet av kort tid. Og mens en normalt høy tetthet av purpursnegl er med på å gi tidevannssamfunnet en mosaikkstruktur, renset ærfuglene ved Jomfruland hele tidevannsområdet for skjell, og lagde dermed en ny uniform situasjon som virket synkroniserende på suksesjonen langs strandlinja. Etterhvert har de også tatt viktige rovdyr som sjøstjerner, purpursnegl og små krabber. På denne måten har ærfuglene vist seg som topp-predatoren i systemet. Ettersom de unormalt høye blåskjellforekomstene har forsvunnet, har en kunnet registrere en merkbar tilbakegang i bestanden av overvintrede ærfugl i området (Rune Bergstrøm pers. med.). Den høye overlevelsen av blåskjell vinteren og våren 1993, sammenliknet med den fullstendige nedbeitingen året før, skyldes således trolig den sterke nedgangen av ærfugl i området mellom de to årene. Dette synes også å ha hatt en positiv effekt på overlevelsen av 1992-generasjonen av sjøstjerner, særlig på indre transekt.

3.1.2 Utvikling av andre fastsittende organismer

Figur 5 og **6** viser forekomster av de dominerende fastsittende artene (prosentvis dekningsgrad) på hhv. indre og ytre transekt på Jomfruland i oktober 1991, mai 1992 og april 1993. Ved en slik analyse må en være klar over at noen organismer ofte blir overvokst av andre. Selv om de førstnevnte kan fortsette å leve i beste velgående, blir de da underestimert ved fotoanalysen. I dette kapitlet

skilles det mellom litoralsonen og sublitoralen, både fordi metodene varierte noe, og fordi samfunnsdynamikken var vesentlig forskjellig i disse to sonene.

Littoralsonen (0-1 m)

Etter den første nedbeitingen av blåskjellbeltet startet en kompleks serie med hendelser i litoralsonen som har bestått i en veksling mellom nedslag av rur, blåskjell og kortlevde sesongmessige alger (Leinaas et al. 1992). Våre undersøkelser i 1992 og fram til april-mai 1993 (**figur 6**) viste fortsatt store vekslinger i artssammensetning og dominans av fastsittende organismer, noe som må anses å være en normalsituasjon for litoralsonen på slike eksponerte lokaliteter. Høsten 1991 dekket etterhvert årets blåskjell det meste av litoralsonen, mens den frodige algevegetasjonen fra tidligere på året hadde gått sterkt tilbake. Den nedre del av litoralsonen, som ikke var dekket av blåskjell, besto i stor grad av bart berg delvis dekket av kalkalger (*Lithothamnion*). Innen mai 1992 var, som tidligere nevnt, alle blåskjell beitet vekk av ærfugl. Den øverste delen av sonen dominertes av strandtagl og rekeklo, mens sistnevnte var helt dominerende lengre ned. Den samme situasjonen ble observert i juni. Innen oktober 1992 dekket imidlertid årets blåskjell på ny hele litoralsonen. Bare noe rekeklo vokste oppå og mellom skjellene. Deretter skjedde det bare små endringer fram til april og mai 1993. Begge årene var det et visst nedslag av rur om våren. Disse ble imidlertid raskt overvokst av alger og blåskjell, og kom derfor ikke med på bildene. Ruren greide seg under algedekket, men et tett dekke av blåskjell vil etter en stund ta knekken på dem. I løpet av vår undersøkelse har det aldri blitt dannet noe tett sammenhengende rur-belte i denne sonen, slik vi finner det i sprøytesonen rett over.

Utviklingen i litoralsonen var i stor grad påvirket av dynamikken i forekomsten av blåskjell. Våre undersøkelser viser at det foregår et årlig nedslag av blåskjell-larver i juni-juli, mens predasjon (og eventuelt isskuring) vil bestemme deres etableringssuksess. Hvis skjellene fjernes, gir de rom for rur og en rekke kortlevde alger. Rekeklo og *Spongomorpha* er vanligvis blant de dominerende algeartene i litoralsonen, men det er store forskjeller i dynamikken i algedekket fra år til år, og ofte er det stor grad av uforutsigbarhet i hvilke arter som vil dominere til en bestemt tid.

