



Statlig program for  
forurensningsovervåkning

Rapport 510/93

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

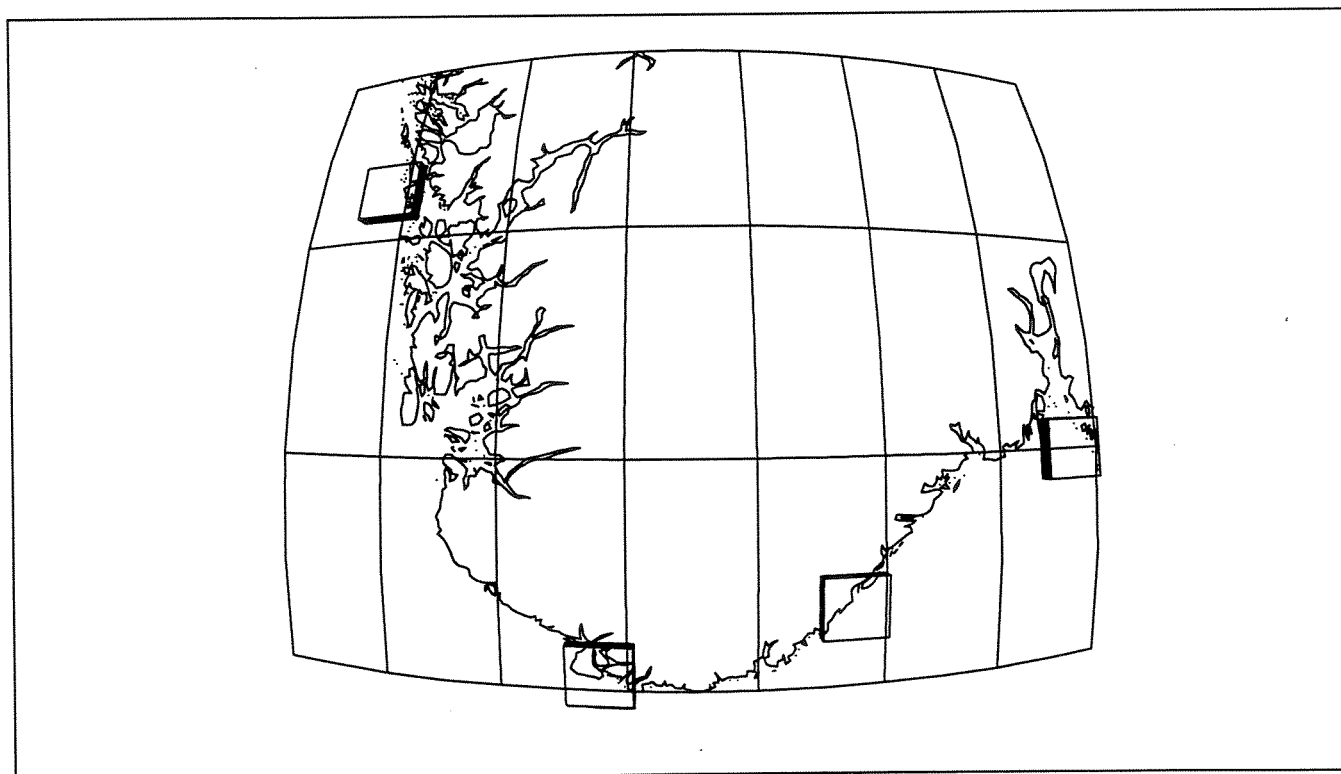
Utførende institusjon

HI, HFF, NIVA

# Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge

Årsrapport 1991 og  
Samlerapport 1990-1991

TA-914/1993



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET  
MILJØ – RESSURSER – HAVBRUK  
SENTER FOR MARINT MILJØ  
FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIKEN

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-90063	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2827	

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47 2) 18 51 00	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 32 56 40	Telefon (47 83) 85 280
Telefax (47 2) 18 52 00	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 76 653	Telefax (47 5) 32 88 33	Telefax (47 83) 80 509

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og Samlerapport 1990-91.	11. januar 1993	
(Overvåkingsrapport 510/93). TA 914/1993.	Faggruppe:	
	Eutrofi marin	
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Jan Aure, HI Einar Dahl, HI Norman Green Jan Magnusson	Sør-Norge	
	Antall sider:	Opplag:
	100	160

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking)	

**Ekstrakt:** Det var en øst-vest gradient i bløtbunnfaunaen. Faunaen vest for Farsund inneholdt til dels andre arter og var gjennomgående mer artsrik enn faunaen øst for Farsund. I selve Norskerenna strakte den vesttypiske faunaen seg lenger østover enn i området mellom Norskerenna og kysten. Øst-vest gradienten i artsmangfold kan delvis skyldes mindre organisk belastning og sedimentering i vestlige områder, men også zoogeografiske faktorer (bedre rekrutteringsmuligheter for atlantiske arter) kan bidra til det økte artsmangfoldet vestover. Faunabildet som ble funnet i 1991 samsvarte i store trekk med det som ble funnet i 1990. Forekomsten av alger og dyr på hardbunn var tilnærmet normal. Det var en økning i artsantallet sammenlignet med 1988-90, da virkningene av giftalgen *Chrysochromulina* fremdeles var tydelige. Artssammensetningen fordelte stasjonene i to geografiske grupper: Øst for Kristiansand og vest for Kristiansand. Antall brunalgearter var høyere på vestlandet. Lavest overflatesaltholdighet og høyest nitrogenkonsentrasjon hadde stasjonen innenfor Jomfruland. Fosfor økte noe vestover (med økende saltholdighet). Tendensen for nitrogen var omvendt. En kortvarig økning i nærings saltene ble observert i april 1991.

4 emneord, norske

1. Langtidsovervåking
2. Trofiutvikling
3. Norskekysten
4. Hydrografi/hydrokjemi
5. Hardbunnsamfunn
6. Bløtbunnfauna
7. Sedimenter

4 emneord, engelske

1. Long-time monitoring
2. Eutrophication
3. Norwegian coast
4. Hydrography/hydrochemistry
5. Hard-bottom community
6. Soft-bottom fauna
7. Sediments

Prosjektleder  
Brage Rygg





For administrasjonen  
Torgeir Bakke





# Statlig program for forurensningsovervåking

O-90063

## Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge

### Årsrapport 1991 og Samlerapport 1990-91

Prosjektleder: Brage Rygg  
Medarbeidere: Jan Aure, HI  
Roy Beba  
Einar Dahl, HFF  
Unni Efraimsen  
Bodil Ekstrøm  
Norman Green  
Frank Kjellberg  
Jan Magnusson  
Frithjof Moy  
Are Pedersen  
Randi Romstad  
Pirkko Rygg  
Mats Walday



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET  
MILJØ – RESSURSER – HAVBRUK  
SENTER FOR MARINT MILJØ  
FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIKEN

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

## FORORD

Statens forurensningstilsyn (SFT) ba i 1989 NIVA om å utarbeide "Kystovervåkingsprogrammet", et program for langtidsovervåking av trofiutviklingen langs kysten av Sør-Norge (Pedersen og Rygg 1990; Aure, Dahl og Magnusson 1990). Feltarbeidet startet våren 1990 med hydrokjemiske og biologiske undersøkelser. I den hydrokjemiske delen av programmet deltar også Havforskningsinstituttet i Bergen (HI) og Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen HFF). NIVA har hovedansvar for gjennomføring av prosjektet inklusiv utarbeidelse av årlige rapporter. Hvert femte år lages en samlerapport med grundigere vurdering av resultatene fra hele den forutgående overvåkingsperioden. Undersøkelsene skal gjentas hvert år i en periode på 10 år eller lengre for å se på langtidstendenser. Forlengelse ut over 10 år blir vurdert underveis. Programmet skal vurderes jevnlig av en eksten faggruppe. Undersøkelsene er koordinert med andre norske programmer bl.a. innenfor North Sea Task Force og Joint Monitoring Group.

Resultatene fra 1990-1991 for de tre delprosjektene (bløtbunnfauna, hardbunnsamfunn og hydrografi/hydrokjemi) presenteres samlet i foreliggende årsrapport.

Også North Sea Task Force gjennomførte bløtbunnfaunaundersøkelser i 1990 i Skagerrak og Nordsjøen ved Havforskningsinstituttets tokt med "Eldjarn" (i april) og "G.O.Sars" (i mai). Resultatene skal være et bidrag til neste "Quality Status Report" for Nordsjøen. Resultatene fra mange av stasjonene innenfor Kystovervåkingsprogrammet er også relevante for NSTF-programmets formål. Enkelte av stasjonene i 1991 er tatt spesielt for NSTFs behov og er finansiert over SFTs bevilgning til NSTF-programmet.

Datarapporter utgis årlig. Primærdataene er lagret i databaser på NIVA.

For innsamling av vannprøver fra Færder og Jomfruland ble Redningsselskapets båter "Adeler" og "N.Bergesen" brukt, i enkelte tilfeller også kystoppsynets fartøy "Hugin". Ved Arendal ble forskningsfartøyet "G.M.Dannevig" brukt, bortsett fra i mars-april da leiefartøy måtte benyttes. Ved Lista ble "Brekne" benyttet. Feltarbeidet ble utført av Johan Ahlfors, Unni Efraimsen og Frank Kjellberg ved NIVA og Evy deJong og Terje Jåvold ved Flødevigen. Hans Heimvoll (Lista) gjennomførte feltarbeidet ved Lista. Planteplanktonanalysene er gjort av Gunnar Larsen, Moss. Håvard Hovin har hatt hovedansvaret for tolkning av resultatene fra parallellanalysene mellom NIVA og Flødevigen.

Toktfartøy på bløtbunn- og hardbunnstoktene i 1991 var "Siddisgirl". Deltakere fra NIVA på bløtbunnstoktet var Unni Efraimsen og Frank Kjellberg. Unni Efraimsen, Bodil Ekstrøm, Randi Romstad, Pirkko Rygg og Brage Rygg opparbeidet prøvene etter at de kom inn til laboratoriet. Roy Beba analyserte innholdet av organisk karbon og nitrogen i sedimentet. Deltakere på hardbunnstoktet var Norman Green, Frithjof Moy, Are Pedersen og Mats Walday.

Alle takkes for innsatsen.



<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b>	<b>Side</b>
FORORD	2
SAMMENDRAG	5
BLØTBUNN	5
HARDBUNN	6
Alger	6
Dyr	6
HYDROGRAFI/HYDROKJEMI/PLANTEPLANKTON	6
1. BAKGRUNN OG FORMÅL	9
2. BLØTBUNN	10
2.1. MATERIALE OG METODER	10
2.1.1. Stasjonsvalg	10
2.1.2. Metodikk	11
2.2. RESULTATER - SEDIMENTER	13
2.3. RESULTATER - BLØTBUNNFAUNA	16
2.3.1. Faunaens artssammensetning	16
2.3.2. Likhetsanalyser	22
2.3.3. Artsmangfold - individtetthet - biomasse	25
3. HARDBUNN	30
3.1 MATERIALE OG METODER	30
3.2 FORELØPIGE RESULTATER FRA 1990 OG 1991	31
3.2.1 Alger	32
3.2.2 Tareskogundersøkelser	35
3.2.3 Ruteundersøkelser - alger	36
3.2.4 Utvikling fra 1988 til 1991	38
3.2.5 Dyr	39
3.2.6 Ruteundersøkelser - dyr	42
3.2.7 Multivariate analyser	43
3.2.8 Sammenheng mellom trofigrad og tilstanden hos hardbunnssamfunnene	45
4. HYDROGRAFI/HYDROKJEMI/PLANTEPLANKTON	46
4.1 INNLEDNING	46
4.2 GJENNOMFØRING	46
4.3 METEOROLOGI OG FERSKVANNSTILFØRSEL	50
4.4 HYDROGRAFI	56
4.4.1 Færder-Jomfruland	56
4.4.2 Arendal st 2	59
4.4.3 Lista	59
4.5 HYDROKJEMI	64
4.5.1 Generell utvikling i 1991	64
4.5.2 Hydrokjemiske forskjeller i ulike vannmasser og mellom stasjonene i 1991	64
4.5.3 Brakkvann	71
4.5.4 Skagerrak-kystvann	72
4.5.5 Skagerrakvann-øvre	74

4.5.6 Skagerrakvann-nedre	76
4.5.7 Atlantisk vann	77
4.5.8 Sammenligning av enkelte variable på de ulike stasjoner i 0-30 m dyp	77
4.5.9 Sammenfatning	83
4.6 PLANTEPLANKTON	84
4.6.1 Innledning	84
4.6.2 Materiale og metoder	84
4.6.3 Klorofyllobservasjoner	85
4.6.4 Siktedyp	88
4.6.5 Planteplankton	88
5. HENVISNINGER	94
VEDLEGG A Posisjoner og dyp for prøvetakingen med grabb på bløtbunn i 1990-1991	96
VEDLEGG B: Middelerdi, medianverdi og standardavvik for middelerdi, samt antall observasjoner av hydrokjemiske variable for Brakkvann, Skagerrak-kystvann, Skagerrakvann-øvre, Skagerrakvann-nedre og Atlantisk vann på Færder, Jomfruland, Arendal st 2, Arendal st 3 og Lista 1991	97

## SAMMENDRAG

Kystovervåkingsprogrammet skal gi oversikt over næringssaltinnholdet og virkninger av næringssalttilførslene (trofistilstanden) i kystvannet mellom svenskegrensa og Vestlandet, samt avdekke mulig langtidsutvikling i området.

Senere års forskningsresultater kan tyde på økende virkninger av næringssalttilførsler (eutrofiering) i Kattegat og østlige Skagerrak. Bunnfaunabiomassen har økt, og det har vært oksygensvikt i stadig større områder. Det er viktig å overvåke denne utviklingen, og registrere om den er i ferd med å bre seg lenger vestover. Hvis store geografiske områder berøres, kan selv en liten tilstandsforverring representere en stor påvirkning som kan bli vanskelig å snu. Regional forurensningsutvikling krever å bli oppdaget på et tidlig tidspunkt. Små endringer må kunne påvises, slik at årsaker og kilder kan finnes og tiltak utredes og iverksettes innen utviklingen har gått for langt.

Et utvalg av lokaliteter overvåkes for å kartlegge utviklingen. Disse antas å være representative for utviklingen i større regioner og forskjellige områdetyper. Hovedvekten legges på påvisning av endringer over tid. Dette krever strengt sammenlignbare undersøkelser fra år til år.

Undersøkelsene i 1990 og 1991 representerer de første trinn i en langtidsovervåking. Eventuelle trender kan først påvises etter flere års undersøkelser.

## BLØTBUNN

Faunaen vest for Farsund inneholdt til dels andre arter og var gjennomgående mer artsrik enn faunaen øst for Farsund. Dette tyder på en øst-vest gradient. Den kan delvis skyldes mindre organisk belastning og sedimentering i vestlige områder, men også zoogeografiske faktorer (bedre rekrutteringsmuligheter for atlantiske arter) kan bidra til det økte artsmangfoldet vestover. I selve Norskerenna strakte den vesttypiske faunaen seg lenger østover enn i området mellom Norskerenna og kysten.

Artsmangfoldet var generelt lavere på de dypere stasjonene i det østlige Skagerrak og på innaskjærs stasjoner enn ellers i undersøkelsesområdet. Markert dominans av noen få næringselskende arter på de dype stasjonene i østre Skagerrak tyder på at næringstilgangen er større her, trolig som følge av en større sedimentasjon av organiske partikler. Den spesielt høye individtettheten og det lave artsmangfoldet på stasjonen på 350 m dyp på stasjonssnittet utenfor Arendal i forhold til de innenforliggende stasjonene på 100 og 200 m og den utenforliggende stasjon på 400 m er bemerkelsesverdig. Det høye individantallet kan skyldes større primærproduksjon og/eller spesielle hydrofysiske forhold som medfører større sedimentasjon i området der 350 m stasjonen ligger. Høy individtetthet og lavt artsmangfold fantes også på stasjonen på 360 m dyp i ytre Oslofjord.

Artsmangfoldet var generelt sett høyere på lokaliteter der sedimentet hadde innslag av grovere materiale (sand) enn på lokaliteter med bare fint sediment (silt og leire).

Faunabildet som ble funnet i 1991 samsvarte i store trekk med det som ble funnet i 1990.

## HARDBUNN

Undersøkelser av fastsittende organismer på grunt vann (ned til ca. 30m dyp), ble foretatt på ialt 27 stasjoner i 1990 og på 20 stasjoner i 1991. Toktene foregikk i tidsrommet 14. mai - 9. juni 1990 og 24. mai - 15. juni i 1991.

### Alger

Antall algearter har økt betraktlig siden *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988 påførte algevegetasjonen store skader. Etter oppblomstringen var artsantallet redusert til 50. Den prosentvise årlige tilveksten av nye arter siden 1988 har avtatt betydelig for siste år (1990-1991). Dette indikerer at algesamfunnene på ytre kyst av den utsatte delen av kysten nå etter 3 år, nærmer seg en "naturlig" tilstand.

Det ble ialt funnet 126 algearter på de undersøkte stasjonene i 1991. Det var en liten økning (ca. 10%) i forhold til hva som ble funnet i 1990. Det totale antall arter hadde økt på samtlige stasjoner, unntatt på en stasjon ved Sandefjord. Økningen i artsantall var minst i Sandefjord-Jomfrulandområdet og størst utenfor Arendal, Egersund og Stavanger.

### Dyr

De foreløpige vurderinger av 1991-resultatene indikerer at tilstanden på de enkelte stasjonene er tilnærmet normale. Dette er basert på endringer i forekomst av blåskjell, trekantmark, korstroll og purpursnegl siden 1988, samt erfaringer fra andre undersøkelser. Det understrekes behov for videre bearbeiding av datamateriale fra 1988-91 for å bekrefte denne tilstanden, og videre undersøkelser for å bekrefte eventuell stabilitet.

## HYDROGRAFI/HYDROKJEMI/PLANTEPLANKTON

Den relativt varme vinteren 1990-91 medførte temperaturer tildels betydelig over det normale i de øverste 20 metrene i vannmassen langs hele kysten, men også de dypere liggende vannmassene hadde temperaturer noe over det normale.

Ekstremt lav ferskvannstilførsel i mai-juni 1991 (Glomma) og mai-august (Otra) kan ha bidratt til høyere saltholdighet i overflatelaget i perioden, spesielt hvis de to elvene beskriver en generell situasjon for ferskvannstilførselen i Sørskandinavia.

Saltholdigheten i vannmassene bestemmes i hovedsak av meteorologiske forhold (vind, ferskvannstilførsler). Vannmassene i Skagerrak er inndelt i fire vanntyper: Skagerrak-kystvann (25-32 PSU<sup>1</sup>), Skagerakkvann-øvre (32-34.5 PSU), Skagerrakvann-nedre (34.5-35 PSU) og Atlantisk vann (>35.0 PSU). Skagerrak-kystvann består hovedsakelig av en blanding av Østersjøvann og lokalt elvevann fra sørlige deler av Nordsjøen. Skagerrakvann-øvre har sin opprinnelse i sørlige deler av Nordsjøen, tildels med innblanding av ferskvann fra Østersjøen og lokal ferskvannsavrenning. Skagerrakvann-nedre består hovedsakelig av vann fra de mer sentrale deler av Nordsjøen. Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet og nordlige Nordsjøen og lagrer seg inn under det lettere Skagerrakvannet.

---

<sup>1</sup> PSU= Practical salinity unit, i praksis identisk med promille saltholdighet.

I 1991 bidro de dominerende sørvestlige vinder til en oppstuvning av Skagerrakvann langs kysten etter mai måned, særlig om høsten. Ved Færder, Jomfruland og Arendal dominerte Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann øvre fra mai til desember, men det var perioder med oppstrømning i februar/mars og i mai. Ved Lista ble det registrert fire oppstrømningsperioder (februar, mai, september og desember). Utenom oppstrømningsperiodene var det en mer eller mindre stabil transport av Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann til Sørvestlandet.

Atlantisk vann ble registrert dypere enn 100 meter ved Færder, og dypere enn 100-150 meter ved Arendal st 3 og Lista.

Konsentrasjonen av de løste nærings saltene (fosfat, nitritt+nitrat og silikat) varierte over året i Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann-øvre med de høyeste konsentrasjoner i januar 1991. Vår-oppblomstringen i februar tappet disse vannmassene for nærings saltene. Unntatt en midlertidig økning i begynnelsen av april var konsentrasjonene lave i sommerhalvåret og økte igjen i oktober 1991. Den midlertidige økningen i april var mest markert i Skagerrakvann-øvre og er sannsynligvis hovedsakelig en horisontal transport av næringsrikt vann fra sørlige deler av Nordsjøen.

I de dypere liggende vannmassene var årsvariasjonen av de løste nærings saltene mindre med en noe avtakende konsentrasjon spesielt i Skagerrakvann-nedre utover sommer og høst. De avtakende konsentrasjonene i disse vannmassene er sannsynligvis en effekt av planteplanktonoppblomstringer i Nordsjøen som delvis tappet vannet for nærings salter.

Det var påvisbare forskjeller i årsmiddelverdi for enkelte hydrokjemiske variable mellom de ulike stasjonene. Forskjellen var størst for Skagerrakvann-nedre, hvor også årsvariasjonen og dermed variansen var relativt liten. Stasjonene Færder og Jomfruland viste liten forskjell, og det samme var situasjonen for Arendalstasjonene, mens Lista skilte seg mest fra de øvrige stasjonene. Stasjonen innenfor Jomfruland, Jomfrulandsrennen, hadde lavere midlere overflatesaltholdighet og høyere totalnitrogenkonsentrasjoner enn øvrige nærliggende stasjoner, hvilket sannsynligvis er en effekt av nitrogenrikt overflatevann fra Frierfjordområdet. Den tydeligste forskjellen mellom stasjonene fremkom for totalfosfor og tildels totalnitrogen, mens de løste nærings saltene og partikulært materiale kun unntaksvis ga signifikante forskjeller mellom stasjonene for de ulike vannmassene. Årsaken til forskjellene er det for tidlig å kommentere.

En analyse av de ulike variable i 0-30 meters dyp på de ulike stasjonene gjennom året viste en økende midlere saltholdighet fra Færder til Lista. Den midlere konsentrasjonen av totalfosfor økte noe langs kyststrekningen, dvs. en tendens til økende fosforkonsentrasjoner med økende saltholdighet. Tendensen for totalnitrogenkonsentrasjonene var omvendt, avtakende konsentrasjoner med økende saltholdighet langs kysten. Arendal st 3 var imidlertid et unntak, med høyere nitrogenkonsentrasjon i forhold til saltholdigheten. Ved Færder og Jomfruland var det markert høyere middelkonsentrasjoner av partikulært organisk materiale enn ved Arendalstasjonene.

Midlere siktedyp varierte fra ca. 10 meter ved Færder til ca. 8.5 meter ved Lista. En liknende variasjon viste konsentrasjonen av totalt suspendert materiale (gjennomsnitt 0-30 meters dyp), med lavere konsentrasjoner ved Færder og Jomfruland enn ved Arendalsstasjonene.

Planteplanktonbiomassen, målt som klorofyll *a*, i 1990 og 1991 var på årsbasis forholdsvis liten. Den eneste perioden med noe særlig mengde alger i sjøen var i august måned 1990 (oppblomstring av *Gyrodinium aureolum*), samt en mindre oppblomstring av samme art i september 1991.

Planteplanktonsituasjonen i 1990 og 1991 var karakterisert av manglende våroppblomstring av kiselalger i 1990 og liten og tidlig våroppblomstring i 1991. Kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* var meget vanlig i mai-desember 1990 og i sommerhalvåret 1991. I 1990 var det en større oppblomstring av dinoflagellaten *Gyrodinium aureolum*. Største celledetall ble observert ved Arendal (2.000.000

celler/liter). Enkelte steder langs kysten ble det registrert betydelig større konsentrasjoner (20.000.000 celler/l ved Flekkefjord) samtidig med fiskedød i oppdrettsanlegg for laks. Også i Ytre Oslofjord ble det konstatert fiskedød (villfisk) samtidig med store forekomster av algen. Planteplankton av *Chrysochromulina*-slekten ble registrert i slutten av april 1990 til slutten av juli ved Flødevigen (Arendal) med konsentrasjoner ved et par anledninger på mer enn 1.000.000 celler/l. I 1991 ble den igjen registrert i perioden mai-juni, men var også rikelig tilstede i august og september. Vanlige konsentrasjoner gjennom sesongen var fra ca. 100.000 til 1.000.000 celler/l.

En mulig forklaring til den lave planteplanktonbiomassen i mai-august 1991 kan være den ekstremt lave ferskvannstilførslen (mindre næringssalttilførsler), som skulle innebære en mindre transport av nitrogen til kystvannet enn normalt, spesielt hvis situasjonen i Sør-Norge er representativ for den øvrige ferskvannstilførsel til Kattegatt og Skagerrak. Den noe høyere saltholdigheten i 1991 kan tyde på dette. Imidlertid kan også andre faktorer ha betydning, som tidspunkt og størrelse av horisontale transporter fra næringsrike områder som Østersjøen og søndre deler av Nordsjøen, samt vannmassenes stabilitet.

Overvåkingsprogrammet i 1991 har vist at en observasjonsfrekvens på ca. hver 14. dag er nødvendig for å kunne påvise de meget raske variasjonene i kystvannet. Dette går klart frem aprilsituasjonen, hvor en kortvarig økning i næringssaltkonsentrasjonen i overflatelaget ble registrert. Den næringsrike vannmassen kom sannsynligvis fra søndre Nordsjøen. Imidlertid er effekten av slike episoder på de norske fjordene innenfor kyststrømmen lite kjent. Vil det langtransporterte næringsrike vannet strømme inn i fjordene og øke planktonproduksjonen og oksygenforbruket? For å kunne klarlegge dette er det nødvendig med hyppige observasjoner i en fjord på Sørlandet som ikke har noen større lokal belastning. Dette burde innføres i programmet.

# 1. BAKGRUNN OG FORMÅL

Kystovervåkingsprogrammet skal gi oversikt over næringssaltinnholdet og virkninger av næringssalttilførslene (trofitilstanden) i vannmassene og på bløt- og hardbunn i kystvannet mellom svenskegrensa og Vestlandet, samt avdekke mulig langtidsutvikling i området.

Senere års forskningsresultater tyder på økt forurensning og til dels kritiske tilstander på lokaliteter i Kattegat og sydlige del av Nordsjøen (Naturvårdsverket 1988; Duursma *et al.* 1988; Rosenberg *et al.* 1990; Baden *et al.* 1990; Rydberg *et al.* 1990; Enoksson *et al.* 1990). Begge områder viser symptomer på eutrofiering. Konsentrasjonen av nitrogen har økt, planktonsamfunnene har fått et sterkere innslag av flagellater, bunnfaunabiomassen har økt i visse områder, og det har vært oksygensvikt på tidligere produktive lokaliteter. I løpet av det siste tiåret har også økt biomasse og redusert oksygen i østlige Skagerrak fått stor oppmerksomhet (Josefson og Smith 1984; Rosenberg 1985; Pearson *et al.* 1986, Pihl Baden 1986; Josefson 1987; Rosenberg *et al.* 1987; Josefson 1988; Baalsrud og Magnusson 1989; Josefson 1990; Pedersen *et al.* 1990). Oppblomstringene av giftige alger har aktualisert problemstillingen omkring virkninger av næringsalter ytterligere. Et høyt N:P-forhold synes å kunne stimulere giftproduksjon hos enkelte arter.

Tilstanden viser den samlede virkning av tidligere og nåværende forurensningstilførsler. Kumulative virkninger av vedvarende tilførsler av næringsstoffer kan føre til at eutrofigraden øker i tidens løp, selv om tilførselen ikke øker. Det avgjørende er om tilførselen av næring til økosystemet er større enn eksporten. For Østersjøen har Wulff *et al.* (1990) beregnet at fosforkonsentrasjonen ville fordobles fra 1975 til år 2000, selv ved uendrede årlige tilførsler fra 1975 til år 2000.

Det er nødvendig med en omfattende overvåking for å kunne følge med i utviklingen. Hvis store geografiske områder berøres, kan selv en liten økning i forurensningsgrad representere en påvirkning som er vanskelig å snu. Regional forurensningsutvikling krever derfor å bli oppdaget på et tidlig tidspunkt. Små endringer må kunne påvises, slik at kilder og årsaker kan finnes og tiltak utredes og iverksettes innen utviklingen har gått for langt. Et utvalg av lokaliteter overvåkes for å kartlegge utviklingen. Disse antas å være representative for utviklingen i større regioner og forskjellige områdetyper.

I dette overvåkingsprogrammet for Skagerrak er det lagt stor vekt på at undersøkelsene skal være direkte sammenlignbare med overvåkingen i tilgrensende områder. Mest aktuelle er programmene som går i Kattegat, men det er også tatt hensyn til virksomhet i sydlige del av Nordsjøen. God koordinering bidrar til at utviklingen i større deler av Nordsjøen kan beskrives og sammenlignes. Undersøkelsene koordineres med bl.a. North Sea Task Force og Joint Monitoring Group.

## 2. BLØTBUNN

### 2.1. MATERIALE OG METODER

#### 2.1.1. Stasjonsvalg

Undersøkelsesområdet omfatter kyststrekningen mellom svenskegrensen og Bergen. På kyststrekningen er det valgt fire adskilte områder (A-D nedenfor) hvor det gjøres særlig intensive undersøkelser med tettere stasjonsnett og hyppigere biologisk prøvetaking. På mellomliggende stasjoner benyttes det en sjeldnere overvåkingsfrekvens. I hvert av de fire "intensivområdene" prøvetas 3-5 faste stasjoner hvert år. I tillegg er det valgt 12 "mellomstasjoner" på andre lokaliteter på kyststrekningen (U-Z nedenfor). Mellomstasjonene prøvetas hvert femte år i en turnus med to-tre stasjoner hvert år. Det blir da prøvetatt omtrent samme antall stasjoner (ca. 20) hvert år.

Stasjonene er kodet med en bokstav, alfabetisk etter område i øst-vest retning. Stasjonene i intensivområdene er gitt bokstaver tidlig i alfabetet (A-D). Mellomstasjonene er gitt bokstaver sent i alfabetet (U-Z). Tallet bak kodebokstaven angir omtrentlig bunn dyp i meter.

Stasjonsoversikt for intensivområdene (A-D):

(A) Hvaler - Langesund:	A50, A100, A200, A360, A460
(B) Tromøy - Lillesand:	B50, B100, B190, B200, B350
(C) Farsund- Flekkefjord:	C70, C120, C160, C220, C380
(D) Austvoll - Fedje:	D150, D200, D300

Mellomstasjoner (U-Z):

(U) Kragerø:	U70, U100
(V) Lyngør:	V100, V350
(W) Kvåsefjord og Lillesand:	W50, W100
(X) Ny Hellesund:	X100, X350
(Y) Egersund:	Y100, Y320
(Z) Røvær:	Z135, Z200

Kriteriene for valg av stasjoner er nærmere beskrevet i programmet for undersøkelsene (Pedersen og Rygg 1990). Det ble gjort innsamling på 21 stasjoner i mai 1990 og 23 stasjoner i mai 1991. 19 av stasjonene fra 1990 ble også undersøkt i 1991, mens fire er nye. De nye er B400, Y100, Y320 og Z260. B400 var en forlengelse av stasjonssnittet ut fra Tromøy-Lillesand for å se om det individrike faunasamfunnet på B350 strakte seg lengre ut i Skagerrak. Z260 ble undersøkt for å komplettere undersøkelsene innenfor North Sea Task Force. B400 og Z260 inngår ikke i rutinedelen av kystovervåkingsprogrammet. Lavere bevilgninger til kystovervåkingen i 1992 medførte at to av hovedstasjonene (A200 og C70) måtte tas ut av programmet. Det har vært vanskelig å få gode prøver fra disse to stasjonene.

Stasjonskartet for 1990-91 er vist på Figur 1. Posisjoner og dyp er vist i Tabell I i Vedlegg.



## 2.1.2. Metodikk

På hver stasjon tas 4 parallelle prøver med en 0.1 m<sup>2</sup> Day-grabb. Prøvene siles gjennom 1.0 mm siler, fikseres i 4% nøytralisert formalin og overføres senere til 70% etanol. Dyrene sorteres ut, artsbestemmes og telles. Det bestemmes parametre som individtetthet, artsmangfold m.m. for hver enkelt grabb og for stasjonen samlet. Det foretas en analyse av graden av likhet i faunaen mellom de enkelte stasjonene og mellom samme stasjon i forskjellige år.

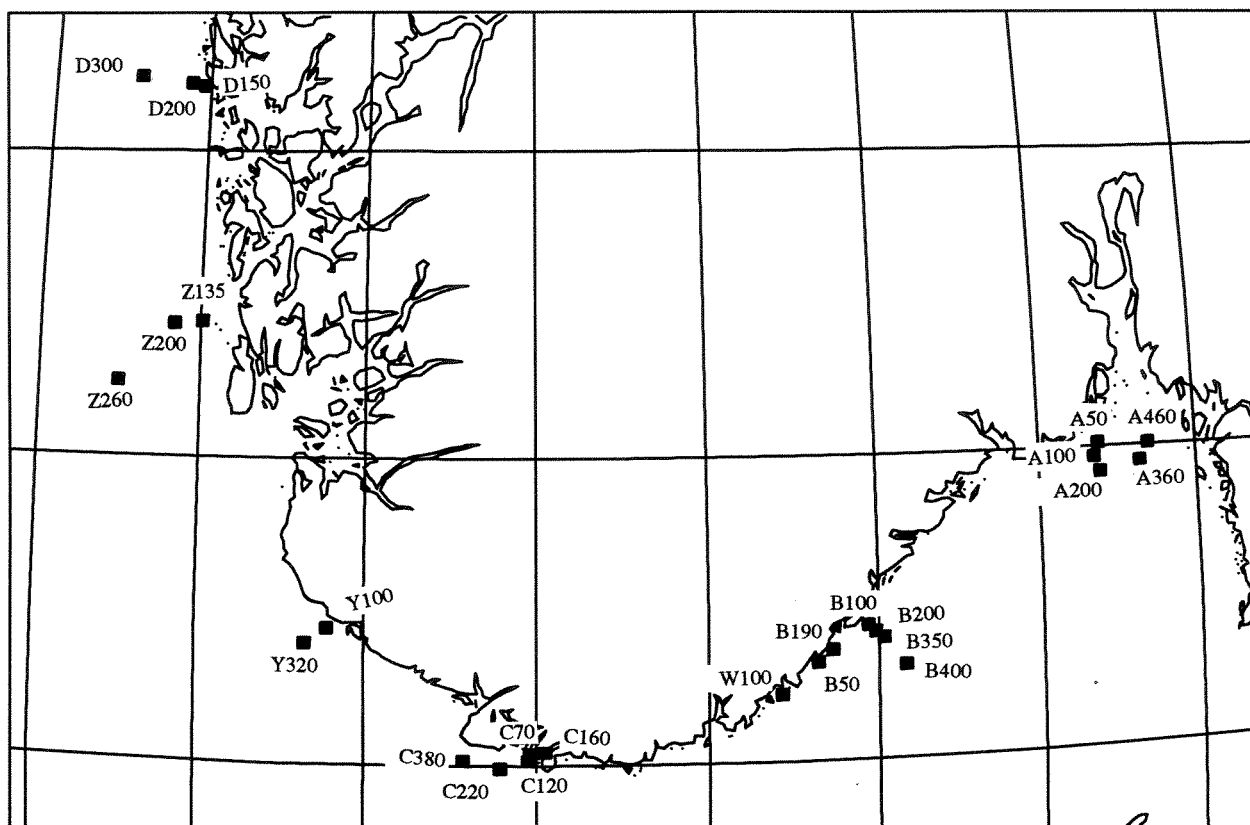
Artsmangfold er beregnet ved indeksen H (Shannon og Weaver 1963) og ved forventet antall arter pr. 100 individer ( $ES_{100}$ ) (Hurlbert 1971).