Sublittoralsonen (1-15 m)

Den øverst delen av sublitoralen (ned til 2-4 m) gjenspeilte de samme svingningene i algedekket som i litoralsonen (**figur 5 og 6**) (Leinaas et al. 1990, Christie et al. 1991, Leinaas et al. 1992). Det var imidlertid bare på ytre transekt, hvor brenningene i større grad begrenser sjøstjernerens aktivitet på grunt vann, at de nye nedslag av blåskjell greide å etablere seg et stykke nedover i sublitoralen, til 2-2,5 m dyp (**figur 2**). Som i nedre del av litoralsonen, synes rekeklo å være den vanligvis, mest dominerende alge i denne sonen i sommerhalvåret.

Parallelt med hardbunnsamfunnets gradvise restituering etter algeoppblomstringen, har det på dypere vann foregått en annen markert suksesjon i utviklingen av tareforekomstene (sukkertare og særlig stortare). I de første årene skjedde dette på 6-12 m dyp, nedenfor den sonen som hadde vært dekket av det mektige blåskjellbeltet (Leinaas et al. 1990, Christie et al. 1991, Leinaas et al. 1992). Først i 1991 begynte tarene virkelig å dominere på dette dypet, og i perioden 1992-93 skjedde det også en tydelig sterkere etablering

av tare også på 4-6 m dyp (**figur 2**). Den tilsynelatende kraftige veksten i tarebestanden fra oktober 1991 til mai 1992 skyldes at tareplantene blir sterkt slitt om høsten. I virkeligheten var det allerede etablert en tett bestand på 6-12 m dyp i juni 1991 (Leinaas et al. 1992). Ettersom vi ikke har registreringer fra før 1988, kan vi ikke fullstendig utelukke at den svært sparsomme forekomsten av tare fram til våren 1991 var en effekt av algeoppblomstringen. Men mest sannsynlig dreier det seg om en mer langtids-fluktuasjon, hvor tidspunktet for restitueringen av tarebestanden tilfeldig har falt sammen med suksesjonen etter algeoppblomstringen. I følge folk fra fuglestasjonen på Jomfruland har tarevollene på stranden innenfor vårt undersøkelsesområde ikke vært så store siden 1970-årene.

I motsetning til de raske sesongvariasjonene av kortlevde arter på grunt vann, domineres dybde-sonen fra ca. 4 til 12 m således av flerårige arter. Foruten tare utgjøres algevegetasjonen her først og fremst av flerårige rødalger som *Lithothamnion* sp., *Corralina officinalis*, *Chondrus crispus*, *Delesseria sanguinea* og *Dilcea carnososa*. De fleste av disse algene har vekstsesong om våren og sommeren og reduseres utover høsten. Enkelte arter hydroider, mosdyr og kalkrørsmark rekrutterer utover sommeren og høsten og kan da registreres i denne sonen.

Sonen fra 12 til 15 m har i hele undersøkelsesperioden vært preget av rødalgen fagering (*Delesseria sanguinea*) og av fastsittende dyr som dødningehånd (*Alcyonium digitatum*), kalkrørsmark (*Pomatorceros triquetus*), og flere arter hydroider og mosdyr (Leinaas et al. 1990, Christie et al. 1991). Denne nederste sonen er også i stor grad preget av flater med ubevokst substrat. Dekningen av fastsittende dyr var imidlertid langt lavere i 1992 og 1993 enn i de to foregående år (jfr Leinaas et al. 1992), noe som kan være et resultat av både overgroing av alger, og økende predasjon fra sjøstjerner som har trukket ned på større dyp som vist for de foregående år (Leinaas et al. 1992).

3.2 Jomfruland sammenliknet med andre lokaliteter

De to andre eksponerte lokalitetene på Skagerrakkysten, Oddane skjær og Langeboen, og to mer beskyttede lokaliteter på innsiden av Jomfruland (Arø, Svenskeholmen) er alle besøkt i april 1993. En beskyttet side på Oddane skjær og Langeboen er også studert fra 0-3 m dyp.

Tabell 2 viser en semikvantitativ angivelse av de mest dominerende samfunnskomponenter i de øverste sonene (0-1,5 og 1,5-3 m dyp) på disse stasjonene. Mens alle de eksponerte lokalitetene viste samme utviklingstrender fram t.o.m. 1990 (Christie et al. 1991), var det bare lokaliteten på Oddane skjær som viste en tilsvarende utvikling som på Jomfruland i tiden etterpå, med dominans av blåskjell og kortlevde, trådformede alger (**tabell 2**). På Langeboen utviklet det seg etterhvert en vegetasjon av mer stabile langtlivende alger, uten etablering av nye blåskjellforekomster. Øverst dominerte sagtang, og videre nedover dominerte sukkertare og stortare. Imidlertid var det også innslag av en rekke andre algearter som er typiske for de eksponerte områdene. Selv om Langeboen ligger

Tabell 2. Semikvantitative estimater av forekomst av blåskjell, sjøstjerner og ulike alger fra 0-1,5 og 1,5-3 m dyp på eksponerte og beskyttede lokaliteter i april 1993. Forekomst er delt i : 3- meget tallrik eller dominerende, 2- vanlig, 1- fåtallig, 0- ikke observert. Semiquantitative estimates of abundance of mussels, starfish and the most common algae species in the zones 0-1.5 and 1.5-3 m depth on different exposed and protected sites in April 1993. 3- abundant or dominating, 2- common, 1- scarce, 0- not observed.

Stasjon	Dyp	Blåskjell	Sjøstjerner	Rekeklø	Lodnetaum	Sagtang	Sukkertare	Andre rødalger	Andre brunalger
Eksponert									
Oddane skjær, utsiden	0-1,5	3	1	1	0	0	0	0	0
Langeboen, utsiden	0-1,5	0	0	2	1	3	0	2	2
Jomfruland	0-1,5	3	1	3	0	0	0	1	1
Oddane skjær, utsiden	1,5-3	0	1	2	0	0	0	2	2
Langeboen, utsiden	1,5-3	0	1	2	0	2	2	2	2
Jomfruland	1,5-3	1	2	3	0	1	1	1	1
Beskyttet									
Oddane skjær, innsiden	0-1,5	0	1	1	0	3	2	1	1
Langeboen, innsiden	0-1,5	1	1	2	0	2	1	2	2
Arø	0-1,5	1	1	2	0	3	2	1	1
Svenskeholmen	0-1,5	0	1	1	0	3	1	1	2
Oddane skjær, innsiden	1,5-3	0	1	1	0	1	3	1	2
Langeboen, innsiden	1,5-3	0	1	1	0	0	3	1	1
Arø	1,5-3	1	1	1	0	0	3	1	2
Svenskeholmen	1,5-3	0	1	1	0	0	3	1	2

helt ytterst i skjærgården, er den noe mer bølgebeskyttet enn Jomfruland og Oddane skjær, pga et utenforliggende gruntvannsområde. Forskjell i eksponering kan være årsaken til at det på de øverste metrene av sublitoralen på Langeboen etter 1990 har utviklet seg et algesamfunn som likner mer på det vi finner på de beskyttede lokalitetene (**tabell 2**).