Det er gjort en analyse av graden av likhet i faunaen mellom de enkelte prøvene. Likhetsanalysene er utført ved å beregne likhetsindeks (Bray-Curtis indeks) (Clifford & Stephenson 1975) for alle par av stasjoner og stasjoner/år. Deretter er stasjonene gruppert ved clusteranalyse for å få fram grupper med høy indre likhet. Resultatene er presentert i dendrogram. Tilsvarende analyser er også foretatt ved "multidimensional scaling" (MDS-analyse), som presenterer resultatene i ordinasjonsplott. For å unngå at for mye vekt legges på arter med høye individantall, ble det regnet om til fjerde rot av de opprinnelige individantallene før likhetsindeksen ble beregnet. Framgangsmåten ved likhetsanalysene følger anbefalinger gitt av Clarke (1991).

Sedimentanalyser utføres og brukes som støtteparametre ved tolkningen av faunaresultatene. Kornfordeling (som andel <63 µm) og konsentrasjon av organisk karbon og nitrogen i "bulk" (ikke siktet) prøve bestemmes. Sedimentfraksjonen <63µm bestemmes ved våtsikting. Organisk karbon og nitrogen analyseres med CHN-elementanalysator etter at uorganiske karbonater er fjernet med saltsyre.

Biomassemålinger av hver enkelt art er gjort på prøvene fra 100 og 350m dyp i hvert av intensivområdene. Dyrene veies etter først å ha ligget i 70% etanol i noen uker eller mer. Væske utenpå dyrenes overflate fordampes før veiing. Rør fjernes fra rørbyggende børstemark. Sjøpinnsvin punkteres for å få ut væsken.

Biomassemålingene tas ut av programmet fra og med 1992 pga. lavere bevilgninger enn antatt og fordi presisjonen i denne parameteren ikke er tilfredsstillende.



Figur 1. Kart over bløtbunnfaunastasjonene som ble undersøkt i mai 1990 og mai 1991. Prøver fra stasjonene Z135 og Z200 ble tatt bare i 1990; B400, Y100, Y320 og Z260 bare i 1991. Øvrige stasjoner ble tatt begge år. Posisjoner og dyp er vist i Tabell I i Vedlegg.

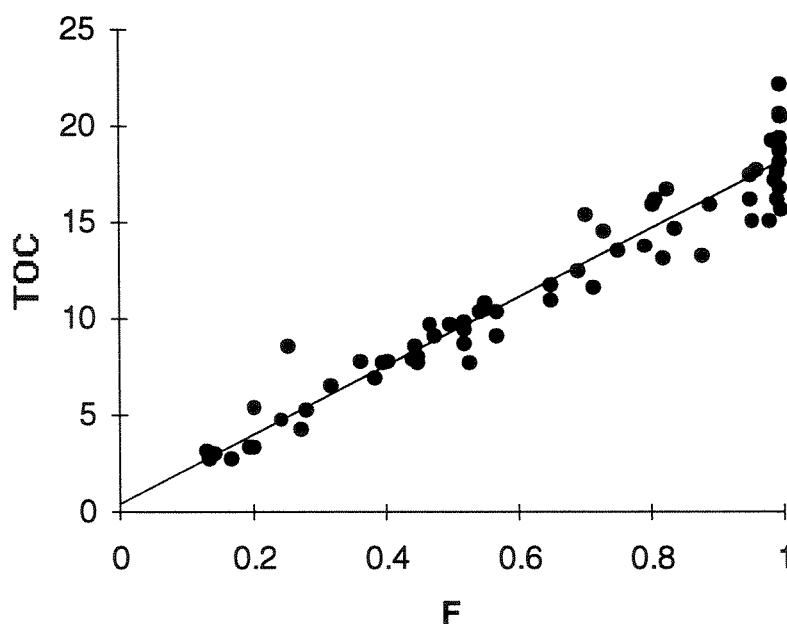
## 2.2. RESULTATER - SEDIMENTER

Innholdet av total organisk karbon i sedimentet er sterkt korrelert med sedimentets kornstørrelse, uttrykt som andelen av finpartikler (partikler med mindre diameter enn 63  $\mu\text{m}$ ) (Figur 2).

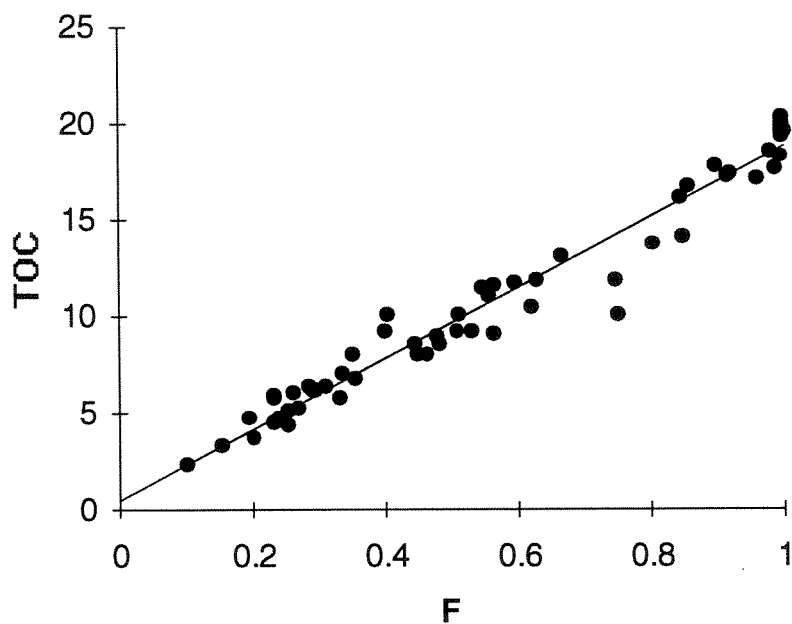
Regresjonsligning basert på resultatene i 1991 fra de 68 grabbprøvene fra 17 utaskjærs stasjoner med bunndyp på 100 m eller mer ble beregnet:  $\text{TOC} = 17.81F + 0.42$ . Tilsvarende dataanalyse av resultatene fra 1990 (60 grabbprøver fra 15 utaskjærs stasjoner) ga et svært likt resultat:  $\text{TOC} = 18.35F + 0.48$  (Figur 3). Resultatene fra 1990 og 1991 ble slått sammen og ny regresjonsligning basert på de 128 prøvene beregnet:  $\text{TOC} = 18.0F + 0.48$  (Figur 4). De målte TOC-verdiene i bulk prøve ( $\text{TOC}_{\text{bulk}}$ ) kunne deretter korrigeres til et forventet TOC-innhold ( $\text{TOC}_{63}$ ) hvis alt sediment i prøven hadde vært finere enn 63  $\mu\text{m}$ :  $\text{TOC}_{63} = \text{TOC}_{\text{bulk}} + 18.0(1-F)$ . Dette ble gjort for å oppnå en objektiv sammenligning av mengden TOC på de forskjellige stasjonene.

De resterende seks stasjonene var innaskjærs stasjoner og/eller lå på grunnere dyp enn 100 m. Disse viste avvikende forhold mellom TOC-innhold og finpartikler og ble derfor ikke tatt med i regresjonsanalysen. Ut fra sedimentets innhold av finpartikler var TOC-verdiene lavere enn forventet på stasjon A50 i ytre Oslofjord, men høyere enn forventet på stasjon B50, B190, C70, C160 og W100 (grunne og/eller innaskjærs stasjoner på strekningen Arendal-Farsund).

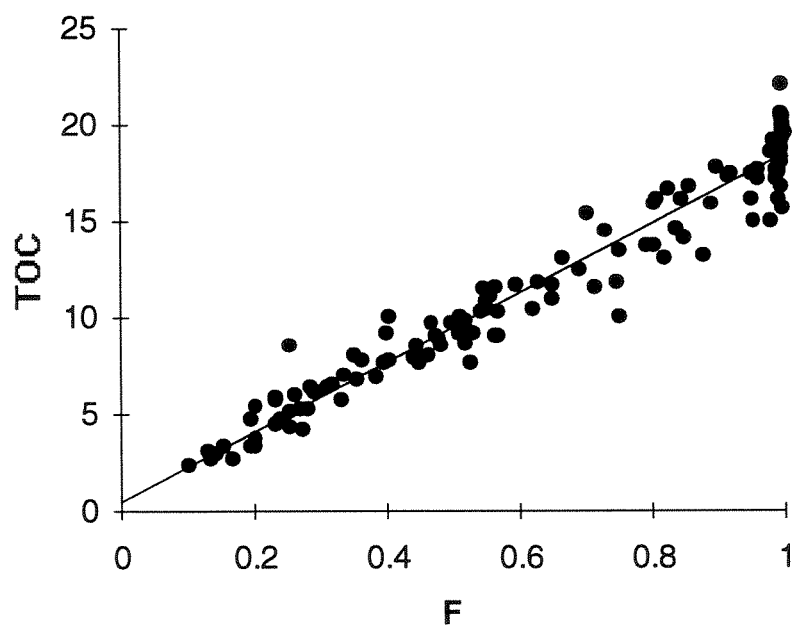
Tabell 1 viser de gjennomsnittlige verdier for sedimentparametrene på hver stasjon i 1990 og 1991.



Figur 2. Plot av TOC (mg/g) i bulk prøve mot sedimentfraksjon  $<63\mu\text{m}$  (F) for 68 sedimentprøver fra utaskjærs stasjoner i dypintervall 100-460m i 1991.  $\text{TOC} = 17.81F + 0.42$ .



Figur 3. Plot av TOC (mg/g) i bulk prøve mot sedimentfraksjon  $<63\mu\text{m}$  (F) for 60 sedimentprøver fra utaskjærs stasjoner i dypintervall 100-460m i 1990.  $\text{TOC} = 18.35F + 0.48$ . (Rygg 1991)



Figur 4. Plot av TOC (mg/g) i bulk prøve mot sedimentfraksjon  $<63\mu\text{m}$  (F) for 128 sedimentprøver fra utaskjærs stasjoner i dypintervall 100-460m i 1990 og 1991.  $\text{TOC} = 18.0F + 0.48$ .

Tabell 1. Sedimentets innhold av partikler finere enn 63 $\mu$ m (andel < 63 $\mu$ m), totalt organisk karbon (mg/g) i usiktet prøve (TOC<sub>bulk</sub>) og beregnet (normalisert) totalt organisk karbon (mg/g) i sediment finere enn 63 $\mu$ m (TOC<sub>63</sub>). Verdiene viser gjennomsnitt og standardavvik pr. stasjon (4 prøver).

Stasjon	Andel < 63 $\mu$ m				TOC <sub>bulk</sub>				TOC <sub>63</sub>			
	1990	1990	1991	1991	1990	1990	1991	1991	1990	1990	1991	1991
	Gj.sn	St.av.	Gj.sn	St.av.	Gj.sn	St.av.	Gj.sn	St.av.	Gj.sn	St.av.	Gj.sn	St.av.
A50	0.512	0.048	0.656	0.042	3.90	0.39	5.75	0.83	12.68	0.71	11.94	0.60
A100	0.369	0.055	0.351	0.130	6.90	0.98	7.05	2.03	18.27	0.54	18.73	0.70
A200	0.826	0.151	0.849	0.141	14.65	3.26	13.78	2.16	17.78	0.73	16.49	1.29
A360	0.999	0.001	0.989	0.004	19.80	0.48	17.88	0.92	19.82	0.50	18.08	0.96
A460	0.999	0.002	0.995	0.003	19.73	0.22	18.23	2.69	19.74	0.23	18.32	2.67
B50	0.877	0.038	0.826	0.072	26.18	1.83	21.98	2.47	28.38	1.39	25.10	1.70
B100	0.256	0.039	0.228	0.037	4.85	1.03	3.93	0.64	18.24	0.43	17.82	0.43
B190	0.982	0.005	0.985	0.002	21.30	0.35	21.98	1.73	21.62	0.26	22.24	1.73
B200	0.728	0.119	0.628	0.126	11.28	2.23	11.03	2.12	16.17	1.10	17.72	0.83
B350	0.989	0.009	0.994	0.001	18.58	0.84	18.10	0.92	18.78	0.77	18.20	0.93
B400			0.995	0.000			20.60	1.15			20.68	1.15
C70	0.165	0.051	0.295	0.106	5.83	0.87	9.43	3.11	20.86	1.45	22.11	1.44
C120	0.261	0.036	0.380	0.127	5.48	0.74	8.35	1.83	18.79	0.51	19.51	1.62
C160	0.977	0.007	0.984	0.005	22.95	0.19	23.98	1.24	23.37	0.32	24.26	1.21
C220	0.267	0.027	0.419	0.029	5.75	0.85	7.65	0.51	18.94	0.47	18.09	0.28
C380	0.879	0.035	0.821	0.014	17.05	0.70	15.05	1.54	19.23	0.35	18.26	1.61
D150	0.427	0.084	0.474	0.080	9.68	1.47	9.40	1.10	20.00	0.50	18.86	0.45
D200	0.563	0.073	0.645	0.135	11.00	1.71	12.85	3.39	18.87	0.58	19.24	1.20
D300	0.480	0.038	0.516	0.050	8.65	0.52	8.55	1.28	18.00	0.44	17.27	0.84
W100	0.981	0.006	0.854	0.088	24.93	0.45	21.88	2.64	25.28	0.35	24.50	1.15
Y100			0.144	0.017			2.88	0.21			18.28	0.45
Y340			0.954	0.006			16.55	1.24			17.39	1.20
Z135	0.171	0.056			4.10	1.58			19.03	0.58		
Z200	0.565	0.063			10.80	1.50			18.62	0.52		
Z260			0.721	0.025			13.03	1.25			18.05	1.06

## 2.3. RESULTATER - BLØTBUNNFAUNA

### 2.3.1. Faunaens artssammensetning

Vi gjengir her en liste over de ti vanligste artene på hver stasjon (Tabell 2). De komplette artslistene finnes i databaser på NIVA. (Den ene grabbprøven fra stasjon C70 var sterkt avvikende, med dominans av oligochaeter og *Capitella capitata*, og er ekskludert fra den videre databehandlingen.) Den store forskjellen mellom 1990 og 1991 på stasjon A200 gjenspeiler heterogene bunnforhold også på denne lokaliteten. Også mellom enkeltgrabbene fra samme år var det stor forskjell. Disse to stasjonene tas ut av programmet fra 1992.

Tabell 2. Individantall pr. 0.4 m<sup>2</sup> (0.3 m<sup>2</sup> på C70 i 1991) av de ti vanligste artene på hver stasjon i 1990 og 1991.

A50 (1990)		A50 (1991)	
<i>Heteromastus filiformis</i>	94	<i>Diplocirrus glaucus</i>	28
<i>Diplocirrus glaucus</i>	83	<i>Amphiura chiajei</i>	25
<i>Prionospio malmgreni</i>	30	<i>Heteromastus filiformis</i>	15
<i>Chaetozone setosa</i>	25	<i>Terebellides stroemi</i>	11
<i>Amphiura chiajei</i>	17	<i>Echinocardium flavescens</i>	10
<i>Terebellides stroemi</i>	13	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	9
<i>Nemertinea indet</i>	12	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	8
<i>Nucula sulcata</i>	11	<i>Harpinia sp.</i>	8
<i>Lumbrineris scopa</i>	10	<i>Nephtys incisa</i>	6
<i>Goniada maculata</i>	9	<i>Chaetozone setosa</i>	4
A100 (1990)		A100 (1991)	
<i>Amphiura chiajei</i>	32	<i>Anobothrus gracilis</i>	38
<i>Chaetozone setosa</i>	23	<i>Amphiura chiajei</i>	38
<i>Nuculana minuta</i>	22	<i>Heteromastus filiformis</i>	29
<i>Anobothrus gracilis</i>	20	<i>Chaetozone setosa</i>	24
<i>Lumbrineris scopa</i>	19	<i>Laonice cirrata</i>	20
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	14	<i>Diplocirrus glaucus</i>	15
<i>Pholoe minuta</i>	12	<i>Lumbrineris scopa</i>	13
<i>Heteromastus filiformis</i>	12	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	13
<i>Prionospio malmgreni</i>	11	<i>Nuculana minuta</i>	13
<i>Glycera rouxii</i>	11	<i>Glycera rouxii</i>	11
A200 (1990)		A200 (1991)	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	84	<i>Abra nitida</i>	180
<i>Heteromastus filiformis</i>	69	<i>Maldane sarsi</i>	55
<i>Philomedes globosus</i>	37	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	41
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	36	<i>Pectinaria auricoma</i>	17
<i>Notomastus latericeus</i>	32	<i>Heteromastus filiformis</i>	16
<i>Hauchiella tribullata</i>	22	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	16
<i>Maldane sarsi</i>	15	<i>Thyasira equalis</i>	16
<i>Asychis biceps</i>	8	<i>Philomedes lilljeborgi</i>	13
<i>Harpinia sp</i>	8	<i>Nucula turgida</i>	9
<i>Astarte elliptica</i>	8	<i>Philomedes globosus</i>	9

A360 (1990)		A360 (1991)	
<i>Heteromastus filiformis</i>	794	<i>Heteromastus filiformis</i>	289
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	221	<i>Tharyx sp</i>	162
<i>Caulleriella sp</i>	84	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	158
<i>Tharyx sp</i>	53	<i>Thyasira equalis</i>	138
<i>Ceratocephale loveni</i>	49	<i>Abra nitida</i>	63
<i>Lumbrineris sp</i>	43	<i>Chaetozone setosa</i>	44
<i>Nuculoma tenuis</i>	43	<i>Lumbrineris sp</i>	27
<i>Thyasira equalis</i>	42	<i>Orbinia norvegica</i>	25
<i>Chaetozone setosa</i>	31	<i>Melinna cristata</i>	12
<i>Abra nitida</i>	30	<i>Ceratocephale loveni</i>	7
A460 (1990)		A460 (1991)	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	249	<i>Thyasira equalis</i>	119
<i>Thyasira equalis</i>	165	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	111
<i>Heteromastus filiformis</i>	147	<i>Heteromastus filiformis</i>	107
<i>Caulleriella sp</i>	100	<i>Abra nitida</i>	39
<i>Abra nitida</i>	58	<i>Tharyx sp</i>	28
<i>Anobothrus gracilis</i>	22	<i>Anobothrus gracilis</i>	16
<i>Nuculoma tenuis</i>	19	<i>Montacuta ferruginosa</i>	13
<i>Chaetozone setosa</i>	9	<i>Chaetozone setosa</i>	6
<i>Melinna cristata</i>	9	<i>Lanassa venusta</i>	6
<i>Lanassa venusta</i>	5	<i>Leanira tetragona</i>	6
B50 (1990)		B50 (1991)	
<i>Diplocirrus glaucus</i>	116	<i>Diplocirrus glaucus</i>	38
<i>Chaetozone setosa</i>	28	<i>Chaetozone setosa</i>	35
<i>Prionospio malmgreni</i>	22	<i>Amphiura chiajei</i>	33
<i>Polyphysia crassa</i>	16	<i>Heteromastus filiformis</i>	24
<i>Heteromastus filiformis</i>	15	<i>Amphiura filiformis</i>	17
<i>Amphiura filiformis</i>	12	<i>Amaeana trilobata</i>	11
<i>Rhodine loveni</i>	8	<i>Nephtys incisa</i>	11
<i>Nephtys incisa</i>	7	<i>Goniada maculata</i>	8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	7	<i>Polyphysia crassa</i>	8
<i>Amphiura chiajei</i>	7	<i>Polycirrus plumosus</i>	6
B100 (1990)		B100 (1991)	
<i>Anobothrus gracilis</i>	96	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	28
<i>Amphiura chiajei</i>	56	<i>Amphiura chiajei</i>	25
<i>Phisidia aurea</i>	39	<i>Chaetozone setosa</i>	20
<i>Lumbrineris scopa</i>	22	<i>Nuculoma tenuis</i>	18
<i>Heteromastus filiformis</i>	22	<i>Heteromastus filiformis</i>	16
<i>Eclysippe vanelli</i>	21	<i>Abra nitida</i>	13
<i>Chaetozone setosa</i>	21	<i>Lumbrineris scopa</i>	10
<i>Laonice cirrata</i>	17	<i>Thyasira equalis</i>	10
<i>Glycera rouxii</i>	15	<i>Harpinia sp</i>	10
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	15	<i>Amphiura filiformis</i>	9

B190 (1990)		B190 (1991)	
<i>Heteromastus filiformis</i>	187	<i>Heteromastus filiformis</i>	221
<i>Thyasira equalis</i>	146	<i>Thyasira equalis</i>	123
<i>Melinna cristata</i>	47	<i>Chaetozone setosa</i>	37
<i>Abra nitida</i>	45	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	36
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	31	<i>Melinna cristata</i>	31
<i>Nuculoma tenuis</i>	29	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	29
<i>Tharyx sp</i>	27	<i>Montacuta ferruginea</i>	19
<i>Terebellides stroemi</i>	18	<i>Tharyx sp</i>	18
<i>Nemertinea indet</i>	11	<i>Abra nitida</i>	12
<i>Chaetozone setosa</i>	8	<i>Leanira tetragona</i>	11
B200 (1990)		B200 (1991)	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	87	<i>Tharyx sp</i>	84
<i>Heteromastus filiformis</i>	81	<i>Heteromastus filiformis</i>	37
<i>Tharyx sp</i>	68	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	36
<i>Melinna cristata</i>	41	<i>Lumbrineris sp</i>	25
<i>Thyasira equalis</i>	30	<i>Melinna cristata</i>	23
<i>Nucula tumidula</i>	24	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	20
<i>Thyasira ferruginea</i>	22	<i>Astarte elliptica</i>	19
<i>Lumbrineris sp</i>	19	<i>Thyasira equalis</i>	14
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	15	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	11
<i>Astarte elliptica</i>	12	<i>Orbinia norvegica</i>	10
B350 (1990)		B350 (1991)	
<i>Heteromastus filiformis</i>	1122	<i>Heteromastus filiformis</i>	908
<i>Tharyx sp</i>	672	<i>Tharyx sp</i>	377
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	239	<i>Thyasira equalis</i>	202
<i>Thyasira equalis</i>	163	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	136
<i>Lumbrineris sp</i>	155	<i>Lumbrineris sp</i>	104
<i>Caulleriella sp</i>	101	<i>Ceratocephale loveni</i>	78
<i>Ceratocephale loveni</i>	95	<i>Orbinia norvegica</i>	69
<i>Orbinia norvegica</i>	81	<i>Melinna cristata</i>	18
<i>Nemertinea indet</i>	34	<i>Drilonereis filum</i>	15
<i>Drilonereis filum</i>	23	<i>Pectinaria auricoma</i>	7
B400 (1990)		B400 (1991)	
		<i>Heteromastus filiformis</i>	68
		<i>Ceratocephale loveni</i>	39
		<i>Lumbrineris sp</i>	38
		<i>Amphilepis norvegica</i>	33
		<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	26
		<i>Thyasira equalis</i>	23
		<i>Spiochaetopterus typicus</i>	22
		<i>Thyasira croulinensis</i>	21
		<i>Terebellides stroemi</i>	20
		<i>Thyasira ferruginea</i>	13
Ingen prøver			



C70 (1990)		C70 (1991)	
<i>Chaetozone setosa</i>	23	<i>Terebellides stroemi</i>	19
<i>Sosane sulcata</i>	20	<i>Laonice cirrata</i>	17
<i>Philomedes globosus</i>	18	<i>Chaetozone setosa</i>	14
<i>Notomastus latericeus</i>	13	<i>Notomastus latericeus</i>	12
<i>Trichobranchus roseus</i>	11	<i>Euclymene sp</i>	10
<i>Glycera capitata</i>	8	<i>Caulleriella zetlandica</i>	9
<i>Typosyllis cornuta</i>	8	<i>Samytha sexcirrata</i>	8
<i>Caulleriella zetlandica</i>	7	<i>Glycera alba</i>	6
<i>Exogone verugera</i>	7	<i>Lumbrineris sp</i>	6
<i>Astarte sulcata</i>	6	<i>Trichobranchus roseus</i>	6
C120 (1990)		C120 (1991)	
<i>Amphiura chitajei</i>	60	<i>Tharyx sp</i>	72
<i>Chaetozone setosa</i>	39	<i>Eclysippe vanelli</i>	37
<i>Tharyx sp</i>	31	<i>Heteromastus filiformis</i>	29
<i>Eclysippe vanelli</i>	28	<i>Thyasira ferruginea</i>	17
<i>Lumbrineris scopa</i>	24	<i>Chaetozone setosa</i>	16
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	20	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	16
<i>Thyasira equalis</i>	19	<i>Glycera rouxii</i>	11
<i>Glycera rouxii</i>	16	<i>Glycera capitata</i>	9
<i>Heteromastus filiformis</i>	14	<i>Astarte elliptica</i>	8
<i>Pectinaria auricoma</i>	13	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	8
C160 (1990)		C160 (1991)	
<i>Heteromastus filiformis</i>	173	<i>Heteromastus filiformis</i>	346
<i>Melinna cristata</i>	56	<i>Thyasira equalis</i>	55
<i>Thyasira equalis</i>	48	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	50
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	31	<i>Melinna cristata</i>	48
<i>Chaetozone setosa</i>	23	<i>Tharyx sp</i>	30
<i>Tharyx sp</i>	13	<i>Chaetozone setosa</i>	28
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	9	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	24
<i>Eriopisa elongata</i>	8	<i>Ophelina norvegica</i>	7
<i>Diplocirrus glaucus</i>	6	<i>Orbinia norvegica</i>	7
<i>Byblis crassicornis</i>	6	<i>Eriopisa elongata</i>	7
C220 (1990)		C220 (1991)	
<i>Lumbrineris sp</i>	43	<i>Lumbrineris sp</i>	37
<i>Terebellides stroemi</i>	35	<i>Heteromastus filiformis</i>	25
<i>Amphilepis norvegica</i>	33	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	24
<i>Thyasira croulinensis</i>	26	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	22
<i>Heteromastus filiformis</i>	22	<i>Pectinaria auricoma</i>	18
<i>Thyasira equalis</i>	21	<i>Tharyx sp</i>	18
<i>Eclysippe vanelli</i>	17	<i>Terebellides stroemi</i>	16
<i>Streblosoma intestinalis</i>	15	<i>Melinna cristata</i>	15
<i>Nucula tumidula</i>	14	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	15
<i>Onuphis quadricuspis</i>	12	<i>Nucula tumidula</i>	15

C380 (1990)		C380 (1991)	
<i>Heteromastus filiformis</i>	75	<i>Lumbrineris sp</i>	58
<i>Lumbrineris sp</i>	57	<i>Heteromastus filiformis</i>	36
<i>Thyasira ferruginea</i>	33	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	28
<i>Terebellides stroemi</i>	32	<i>Thyasira croulinensis</i>	26
<i>Sphyrapus anomalus</i>	32	<i>Terebellides stroemi</i>	25
<i>Amphilepis norvegica</i>	31	<i>Thyasira ferruginea</i>	25
<i>Ampelisca aequicornis</i>	25	<i>Thyasira equalis</i>	21
<i>Thyasira croulinensis</i>	24	<i>Haploops setosa</i>	20
<i>Thyasira eumyaria</i>	18	<i>Ampelisca aequicornis</i>	15
<i>Yoldiella lucida</i>	17	<i>Harpinia sp</i>	15
D150 (1990)		D150 (1991)	
<i>Laonice cirrata</i>	93	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	77
<i>Heteromastus filiformis</i>	40	<i>Amythasides macroglossus</i>	55
<i>Eriopisa elongata</i>	34	<i>Glycera capitata</i>	52
<i>Thyasira ferruginea</i>	33	<i>Thyasira ferruginea</i>	50
<i>Nothria conchylega</i>	27	<i>Laonice cirrata</i>	49
<i>Amythasides macroglossus</i>	21	<i>Heteromastus filiformis</i>	46
<i>Caudofoveata indet</i>	19	<i>Tharyx sp</i>	34
<i>Onchnesoma steenstrup</i>	19	<i>Pectinaria koreni</i>	33
<i>Notomastus latericeus</i>	16	<i>Eriopisa elongata</i>	28
<i>Tharyx sp</i>	16	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	23
D200 (1990)		D200 (1991)	
<i>Byblis crassicornis</i>	37	<i>Heteromastus filiformis</i>	71
<i>Thyasira ferruginea</i>	27	<i>Byblis crassicornis</i>	63
<i>Laonice cirrata</i>	26	<i>Amythasides macroglossus</i>	45
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	14	<i>Glycera capitata</i>	37
<i>Onuphis quadricuspis</i>	13	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	28
<i>Yoldiella lucida</i>	9	<i>Laonice cirrata</i>	27
<i>Lumbrineris sp</i>	7	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	27
<i>Heteromastus filiformis</i>	6	<i>Exogone sp</i>	21
<i>Augenaria tentaculata</i>	5	<i>Oligochaeta indet</i>	19
<i>Amythasides macroglossus</i>	5	<i>Thyasira ferruginea</i>	13
D300 (1990)		D300 (1991)	
<i>Yoldiella lucida</i>	15	<i>Oligochaeta indet</i>	25
<i>Axionice maculata</i>	14	<i>Yoldiella lucida</i>	20
<i>Echinocucumis hispida</i>	14	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	19
<i>Harpinia sp</i>	10	<i>Echinocucumis hispida</i>	18
<i>Lumbriclymene sp</i>	5	<i>Glycera capitata</i>	16
<i>Yoldiella fraterna</i>	5	<i>Parvicardium minimum</i>	16
<i>Amage auricula</i>	5	<i>Onuphis quadricuspis</i>	15
<i>Cypridina norvegica</i>	5	<i>Harpinia sp</i>	14
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	5	<i>Amage auricula</i>	13
<i>Arca pectunculoides</i>	4	<i>Yoldiella fraterna</i>	12

W100 (1990)		W100 (1991)	
<i>Heteromastus filiformis</i>	194	<i>Heteromastus filiformis</i>	53
<i>Thyasira equalis</i>	43	<i>Chaetozone setosa</i>	12
<i>Chaetozone setosa</i>	20	<i>Melinna cristata</i>	7
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	17	<i>Nephtys paradoxa</i>	7
<i>Melinna cristata</i>	15	<i>Spiophanes kroeyeri</i>	7
<i>Eriopisa elongata</i>	14	<i>Eriopisa elongata</i>	7
<i>Nuculoma tenuis</i>	8	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	6
<i>Glycera rouxii</i>	7	<i>Glycera rouxii</i>	5
<i>Maldane sarsi</i>	7	<i>Thyasira equalis</i>	4
<i>Nucula sulcata</i>	7	<i>Calocaris macandreae</i>	4
Y100 (1990)		Y100 (1991)	
Ingen prøver		<i>Eclysippe vanelli</i>	77
		<i>Thyasira ferruginea</i>	64
		<i>Glycera capitata</i>	14
		<i>Heteromastus filiformis</i>	14
		<i>Spiophanes kroeyeri</i>	14
		<i>Caulleriella sp</i>	13
		<i>Echinocardium flavescens</i>	13
		<i>Lumbrineris scopa</i>	13
		<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	13
		<i>Notomastus latericeus</i>	12
Y320 (1990)		Y320 (1991)	
Ingen prøver		<i>Heteromastus filiformis</i>	140
		<i>Lumbrineris sp</i>	44
		<i>Paramphinome jeffreysii</i>	32
		<i>Tharyx sp</i>	26
		<i>Thyasira equalis</i>	25
		<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	17
		<i>Thyasira ferruginea</i>	16
		<i>Rhodine loveni</i>	15
		<i>Terebellides stroemi</i>	15
		<i>Caudofoveata indet</i>	12
Z135 (1990)		Z135 (1991)	
<i>Thyasira ferruginea</i>	47	Ingen prøver	
<i>Nothria conchylega</i>	39		
<i>Heteromastus filiformis</i>	22		
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	19		
<i>Eriopisa elongata</i>	18		
<i>Eclysippe vanelli</i>	18		
<i>Arcturella dilatata</i>	17		
<i>Exogone verugera</i>	16		
<i>Amage auricula</i>	16		
<i>Laonice cirrata</i>	16		

Z200 (1990)		Z200 (1991)	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	59		
<i>Amphilepis norvegica</i>	37		
<i>Onuphis quadricuspis</i>	25		
<i>Thyasira ferruginea</i>	18		
<i>Heteromastus filiformis</i>	16	Ingen prøver	
<i>Echinocucumis hispida</i>	13		
<i>Byblis crassicornis</i>	12		
<i>Lumbrineris sp</i>	11		
<i>Chaetozone setosa</i>	9		
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	9		
Z260 (1990)		Z260 (1991)	
		<i>Onuphis quadricuspis</i>	19
		<i>Thyasira ferruginea</i>	16
		<i>Amage auricula</i>	15
Ingen prøver		<i>Haploops robusta</i>	15
		<i>Lumbrineris sp</i>	11
		<i>Yoldiella lucida</i>	11
		<i>Porifera indet</i>	9
		<i>Sabellides octocirrata</i>	6
		<i>Cypridina norvegica</i>	6
		<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	6

### 2.3.2. Likhetsanalyser

Det er gjort en analyse av graden av likhet i faunaen mellom stasjonene for begge årene samlet. Dendrogrammet (Figur 5) viser grupperinger av innbyrdes like prøver. Her representeres prøvene ved loddrette linjer som forbindes vannrett på et nivå som tilsvarer likhetsgraden. Prøvene forbindes i et hierarkisk mønster etter avtakende likhet. Sorteringen starter ved å finne de to prøvene som har størst likhet, og plassere disse nederst i dendrogrammet. Disse betraktes så som én prøve, og sorteringen fortsetter inntil alle prøver og grupper av prøver er forbundet. Skalaen på den loddrette aksene angir grad av likhet. Hvis det settes krav til høy likhet for at en prøve skal få lov å tilhøre en gruppe, blir det mange små grupper. Et likhetskrav på bare 35% tillater sammenslåing av prøvene til færre større grupper, nemlig tre grupper (Hovedgrupper 1-3 i Figur 6):

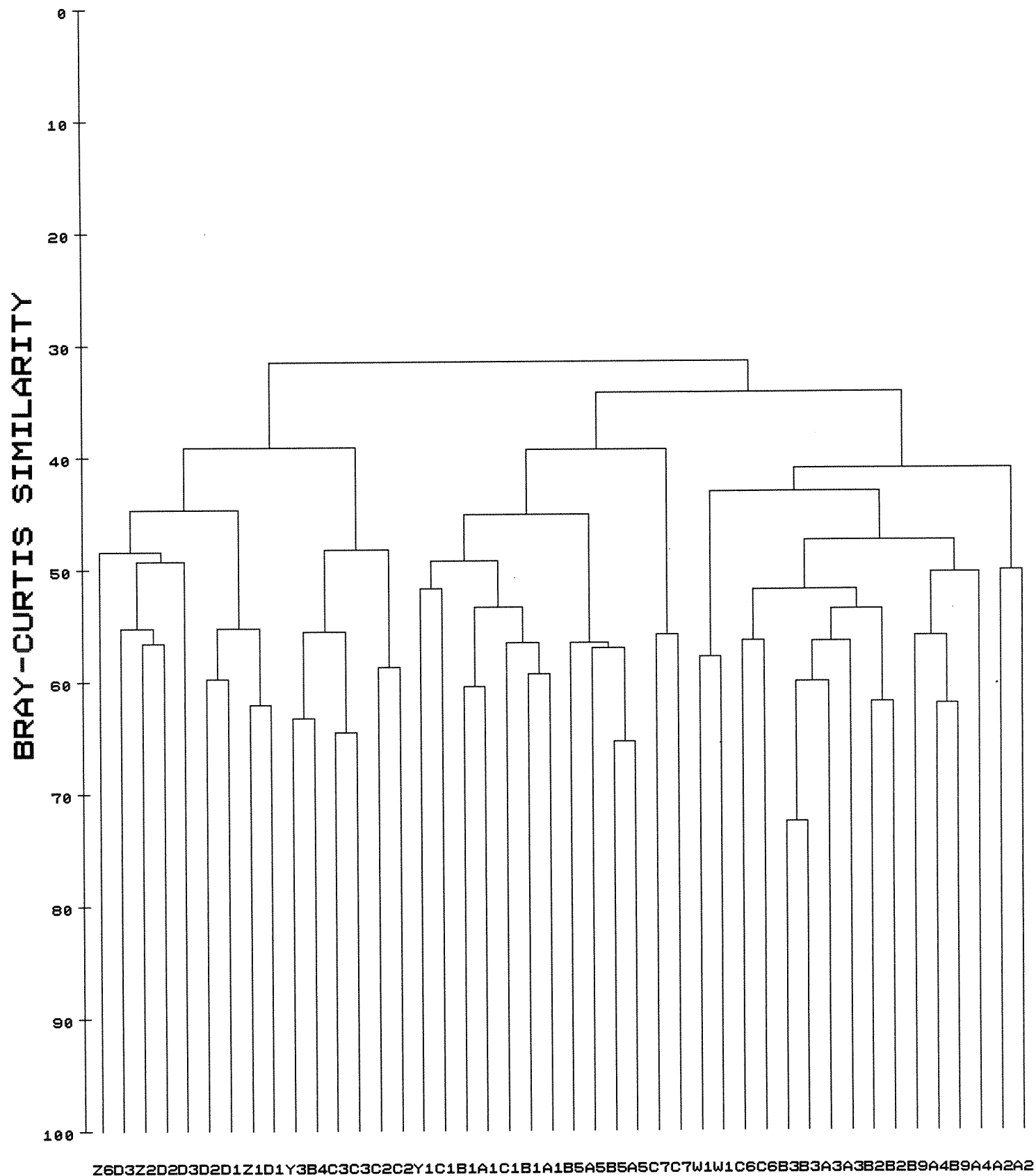
*Hovedgruppe 1:* De vestlige stasjonene (D- og Z-stasjonene) og de dype sørlige stasjonene i norskerenna (Y320, C220, C380 og B400). (Undergruppe: Y320, C220, C380 og B400.)