På alle de beskyttede lokalitetene dominerte sagtang fullstendig

i de øverste 1-2 m, mens sukkertare dominerte videre nedover, ofte ned til 10-12 m (**tabell 2**). I motsetning til de raske skiftningene i artssammensetning på de eksponerte lokalitetene, har de beskyttede lokalitetene helt siden 1988/89 vært dominert av langlevende algearter, og tarevegetasjonen har bestått av sukkertare, uten innslag av stortare. Det ble heller ikke registrert noen etablering av blåskjell på disse lokalitetene i løpet av de siste årene.

4 Konklusjon

Undersøkelsene fra strekningen Nevlunghavn - Tvedestrand i 1992-93 har vist at hardbunnssamfunnene også på ytre deler av Skagerrakkysten nå stort sett må betraktes som restituert etter algeoppblomstringen. I de første årene av undersøkelsen (1988-90) bar samfunnet preg av dramatiske endringer som følge av den akutte dødeligheten hos mange arter og dernest av en serie sekundære effekter - særlig knyttet til blåskjell og dets predatorer. Mer langvarige sekundære effekter av algeoppblomstringen kunne spores fram til vinteren 1991-92, bl.a. i forbindelse med at den høye tettheten av sjøstjerner spredte seg fra det tidligere blåskjellbeltet og nedover langs hele transektet i sublitoralen, men også de store forekomster av ærfugl antas å være en slik sekundær effekt. Samfunnsendringene var imidlertid mindre dramatiske, og bar mer preg av en generell ustabilitet som ikke kunne ha blitt ført tilbake til *Chrysochromulina*-oppblomstringen, hvis ikke forhistorien var så godt dokumentert. I 1992-93 var det derimot ikke lengre mulig å skille eventuelle fortsatte langtidseffekter etter algeoppblomstringen fra andre, naturlige variasjoner i systemet.

Undersøkelsen så langt har gitt oss økt forståelse for prosesser av betydning for strukturering og stabilitet i hardbunnssamfunn, og også hvilke arter som er særlig viktige i denne dynamikken. På eksponerte lokaliteter spiller forhold mellom predatorer og blåskjell en avgjørende rolle, og disse interaksjonene kan føre til mange sekundære effekter etter en forstyrrelse av samfunnet. I fravær av blåskjell vil kraftig bølgeeksponering i de øverste metrene favorisere kortlevde, opportunistiske algearter, med rekeklo som den mest vanlige. Under denne sonen er forholdene mer stabile, og samfunnet domineres av langlevende arter som stortare og nederst av rødalgen fagerving (*Deleseria*). På mer bølgebeskyttede lokaliteter dominerer langlevende brunalger utviklingen i samfunnet, med tang i tidevannssonen og sukkertare i sublitoralen. Disse samfunnene viser mindre utpregete fluktuasjoner både sesongmessig og fra år til år enn det en finner på mer eksponerte lokaliteter. Basert på våre nåværende kunnskaper mener vi at en videre oppfølging av dynamikken i disse hardbunnssamfunnene bør legge mer vekt på å studere hva som er typiske trekk ved dynamikken og strukturen til ulike hardbunnssamfunn, både mht sesongvariasjon og mer uforutsigbare langtidsvariasjoner. Prosesser som på denne måten kan bli belyst, vil ha konsekvenser for vår forståelse av stabiliteten og sårbarheten til systemet og være et viktig grunnlag for en videre økologisk overvåkning av kystområdet. En slik fokusering bør også legge vekt på betydningen av ulike bølgeeksponering. Den markerte forskjellen i utviklingen mellom de mest eksponerte lokalitetene og områder med selv bare svak grad av bølgebeskyttelse (jfr Jomfruland og Oddane skjær kontra Langeboen), viser at små forskjeller i miljøfaktorer kan totalt endre gangen i en suksesjon.