*Hovedgruppe 2:* De dype sørøstlige stasjonene mellom norskerenna og kysten (B200 og B350), fjordstasjonene i sørøst (C160, W100 og B190) og de dype østlige stasjonene (A200, A360 og A460). (Undergrupper: W100 og A200.) I denne gruppen fantes stasjonene som hadde lavest artsmangfold (jfr. kapittel 2.3.3).

*Hovedgruppe 3:* De grunne stasjonene (50-120 m dyp, unntatt W100) (A50, A100, B50, B100, C70, C120, Y100). (Undergruppe: C70.)

De samme stasjonene tilhørte samme grupper i begge år.

## Kyststasjoner 1990-1991 (N&gt;4)

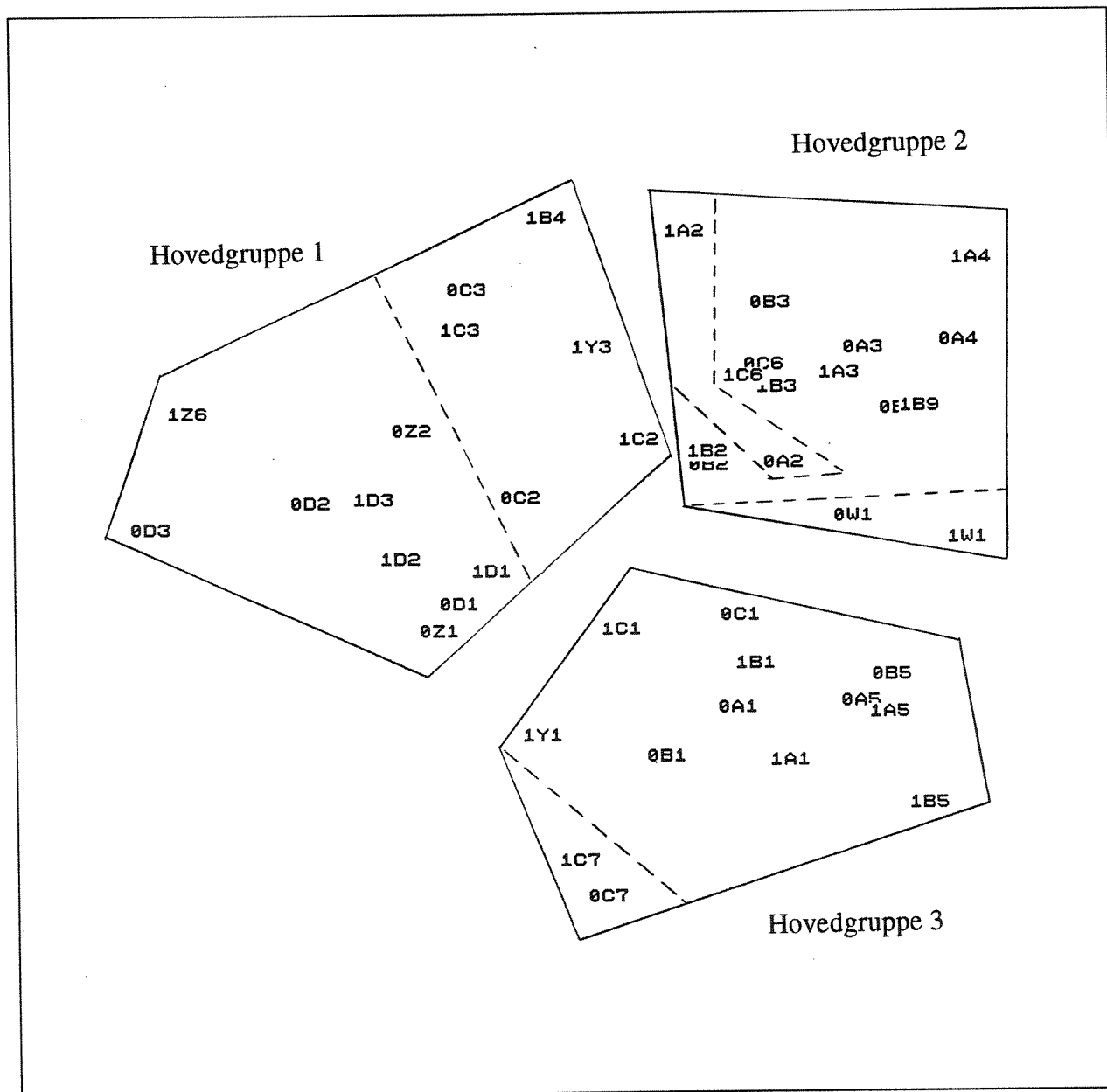


Z6D3Z2D2D3D2D1Z1D1Y3B4C3C3C2C2Y1C1B1A1C1B1A1B5A5B5A5C7C7W1W1C6C6B3B3A3A3B2B2B9A4B9A4A2A2

Figur 5. Dendrogram basert på likhetsindeksene for alle par av stasjoner. Kodene langs x-aksen angir år og stasjon. Forklaring av kodene er gitt i teksten til Figur 6.

MDS-analysen (multidimensional scaling) søker å arrangere prøvene i et diagram slik at alle innbyrdes avstander best mulig samsvarer med graden av ulikhet mellom prøvene. MDS-diagrammet (Figur 6) viser graden av ulikhet mellom alle prøvene. Avstanden mellom prøvene i diagrammet er proporsjonal med ulikheten i faunaen. Gruppene fra clusteranalysen er tegnet inn i diagrammet.

## Kyststasjoner 1990-1991 (N>4)



Figur 6. MDS-diagram av ulikheten mellom stasjonene. De tre hovedgruppene fra dendrogrammet (Figur 5) er angitt med heltrukne linjer. Undergrupper er angitt med stipling.

Koder som begynner med "0" er prøver fra 1990; koder som begynner med "1" er prøver fra 1991. A5=A50; A1=A100; A2=A200; A3=A360; A4=A460; B5=B50; B1=B100; B9=B190; B2=B200; B3=B350; B4=B400; C7=C70; C1=C120; C6=C160; C2=C220; C3=C380; D1=D150; D2=D200; D3=D300; W1=W100; Y1=Y100; Y3=Y320; Z1=Z135; Z2=Z200; Z6=Z260.

### 2.3.3 Artsmangfold - individtetthet - biomasse

Tabell 3 og 4 viser verdiene for de viktigste faunaparametrene i 1990 og 1991. Biomasse av hver art ble målt på et utvalg av stasjonene.

Tabell 3. Individantall (N4) pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>), artsantall (S4) pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>), gjennomsnittlig artsantall pr. grabb (S1), forhold S4/S1, arts mangfold (H4) pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>), gjennomsnittlig arts mangfold pr. grabb (H1), forhold H4/H1, forventet artsantall pr. 100 individer (ES<sub>100</sub>), og biomasse i gram pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>) i 1990.

Stasjon 1990	N4 0.4 m <sup>2</sup>	S4 0.4 m <sup>2</sup>	S1 0.1 m <sup>2</sup>	S4/S1	H4 0.4 m <sup>2</sup>	H1 0.1 m <sup>2</sup>	H4/H1	ES <sub>100</sub> 0.4 m <sup>2</sup>	BM 0.4 m <sup>2</sup>
A050	451	69	33	2.09	4.55	4.12	1.10	33.57	
A100	328	76	34	2.24	5.40	4.64	1.16	43.33	46
A200	459	60	26	2.31	4.52	3.59	1.26	31.67	
A360	1563	56	26	2.15	3.00	2.67	1.12	18.99	74
A460	843	45	20	2.25	3.11	2.87	1.08	15.16	
B050	352	59	29	2.03	4.34	3.77	1.15	33.31	
B100	589	96	48	2.00	5.34	4.86	1.10	42.62	40
B190	639	49	23	2.13	3.58	3.30	1.08	21.30	
B200	575	67	32	2.09	4.61	3.99	1.16	31.53	
B350	2855	50	28	1.79	2.95	2.75	1.07	14.91	86
C070	249	79	31	2.55	5.55	4.43	1.25	48.41	
C120	437	82	36	2.28	5.18	4.56	1.14	39.02	63
C160	449	52	23	2.26	3.56	3.27	1.09	23.43	
C220	468	101	43	2.35	5.65	4.87	1.16	45.68	
C380	547	78	34	2.29	5.06	4.12	1.23	36.23	34
D150	633	114	52	2.19	5.55	4.85	1.14	44.41	36
D200	260	71	31	2.29	5.15	4.36	1.18	43.15	
D300	206	88	34	2.59	5.88	4.75	1.24	56.78	25
W100	401	53	22	2.41	3.36	2.85	1.18	24.41	
Z135	564	132	58	2.28	6.07	5.31	1.14	52.58	
Z200	362	86	39	2.21	5.25	4.65	1.13	43.14	
<b>Median</b>				2.25			1.14		

Tabell 4. Individantall (N4) pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>), artsantall (S4) pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>), gjennomsnittlig artsantall pr. grabb (S1), forhold S4/S1, artsmangfold (H4) pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>), gjennomsnittlig artsmangfold pr. grabb (H1), forhold H4/H1, forventet artsantall pr. 100 individer (ES<sub>100</sub>), og biomasse i gram pr. stasjon (0.4 m<sup>2</sup>) i 1991.

Stasjon 1991	N4 0.4 m <sup>2</sup>	S4 0.4 m <sup>2</sup>	S1 0.1 m <sup>2</sup>	S4/S1	H4 0.4 m <sup>2</sup>	H1 0.1 m <sup>2</sup>	H4/H1	ES <sub>100</sub> 0.4 m <sup>2</sup>	BM4 0.4 m <sup>2</sup>
A050	199	53	23	2.30	4.84	4.11	1.18	37.67	
A100	369	79	34	2.36	5.19	4.47	1.16	39.52	66
A200	494	62	24	2.56	3.97	3.46	1.15	28.30	
A360	991	43	21	2.05	3.19	3.07	1.04	15.15	17
A460	504	31	16	1.94	3.25	2.82	1.16	17.15	
B050	279	53	25	2.10	4.60	4.04	1.14	32.71	
B100	327	78	38	2.08	5.50	4.75	1.16	45.00	37
B190	606	37	21	1.74	3.28	3.03	1.08	18.32	
B200	379	58	27	2.15	4.40	3.93	1.12	29.22	
B350	1994	39	22	1.81	2.65	2.57	1.03	12.11	23
B400	388	46	24	1.96	4.28	3.78	1.13	25.85	
C070	<sup>1)</sup> 194	<sup>1)</sup> 51	30	1.72	<sup>1)</sup> 5.04	4.50	1.12	<sup>1)</sup> 38.45	
C120	384	85	37	2.30	5.14	4.47	1.15	41.72	24
C160	665	41	20	2.03	2.88	2.68	1.08	17.21	
C220	386	62	32	1.92	5.12	4.59	1.12	36.42	
C380	489	72	38	1.91	5.17	4.70	1.10	37.77	8
D150	850	114	59	1.95	5.54	5.06	1.10	42.29	18
D200	613	111	47	2.39	5.39	4.77	1.13	41.81	
D300	409	93	45	2.08	5.85	5.09	1.15	49.81	10
W100	156	37	17	2.15	4.04	3.40	1.19	30.46	
Y100	473	88	42	2.08	5.25	4.68	1.12	42.36	
Y320	454	51	29	1.79	4.12	3.75	1.10	27.53	
Z260	209	65	26	2.55	5.27	4.23	1.25	43.72	
<b>Median</b>				2.08			1.13		

<sup>1)</sup> Verdiene gjelder 0.3 m<sup>2</sup> (3 grabber).

Det var til dels stor uoverensstemmelse i biomasseresultatene på samme stasjon fra år til år. Variansen mellom grabber fra samme stasjon var i noen tilfeller svært stor som følge av tilfeldig forekomst av sjeldne, men tunge dyr. Presisjonen i anslaget av biomasse pr. stasjon er derfor dårlig.

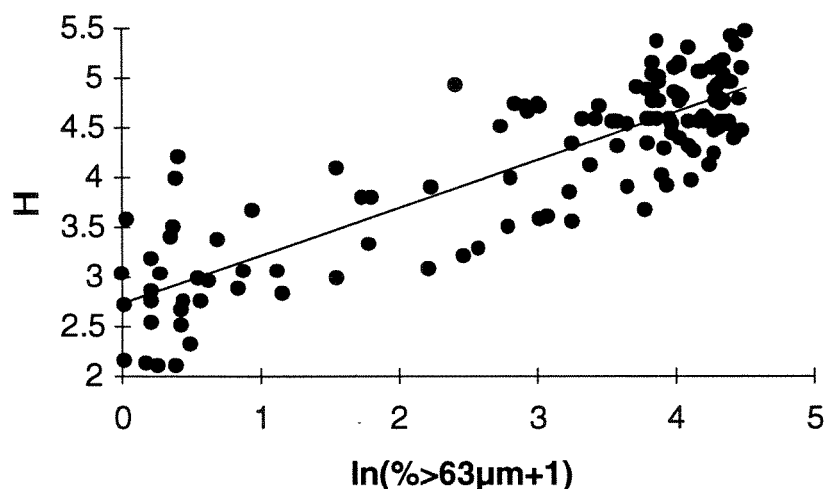
Artsantallet i de fire sammenslåtte grabbene var stort sett dobbelt så høyt som i enkeltgrabbene fra samme stasjon. Artsmangfoldet (H) var stort sett 1.1-1.2 ganger høyere. Økningen i artsantallet og artsmangfoldet når flere grabber slås sammen skyldes en viss artsvariasjon fra grabb til grabb. Det er naturlig at artsmangfoldet i det sammenslåtte materiale fra flere grabber er noe større enn artsmangfoldet innenfor samme grabb.

Lavest artsmangfold fantes på de dype stasjonene i østre Skagerrak (A360, A460 og B350), og på innaskjærs stasjoner øst for Farsund (B190, C160 og W100).



Faunaens artsmangfold hadde tydelig sammenheng med sedimentets kornstørrelse (Figur 7).

Stort sett var artsmangfoldet høyere på de vestlige enn på de østlige stasjonene. Øst-vest gradienten i artsmangfold kan delvis skyldes mindre organisk belastning og sedimentering i vestlige områder, men også zoogeografiske faktorer (bedre rekrutteringsmuligheter for atlantiske arter) kan bidra til det økte artsmangfoldet vestover. I selve Norskerenna strakte den vesttypiske faunaen seg lenger østover enn i områdene mellom Norskerenna og kysten.

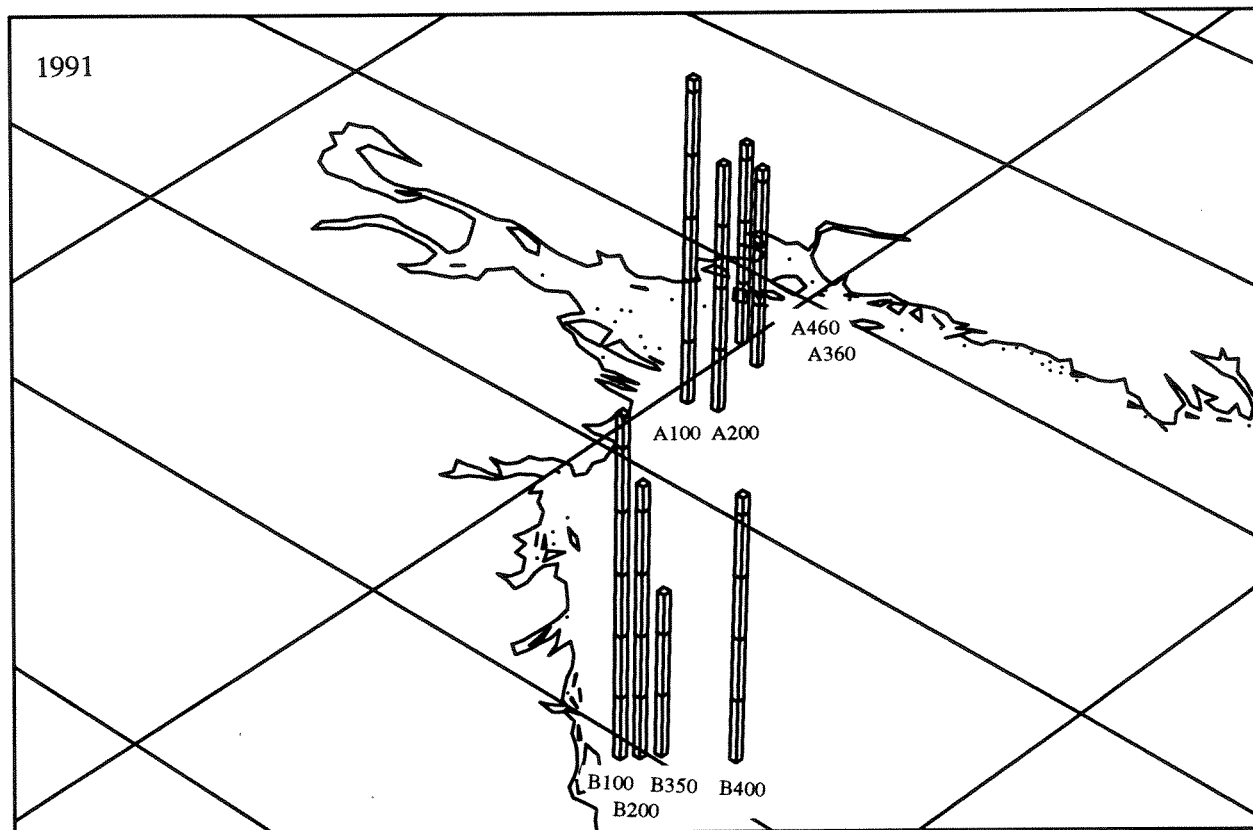
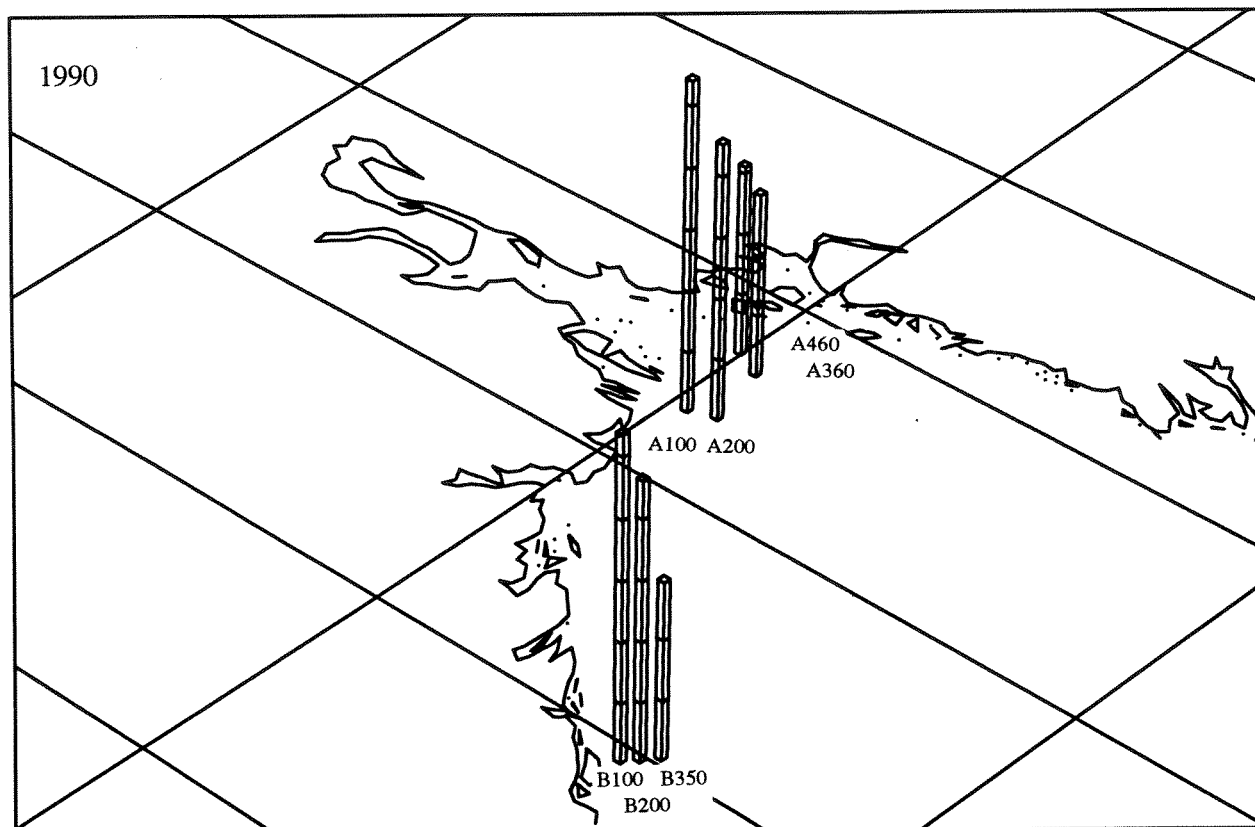


Figur 7. Sammenheng mellom artsmangfold (H) og sedimentets grovhet i 128 utaskjærs grabbprøver tatt langs kysten av Sør-Norge i 1990 og 1991. Regresjonslinjens ligning:  $H=0.48(\ln(\%>63\mu\text{m}+1))+2.73$ .

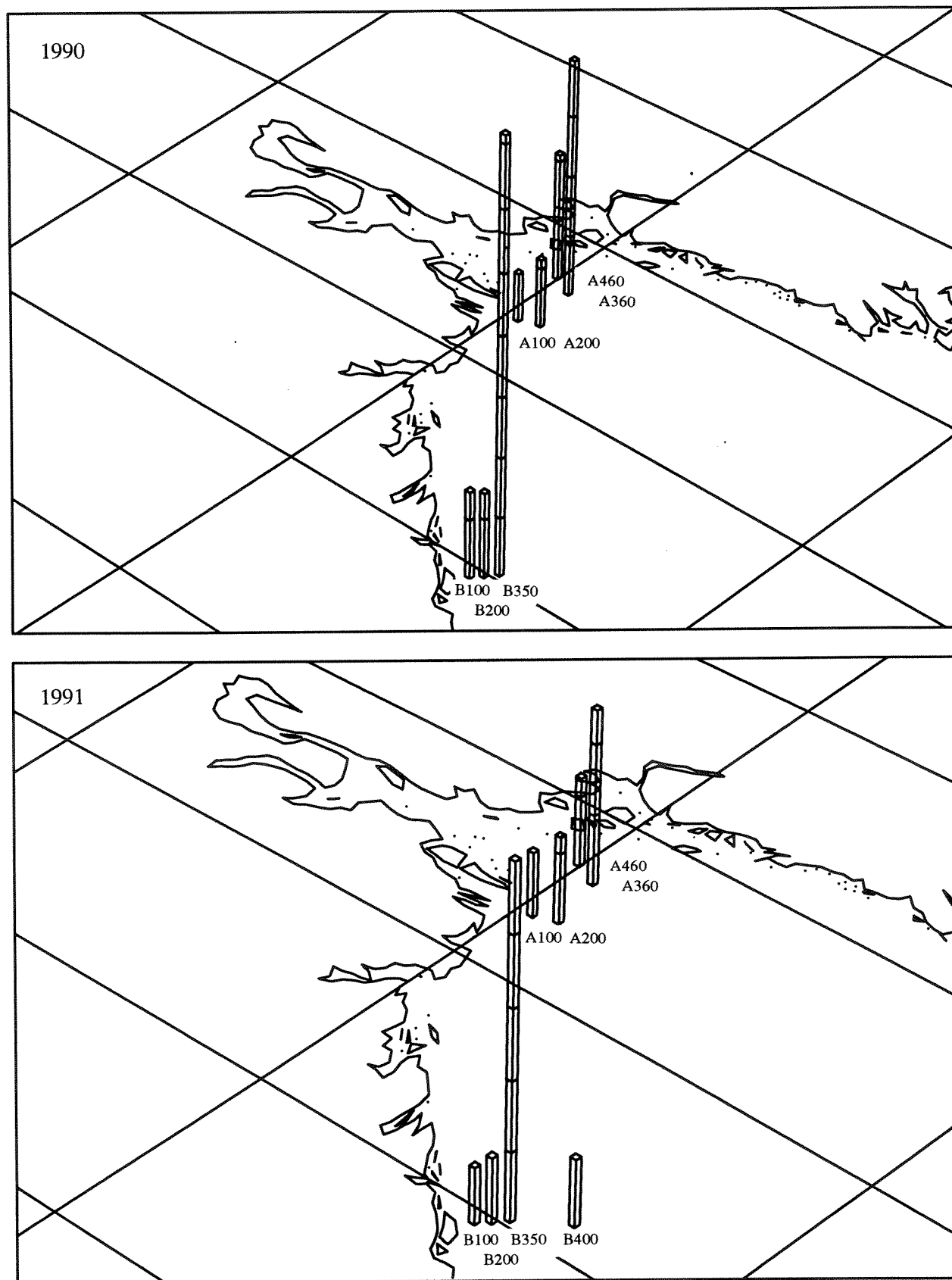
Det er vanlig at artsmangfoldet går ned ved bl.a. organisk belastning, mens det holder seg høyt ved naturlige, upåvirkete forhold. Det høye individantallet og lave artsmangfoldet på de ytre stasjonene A360 (ytre Oslofjord) og særlig B350 (utenfor Arendal) (Tabell 3-4; Figur 8-9) tyder på at næringstilgangen i disse områdene er høy, trolig som følge av stor sedimentasjon av organisk materiale. Også dominansen av børstemarken *Heteromastus filiformis* (Tabell 2), som ofte finnes i høyt antall på organisk belastete lokaliteter, kan tyde på høy næringstilgang.

Det høye individantallet på B350 utenfor Arendal i forhold til de innenforliggende stasjonene B100 og B200 og den utenforliggende stasjon B400 er bemerkelsesverdig. Det høye individantallet kan skyldes større primærproduksjon og/eller spesielle hydrofysiske forhold som medfører større sedimentasjon i området der B350 ligger.

Weering (1975) antok at det finner sted en høy deponering av organisk materiale i sørlige og østlige randområder av Skagerrak. Det er mulig at dette også gjelder randområder i det nordlige Skagerrak.



Figur 8. Artsmangfold på utaskjærs stasjoner i 100-460 m dyp i område A (ytre Oslofjord) og B (Arendal). Hvert segment på søylene representerer enheter av H. Øverst: 1990. Nederst: 1991. Den ytterste stasjonen på 400 m dyp i Arendal-snittet ble ikke undersøkt i 1990.



Figur 9. Individtetthet pr. m<sup>2</sup> på utaskjærs stasjoner i 100-460 m dyp i område A (ytre Oslofjord) og B (Arendal). Hvert strek på søylene representerer 1000 individer. Øverst: 1990. Nederst: 1991. Den ytterste stasjonen på 400 m dyp i Arendal-snittet ble ikke undersøkt i 1990.

## 3. HARDBUNN

### 3.1 MATERIALE OG METODER

Bakgrunn, formål, faglige elementer, metodikk og definisjoner er nærmere beskrevet i programmet for undersøkelsen (Pedersen og Rygg 1990).

Resultatene fra hardbunn skulle analyseres i lys av endringer i de hydrografiske forhold. Resultatene fra de hydrografiske målingene var under bearbeidelsen av hardbunnsdataene begrenset. Det ble derfor lagt vekt på å sammenligne tilstanden i hardbunnsamfunnene i 1990 og 1991 for å avdekke eventuelle forskjeller. Det gis en kortfattet beskrivelse av bearbejdede data fra disse årene. For fastsittende alger er det også foretatt en sammenligning med undersøkelser gjort i forbindelse med *Chrysochromulina polylepis*-oppblomstringen.

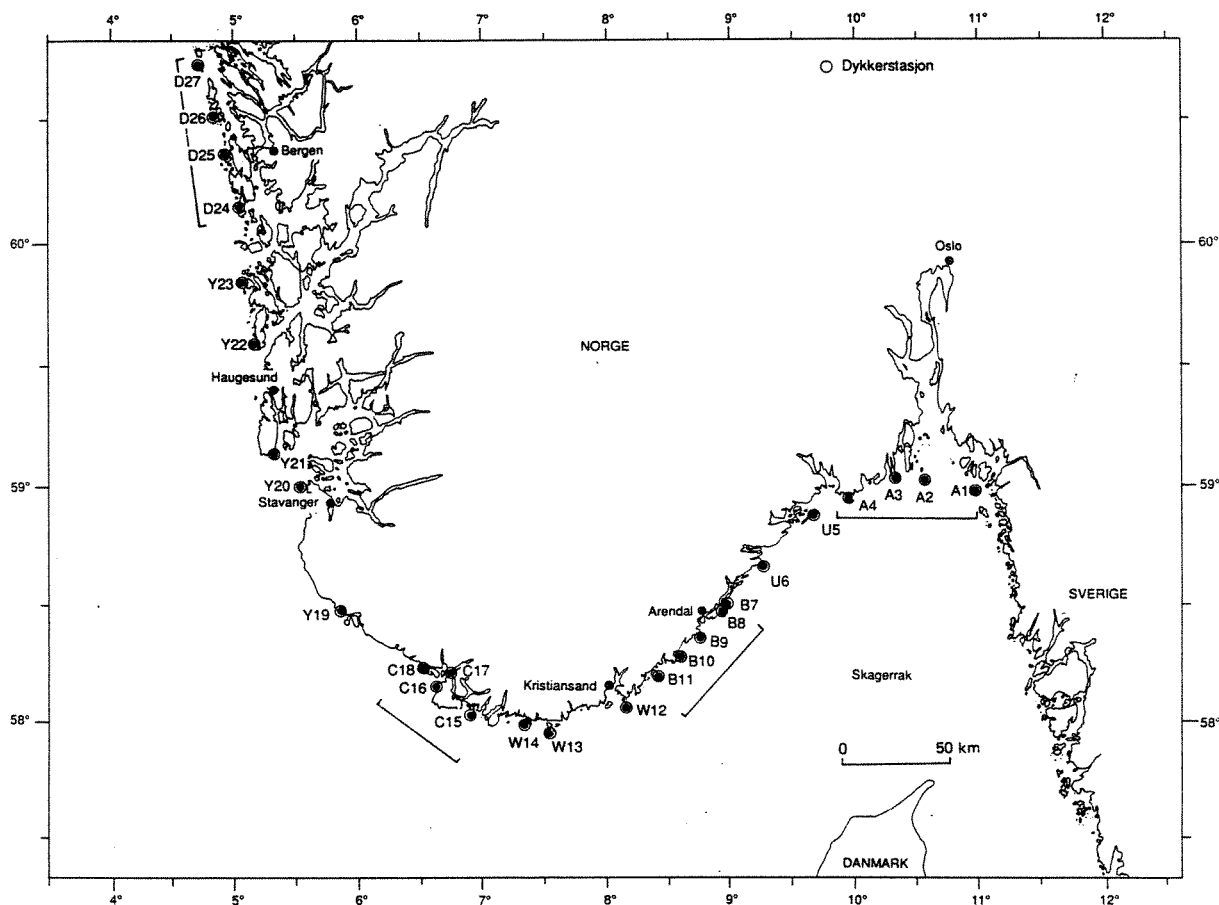
De fleste av stasjonene som inngikk i *Chrysochromulina*-toktene, er blitt inkludert i Kystovervåkningsprogrammet. Begrunnelsen for dette var at kriteriene for stasjonsvalg var like og at det var ønskelig å se på utvikling etter *C. polylepis*-oppblomstringen (mai 1988) og fram til idag.

Toktene foregikk i tidsrommet 14. mai - 9. juni 1990 og 24. mai - 15. juni i 1991. På grunn av reduserte bevilgninger i 1991, ble noen stasjoner tatt ut av programmet fra og med 1991. Generelt ble antall stasjoner innen hvert intensivområde (A, B, C og D) redusert fra 4 til 3 stasjoner, med unntak av område C ved Lista. På grunn av store endringer i hardbunnsamfunnet i C-området etter *C. polylepis*-oppblomstringen, ble alle stasjonene innen C-området undersøkt også i 1991.

Utelatte stasjoner i 1991 var:

A2	Færder	Værutsatt og vanskelig tilgjengelig stasjon. Stasjonen var i 1990 dominert av blåskjell. Færders geografiske plassering gjør den likevel til en viktig stasjon som bør inngå i senere års undersøkelser.
B8	Borøya	Stasjonen ble ut fra en resultatvurdering ikke funnet representativ for ytre kyst. Stasjonen lå beskyttet i Tromøysundet og var næringssaltpåvirket.
B9	Torungen	Værutsatt stasjon med en bunnprofil og artssammensetning mest forskjellig fra de øvrige stasjonene innen B-området. Utelatt på grunn av generell reduksjon til 3 stasjoner pr. intensivområde.
W14	Åsgaard	Viktig stasjon like på østsiden av Lista. Ikke innenfor intensivområdet og utelatt som følge av reduserte bevilgninger.
Y21	Geitungane	Var tidligere tatt med på grunn av lang geografisk avstand mellom område C og D. Utelatt som følge av reduserte bevilgninger.
D24	Lille Vardøy	Stasjonen var meget bratt og var i så måte ulik de andre stasjonene i området. Ble utelatt som følge av resultater fra statistiske beregninger.
D26	Langøy	Stasjonen ble utelatt pga. reduserte bevilgninger og fordi området kunne representeres av stasjonene D25 og D27.

Kart over stasjonene er vist i figur 10.



Figur 10. Hardbunnsstasjoner 1990-91.

### 3.2. FORELØPIGE RESULTATER FRA 1990 OG 1991

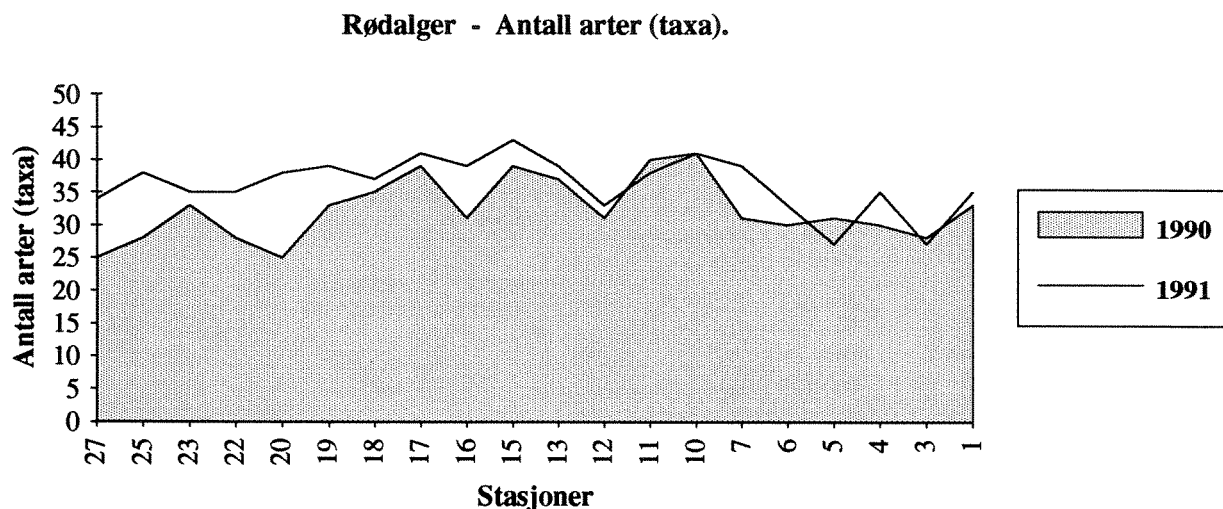
Dataene er ennå ikke fullstendig bearbeidet, men de grove trekk i artsammensetningen i de to årene og en sammenligning med tidligere tokt (1988-1989) under oppfølging av *Chrysochromulina polylepis*-prosjektet, er sammenstilt under.

Det generelle førsteinntrykk var at forekomsten av fastsittende alger og dyr var tilnærmet slik en ville forvente å finne på eksponerte lokaliteter langs den undersøkte kyststrekningen. Forekomsten av registrerte arter var større i 1991 enn i 1990. Vi fant imidlertid få nye arter i 1991 sammenliknet med 1990. Den varme vinteren 1990/91, medførte at vi fant endel arter i 1991 som sannsynligvis ellers opptrer noe senere på våren, men dette gjaldt bare et fåtall arter. Dette var også tilfelle i 1990. Listen over registrerte arter vil naturlig nok øke i kommende år. Dette kan bl.a. skyldes en ytterligere forbedring av tilstanden etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988, og en bedret felterfaring.

De komplette artslistene finnes i databaser på NIVA.

### 3.2.1. Alger

Figur 11 viser antall arter (taxa) av rødalger som ble funnet på kyststrekningen Hvaler til Fedje under toktet i mai-juni 1990 og 1991.

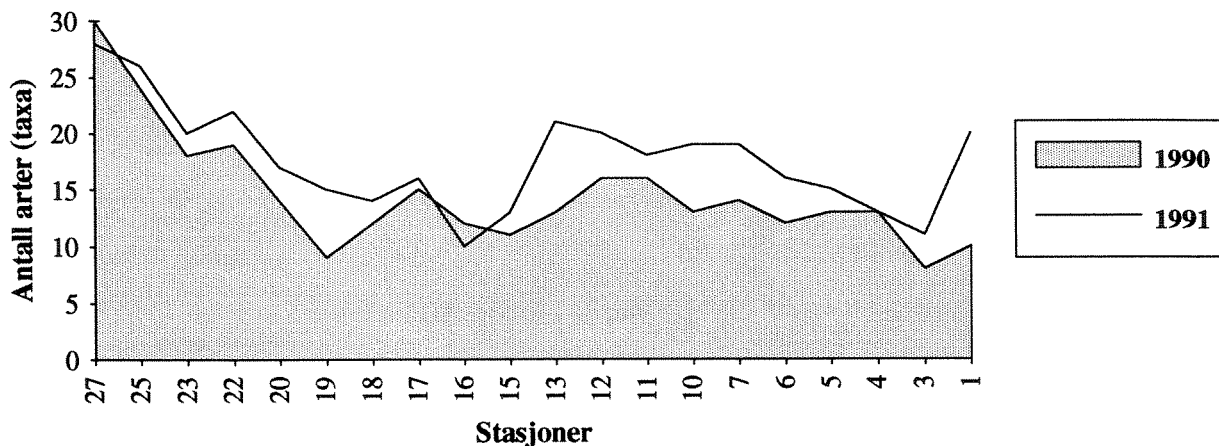


Figur 11. Totalt antall rødalger (taxa) registrert i 1990 og 1991 på kyststrekningen fra Hvaler (1) til Fedje (27).

Det var liten endring i antall registrerte rødalger for øst- og sør-Norge (stasjon 1 til 13), mens det var antydning til økt artsrikhet på vestlandet fra 1990 til 1991. Det er ingen entydig forklaring til økningen på vestlandet og det er lite trolig at økningen skyldes seneffekter etter *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988.

Antall arter (taxa) av brunalger per stasjon synes å ha økt fra 1990 til 1991 (figur 12). Økningen var tydeligst på sørlandet (stasjon 6 til stasjon 13). På vestlandet økte generelt antall brunalger per stasjon ettersom en forflyttet seg nordover fra Stavanger (st. 20) til Fedje (st 27). Den nordligste stasjonen ved Fedje hadde i 1990 dobbelt så mange arter brunalger som de fleste stasjonene på sørlandet og østlandet. I 1991 var denne forskjellen tydelig mindre. At det forekommer flere brunalger på vestlandet enn på sør- og østlandet, skyldes at brunalger generelt er kaldtvanns-kjære og sjøtemperaturen om sommeren er lavere på vestlandet enn i Skagerrak. Dessuten er plantene på sør- og østlandet tilpasset sjøtemperaturer under 3 grader om vinteren, noe som sjelden forekommer på vestlandet. Dette fører til at butare (*Alaria esculenta*) ikke vokser inn i Skagerrak.

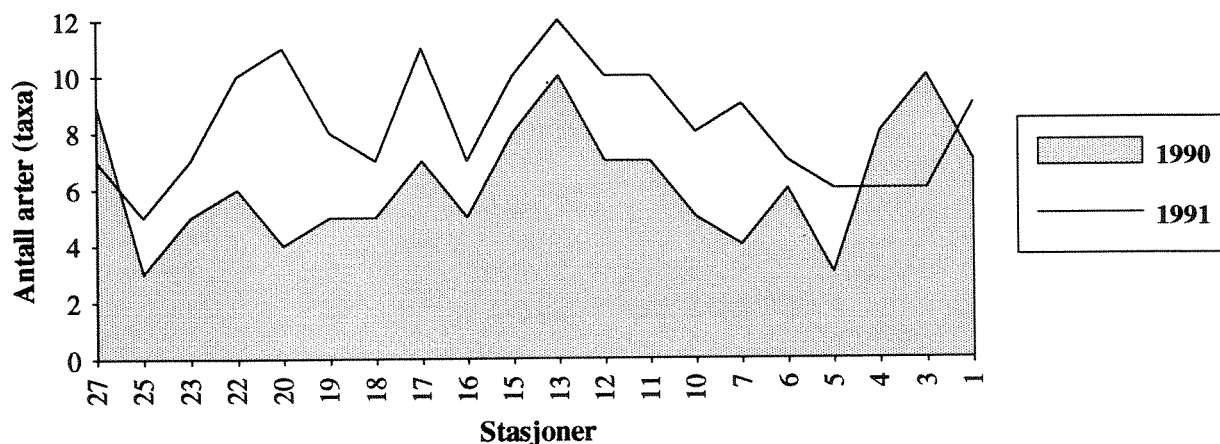
### Brunalger - Antall arter (taxa)



Figur 12. Antall arter (taxa) brunalger funnet pr. stasjon i 1990 og 1991.

Antall grøninalger var lavt og viste ingen større forskjell mellom øst-, vest- og sørlandet (figur 13). Artsantallet lå i underkant av 10 arter pr. stasjon, men var jevnt over noe høyere i 1991 enn i 1990. Dette kan sannsynligvis også tilskrives en mer intensiv bestemmelse av grøninalger i 1991 i forhold til 1990, selv om dette ikke har vært tilsiktet. Antall arter sier ingenting om mengdemessig forekomst av grøninalger, slik at en stasjon med få arter av grøninalger likevel kan være dominert av grøninalger.

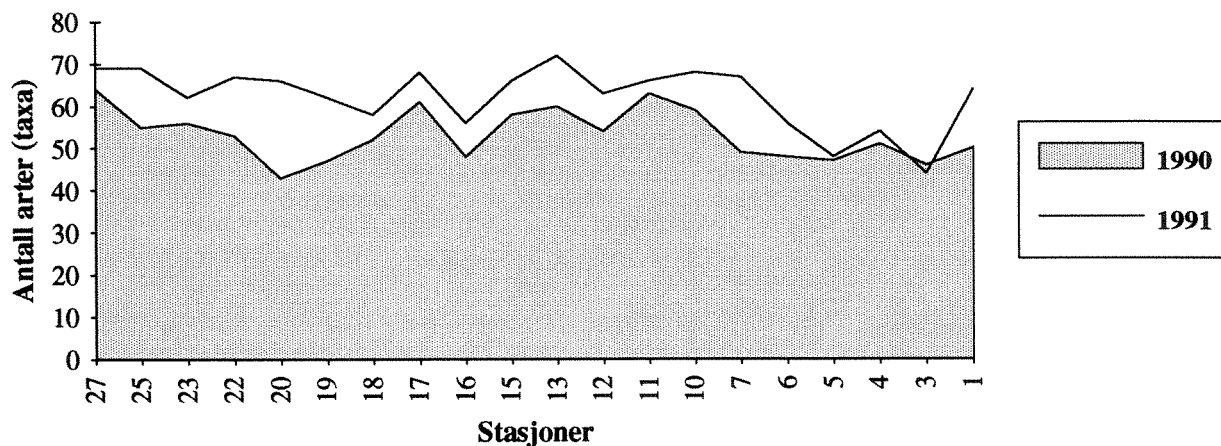
### Grøninalger - Antall arter (taxa).



Figur 13. Antall grøninalger funnet langs kysten på strekningen Tisler i Hvalerområdet (st. 1) til Måljøy ved Fedje (st. 27) i 1990 og 1991.

Det totale antall arter var høyere i 1991 enn i 1990 på samtlige stasjoner, med unntak på én stasjon ved Sandefjord (st.3 Lyngholmen) (figur 14). Økningen i artsantall var minst på stasjonene 3, 4 og 5 i Sandefjord - Jomfrulandområdet og størst på stasjon 7 ved Tromøya og i området fra Egersund til Stavanger (st. 19 og st. 20). Årsaken til den meget svake økningen i Sandefjord - Jomfrulandområdet er uklar. Hydrografiske endringer kan være en årsak. Det skal også påpekes at området ved Lista (st. 16, 17 og 18) fremdeles virket meget fattig i 1991. Biomassen av enkeltarter var lav i dette området.

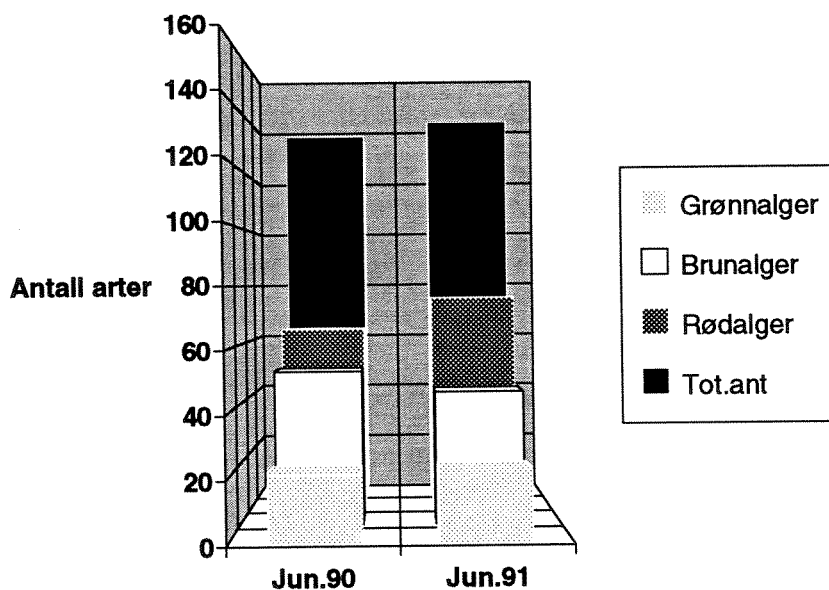
### Totalt antall arter (taxa).



Figur 14. Totalt antall arter (taxa) av alger registrert langs kysten fra Tisler (st.1) i Hvalerområdet til Måjøy (st.27) ved Fedje i 1990 og 1991.

Under toktene i 1990 og 1991 var det totale antall arter (taxa) henholdsvis 141 og 140, men det inngikk flere stasjoner i 1990 enn i 1991. Ved å eliminere de stasjoner som bare ble undersøkt i 1990 (stasjonene A2, B8, B9, W14, Y21, D24 og D26), viste det totale artsantallet nå å være 136 og 140 i henholdsvis 1990 og 1991. Forholdet mellom antall arter totalt og forholdet mellom antall arter innen de tre algeklassene, er vist i figur 15. Interessant er det å merke seg at antall rødalger har økt, mens antall brunalger har vist en forholdsvis stor nedgang fra 1990 til 1991 på de samme stasjonene, uklart av hvilken årsak.

### Totalt artsantall fra 1990 til 1991

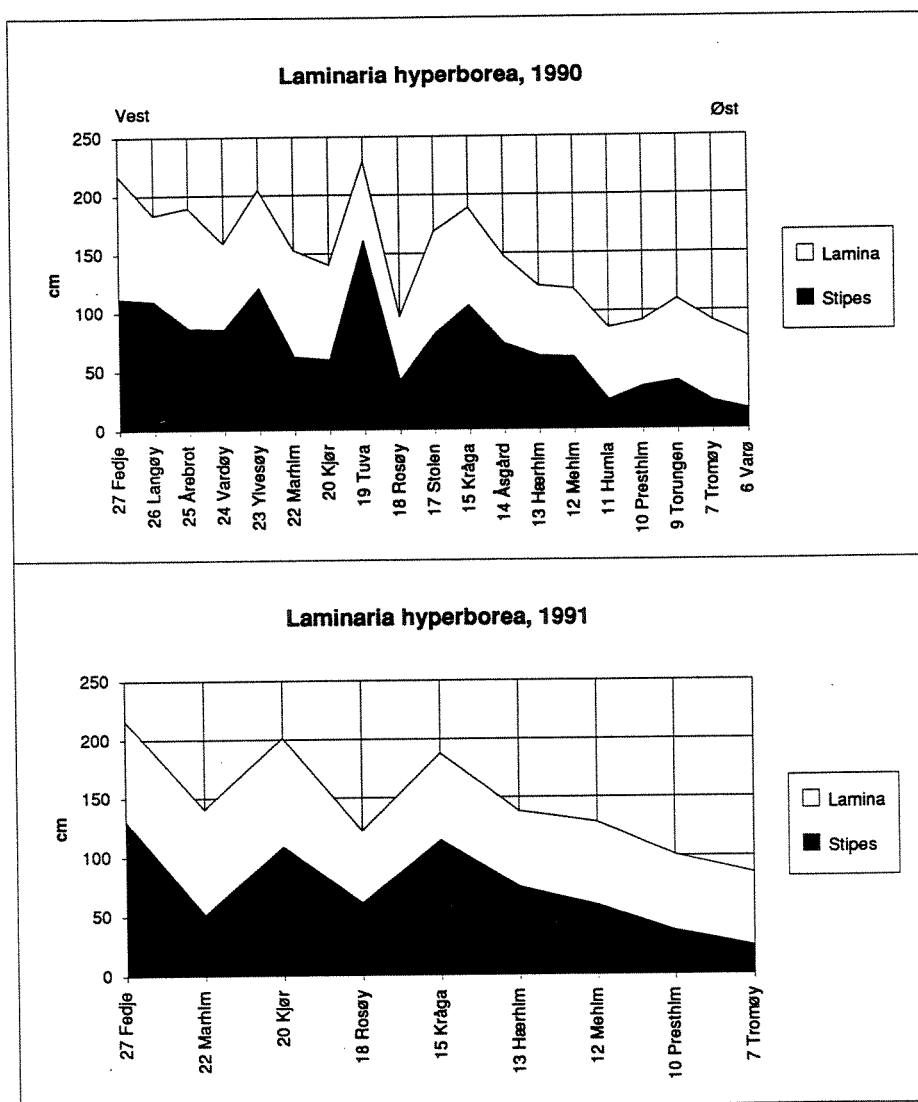


Figur 15. Antall arter (taxa) registrert totalt og innen klassene rød-, brun- og grønnalger over et identisk stasjonsnett i 1990 og 1991.



### 3.2.2 Tareskogundersøkelser

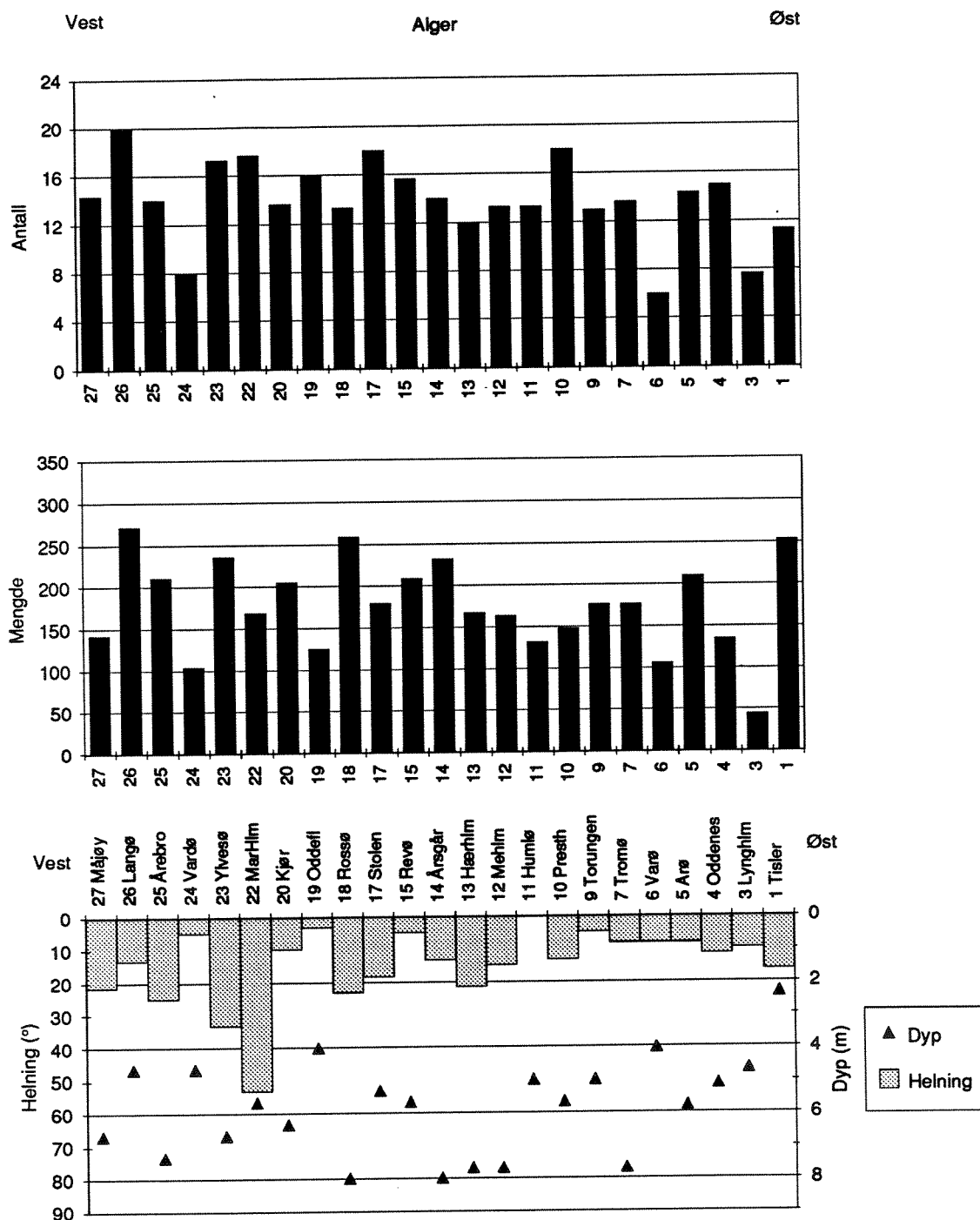
Flere brunalger er kjent som kaldstenoterme arter, dvs. at de foretrekker lavere sjøtemperatur fremfor varmere. Høye sommertemperaturer, sjeldnere lave vintertemperaturer og lav saltholdighet, er begrensende for utbredelsen av tarearter inn i Skagerak. Dette gjelder også for stortare. Figur 16 viser lengden av tarestilker og blad langs kysten i 1990 (a) og i 1991 (b). Figurene viser at lengden av stipes (stilken) ved Risør (st. Varø) bare er 20cm, mens stipeslengden vest for Lindesnes (fra stasjon Kråga) ligger på rundt 1m. En kan også se at laminalengden (bladet) hadde en nesten lik lengde på ca. 80 cm langs hele kysten. Det var i 1990 en noe lengre laminalengde på vestlandet enn lengre sør og øst, men forskjellen var betydelig mindre enn forskjellen i stipeslengde. I 1991 var laminalengden nesten lik langs hele kysten. Forskjellen i stipeslengde mellom 1990 og 1991 var signifikant høyere i 1991 enn i 1990 ( $p=0,006$ ), mens forskjellen mellom laminalengde i 1990 og 1991 ikke var signifikant forskjellig ( $p=0,777$ ).



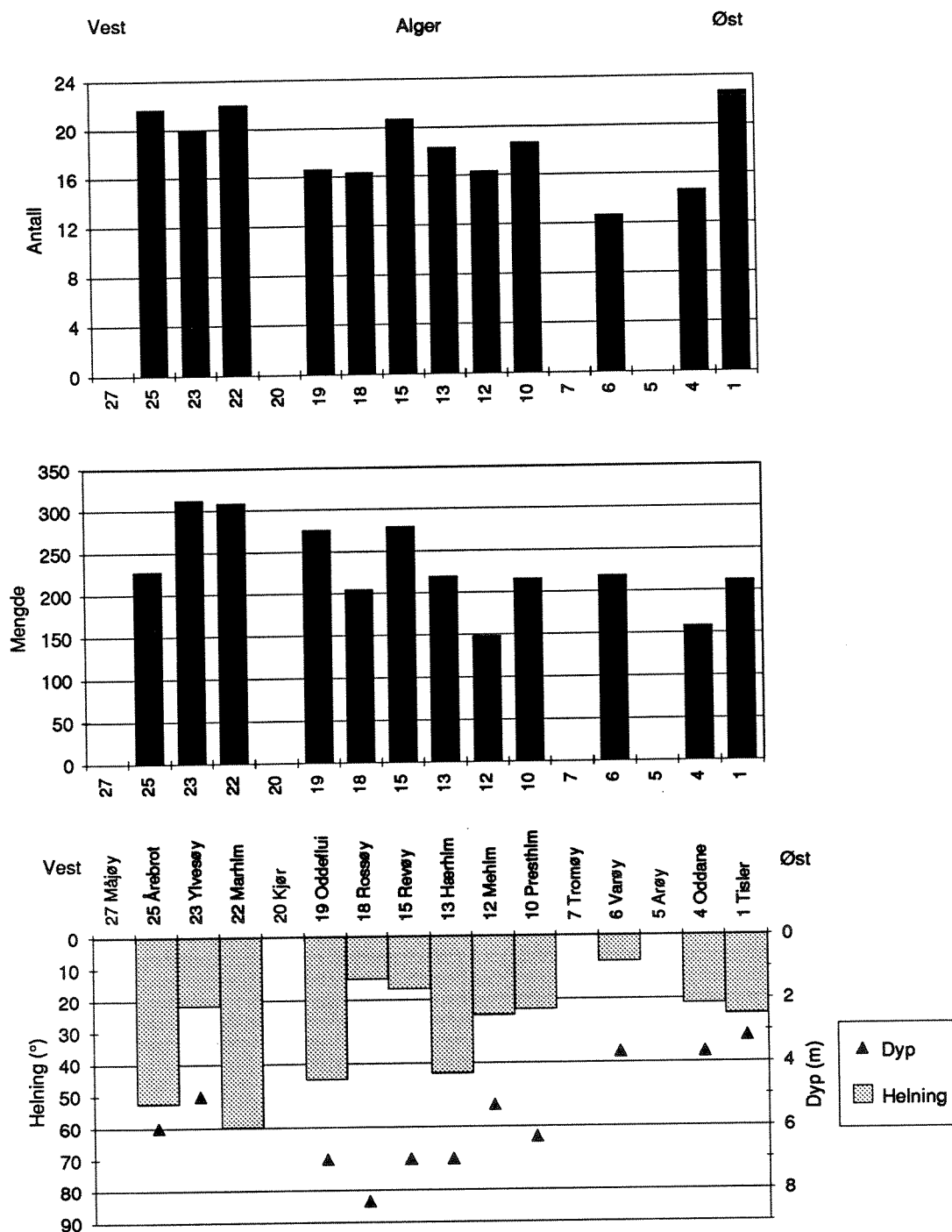
Figur 16. Lengden i cm av stortare (*Laminaria hyperborea*) oppdelt i stipes (stilk) og i lamina (blad). a) 1990; b) 1991.

### 3.2.3 Ruteundersøkelser - alger

Ruteundersøkelsene ble for majoriteten av stasjoner utført i dybdeintervallet 4-8m. Figur 17 og 18 fremstiller gjennomsnittlig antall algearter og dekningsgrad pr. rute for de undersøkte stasjoner i henholdsvis 1990 og 1991. Figurene viser også gjennomsnittlig registreringsdyp og substratets vinkel for de undersøkte årene.



Figur. 17. Gjennomsnittlig antall algearter og relativ mengde (sum prosent) funnet i rutene, samt registreringsdyp og substratets vinkel for de undersøkte stasjoner i 1990.



Figur. 18. Gjennomsnittlig antall algearter og relativ mengde (sum prosent) funnet i rutene, samt registreringsdyp og substratets vinkel for de undersøkte stasjoner i 1991.

Ruteregistreringene viste signifikant flere arter pr. stasjon i 1991 enn i 1990 ( $p=0,001$ ). Dessuten var dekningsgrad av alger i rutene signifikant større i 1991 enn i 1990 ( $p=0,024$ ). Dette bekrefter de observasjoner som ble gjort under transektregistreringen, hvor både artsantallet og spesielt biomassen hadde økt dvs. at det ble registrert flere vanlige og dominerende arter i 1991 enn i 1990. Dypene hvor rutene har vært plassert var like de to årene ( $p=0,662$ ), mens helningsvinkelen var forskjellig ( $p=0,033$ ).

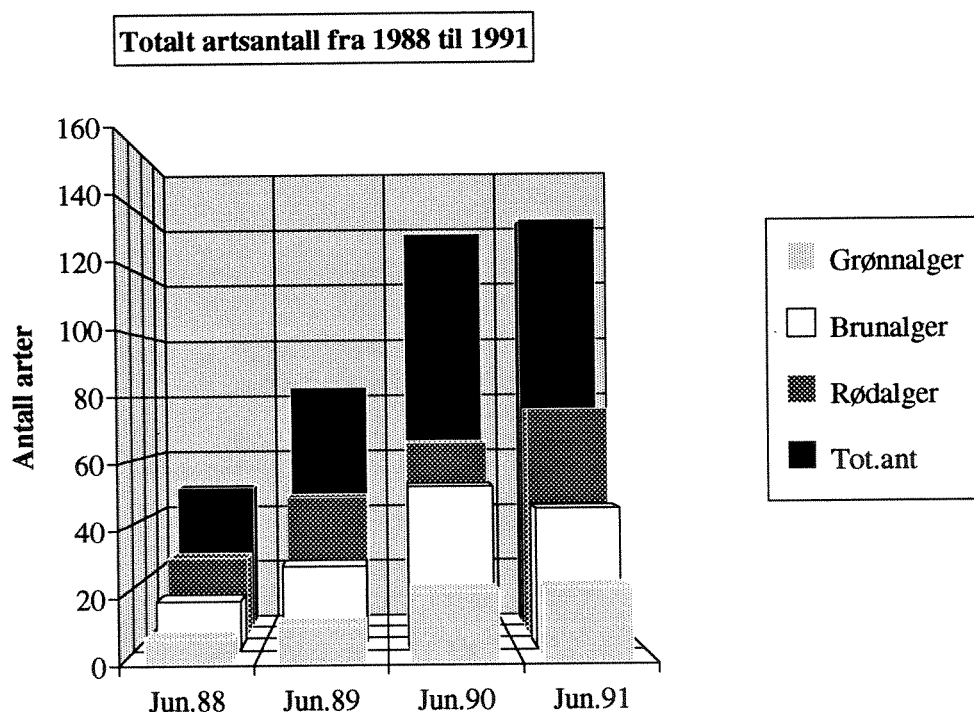
Tallene for dekningsgrad er resultat av første gangs bearbeiding og flere beregninger må utføres. Tallene må tolkes med forsiktighet, men tendensen synes å være i overensstemmelse med observasjonene under transektregistreringene.

### 3.2.4 Utvikling fra 1988 til 1991

De fleste av stasjonene som inngikk i *Chrysochromulina*-toktene, ble inkludert i Kystovervåkingsprogrammet. Dette har gjort det mulig å se på utvikling av algegruppene fra 1988 og fram til idag.

Sammenlikningen mellom årene 1988 til 1991 er her utført for den del av kyststrekningen som tydelig var påvirket av *Chrysochromulina polylepis*-oppblomstringen. Bare de stasjoner som var direkte sammelignbare mellom *Chrysochromulina*-toktene og Kystovervåkingsprogrammet (dvs. de ytre *Chrysochromulina*-stasjonene), er tatt med i sammenlikningen.

Antall algearter funnet og fordelingen mellom algeklassene, er blitt beregnet for hele kyststrekningen sett under ett. Resultatet av denne sammenlikningen av årene 1988 til 1991, er vist i figur 19.

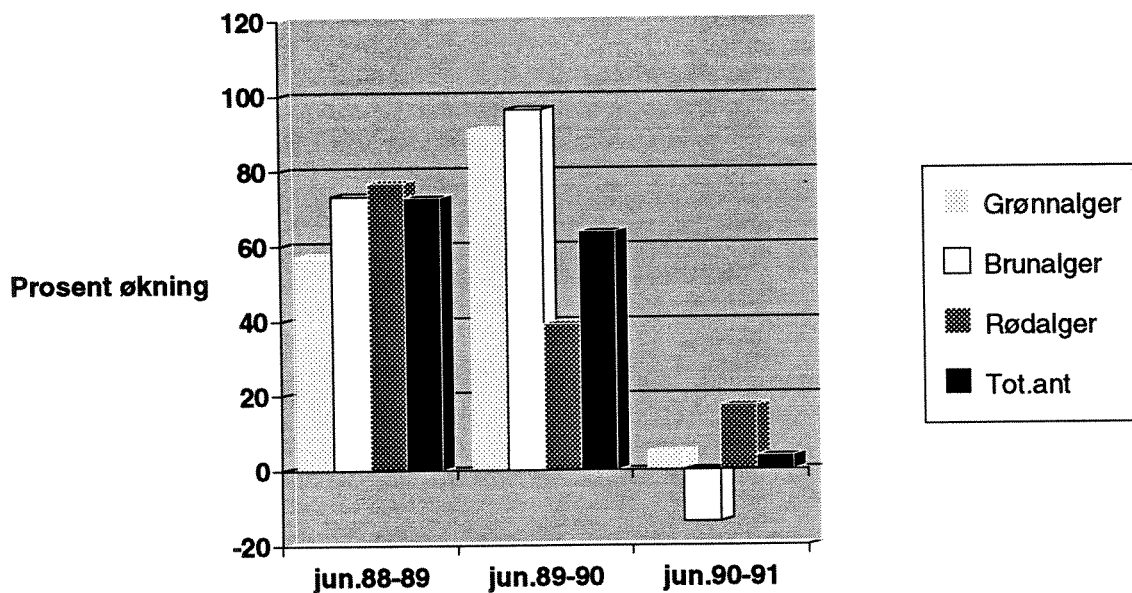


Figur 19. Variasjon i antall algearter og antall arter innen klassene rød-, brun- og grønnalger funnet på sammenfallende stasjoner fra 1988 til 1991.

Forekomsten av alger har økt betraktelig etter at *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988 påførte algevegetasjonen store skader (fig. 19). Det totale antall alger har økt fra ca. 50 arter i 1988 til 126 arter i 1991. Økningen var størst for ettårige alger.

Av figur 20 framkommer det at den prosentvise årlige økningen i antall registrerte arter fra 1988 til 1991 har avtatt. Fra 1988 til 1989 var tilveksten i artsantall ca. 70%, men fra 1990 til 1991 var økningen redusert til ca. 10%. Dette indikerer at algesamfunnene på hardbunn langs ytre kyst nå nærmer seg en "naturlig" tilstand ved at artslistene nå inneholder de fleste arter en kan forvente å finne langs denne kyststrekning.

### Prosentvis økning i antall arter



Figur 20. Prosentvis økning i perioden 1988-1991 i antall arter funnet på de stasjoner som ble hardt rammet av *Chrysochromulina polylepis* i 1988. Bare sammenlignbare stasjoner er inkludert.

### 3.2.5 Dyr

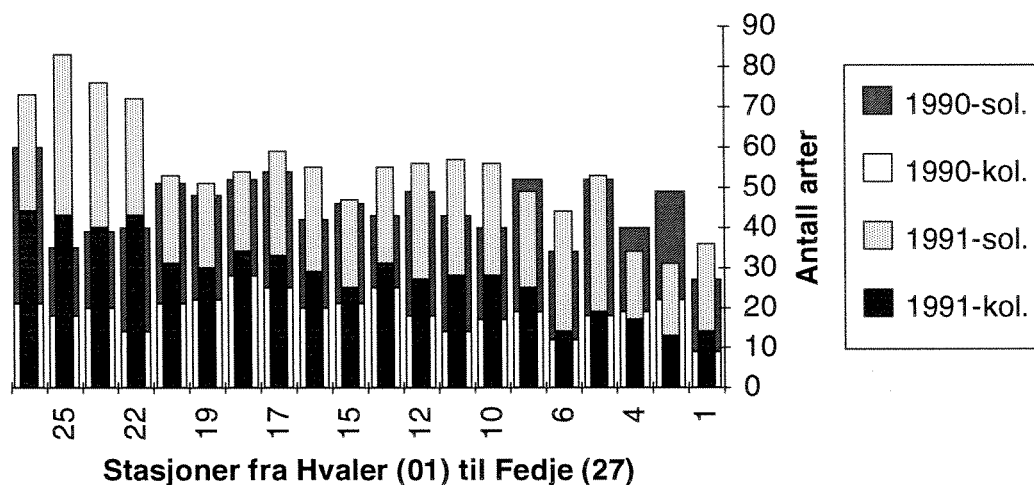
Som for alger må det presiseres at datamaterialet ikke er fullstendig bearbeidet. Det er derfor lagt vekt på å gi et kortfattet resymé over noen arters særtrekk på 20 av kystovervåkningsstasjonene.

*Chrysochromulina polylepis*-oppblomstringen medførte at mange dyr forsvant. Reduksjon i rovdyrbestanden medførte lavere predasjon på eksisterende og nyetablerende fauna. Dermed oppstod en situasjon som favoriserte enkelte "opportunistiske" arter som blåskjell (*Mytilus edulis*) og trekantmark (*Pomatoceros triqueter*). Begge artene kan raskt kolonisere ledige områder av hardbunn. Derfor ble disse artene samt korstroll (*Asterias rubens*), som spiser blåskjell, brukt ved beskrivelse av endringer over tid.

Det sparsomme sammenlignbare datamateriale fra sommeren 1988 tydet på at mengden av blåskjell og trekantmark var relativt liten, enten pga. skade-effekter (spesielt hos blåskjell) eller naturlig forekomst (trekantmark). Forekomstene av disse artene i 1989 var større enn i 1988 og større enn det som var forventet ut fra erfaringer fra andre undersøkelser. Store forekomster i 1989 gjenspeiler opportunistiske trekk hos blåskjell og trekantmark. Forekomsten av blåskjell i 1990 var vesentlig lavere enn i 1989, men forekomsten av trekantmark var tilnærmet lik i de to årene (basert på elleve stasjoner, Pedersen *et al.*, 1991). Resultatene for korstroll for samme periode viste nedgang, bortsett fra på to stasjoner.