Undersøkelsene etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen har vist hvor viktig det er å kunne sette effekter av miljøforstyrrelser i relasjon til mer normalt forekommende fluktuasjoner i systemet. Kjennskap til slike fluktuasjoner er nødvendig for å kunne tolke signaler om bekymringsfulle miljøforstyrrelser, og for å vurdere når et samfunn kan sies å ha blitt restituert. Det har vært et stort savn at vi ikke hadde data fra tiden før algeoppblomstringen. Det arbeid som nå er nedlagt, gir imidlertid et godt grunnlag for ana-

lysering av fremtidige endringer i systemet, men det bør da rutinemessig foretas årvisse oppfølgende registreringer i utvalgte områder. En slik overvåkning burde kunne begrenses til noen hovedlokaliteter, hvor en konsentrerer seg om utviklingen til hovedkomponentene i systemet, dvs. mengdemessig dominerende arter, og det vi kan definere som nøkkelarter ut fra hvordan de påvirker de dominerende artene. Med visse mellomrom, f.eks. hvert 3. el. 5. år, kunne en så foreta en større registrering med flere stasjoner og med en mer inngående innsamling av hele hardbunnssamfunnet. Disse større undersøkelsene burde kunne ut i en rapport om utviklingen siden forrige tilsvarende undersøkelse, hvor også resultatene fra de begrensede årlige registreringene tas med.

5 Litteratur

- Berge, J.A., Green, N., Rygg, B. & Skulberg, O. 1988. Invasjon av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis* langs Sør-Norge i mai-juni 1988. Akutte virkninger på organismesamfunn langs kysten. Del A. Sammendragsrapport. - NIVA, Overvåkingsrapport nr. 328a/88: 1- 44.
- Christie, H., Leinaas, H.P. & Reppe, B. 1989. Effekter av *Chrysochromulina*-oppblomstringen på bunndyr, med spesiell referanse til potensielle næringsorganismer for ærfugl. - I Oppblomstring av *Chrysochromulina polylepis* 1988. DN Rapport 12 - 1989: 50-53.
- Christie, H., Leinaas, H.P., Rinde, E. & Anstensrud, M. 1991. Hardbunnssamfunn i Skagerrak etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988 - resultater fra 1990. - NINA oppdragsmelding 61: 1- 21.
- Edwardsen, B., Anstensrud, M., Christie, H., Fredriksen, S., Gray, J.S., Leinaas, H.P., Schram, T., Saanum, I. & Winther-Larsen, T. 1988. Rapport fra undersøkelse om effekter på bunnlevende organismer og strandlevende fisk på kyststrekningen Langesund-Tvedestrand etter oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis*. - Rapport, Univ. i Oslo: 1-48.
- Gjøsæter, J. & Johannesen, T. 1989. Effekter av algeoppblomstringen på bunnfauna. - I Oppblomstring av *Chrysochromulina polylepis* 1988. DN Rapport 12 - 1989: 39-40.
- Gray, J.S., Anstensrud, M., Christie, H., Edwardsen, B. & Leinaas, H.P. 1989. Effekter av oppblomstringen på flora og fauna i kystområdet Langesund-Tvedestrand. - I: Oppblomstring av *Chrysochromulina polylepis* 1988. DN Rapport 12 - 1989: 35-37.
- Leinaas, H.P., Christie, H. & Anstensrud, M. 1990. Utviklingen i hardbunnssamfunn langs deler av Skagerrakkysten etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988. Undersøkelser foretatt fram til november 1989. - Upubl. rapport til DN, NINA Østlandsavd.
- Leinaas, H.P., Christie, H. & Rinde, E. 1992. Utviklingen i hardbunnssamfunn på Skagerrakkysten etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen våren 1988 - undersøkelser i 1991. - NINA Oppdragsmelding 160: 1-22.
- Lundälv, T. 1988. Klippbotnar i förändring. - Kust - Hav och Miljö, nr 2: 20-23.
- Rosenberg, R., Lindahl, O. & Blanck, H. 1988. Silent spring in the sea. - *Ambio*, 17(4): 289-290.

264

nina
oppdrags-
melding

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-0450-9

Norsk institutt for
naturforskning
Boks 1037, Blindern
N-0315 Oslo
Tel. 22 85 46 84