Flere dyrearter ble registrert i 1991 på 17 av stasjonene (Figur 21). Unntakene var på tre stasjoner i den nordlig delen av Skagerrak. For fire stasjoner på vestlandet ble det funnet betydelig flere arter i 1991 enn i 1990. Dette skyldes sannsynligvis at det var forskjellige observatører som utførte registreringene de to årene.

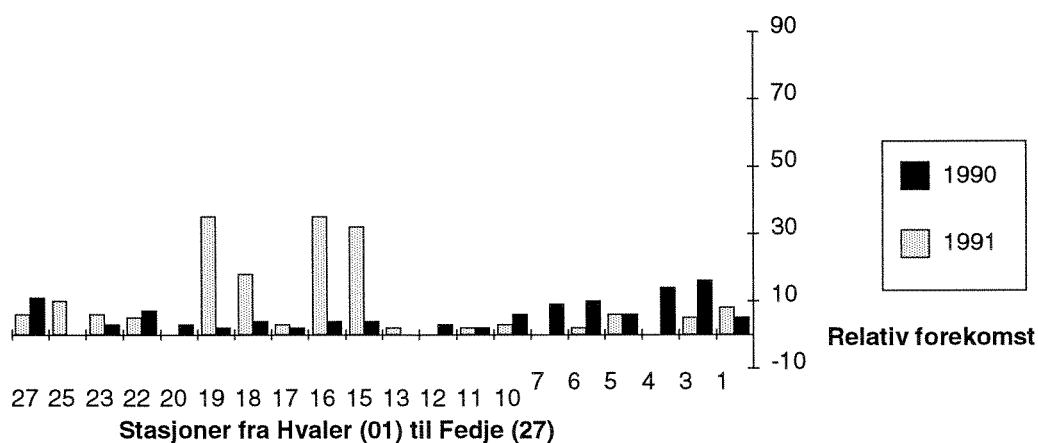
### Antall arter i 1990 og 1991



Figur 21. Antall kolonidannende (kol.)- og solitære dyr (sol.) i 1990 og 1991.

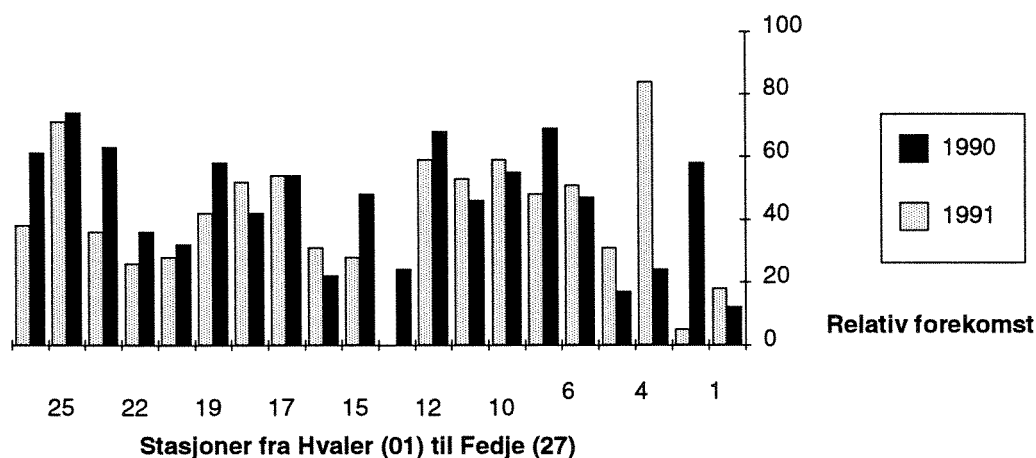
Undersøkelse av blåskjell, trekantmark og korstroll i 1991 viste ingen entydig tendens i forhold til 1990 (figurene 22, 23 og 24), noe som tyder på en mer normal tilstand. Forekomst av blåskjell var vesentlig større på eksponerte stasjoner i sør-Norge fra stasjon 15 (Revø) til stasjon 19 (Oddefluei) i 1991. På stasjonene i Skagerrak-området var forekomsten noe mindre. Forekomst av korstroll fra Revø og oppover langs vestkysten var noe mindre i 1991 enn i 1990.

### Forekomst av blåskjell i 1990 og 1991



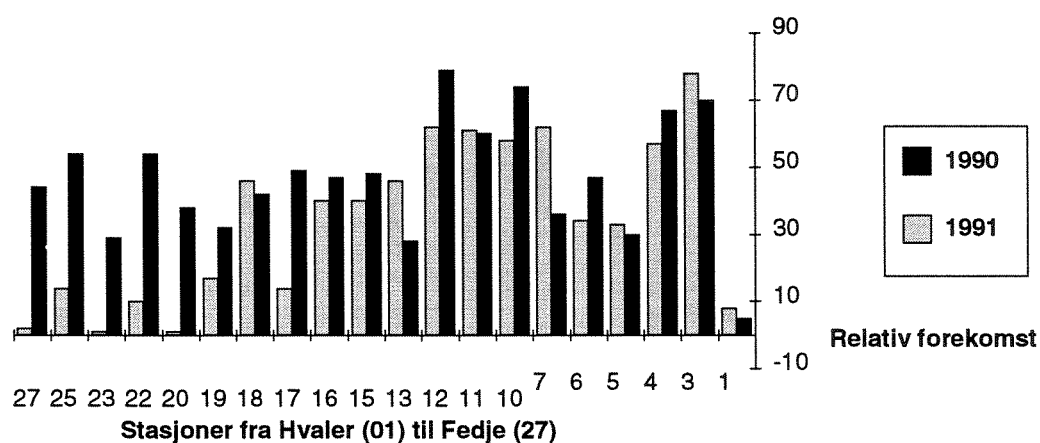
Figur 22. Relativ forekomst av blåskjell i 1990 og 1991.

## Forekomst av trekantmark i 1990 og 1991



Figur 23. Relativ forekomst av trekantmark i 1990 og 1991.

## Forekomst av korstroll i 1990 og 1991



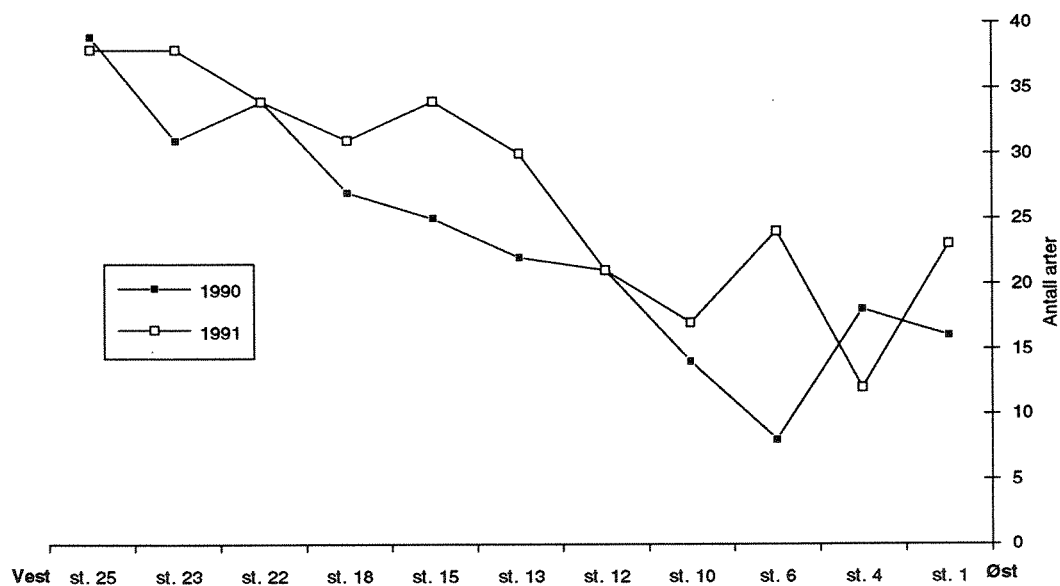
Figur 24. Relativ forekomst av korstroll i 1990 og 1991.

Forekomsten av purpursnegl har økt siden 1988 da mange døde og ingen levende ble funnet. Purpursnegl er et viktig rovdyr i et gruntvannssamfunn og det ble antydnet at pga. artens begrensede spredningsevne (den har ikke pelagisk stadium), ville det ta lang tid før bestanden ville nå 1988-nivået. 1990-resultatene indikerer at gjenetableringen har gått raskere enn forventet. Gjennomsnittlig forekomst over alle stasjoner (skala 1-4, hvor 1 er enkeltfunn og 4 er dominerende forekomst) økte fra 1.4 i 1990 til 2.3 i 1991.

### 3.2.6. Ruteundersøkelser - dyr

Ruteundersøkelsene ble for majoriteten av stasjoner utført i dybdeintervallet 4-8m. Figurene 17 og 18 viser gjennomsnittlig registreringsdybde og substratets helning for de undersøkte årene. Figur 25 viser totalt antall dyrearter som ble registrert i rutene i 1990 og 1991. Det ble funnet flere arter ( $p < 0.1$ ) i 1991 enn i 1990. Antall arter økte jo lengre vest man kom. Det ble i 1990 funnet få arter på stasjon 6 og dette kom av at registreringen måtte avbrytes pga. dårlig vær. Det høyere artsantallet på de vestlige stasjonene skyldes i stor grad et økt innslag av mosdyr og sekkedyr.

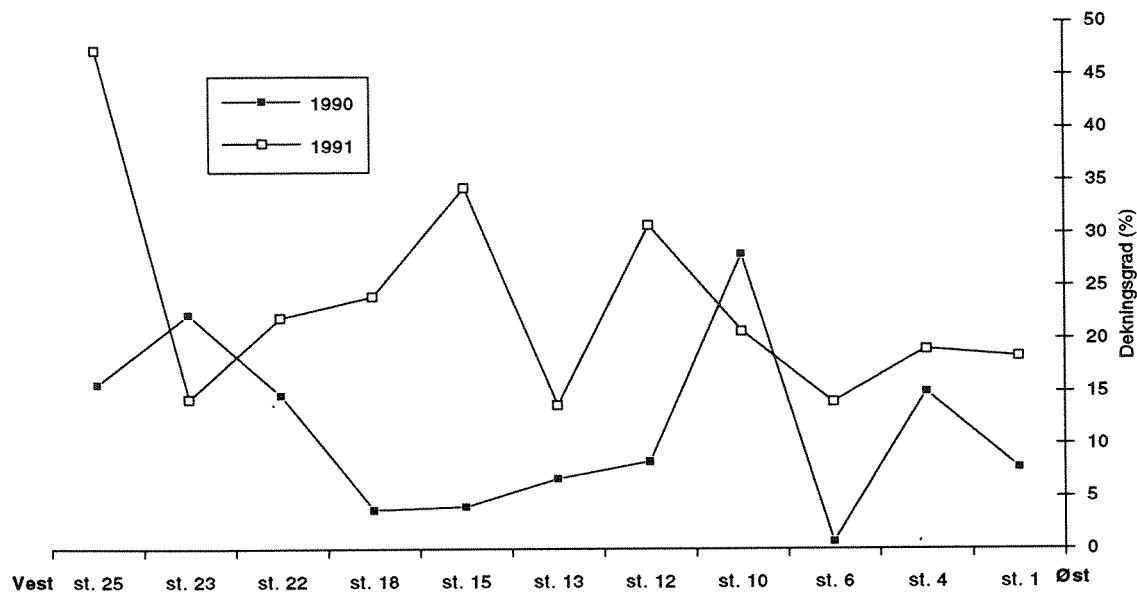
Ved registrering av rutene ble også %-dekningsgrad for dyrene beregnet. Summen av de enkelte artenes dekningsgrad er grafisk fremstilt i Figur 26.



Figur 25. Totalt antall registrerte dyrearter på hver stasjon ved ruteanalysene i 1990 og 1991.

Dekningsgraden var signifikant ( $p < 0,01$ ) høyere i 1991 enn i 1990, og den store forskjellen på stasjon 25 skyldes store mengder solitære sekkedyr og skorpeformede mosdyr i 1991. Forskjellen på stasjon 15 skyldes et økt innslag av juvenile blåskjell og disse er også hovedårsaken til at dekningsgraden generelt var høyere i 1991 enn i 1990.





Figur 26. Dekningsgrad av dyr i %, basert på gjennomsnittet av de 3 rutene som ble registrert på hver stasjon.

### 3.2.7. Multivariate analyser

Stasjonenes samfunnsstrukturer i 1990 og 1991, basert på transektanalysene, er sammenlignet ved hjelp av multivariate metoder. Det er utført Cluster-analyser, MDS (Multi Dimensional Scaling) og ANOSIM (en ANOVA etter Monte-Carlometoden) på alle stasjoner som var felles i 1990 og 1991.

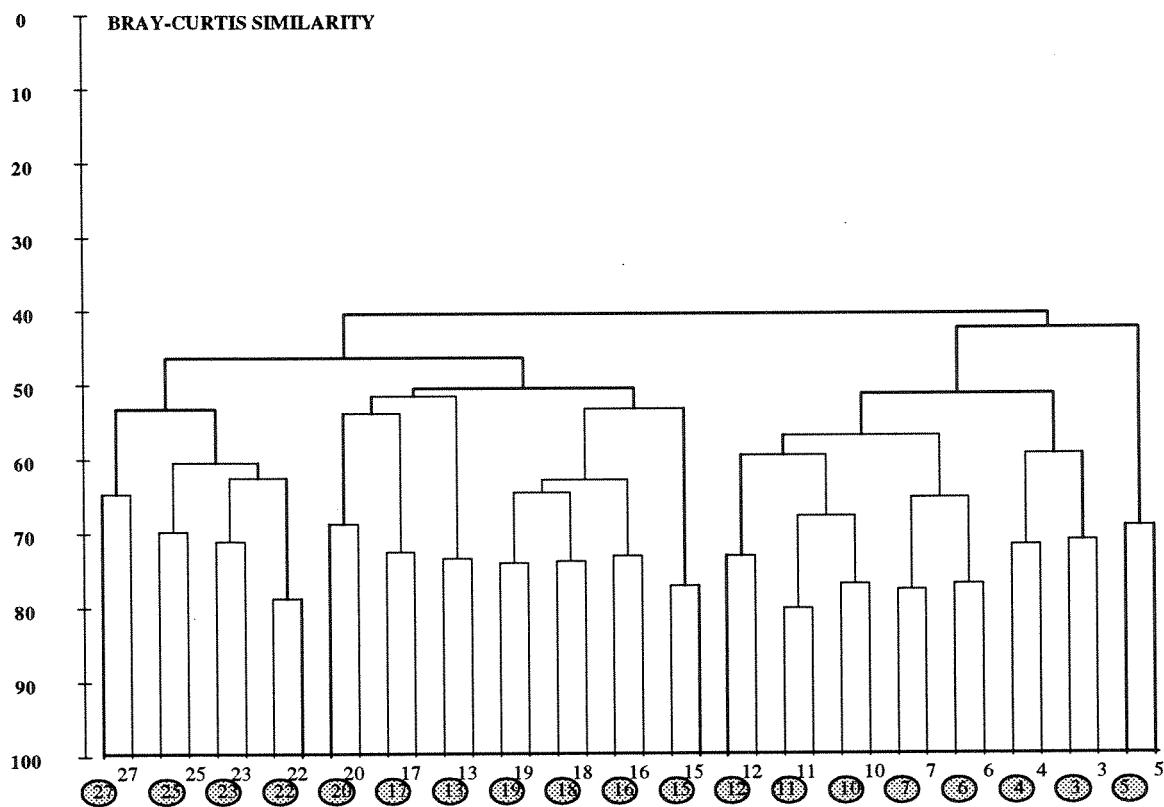
Figur 27 viser to grafiske fremstillinger av samfunnsstrukturen på stasjonene i forhold til hverandre og mellom årene. I datamaterialet inngår alger og dyr. Forekomst av alger og dyr ble basert på sum av alle forekomster av en art, i tilfelle arten hadde forekommet som vanlig eller dominerende i løpet av de to årene. Sum av alle forekomster, etter en skala fra 1 til 4 (enkeltpunn til dominerende), ble summert for alle dyp for hvert av årene og var utgangspunktet for en likhetsmatrise mellom stasjoner og år. Dendrogrammet (figur 27a) viser at artsammensetningen fordelte stasjonene i to store grupper. Den ene gruppen inneholdt alle stasjoner øst for Kristiansand og den andre gruppen inneholdt alle stasjoner vest for Kristiansand. Dendrogrammet viser også at forskjellen mellom stasjonene var større enn mellom årene. Stasjon U5 var meget ulik de andre stasjonene. Dette kommer av at stasjonen ligger noe mer beskyttet enn de andre stasjonene.

Ved å skille alger og dyr og behandle disse separat, kunne en vise at det var dendrogrammet for alger som var mest lik figur 27a. Dette betyr at artssammensetning og forekomst av alger hadde størst betydning ved sammenligning av samfunnsstruktur mellom hardbunnstasjonene. Algesamfunnene på vestlandet viste seg å skille stasjoner ut i årsgrupper. Dette betyr at forskjellen i artssammensetning mellom 1990 og 1991 på vestlandet hadde vært større enn forskjellen mellom stasjonene de to årene. I figur 27a oppheves denne tendensen ved at artssammensetningen av dyr på vestlandsstasjonene viste større forskjell mellom stasjoner enn mellom år.

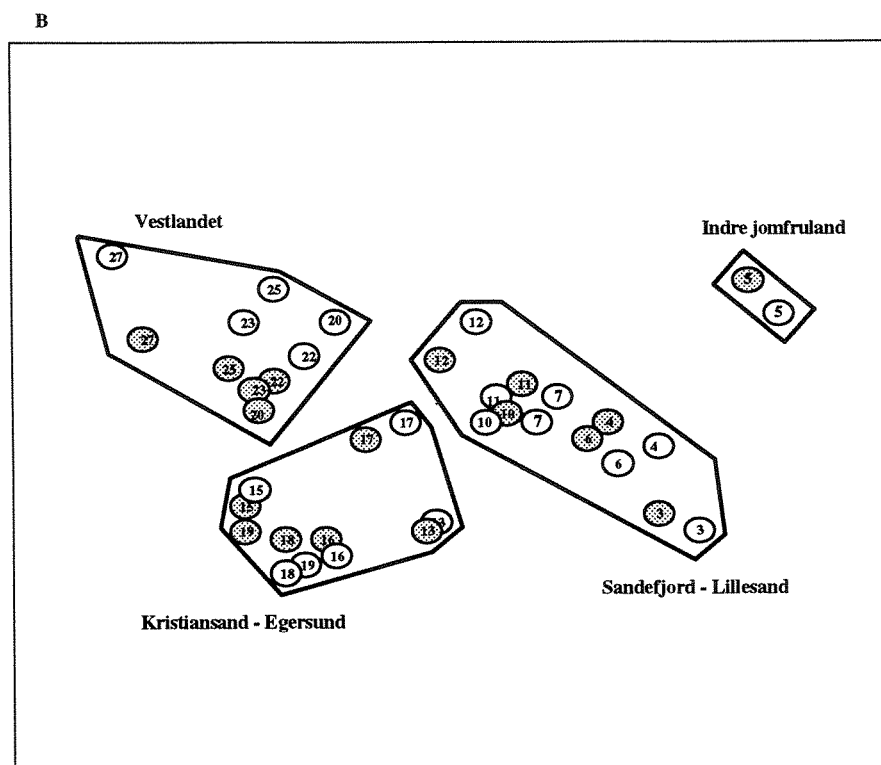
Figur 27a viser gruppering av stasjoner, mens figur 27b viser innbyrdes forskjell mellom stasjonene. I figur 27b er forskjellen mellom stasjonene identisk med den relative avstand mellom stasjonene (feks antall mm mellom stasjonene i plottet) - noe som viser at stasjon C18-1990 var mer lik stasjon C19-1990, enn seg selv i 1991 (C18-1991).

Figur 27b viser at stasjon 5 (Arøy), skilte seg ut fra alle andre stasjoner. Dette viste også figur 27a. Ellers grupperes alle stasjoner stort sett i en diagonal fra øst til vest, dvs. at stasjon A3 var mest ulik D27 (A1 er ikke med i analysen da stasjonen bare er 12 m dyp og alle dyp ned til ca. 30 m inngår i de andre stasjonene). Det er også tydelig at det skilles ut fire tydelige grupper, omtrent likt dendrogrammet, med én gruppe bestående av stasjon 5, én av alle stasjoner øst for Kristiansand, én gruppe fra sørvestlandet (Kristiansand - Egersund) og én av alle vestlandstasjonene. Stasjonene på vestlandet var de stasjonene som viste størst forskjell mellom årene 1990 og 1991. Som nevnt over er årsaken til denne forskjellen i antall arter og artssammensetning på vestlandet i 1990 og 1991 usikker.

Det ble foretatt simulert ANOVA (ANOSIM) på MDS-plottet for å teste om artssammensetningen i 1990 og 1991 er signifikant forskjellig eller ikke. Resultatene viser at det er en signifikant forskjell i stasjonenes hardbunnssamfunn i 1990 og 1991 ( $p=0.002$ ).



Figur 27 a). Gruppering av stasjoner i et dendrogram.



Figur 27 b) Innbyrdes forskjell mellom stasjoner i et MDS-plot. Hvite punkter = 1990, Fylte punkter = 1991.

### 3.2.8. Sammenheng mellom trofigrad og tilstanden hos hardbunnssamfunnene

Forskjellene mellom 1990 og 1991 og gradienten fra øst mot vest kan foreløpig ikke knyttes til forskjeller i trofigrad. Når ytterligere års undersøkelser er gjennomført og mer komplette hydrokjemiske resultater foreligger, regner en med at sammenhengen skal tre klarere fram.

## 4. HYDROGRAFI/HYDROKJEMI/PLANTEPLANKTON

### 4.1 INNLEDNING

Den hydrografisk/hydrokjemiske delen av kystovervåkingsprogrammet startet mai 1990 ved Færder og Jomfruland og ble suksessivt utvidet til å omfatte totalt 5 stasjoner fra Færder til Lista pluss 2 overflatestasjoner, de sistnevnte med kun et utvalg av de i programmet utvalgte eutrofirelevante variable. Presentasjon og analyse av observasjonene fra 1991 er en begynnelse på den presentasjon og form overvåkingsdata fra programmet med tiden vil få. I årets rapport er det lagt vekt på å opparbeide og presentere "klimatiske" data som er viktig informasjon i behandlingen av langtidsutvikling.

Det foreligger foreløpig få hydrokjemiske observasjoner, hvilket begrenser analysmulighetene av disse data. I årets rapport er det kun gjort en grov analyse av observasjonene. Det er ikke gjort noe forsøk på å sammenligne 1991 med 1990, ettersom antall observasjoner i 1990 ikke dekker hele året og varierer mellom stasjonene. En slik sammenligning vil først bli aktuell når flere års observasjoner foreligger.

Observasjoner av planteplankton er sammenstillt for 1990 og 1991. Her har det vært mulig å trekke inn resultater fra andre prosjekter, som tidligere ikke er rapportert i kystovervåkingsprogrammet.

### 4.2. GJENNOMFØRING

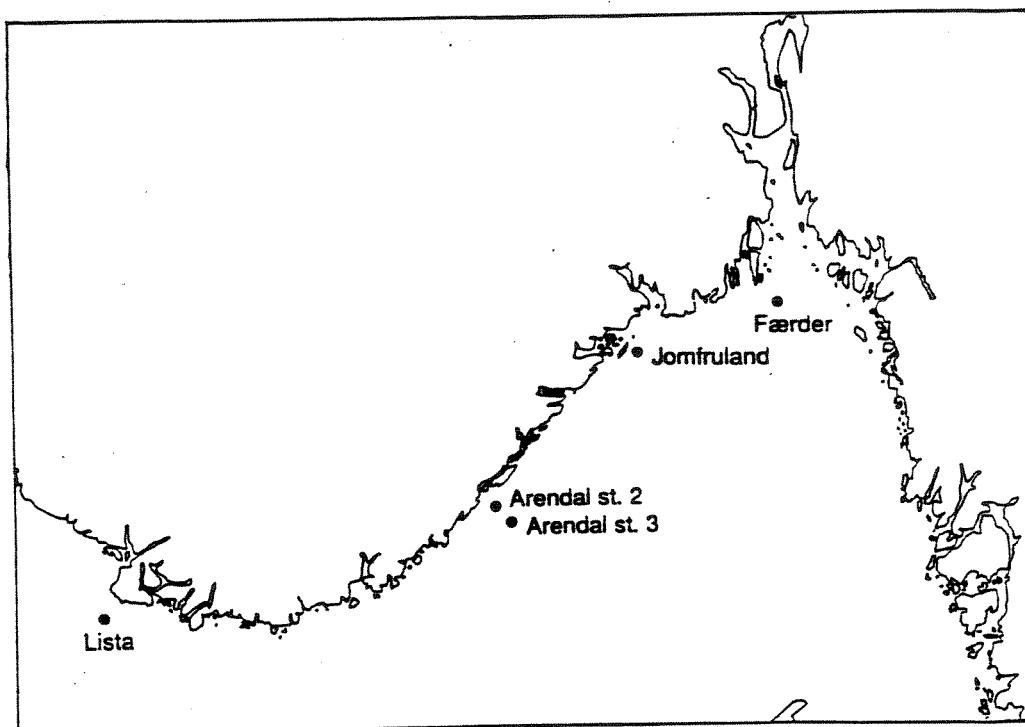
Den hydrografisk/hydrokjemiske delen av kystovervåkingsprogrammet inneholder observasjoner fra 5 stasjoner langs kyststrekningen svenskegrensen til Lista, samt to stasjoner med innsamling av enkelte parametre fra overflaten. Tabell 5 og figur 28 viser stasjonsposisjoner, tabell 6 observerte parametre og tabell 7 gjennomførte observasjoner i 1991. Samtlige data er presentert i egen datarapport (Aure m.fl.1992).

Tabell. 5. Stasjonsposisjoner 1991.

Stasjon	Lengde (E)	Bredde (N)
Færder	58°59.3'	10°32'
Svenner	58°57'	10°10'
Jomfrulandsrennen	58°53.5'	09°37'
Jomfruland	58°51'	09°40'
Arendal st.2.	58°23'	08°50'
Arendal st.3.	58°20'	08°53'
Lista	58°01'	06°32'

Tabell 6. Oversikt over observasjoner på de ulike stasjoner i 1991.

Stasjon/parameter	Færder	Svenner og Jomfrulandsrennen	Jomfruland	Arendal st.2	Arendal st 3	Lista
Temperatur	x	x	x	x	x	x
Saltholdighet	x	x	x	x	x	x
Oksygen	x	x	x	x		
Tot-P	x	x	x	x	x	x
PO <sub>4</sub> -P	x		x	x	x	x
Part P	x		x	x	x	
Tot-N	x	x	x	x	x	x
NO <sub>3</sub> -N+ NO <sub>2</sub> -N	x		x			
NO <sub>3</sub> -N				x	x	x
NO <sub>2</sub> -N				x	x	x
NH <sub>4</sub> -N	x		x	x	x	x
Part N	x		x	x	x	
Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Si	x		x	x	x	x
Part C	x		x	x	x	
TSM	x		x	x	x	
Kl-a	x		x	x	x	
Siktedyp	x	x	x	x	x	x
Plantepl.			x			



Figur 28. Hydrografisk/hydrokjemiske stasjoner 1991.

Tabell 7. Gjennomførte tokter i 1991. (Parentes rundt toktnummer betyr en delvis gjennomføring av toktet)

Dato	Færder	Jomfru-land	Arendal St 2	Arendal St 3	Lista
7.1			1		
9.1					1
21.1					2
28.1			2	1	
29.1	1	1			
11.2					3
15.2			3		
20.2	2	2			
26.2					4
7.3	3	3	4	2	
16.3					5
20.3			5		
21.3	4	4			
26.3					6
3.4	(5)	(5)			
6.4					7
8.4			6	3	
11.4	5	5			
24.4	6	6			
1.5			7		
7.5	7	7			
10.5			8	4	
23.5			9		
27.5		8			
29.5					8
9.6			10	5	
10.6					9
11.6		9			
19.6			11		10
20.6		10			
27.6					11
8.7			12		
10.7	8	11			
18.7					12
20.7			13		
29.7					13
31.7	9	12			
5.8			14		
14.8			15	6	
21.8					14
22.8	10	13			
28.8			16		

Tabell 7. (forts). Gjennomførte tokter i 1991.

Dato	Færder	Jomfru-land	Aren dal St 2	Arendal St 3	Lista
2.9					15
4.9	11	14			
12.9			17	7	16
18.9	12	15			
30.9					17
7.10	13	16	18	8	
10.10					18
16.10	14				
21.10		17	19		
28.10					19
30.10			20	9	
5.11	15	18			
15.11					20
18.11			21		
27.11					21
28.11		19			
29.11	16				
2.12			22	10	
12.12		20			
16.12			23		22
18.12	17				

Observasjons- og analyseprogrammet skiller seg fra 1990 ved at oksygen er innført på noen av stasjonene i 1991. Som følge av lavere bevilgninger enn beregnet i 1991 er observasjonsfrekvensen i 1991 redusert på Færder, Arendal st.3 og Lista i forhold til programmet. Observasjonsfrekvensen var opprinnelig ca. en gang hver 14. dag på Færder, Jomfruland, Arendal st.2 og Lista, samt en gang pr. måned på Arendal st.3. I januar, februar og desember skulle det kun gjennomføres 1 tokt pr. måned.

Som regel er det tatt observasjoner på 0, 5, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250 og 300 meters dyp. Avvik forekommer dels som en justering etter bunndyp, dels etter kraftig strøm som gir vinkel på hydrografivaieren.

Prøvetakingsvann, unntatt til oksygenanalyser, ble filtrert gjennom en zooplanktonduk på 180 µm. Temperatur og saltholdighet ble observert med en STD-sonde (Gytre) eller CTD-sonde (Neil Brown). Siktedyp ble observert uten vannkikkert.

Samtlige analyser av TSM ble gjennomført ved NIVA. Øvrige analyser ble gjennomført på HFF (Arendal st.2 og 3 samt Lista) og NIVA (Færder, Jomfruland, Svenner og Jomfrulandsrennen), unntatt partikulært karbon og nitrogen fra Arendal st 2 og 3, som ble analysert av professor M.I.Abdullah ved Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.

Hvert år gjennomføres parallellanalyser mellom HFF og NIVA for å kunne korrigere for eventuelle avvik i de kjemiske analysene. Resultatet av parallellanalysene er beskrevet i datarapporten for 1991

(Aure m.fl. 1992). Her gis også en beskrivelse av analysemetodene. Tabell 8 viser en sammenstilling av resultatet fra parallellanalysene.

Tabell 8. Beregnet korrigering av ulike variabler etter parallellanalyser mellom HFF og NIVA. (Enhet  $\mu\text{M}$ , unntatt kl-a ( $\mu\text{g/l}$ ))

Parametre	HFF=k* NIVA+a	R (korr)
Tot-P	0.08	(konstant)
PO <sub>4</sub> -P	0.92*NIVA+0.066	0.99
Part P	0.0175	(konstant)
Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.89*NIVA+0.645	0.95
Tot-N	1.34	(konstant)
NO <sub>3</sub> -N+NO <sub>2</sub> -N	1.117*NIVA+0.224	0.99
NH <sub>4</sub> -N	1.041*NIVA-0.311	0.95
Part-N	0.85*NIVA+0.19	0.98
Part C	0.767*NIVA+1.35	0.88
Kl-a ( $\mu\text{g/l}$ )	1.56*NIVA-0.26	0.99

I denne rapport er samtlige resultater korrigert etter tabell 8. Ettersom NIVAs analyser nesten gjennomgående gir lavere konsentrasjoner enn HFFs analyser er samtlige konsentrasjoner omregnet til "NIVA-nivåer". For noen parametre innebærer dette negative resultater. Disse er satt til mindre enn deteksjonsgrensen.

### 4.3. METEOROLOGI OG FERSKVANNSTILFØRSEL

Temperaturobservasjonene ved den meteorologiske stasjon på Blindern i Oslo viser at vintertemperaturene har de største endringene fra år til år (figur 29). Middelttemperaturen for perioden varierte fra ca 1°C i de varmeste vintrene (f.eks. 1990) til ca. - 8.5 °C i de kaldeste vintrene (feks 1966) i perioden fra 1930 til 1991. Forskjellen i middeltemperatur mellom ekstra kalde og varme vintre kan dermed være omlag 10°C. For de andre årstidene var markert mindre temperatursvingninger fra år til år med 2-3 °C mellom ekstremene.

Siden 1988 har vintrene i Sør-Norge vært milde. De to varmeste årene var 1989 og 1990 hvor middeltemperaturen i desember-februar lå nærmere 4°C over normalen. Vinteren 1991 var igjen litt kjøligere med middeltemperatur mellom 0.5 og 1.0 °C over normalen. Senest i 1970-årene var det en lignende periode med varme vintre i sør-Norge. Sommer- og høsttemperaturene i de siste årene har derimot ligget nær eller litt under det normale.

Nedbøren over Østlandet representert ved Blindern er normalt størst i perioden fra juli til november. Lavest nedbør intrefter normalt i vinter- og vårmånedene fra januar til mai. I 1991 var det relativt mye nedbør i juni og november, mens det ellers i året var nedbør under eller nær det normale. Spesielt mai, juli, august og desember var "tørre" måneder (figur 30).

Globalstrålingen på Blindern i 1991 lå innenfor det normale, med unntak av relativt høye verdier i mai og september og lave i juni måned (figur 31).

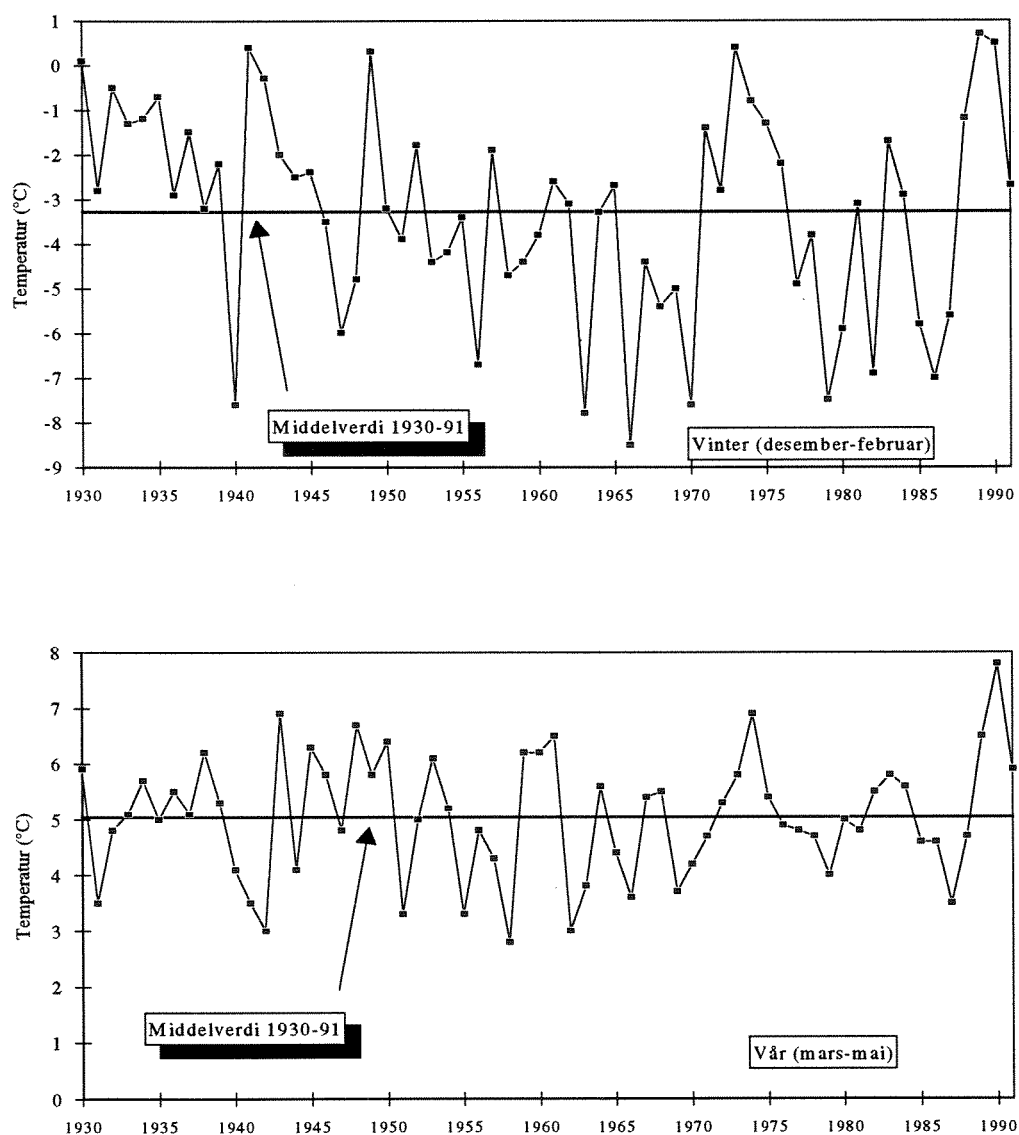
Vindforholdene på Skagerrakkysten er representert ved den meteorologiske stasjonen på Torungen Fyr. I Skagerrak blåser vinden hovedsakelig parallelt med norskekysten, dvs fra sørvest og nordøst. Den nordøstlige vinden er mest vanlig om vinteren og våren, mens sørvesten er mest framherskende



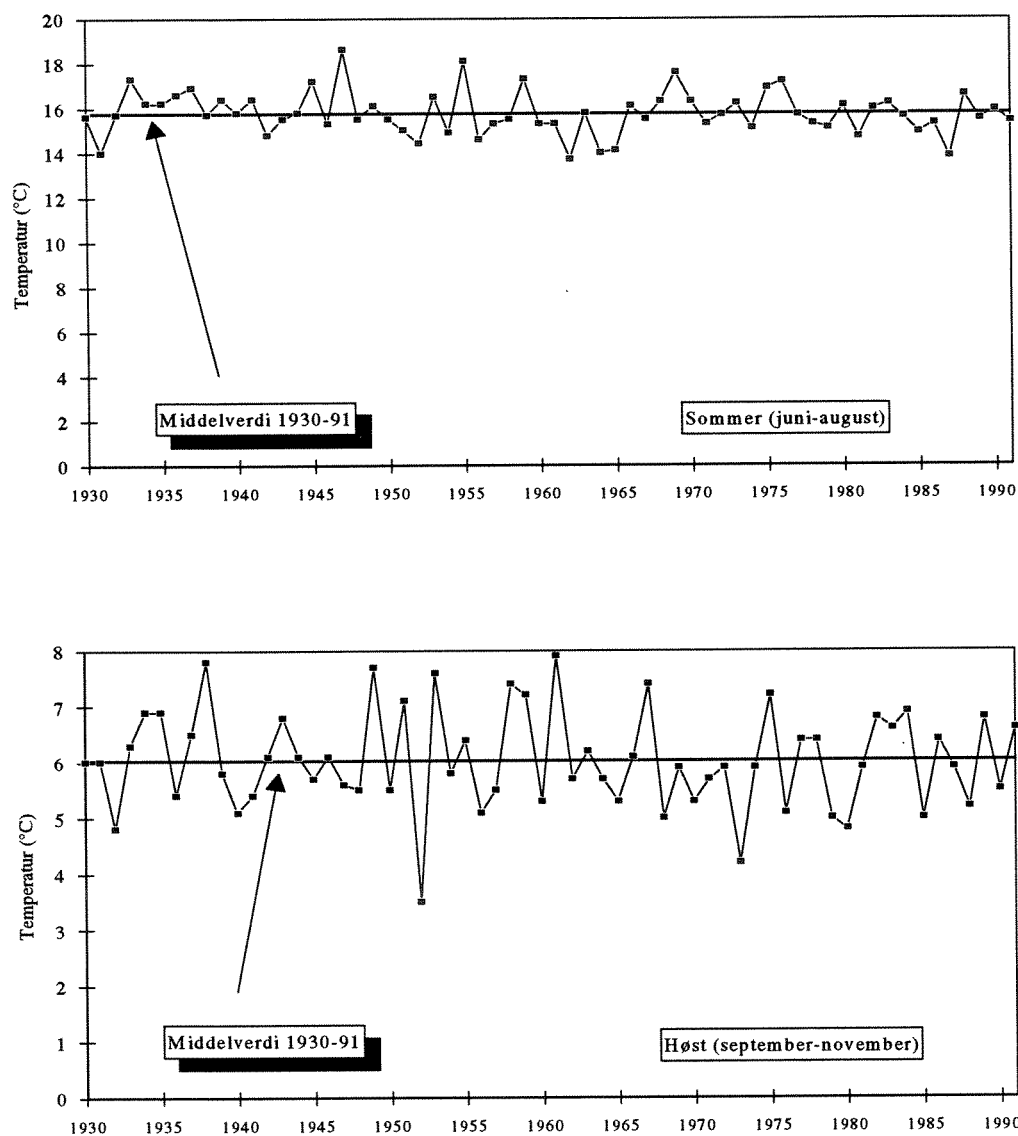
sommer og høst (figur 32). I milde vintre er ofte den nordøstlige vindsituasjonen mindre utpreget. I 1991 var det i februar, mars og april, framherskende vinder fra nordøst med tildels kraftig vind i februar måned. Resten av året dominerte sørvesten med tildels høye vindstyrker i november og desember.

Glomma og Otra er valgt å representere henholdsvis ferskvannsavrenningen fra Østlandet og Sørlandet til Skagerrak. Normalvannføringen i Otra er karakterisert med to avrenningsmaksima, et om våren og et om høsten. Minste avrenning til Sørlandskysten er om sommeren og vinteren. I Glomma er det en klar flomtopp i mai - juli og et vinterminimum fra desember til april.

I Glomma var det i 1991 tilnærmet normal vannføring i de første fire månedene, mens det i mai og juni var betydelig mindre ferskvannsavrenning enn normalt. Utover sommeren og høsten var avrenningen omtrent normal, med unntak av september og oktober måned med lavere avrenning enn det normale (figur 33).

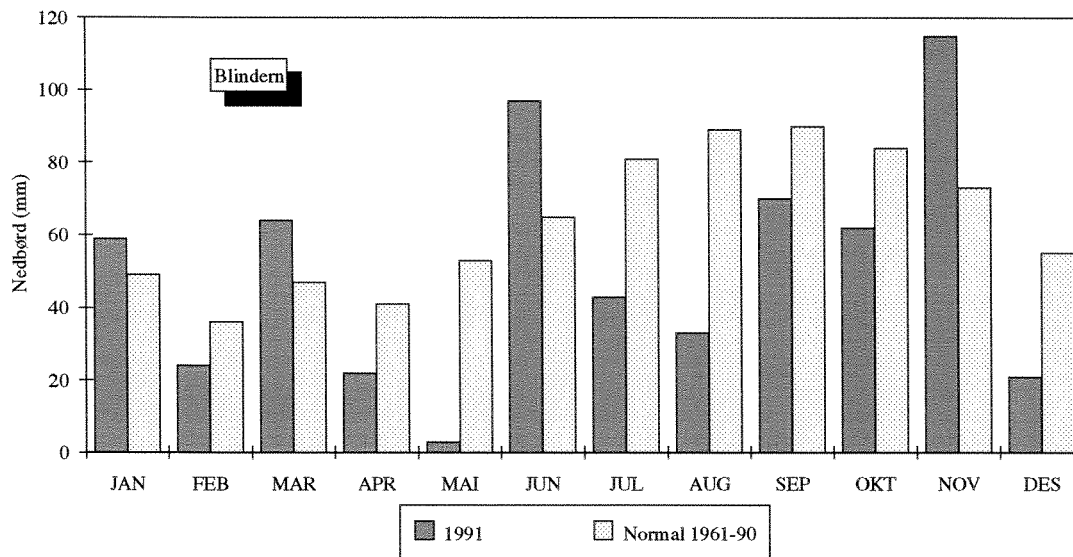


Figur 29. Sesongmiddeltemperatur (Blindern) 1930-91 (Data fra meteorologisk institutt).

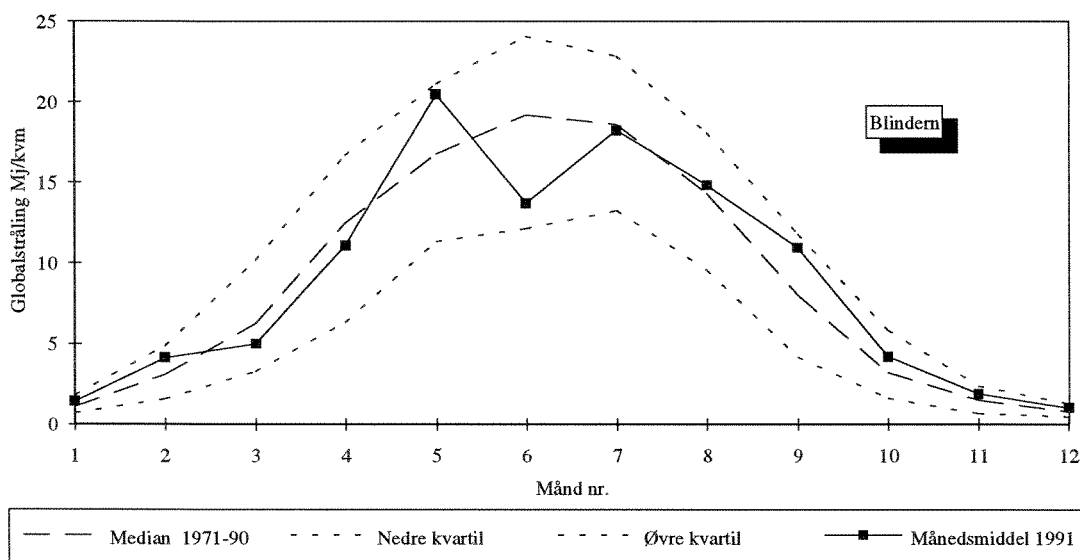


Figur 29.(forts). Sesongtemperatur (Blindern) 1930-91 (Data fra Meteorologisk institutt).

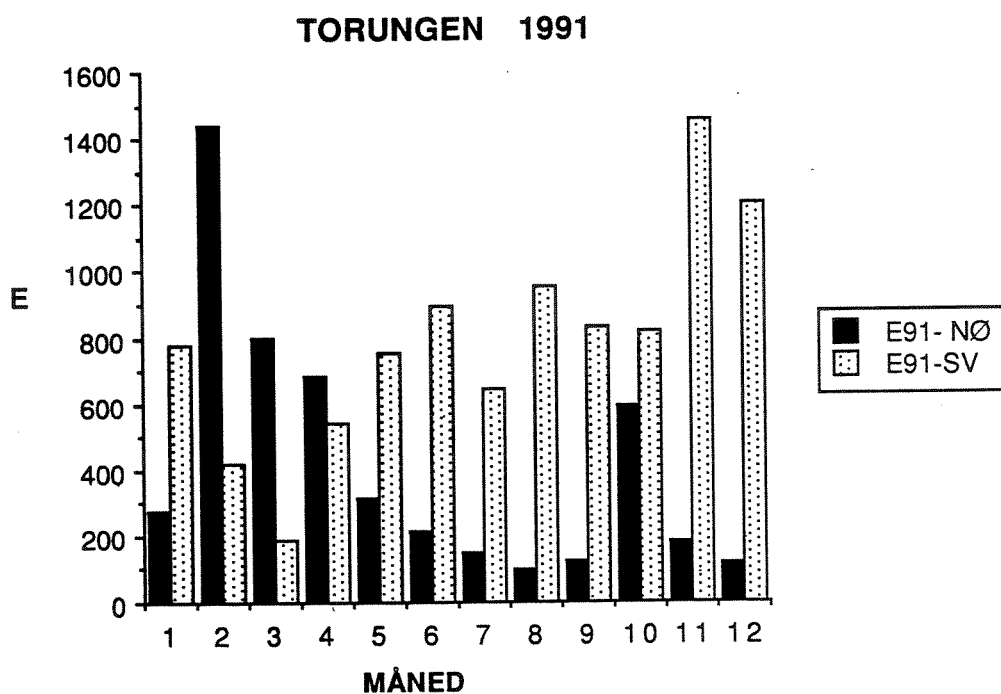
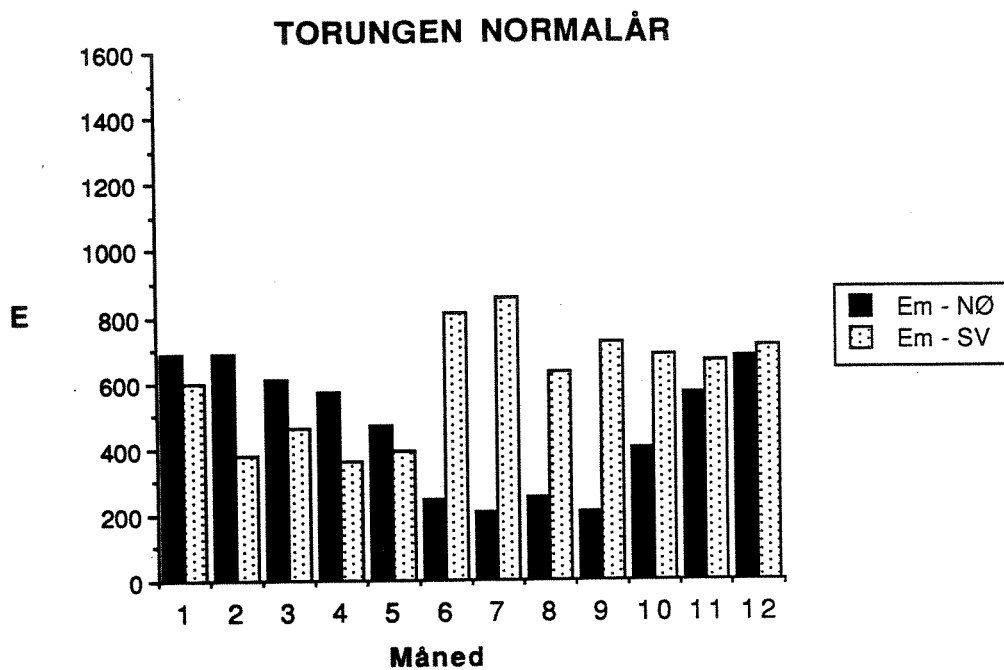
Til Sørlandskysten var det en relativt stor avrenning i de fire første månedene av året. Etter april måned var derimot ferskvannsavrenningen tildels betydelig under normalen. I slutten av året var det igjen tilnærmet normal vannføring (figur 33).



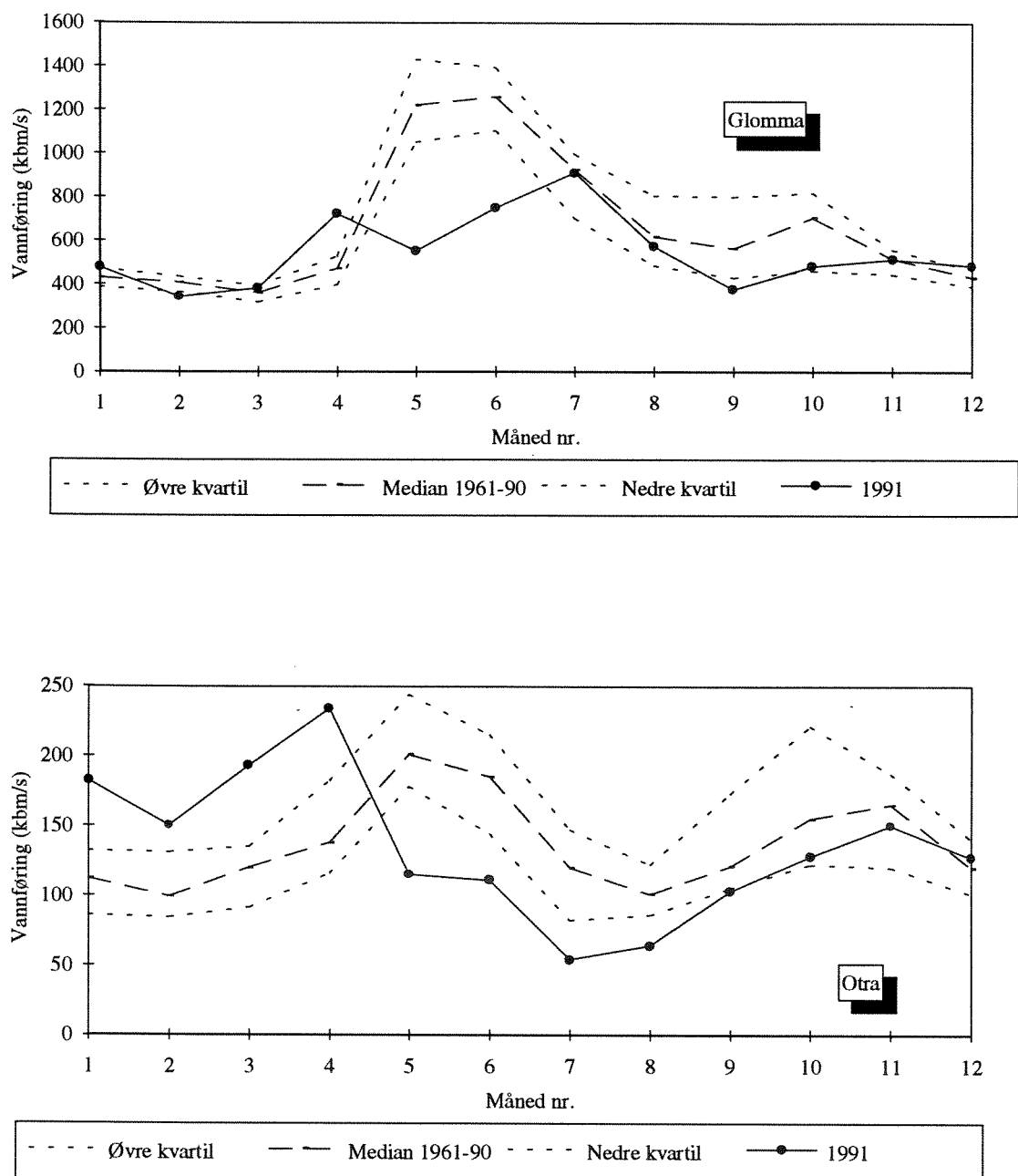
Figur 30. Nedbør (Blindern) 1991, sammenlignet med normalen 1961-90.



Figur 31. Globalstrålingen ved Blindern 1991, sammenlignet med 1971-90 (Data fra Meteorologisk institutt).



Figur 32. Vindforholdene langs sørlandskysten 1991 (E91) sammenlignet med 1961-90 (Em). ( $E=fw^2$ , hvor  $f$ =frekvensen (%) og  $w$ =m/s). (Data fra Meteorologisk institutt).



Figur 33. Vannføringen i Glomma og Otra 1991, sammenlignet med normalvannføringen 1961-90 (Data fra Norges vassdrag- og elektrisitetsvesen).

## 4.4 HYDROGRAFI

Vannmassene i Skagerrak kan deles inn i tre hovedvannmasser:

- i) **Atlantisk vann** med saltholdighet over 35.0 og temperatur mellom 5.5 og 7.5 °C.
- ii) **Skagerrakvann** med saltholdighet mellom 32.0 og 35.0 og temperaturer vanligvis mellom 3 og 16 °C. Det kan være hensiktsmessig å dele denne vannmassen i to :
  - a) **Skagerrakvann-øvre** med saltholdigheter mellom 32.0 og 34.5 og
  - b) **Skagerrakvann-nedre** med saltholdigheter mellom 34.5 og 35.0.

Temperaturene i Skagerrakvann-øvre er høyere om sommeren og lavere i vinterhalvåret.

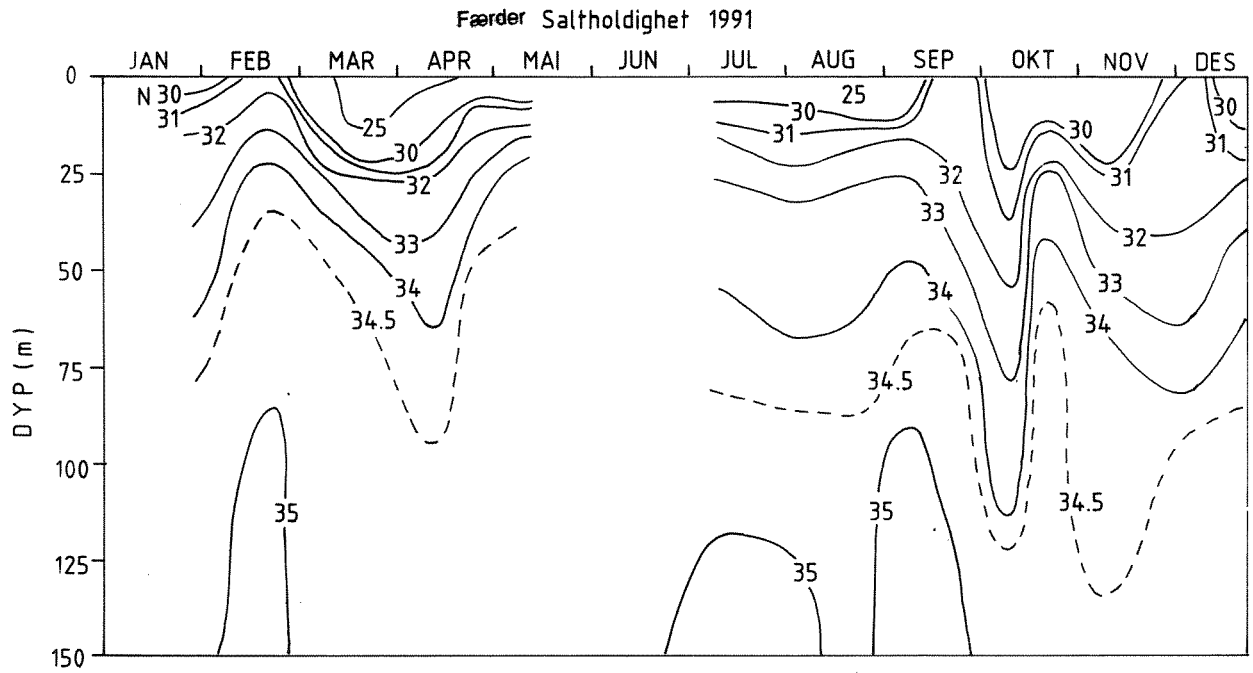
- iii) **Skagerrak-kystvann** har saltholdighet mellom 25-26 og 32.0 og temperatur mellom 0 og 20 °C.

Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet og nordlige Nordsjøen og lagrer seg inn under det lettere Skagerrakvannet. Lang sørlandskysten vil denne vannmassen normalt finnes under 100-200 meters dyp. Skagerrakvann-nedre består hovedsakelig av vann fra de mer sentrale deler av Nordsjøen, mens Skagerrakvann-øvre har sin opprinnelse i sørlige Nordsjøen, tildels med innblanding av ferskvann fra Østersjøen og lokal ferskvannsavrenning. Langs Sørlandskysten er Skagerrakvannet innlagret mellom Skagerrak-kystvann og det dypere liggende Atlantiske vannet. Det øverste vannlaget, Skagerrak-kystvann, består hovedsakelig av en blanding mellom Østersjøvann/lokalt elvevann og vann fra sørlige og sentrale deler av Nordsjøen og har normalt en tykkelse på mellom 15 og 20 meter langs Sørlandskysten. Vertikalutbredelsen av de forskjellige vannmassene kan variere sterkt gjennom året grunnet varierende vindforhold og innstrømninger fra Nordsjøen og Østersjøen.

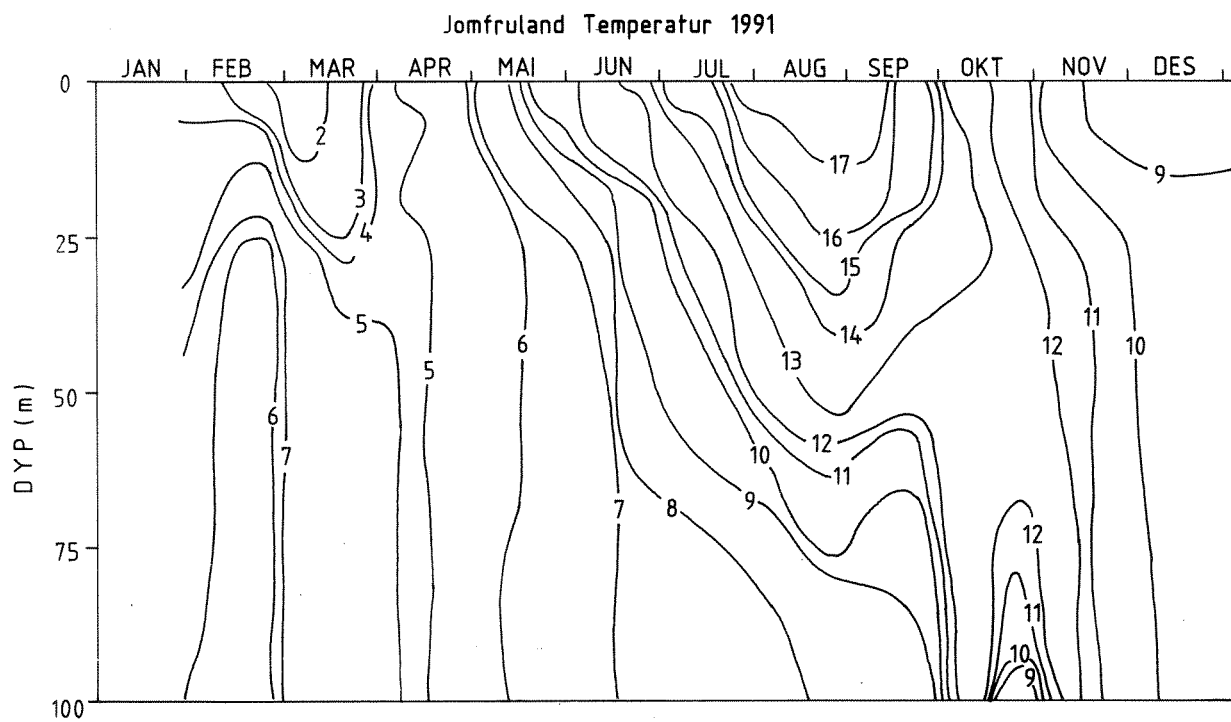
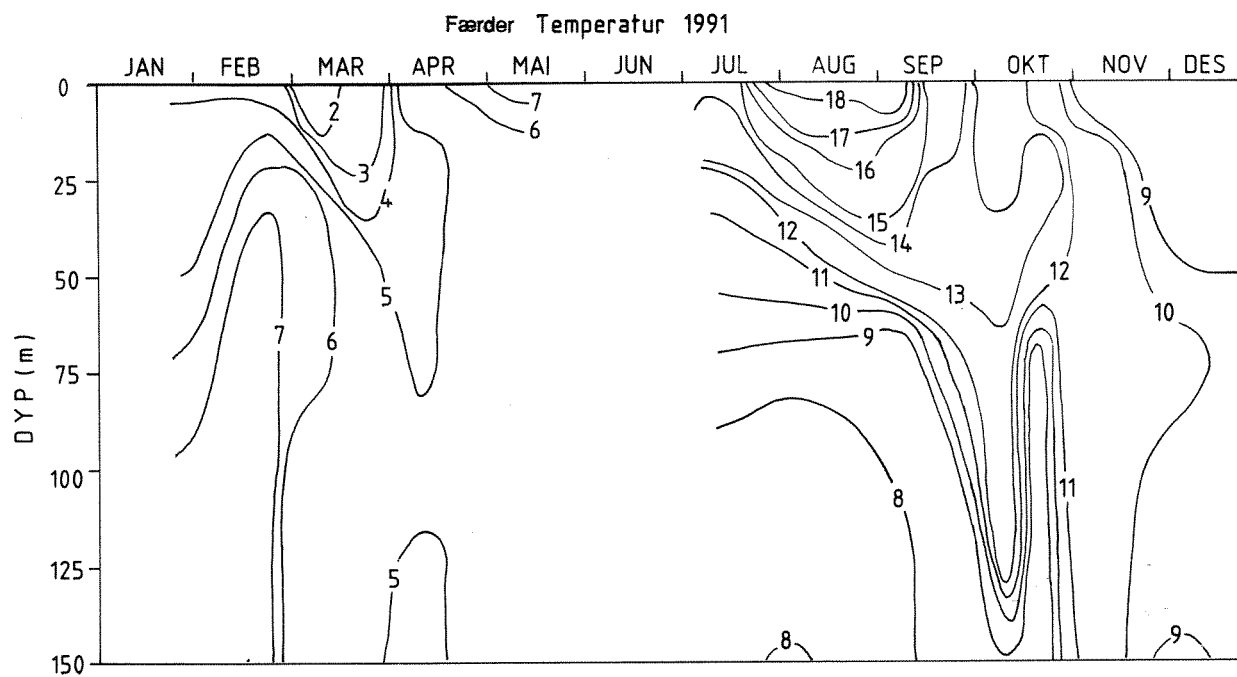
### 4.4.1 Færder-Jomfruland

I Færder-Jomfruland området ser vi at vertikalutbredelsen av Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann-øvre stort sett følger hverandre gjennom året. Vertikalutbredelsen av disse vannmassene varierte endel i løpet av vinteren og våren med størst vertikalutbredelse i januar og mars/april måned (figur 34). Etter mai var det disse to vannmassene som dominerte i de øverste 100 meters dyp utenfor Færder og Jomfruland, med maksimal vertikalutbredelse i november måned på ca. 130 meter. I samme perioden varierte Skagerrak-kystvann i tykkelse mellom 10 og 30 meter, med maksimal vertikalutbredelse i begynnelsen av oktober. I desember var Skagerrak-kystvann fraværende ved Jomfruland. Atlantisk vann befant seg stort sett under 100 meters dyp gjennom hele 1991.

I de indre delene av Skagerrak er det som regel oppstuvning av vann i forbindelse med sørvestlige vinder (Aure 1978; Aure & Sætre 1981), ofte etterfulgt av oppstrømning og intensivt vanntransport utover langs Skagerrakkysten når vinden avtar eller dreier mot nordøst. Den fremherskende sørvestvinden etter mai måned langs Sørlandskysten i 1991 har derfor sannsynligvis bidratt til den vedvarende store vertikalutbredelsen av Skagerrakvann i Færder-Jomfrulandområdet i 1991. Temperaturforholdene (figur 35) er knyttet til vannmassene (og saltholdighetene), slik at Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann-øvre har lavere vintertemperaturer og høyere sommer- og høsttemperaturer enn de underliggende vannmassene. I overflatelaget var det i første del av mars et temperaturminimum på litt over 1°C og et temperaturmaksimum i begynnelsen av august på ca 19°C. Den store vertikalutbredelsen av Skagerrakvann i løpet av høsten førte også til temperaturer på 11-12 °C helt ned til ca 150 meters dyp i november måned. Det var også relativt lave temperaturer (4.5 - 5°C) ned til ca 75 meters dyp i forbindelse med oppstuvning/innstrømning av Skagerrakvann-øvre i mars/april.



Figur 34. Saltholdigheten ved Færder og Jomfruland 1991.



Figur 35. Temperaturen ved Færder og Jomfruland 1991.



#### 4.4.2 Arendal st 2

Langs kysten utenfor Arendal varierte vertikalutbredelsen av Skagerrakvann mellom 50 og 75 meter gjennom året med unntak i oppstrømningsperiodene i februar/mars og i mai (figur 36).

Vertikalutbredelsen var over 75 meter i januar, i begynnelsen av oktober og i slutten av november. Skagerrak-kystvann forekom hovedsakelig i de øverste 20 metrene med maksimal utbredelse i slutten av april og i november-desember. I begynnelsen av mai og under enkelte perioder om høsten var tykkelsen av Skagerrak-kystvann redusert til mellom 0 og 10 meter. I kystområdet ved Arendal ble Atlantisk vann bare registrert mellom 50 og 75 meters dyp under oppstrømnings situasjon i februar måned. Temperaturforholdene (figur 36) er knyttet til vannmassene (og saltholdighetene) slik at Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann-øvre har lavere vintertemperaturer og høyere sommer og høsttemperaturer enn de underliggende vannmassene. Mellom 0 og 20 meters dyp var det i februar/mars et temperaturminimum mellom 1 og 2°C og et temperaturmaksimum i juli/ august mellom 17 og 19°C. Den store vertikalutbredelsen av Skagerrakvann i løpet av høsten førte også til temperaturer på 12- 13 °C ned til 75 meters dyp. Det var også relativt lave temperaturene (4.0-5.0 °C) ned til ca 75 meters dyp i forbindelse med oppstuvning/innstrømning av Skagerrakvann-øvre i april 1991.

I de øverste 20 metrene var det temperaturer tildels betydelig over normaltemperaturene i januar, i perioden fra juli til oktober og i desember (figur 37). Det største negative avviket finner vi i mai med temperaturer omlag 2 °C under normalen. Under 50 meters dyp var det tildels betydelig høyere temperaturer enn normalt i februar/mars og i perioder fra august og ut året. Ellers inntraff de største negative avvikene i 50 meters dyp i april og september. Saltholdigheten var betydelig lavere enn normalt fra januar til april i de øverste 20 metrene og i oktober/november ned til ca. 50 meters dyp (figur 37). Klart høyere saltholdigheter ble registrert i april/mai og desember ned til ca. 25 meters dyp.

#### 4.4.3 Lista

De hydrografiske forholdene ved Lista påvirkes sterkt av vindforholdene både i østlige Nordsjøen og i Skagerrak. Vestlige og nordlige vinder transporterer vannmassene i de øvre lag ut fra kysten, med en resulterende oppstrømning av dypvann ved Lista. Vind med tilstrekkelig styrke og varighet vil også helt eller delvis blokkere utstrømningen av kystvann fra Skagerrak. Når vinden avtar eller dreier mot øst, vil det ofte inntreffe en markert utstrømningspuls mot Sørvestlandet med en resulterende nedstrømning av kystvann (Aure & Sætre 1981).

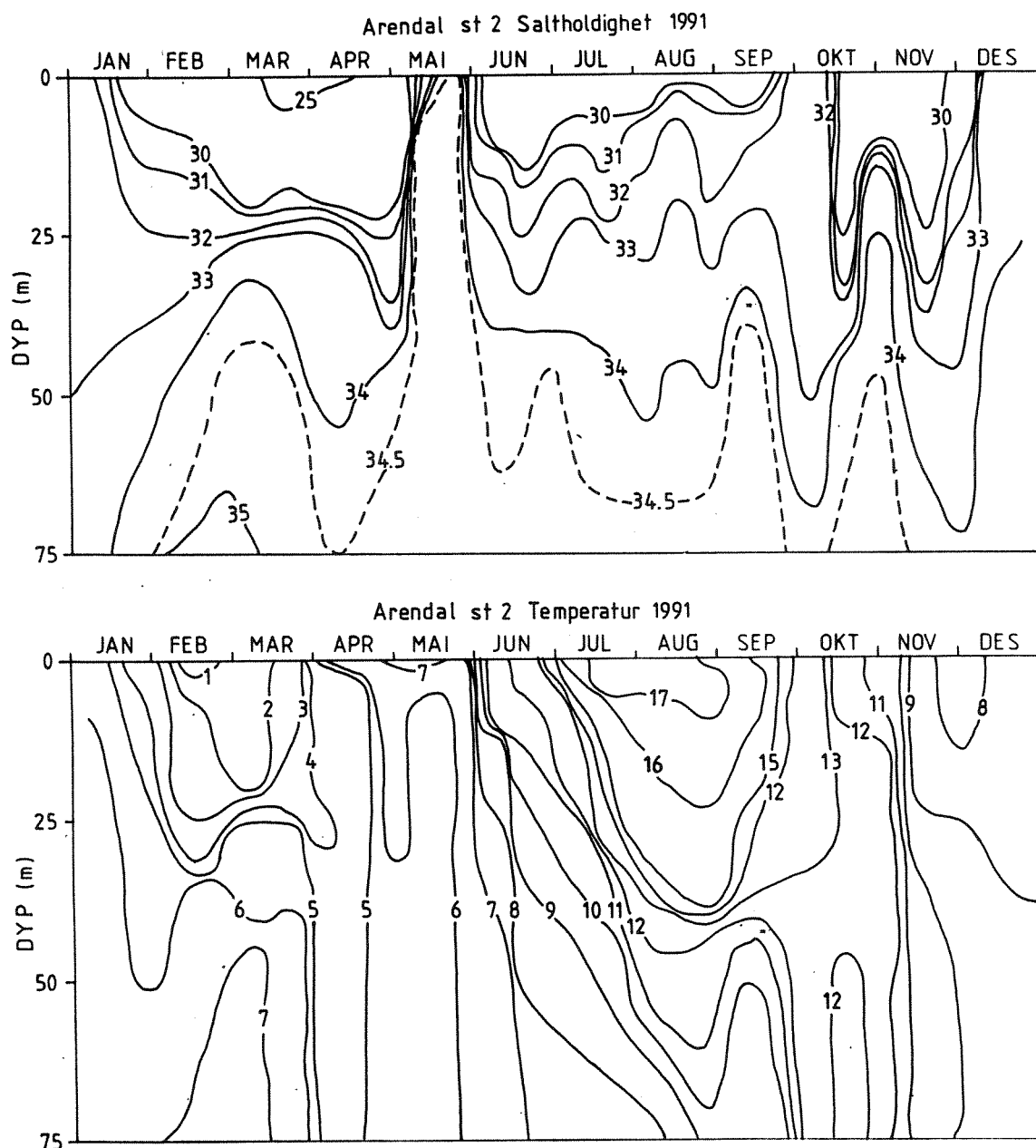
Figur 40 viser at det var fire markerte oppstrømningsperioder i 1991 med resulterende økte saltholdigheter i overflatelaget (februar, mai, september og desember). Utenom oppstrømningsperiodene var det en mer eller mindre stabil transport av Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann til Sørvestlandet.

Skagerrak-kystvann fantes stort sett i de øverste 25 metrene, mens nivået på Skagerrakvann-øvre vanligvis varierte mellom 50 og 100 meters dyp med maksimal vertikalutbredelse på 150-200 meter i januar og juli. Skagerrakvann-nedre hadde en vertikalutbredelse større enn ca. 150 meter i januar, juli og november. Atlantisk vann befant seg stort sett dypere enn 100-150 meter, men i forbindelse med oppstrømningen i mai hevet det seg til ca 40 meters dyp utenfor Lista. Laveste temperatur i overflatelaget var 2-3 °C i februar og høyeste temperatur i juli/august var 16-17 °C (figur 39). I forbindelse med kraftige nedstrømninger av Skagerrakvann i perioden fra september til desember ble det observert temperaturer omkring 12°C ned til ca 100 meters dyp og 10 °C helt ned til 200-250 meters dyp.

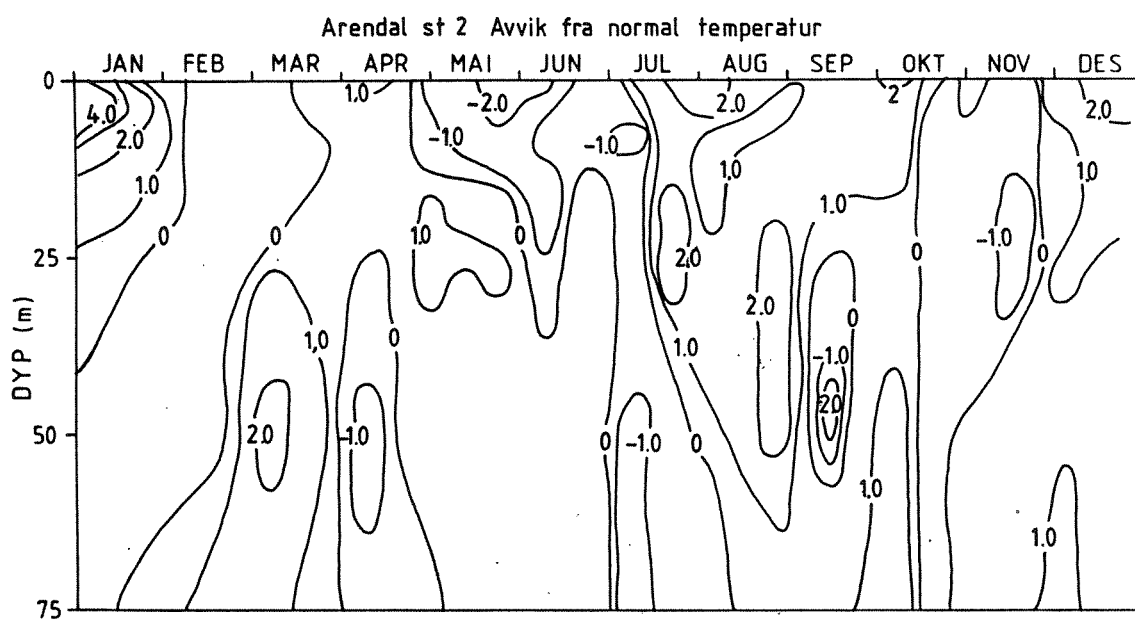
I perioden fra januar til mai lå temperaturen ved Lista 0-1.5°C over normalen i de øverste 300 meter (figur 40). Fra mai til oktober lå temperaturene ca 0.5°C over normalen for dyp større enn 100 meter,

mens temperaturene i de øverste 50-100 meters dyp lå 1-2 °C over normalen. Den kraftige nedstrømningen av Skagerrakvann i oktober/november medførte tildels ekstremt høye temperaturer mellom 50 og 300 meters dyp.

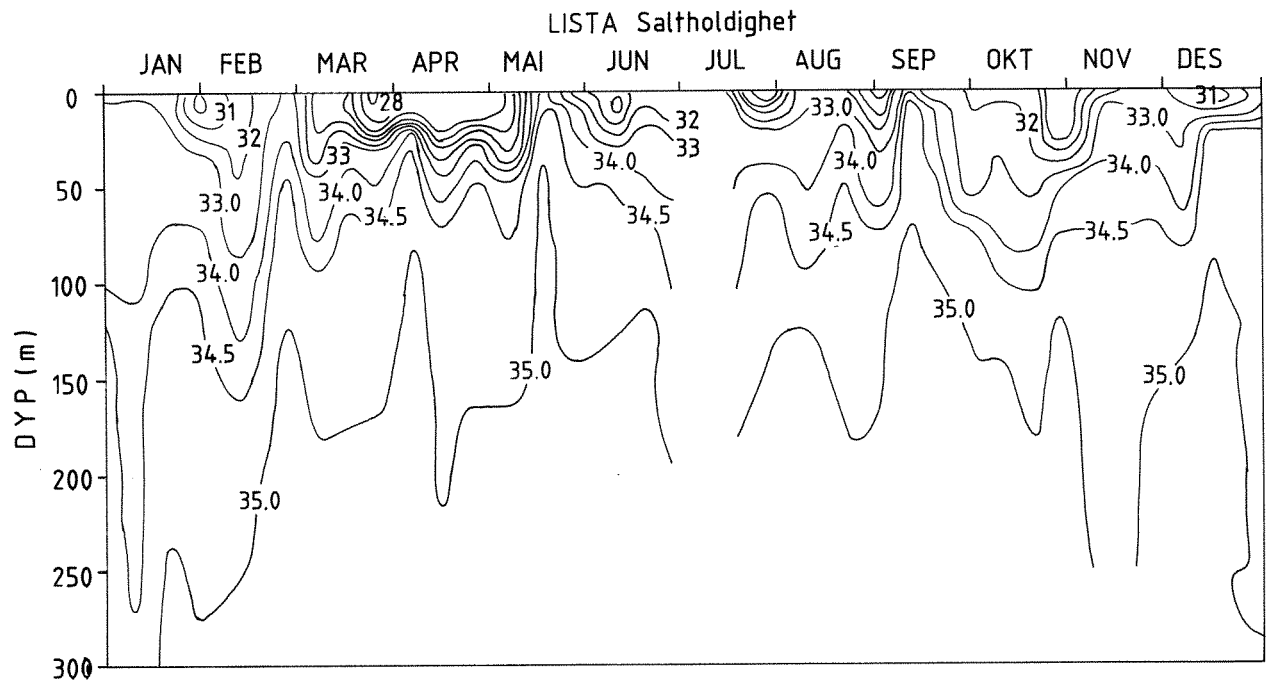
Figur 41 viser at avviket i saltholdighet var størst i mars/april med saltholdigheter 2- 2.5 lavere enn normalt i de øverste 20 metrene. I forbindelse med den markerte nedstrømningen i oktober/november var det også relativt lave saltholdigheter i de øverste 100 metrene. Under ca 50 meters dyp varierte ellers saltholdighetsavviket mellom -0.5 og +0.25. I mai til juli lå saltholdigheten i overflatelaget markert over normalen. Den høyere saltholdigheten i overflatelaget reflekterer trolig den ekstremt lave ferskvannstilførslen i samme periode, som sannsynligvis var representativ for hele sør-Skandinavia.



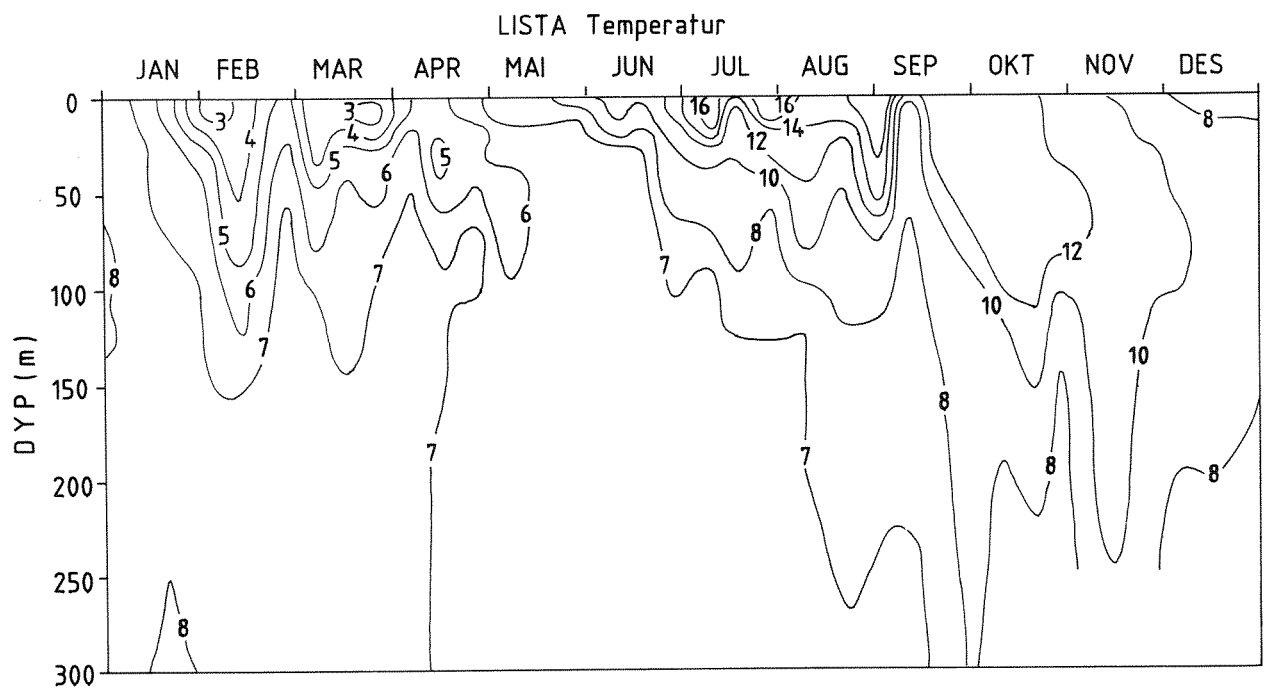
Figur 36. Saltholdighet og temperatur ved Arendal st 2 1991.



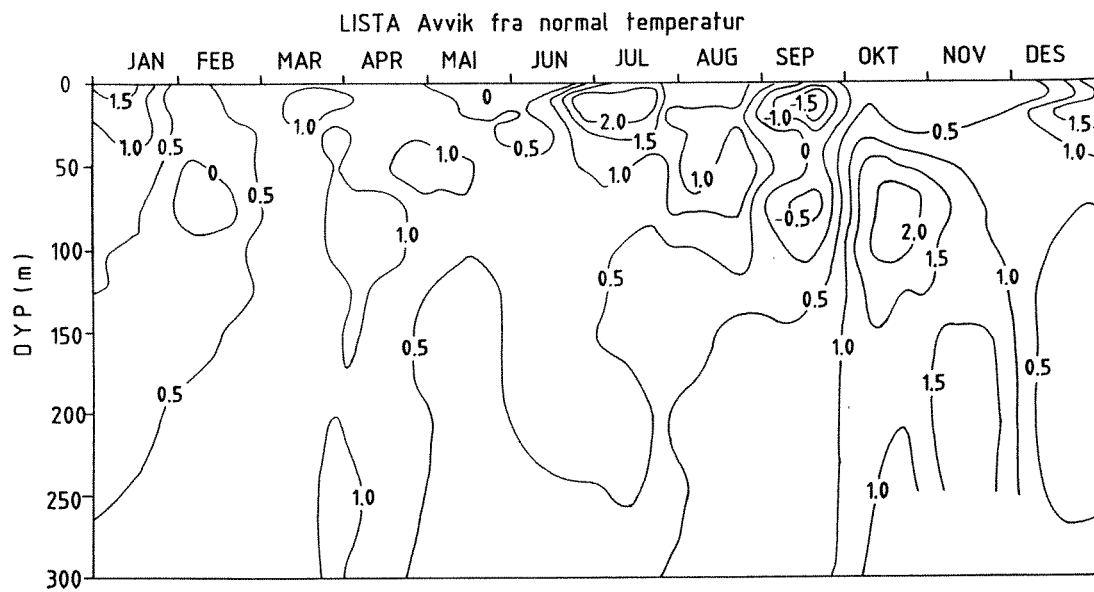
Figur 37. Temperatur og saltholdighetsanaomali ved Arendal st. 2.



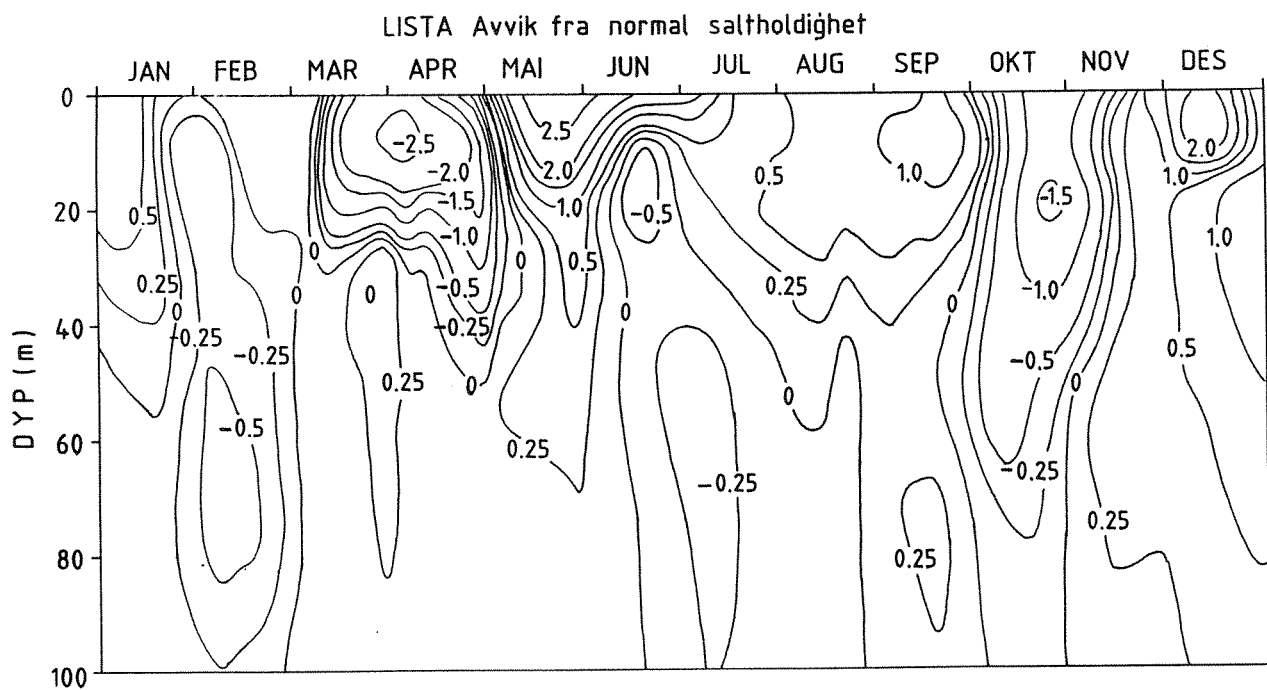
Figur 38. Saltholdighet ved Lista 1991.



Figur 39. Temperaturen ved Lista 1991.



Figur 40. Temperaturanomali ved Lista 1991.



Figur 41. Saltholdighetsanomali ved Lista 1991.

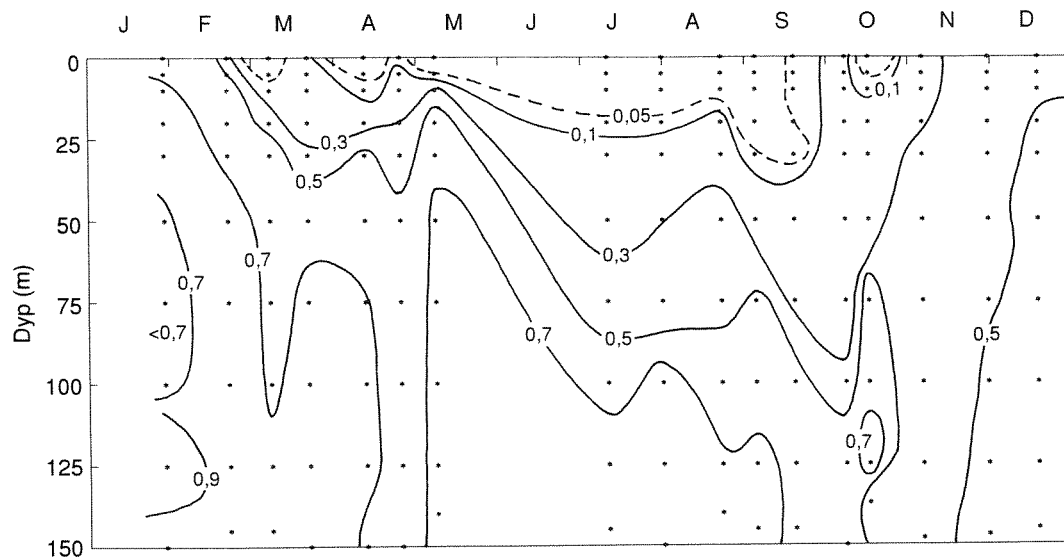
## 4.5 HYDROKJEMI

### 4.5.1 Generell utvikling i 1991

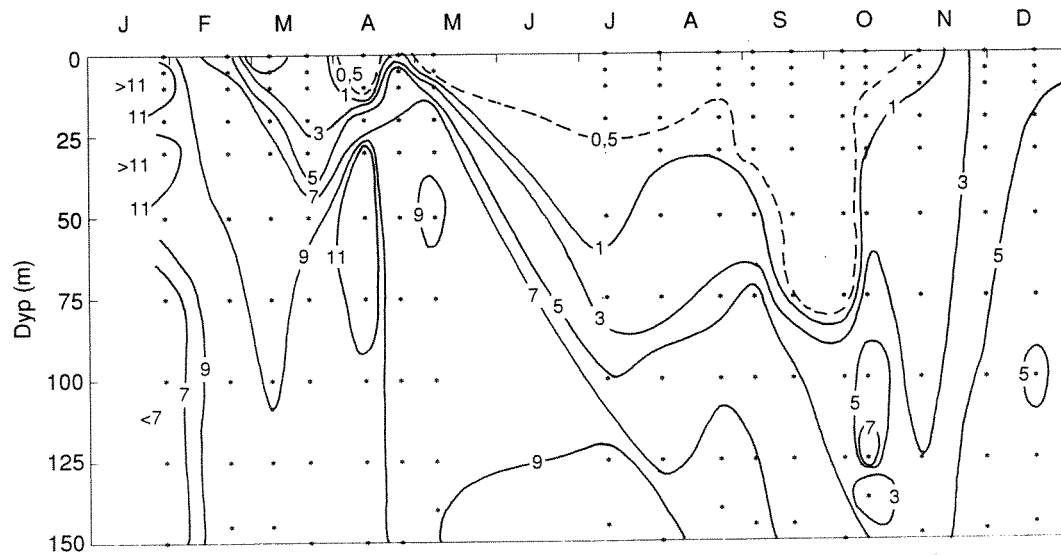
Et utvalg av de observerte variable er presentert som tidsisopleter i figurene 42 - 56 ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{NO}_3\text{+NO}_2\text{-N}$  og  $\text{SiO}_3\text{-Si}$ ). For de tre variable er årsvariasjonen i store trekk de samme for de fire stasjonene, med avtakende konsentrasjoner fra mars til oktober fra overflaten og ned til ca. 150 meters dyp. Vår oppblomstringen startet i begynnelsen av mars 1991 og en ny oppblomstring kom i midten av april (se også kap. 4.6). Oppstuvningen av Skagerrakvann-øvre i april fremgår av økende næringssaltskonsentrasjoner på stasjonene. Fra april til september var næringssaltskonsentrasjonene mindre enn eller lik nedre deteksjonsgrense, unntatt slutten av mai ved Arendal st 2. For ortofosfat var konsentrasjonen lavere enn  $0.05 \mu\text{M}$  hele sommerhalvåret ned til 20-30 meters dyp ved Færder og Jomfruland og til ca 20 meters dyp ved Arendal. Ved Lista var forholdene noe mer variable, noe som skyldes at stasjonen ligger i et område med oppstrømning av dypere liggende vann (se kap 4.4). For nitrat+nitritt lå nedre deteksjonsgrense gjennomgående dypere, ned til vel 70 meters dyp ved Færder (oktober 91) og til vel 50 meters dyp ved Jomfruland, Arendalstasjonene og Lista. Silikat-konsentrasjoner mindre enn deteksjonsgrensen var mer begrenset i tid enn fosfor og nitrogen (mai til august/-september).

### 4.5.2 Hydrokjemiske forskjeller i ulike vannmasser og mellom stasjonene i 1991

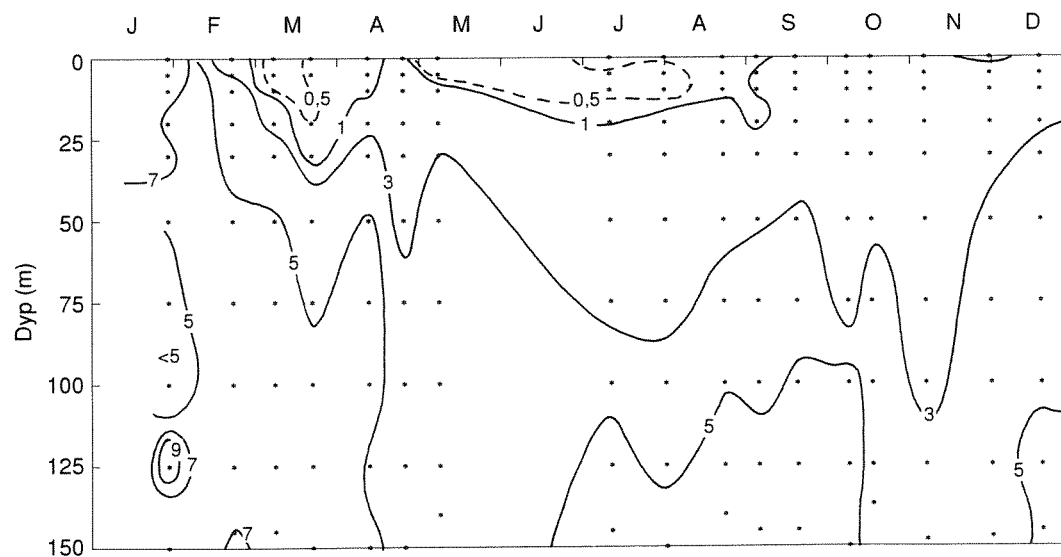
Det mangler i stort sett eldre observasjoner av næringsalter fra kyststrekningen som kan brukes for en sammenligning med 1991-observasjonene. Det foreligger observasjoner fra Arendal st 2 og 3, men disse har foreløpig ikke blitt opparbeidet og vurdert. I denne rapport er de hydrokjemiske data bearbeidet for de ulike vannmassene som definert i kap. 4.4. for hver stasjon. I tillegg til de fire vanntyper er det også brukt begrepet brakkvann om vannmasser med saltholdigheter mindre enn 25.0. Tabell i vedlegg A viser resultatet av analysen. Antall observasjoner i de ulike vannmassene varierer på de ulike stasjonene, dels som følge av variasjoner i observasjonsfrekvens, dels som følge av at de ulike vannmassene opptrer i varierende grad på de ulike stasjonene (se kap 4.4). Figur 57 viser antall observasjoner av de ulike vannmassene i 1991.



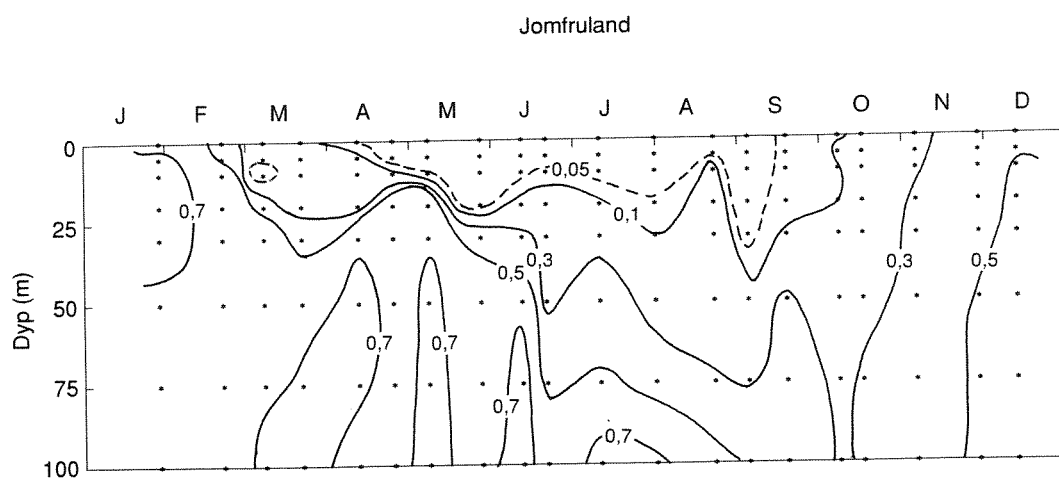
Figur 42. Ortofosfatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Færder 1991.



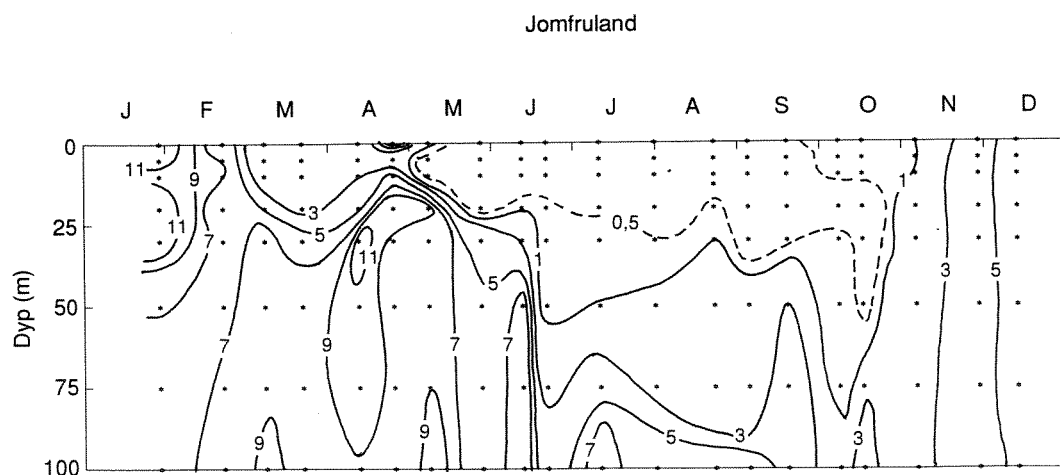
Figur 43. Nitrat + nitritkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Færder 1991.



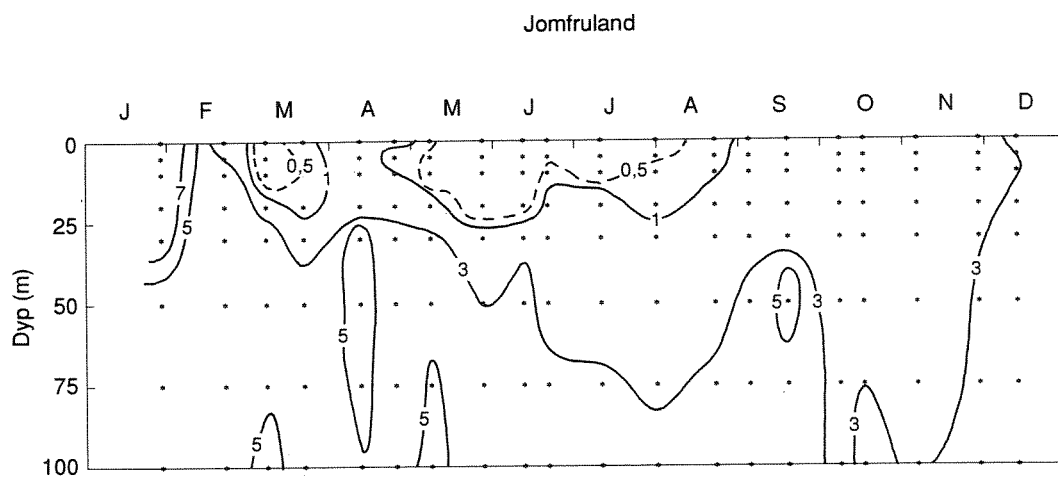
Figur 44. Silikatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Færder 1991.



Figur 45. Ortofosfatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Jomfruland 1991.

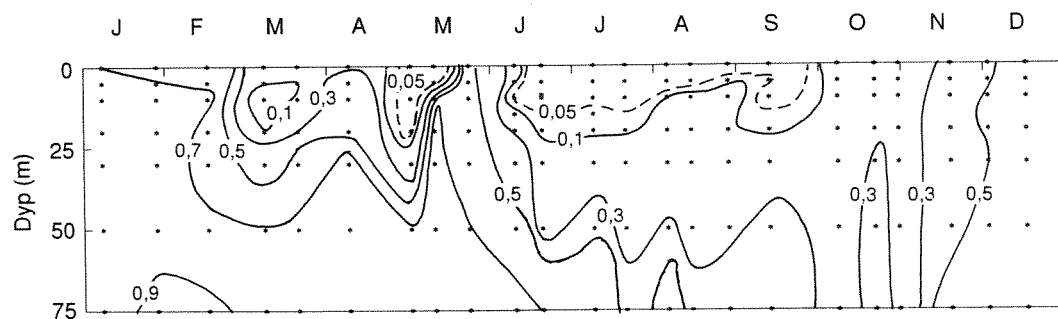


Figur 46 Nitrat+nitritkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Jomfruland 1991.

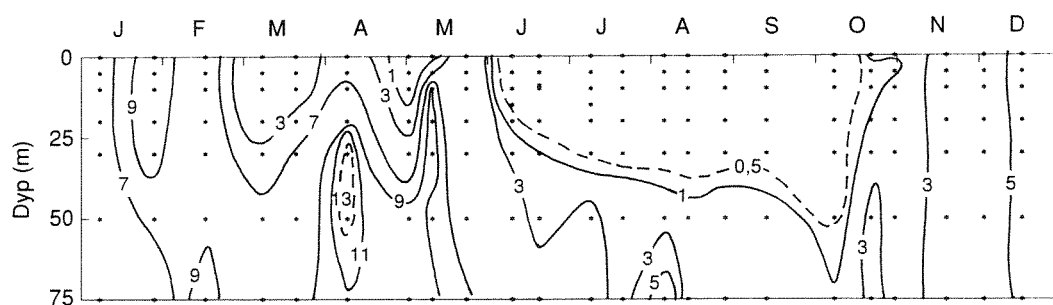


Figur 47. Silikatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Jomfruland 1991.

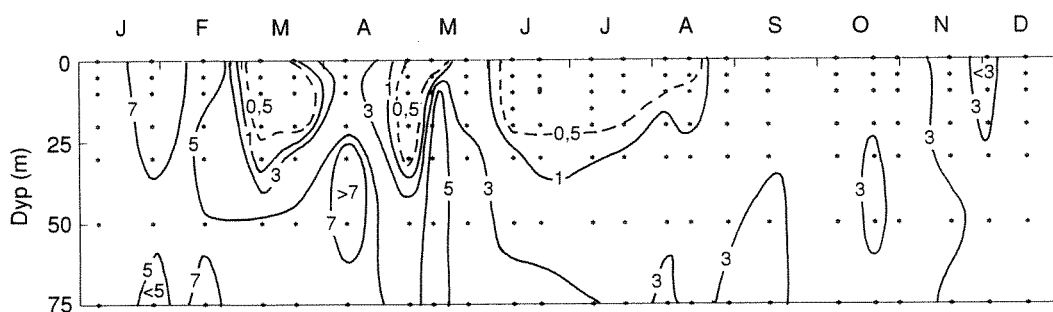




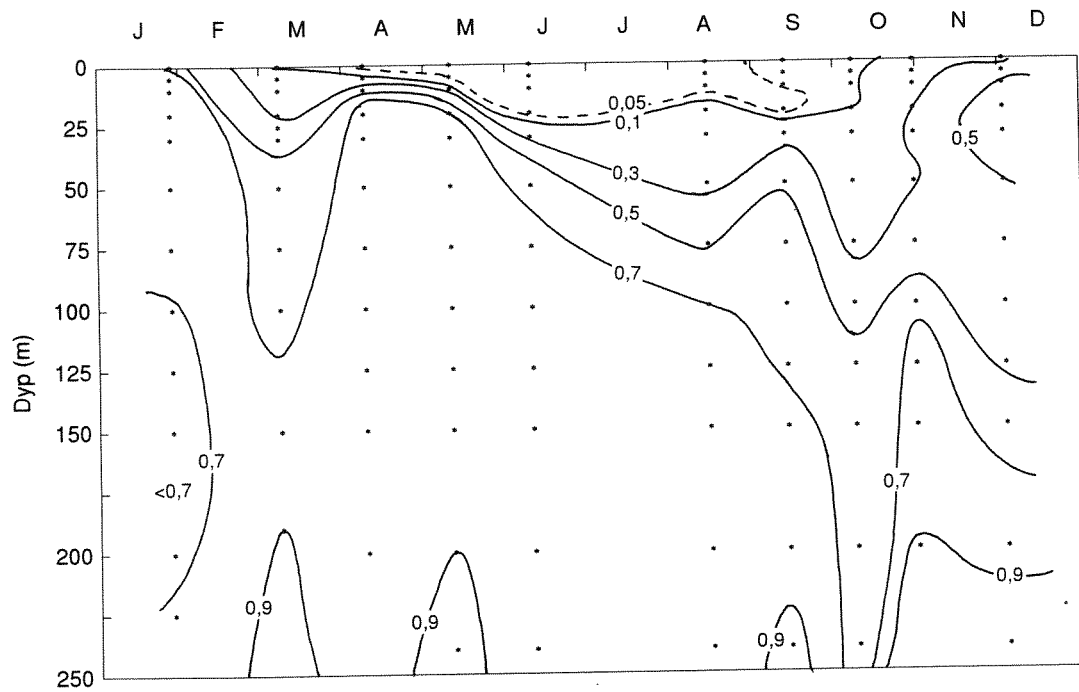
Figur 48. Ortofosfatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Arendal st 2 1991.



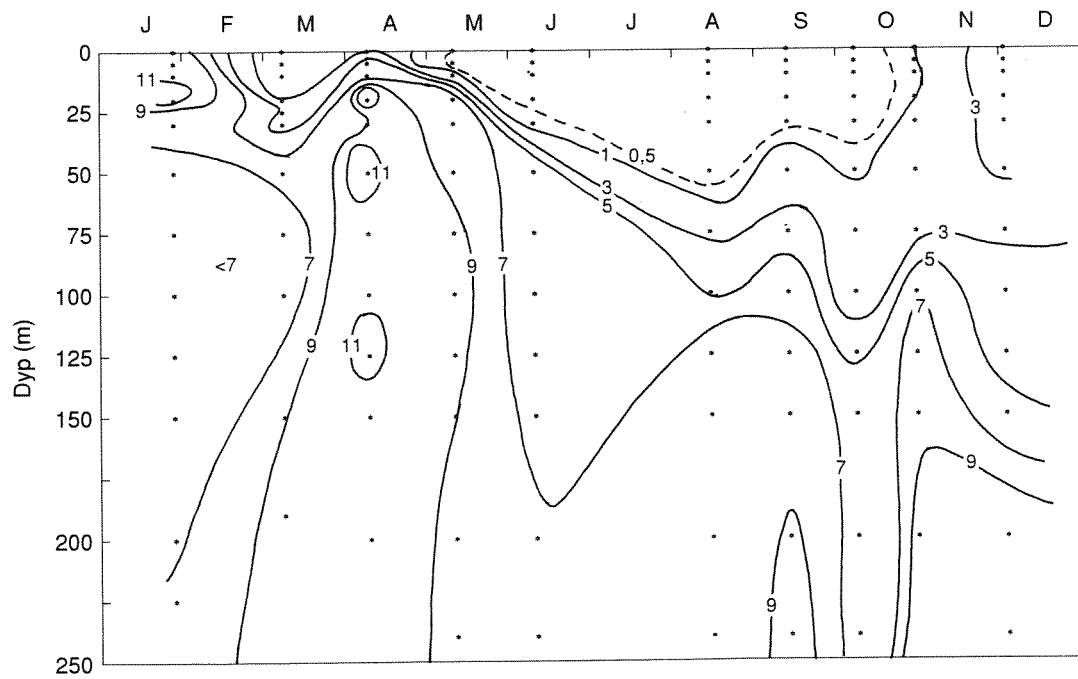
Figur 49. Nitrat+nitritkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Arendal st 2 1991.



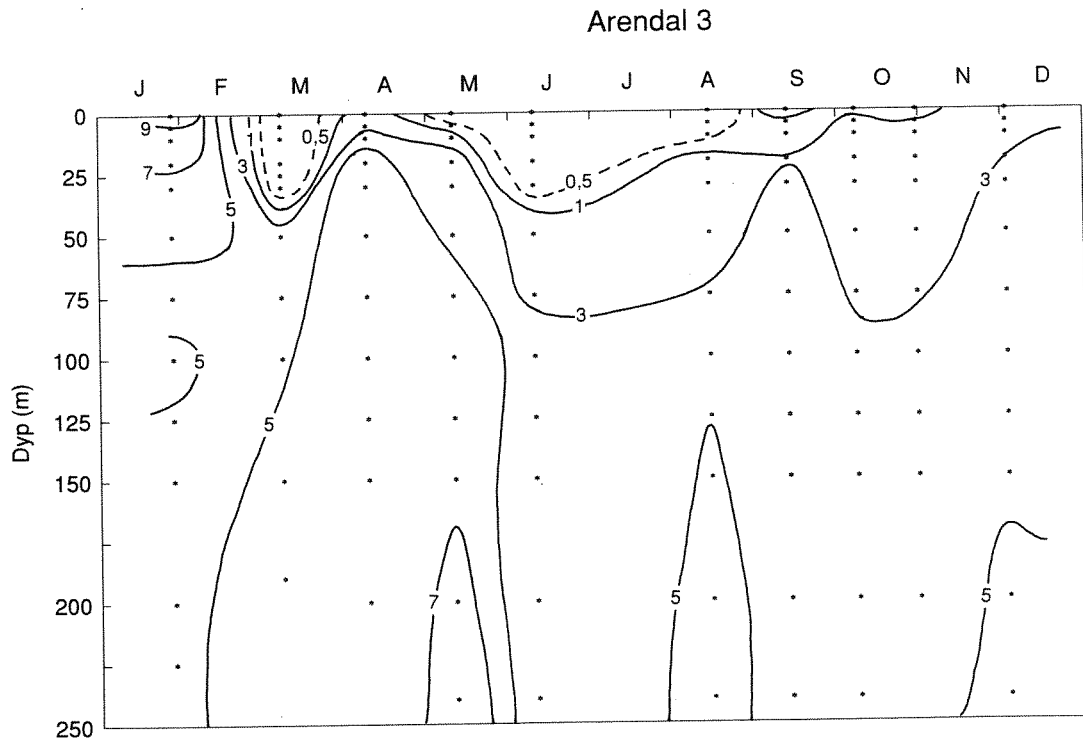
Figur 50. Silikatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Arendal st 2 1991.



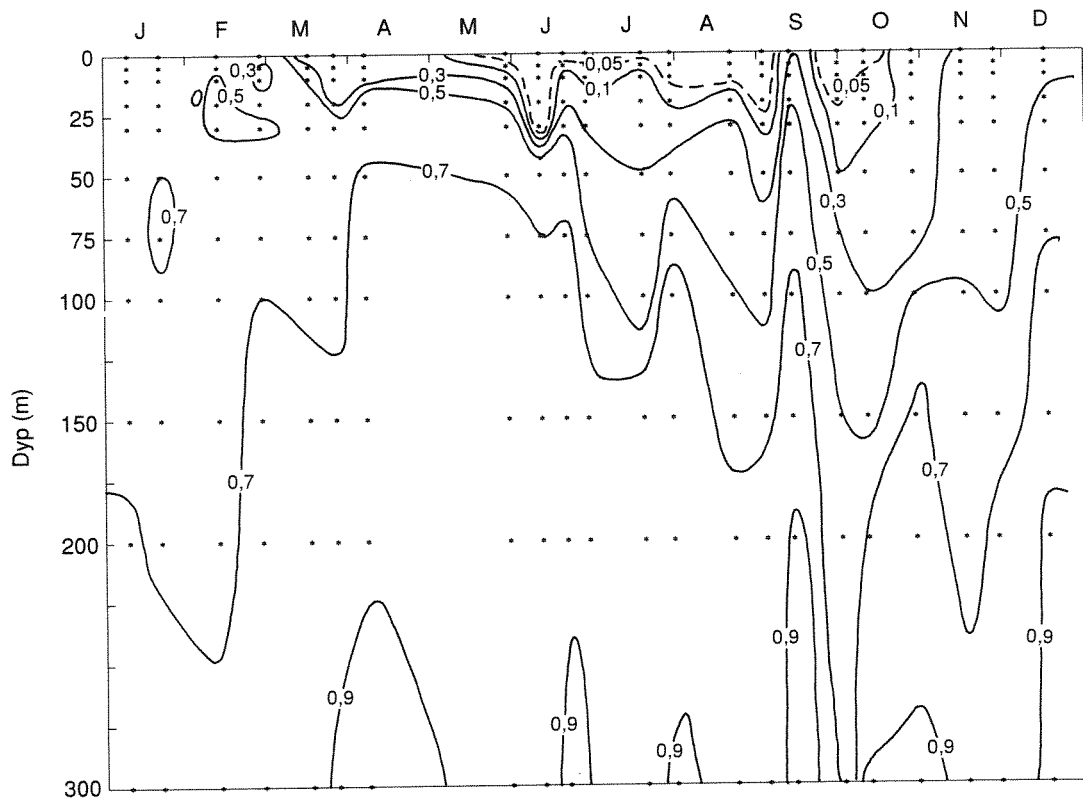
Figur 51. Ortofosfatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Arendal st 3 1991.



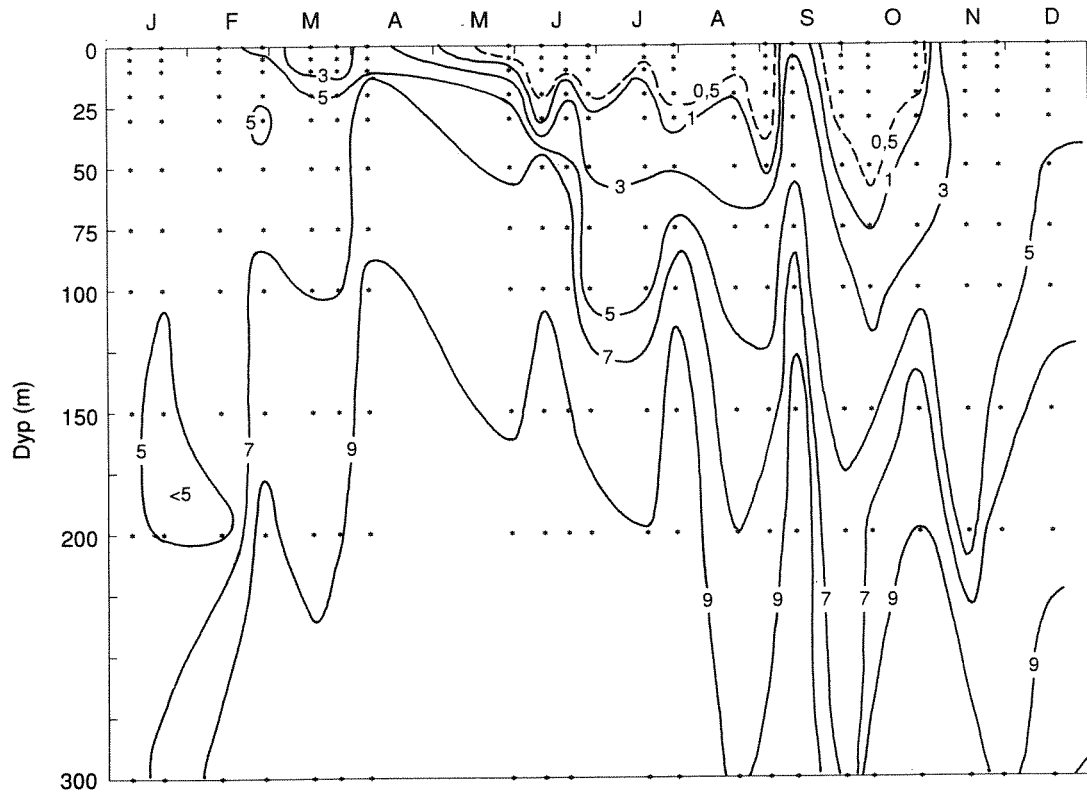
Figur 52. Nitrat+nitritkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Arendal st 3 1991.



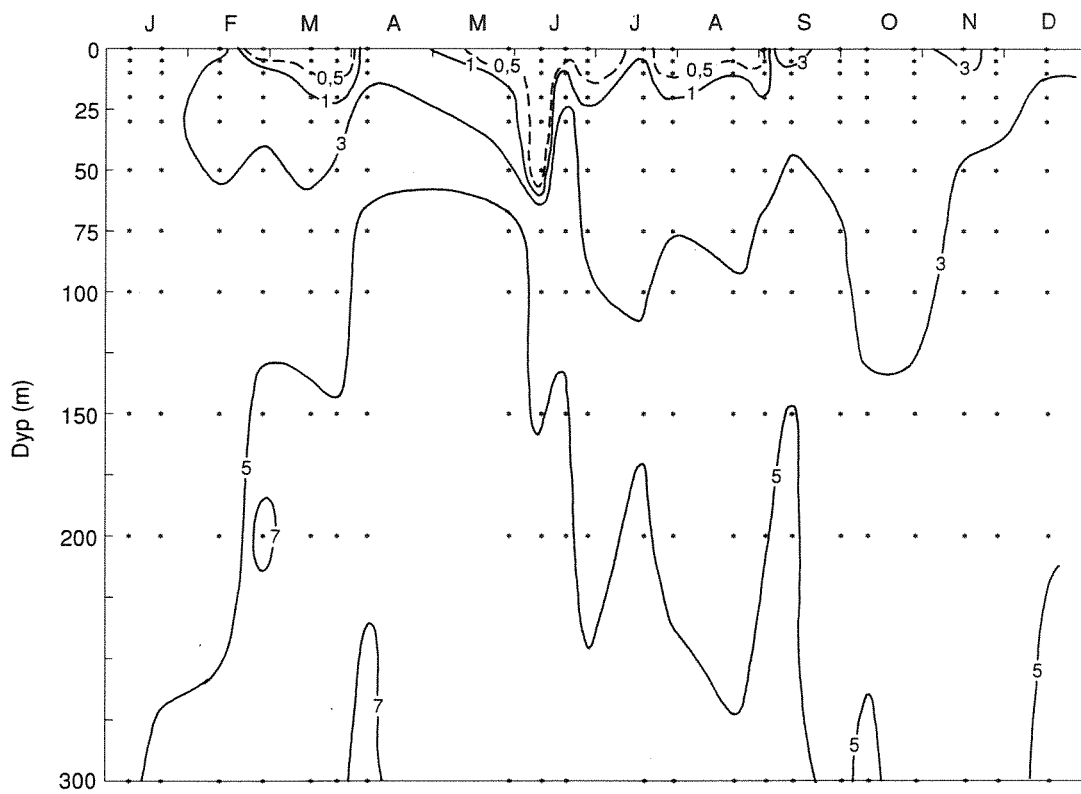
Figur 53. Silikatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Arendal st 3 1991.



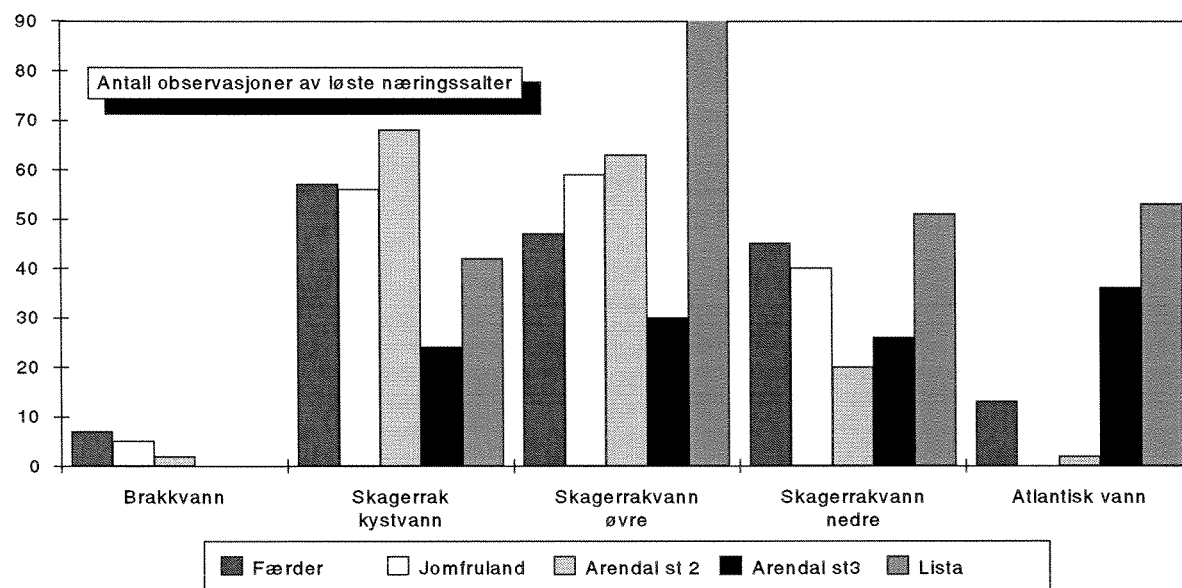
Figur 54. Ortofosfatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Lista 1991.



Figur 55. Nitrat+nitritkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Lista 1991.



Figur 56. Silikatkonsentrasjonen ( $\mu\text{M}$ ) ved Lista 1991.



Figur 57. Antall observasjoner av løste næringsalter fordelt på ulike vannmasser.

Figur 57 viser at det er få observasjoner av brakkvann. Som grunnlag for en analyse er det kun ved Færder og Jomfruland (samt Svenner og Jomfrulandsrennen) at det foreligger flere observasjoner. Atlantisk vann ble sjelden (eller aldri) registrert på Jomfruland og Arendal st 2 i 1991.

I tabell i vedlegg A vises middelerdi, medianverdi og standardavvik for middelerdi ved de ulike stasjoner og variable. For de variable hvor middelerdi og medianverdi ligger nær hverandre og hvor standardavviket er omtrent likt, kan konsentrasjonen med forsiktighet betraktes som typisk for vannmassen. Imidlertid kan ikke resultatene fra observasjonene i 1991 være grunnlag for mer enn en første grov analyse av forholdene. Ettersom resultatene også er middelerdier tatt fra samtlige foreliggende observasjoner, vil årsvariasjonen også bidra til usikkerhet, spesielt for de løste næringsaltene.

I tillegg til beregninger av "typiske" verdier er det også gjort en enkel analyse av forskjeller i middelerdi mellom stasjonene for hver vanntype gjennom 1991. Det er brukt en variansanalyse (multipel range test), hvor signifikant forskjell mellom stasjoner for hver vanntype forutsetter et signifikansnivå på  $<0.004$ . De verdier som er mindre enn deteksjonsgrensen er satt lik med deteksjonsgrensen. Hensikten med en slik analyse er på sikt å kunne beskrive forskjeller i utviklingstendenser (trender) i de ulike vannmassene på de ulike stasjonene, i fremtiden inndelt etter sesong. Ettersom testen er gjennomført på forskjeller i middelerdier over året, vil f.eks. muligheten for å påvise forskjeller for variable som varierer meget over året bli lav. En analyse etter sesong vil i fremtiden kunne mer meningsfylte resultater. Tabell 9 til 17 viser resultatet av analysen.

### 4.5.3 Brakkvann

Brakkvann ( $PSU^2 < 25.0$ ) ble kun observert på Færder, Jomfruland, Svenner og Jomfrulandsrennen ved mer enn to tilfeller i 1991 (tabell 9). Det var kun signifikant forskjell i saltholdighet mellom Færder, Svenner og Jomfrulandsrennen, med lavere saltholdighet på den sistnevnte. Av øvrige

<sup>2</sup> PSU= Practical salinity unit, i praksis identisk med promille saltholdighet.

variable (totalfosfor og totalnitrogen) skilte også Jomfrulandsrennen seg ut med signifikant høyere totalnitrogenkonsentrasjon enn Færder og Svenner.

Tabell 9. **Brakkvann 1991**. Signifikante forskjeller i middelerverdi for ulike variable mellom stasjonene (variensanalyse, sign.nivå 0.02) for brakkvann. (Fet skrift = konsentrasjon større enn, kursiv skrift = konsentrasjon mindre enn, f. eks.. Jomfrulandsrennen har signifikant lavere midlere saltholdighet over året enn Færder)

Stasjon/stasjon	Jomfruland	Svenner	Jomfrulandsrennen
Færder			<b>PSU, Tot-N</b>
Jomfruland			
Svenner			<b>PSU, Tot-N</b>

Det var totalt få observasjoner av brakkvann i 1991 på stasjonene. De høyere konsentrasjonene av totalnitrogen ved Jomfrulandsrennen viser influensen av vann fra Frierfjorden på stasjonen.

#### 4.5.4 Skagerrak-kystvann

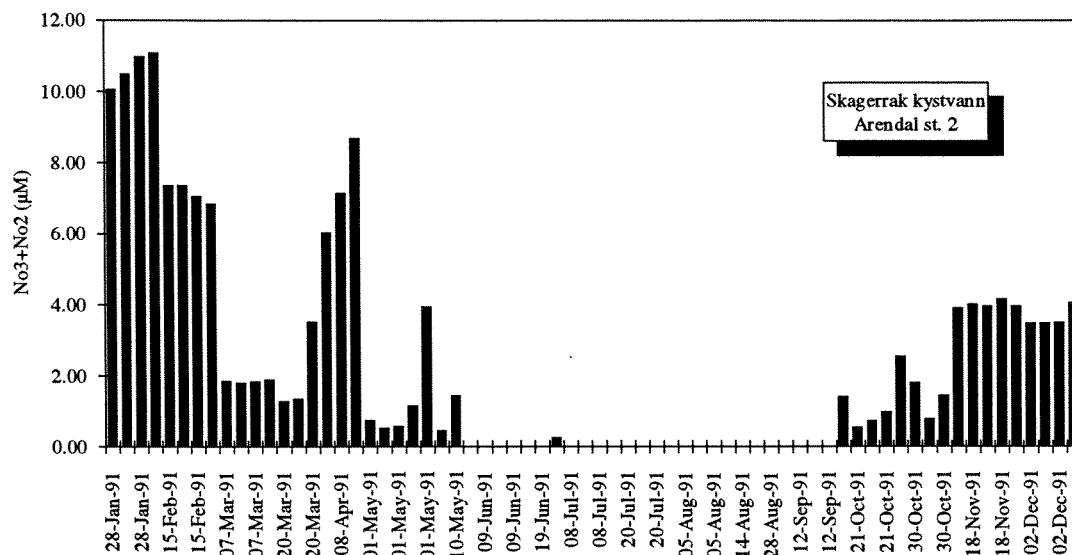
##### Variasjon gjennom året

Konsentrasjonen av næringssaltene fosfat, nitrat og nitritt samt silikat varierte gjennom året. Fosfatkonsentrasjonene var høyest i januar (0.5-0.8  $\mu\text{M}$ ). I mai til september lå konsentrasjonen nær eller lavere enn deteksjonsgrensen. I november økte konsentrasjonen igjen. I begynnelsen av april økte imidlertid konsentrasjonen midlertidig på samtlige stasjoner.

Nitrat- og nitrittkonsentrasjonen varierte gjennom året som fosfatkonsentrasjonene, med klart høyeste konsentrasjoner i januar (10-12  $\mu\text{M}$ ). Fra slutten av mai til oktober var konsentrasjonen nær eller mindre enn deteksjonsgrensen. I november økte konsentrasjonen igjen. Som for fosfat økte nitratkonsentrasjonen midlertidig i begynnelsen av april (figur 58 viser et eksempel fra Arendal st.2).

Silikatkonsentrasjonen var størst i januar (7-9  $\mu\text{M}$ ), og avtok i mars til konsentrasjoner mindre enn ca. 1  $\mu\text{M}$ . I september økte konsentrasjonen igjen. I likhet med fosfat og nitratkonsentrasjonen økte silikatkonsentrasjonen midlertidig i begynnelsen av april.

Skagerrak-kystvann, som i hovedsak består av en blandning av vann fra Østersjøen og lokalt elvevann samt vann fra sørlige og sentrale deler av Nordsjøen (se kap. 4.4), har således en årsavhengig næringssaltskonsentrasjon. Midlertidig forhøyede konsentrasjoner av næringssalter i begynnelsen av april 1991 kan være en effekt av horisontale transporter, sammenfallende med lokal vårflo.



Figur 58. Nitrat-nitritkonsentrasjonen i Skagerrak-kystvann i 1991. (Flere observasjoner fra samme dag er fra ulike dyp).

#### Forskjeller mellom stasjonene (tabell 10)

Fra Skagerrak-kystvann foreligger betydelig flere observasjoner enn fra brakkvannet (se tabell 10 og figur 57). Saltholdigheten var signifikant høyere ved Lista enn ved Jomfruland. Totalfosforkonsentrasjonen var signifikant høyere ved Arendal st. 2 enn ved Færder og Jomfruland, og lavere ved Lista enn ved Arendal st. 2. Totalnitrogenkonsentrasjonen ved Lista var signifikant lavere enn ved Arendalsstasjonene. Ved Færder og Jomfruland var middelkonsentrasjonen av partikulært materiale (PN, PP) høyere enn ved Arendal st. 2, og ved Jomfruland gjaldt dette også POC.

Tot-N/P-forholdet var signifikant høyere ved Færder og Jomfruland enn ved Arendal st 2. Ved Lista var tot-N/P-forholdet signifikant lavere enn ved Jomfruland. Det var også signifikant lavere N/P-forhold ved Arendal st 2 enn ved Arendal st 3.

Det var ingen signifikant forskjell mellom Færder, Jomfruland og Arendal st. 3 og Lista for partikulært materiale.

Tabell 10. **Skagerrak-kystvann.** Signifikante forskjeller i middelerverdi for ulike variabler mellom stasjonene (varianstest, sign.nivå 0.004) for Skagerrak-kystvann.. (Fet skrift = konsentrasjon større enn, kursiv skrift = konsentrasjon mindre enn, f. eks.. Arendal st 2 har signifikant større middelkonsentrasjon av Tot-P enn Færder)

Stasjon/stasjon	Jomfruland	Arendal st 2	Arendal st 3	Lista
Færder		<b>Tot-P, NH<sub>4</sub>-N,</b> <i>PN, PP, Tot N/P</i>		
Jomfruland		<b>Tot-P, POC,</b> <i>PN, PP, Tot N/P</i>		<b>PSU, Tot N/P</b>
Arendal st 2			<b>Tot N/P</b>	<i>Tot-P, Tot-N</i>
Arendal st 3				<i>Tot-N</i>

Tabell 11. Forskjeller i % av totalt antall observerte variable i **Skagerrak-kystvann** (antall observerte variabler varierer mellom stasjonene; Færder, Jomfruland, Arendal st 2 og 3 (11 variabler) og Lista (7 variabler).

Stasjon/stasjon	Jomfruland	Arendal st 2	Arendal st 3	Lista
Færder	0	36		
Jomfruland		36		14
Arendal st 2				29
Arendal st 3				14

Tabell 11 viser at Arendal st 2 og Lista var de stasjoner som viste signifikante forskjeller i denne vannmassen. Det mest fremtredende trekket er høyere konsentrasjoner av totalfosfor og lavere konsentrasjoner av partikulært materiale ved Arendal st. 2 enn ved Færder og Jomfruland, samt lavere konsentrasjoner av totalnitrogen ved Lista enn ved Arendal-stasjonene. Det var ingen signifikant forskjell i årsmiddelverdi mellom Arendal st. 3 og Jomfruland/Færder.

#### 4.5.5 Skagerrakvann-øvre

##### Variasjon gjennom året

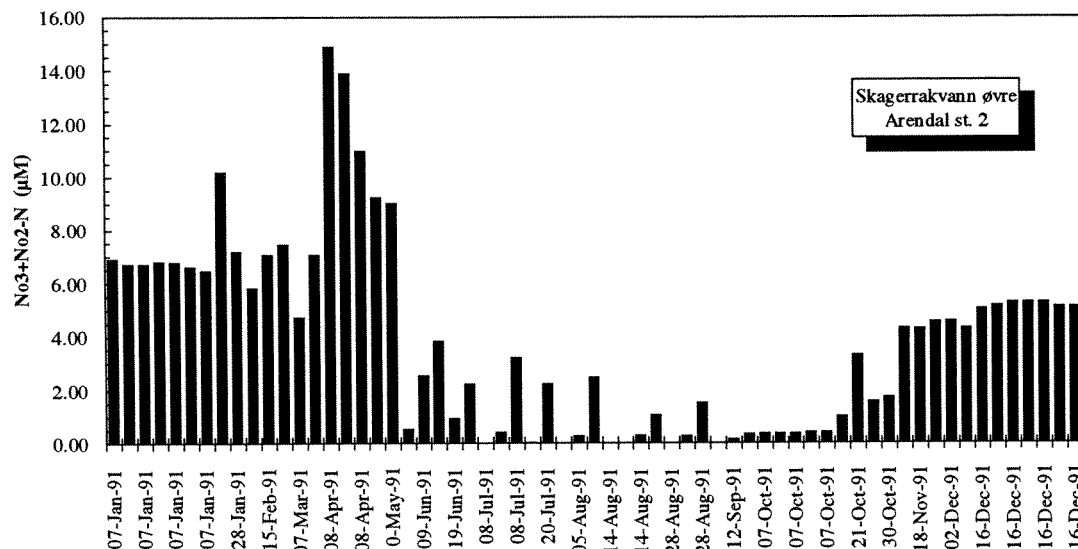
Næringssaltskonsentrasjonen i Skagerrakvann-øvre varierte omtrent som for Skagerrak-kystvann gjennom året. Høyeste fosfatkonsentrasjon ble registrert i januar (0.6-0.7  $\mu\text{M}$ ), noe lavere konsentrasjoner ved Lista. Lave konsentrasjoner ble registrert i juli til oktober, tidvis lavere enn deteksjonsgrensen. I november økte konsentrasjonen igjen. I begynnelsen av april inntraff en midlertidig økning av fosfatkonsentrasjonen (figur 59 viser et eksempel fra Arendal st. 2).

Nitrat- og nitritkonsentrasjonen var høyest i januar og februar (7-11  $\mu\text{M}$ ) og lavest i perioden juni til oktober (ned til deteksjonsgrensen). Fra oktober økte konsentrasjonen igjen. I april ble det registrert en kraftig midlertidig konsentrasjonsøkning (> 12  $\mu\text{M}$ ) på samtlige stasjoner unntatt Lista, hvor konsentrasjonsøkningen var mindre.

Silikatkonsentrasjonen var høyest i januar på alle stasjoner. Konsentrasjonen varierte mellom 3 og 9  $\mu\text{M}$  med laveste konsentrasjon ved Lista. Ved Færder, Jomfruland og Arendal st. 2 lå konsentrasjonen lavt i juni til oktober (ca. 1-2  $\mu\text{M}$ ) og lavere ved Lista (<1  $\mu\text{M}$ ). I september/oktober økte konsentrasjonen igjen. I likhet med de andre næringssaltene økte silikatkonsentrasjonen midlertidig i begynnelsen av april på alle stasjonene.

Skagerrakvann-øvre består av vannmasser fra sørlige Nordsjøen, tildels med innblanding av ferskvann fra Østersjøen og lokale elvetilførsler (se kap. 4.4). Den midlertidige konsentrasjonsøkningen i april var klarere for denne vannmassen enn for Skagerrak-kystvann, hvilket sannsynliggjør en horisontal transportert av næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen. Imidlertid må situasjonen analyseres nøyer for med sikkerhet å kunne fastslå et slikt forløp.





Figur 59. Nitrat+nitritkonsentrasjonen i Skagerrakvann-øvre i 1991. (Flere observasjoner samme dag er fra ulike dyp).

#### Forskjeller mellom stasjoner (tabell 12)

Midlere totalfosforkonsentrasjon var klart høyere ved Arendalstasjonene og Lista enn ved Færder og Jomfruland (tabell 12). Tot-N/P-forholdet ble derved større ved de sistnevnte stasjoner.

Tabell 12. **Skagerrakvann-øvre**. Signifikante forskjeller i middelverdi for ulike variabler mellom stasjonene (varianstest, sign.nivå 0.004) for Skagerrakvann-øvre. (Fet skrift = konsentrasjon større enn, kursiv skrift = konsentrasjon mindre enn, f. eks.. Arendal st 2 har signifikant større middelkonsentrasjon av Tot-P enn Færder)

Stasjon/stasjon	Jomfruland	Arendal st 2	Arendal st 3	Lista
Færder		<b>Tot-P, TSM,</b> <i>Tot-N/P</i>	<b>Tot-P</b>	<b>Tot-P, Tot-N,</b> <i>Tot-N/P</i>
Jomfruland		<b>Tot-P,</b> <i>Tot-N/P</i>	<b>Tot-P,</b> <i>Tot-N/P</i>	<b>Tot-P, Tot-N/P</b>
Arendal st 2				<i>SiO<sub>3</sub></i>
Arendal st 3				<i>Tot-N</i>

Tabell 13. Forskjeller i % av totalt antall observerte variable i **Skagerrakvann-øvre** (Antall observerte variable varierer mellom stasjonene; Færder, Jomfruland, Arendal st 2 og 3 (11 variabler) og Lista (7 variabler).

Stasjon/stasjon	Jomfruland	Arendal st 2	Arendal st 3	Lista
Færder	0	18	9	29
Jomfruland		9	9	14
Arendal st 2			0	14
Arendal st 3				14

Lista er den stasjon som skiller seg mest fra de øvrige (tabell 13) og forskjellen er størst sammenlignet med Færder. Det var ingen signifikant forskjell mellom Færder og Jomfruland og mellom Arendalstasjonene for denne vannmassen.

#### 4.5.6 Skagerrakvann-nedre

##### Variasjon gjennom året

Næringssaltskonsentrasjonen varierte betydelig mindre gjennom året sammenlignet med Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann-øvre. Med mindre avvik var fosfatkonsentrasjonen størst i januar til juni (0.6-0.7  $\mu\text{M}$ ) og avtok noe i juli til desember. Nitrat og nitritkonsentrasjonen var størst i mars til mai (8-10  $\mu\text{M}$ ) og avtok utover høsten. Silikatkonsentrasjonen var noe større om våren og litt lavere om høsten og vinteren. Det var ikke noen klar signal på økende konsentrasjoner i begynnelsen av april, som for vannmassene med lavere saltholdighet. Skagerrakvann-nedre består i hovedsak av vann fra sentrale deler av Nordsjøen.. De avtakende konsentrasjonene utover året kan bety at dette er Nordsjøvann som delvis vært i fotosyntesesonen i Nordsjøen og derved blitt tappet noe på næringssalter innen det strømmer inn i Skagerraks dypere vannlag.

##### Forskjeller mellom stasjoner (tabell 14)

Totalfosforkonsentrasjonen var signifikant lavere ved Færder og Jomfruland enn ved øvrige stasjoner.

Totalnitrogenkonsentrasjonen var høyere ved Færder og Jomfruland enn ved Lista og høyere ved Jomfruland enn Arendal st.2. Ved Jomfruland var også ammoniumkonsentrasjonen klart større enn ved Færder og Lista. Unntatt totalfosfor var øvrige næringssalter som viste forskjeller i middelverdi klart lavere ved Arendal st. 3 og Lista enn ved Færder og Jomfruland.

Med lavere totalfosforkonsentrasjoner og høyere totalnitrogenkonsentrasjoner blir tot-N/P-forholdet på Arendal st. 3 og Lista klart lavere enn ved Færder og Jomfruland. Det var ingen signifikant forskjell mellom Arendalstasjonene og kun lavere ammoniumkonsentrasjon ved Lista sammenlignet med Arendal st.3.

Tabell 14. **Skagerrakvann-nedre**. Signifikante forskjeller for ulike variabler mellom stasjonene (varianstest, sign.nivå 0.004) for Skagerrakvann-nedre. (Fet skrift = konsentrasjon større enn, kursiv skrift = konsentrasjon mindre enn, f. eks.. Jomfruland har signifikant større middelkonsentrasjon av  $\text{NH}_4\text{-N}$  enn Færder)

Stasjon/stasjon	Jomfruland	Arendal st 2	Arendal st 3	Lista
Færder	<b><math>\text{NH}_4\text{-N}</math>, <math>\text{SiO}_3</math></b>	<b>Tot-P, <math>\text{PO}_4</math></b> , <i>Tot-N/P</i>	<b>Tot-P, <math>\text{PO}_4</math></b> , <i><math>\text{NO}_3\text{-N}</math>, <math>\text{SiO}_3</math></i>	<b>Tot-P, <math>\text{PO}_4</math></b> , <i>Tot-N, <math>\text{NO}_3\text{-N}</math>, <math>\text{SiO}_3</math></i>
Jomfruland		<b>Tot-P</b>	<b>Tot-P, <math>\text{PO}_4</math></b> , <i>Tot-N, Tot-N/P</i>	<b>Tot-P, Tot-N</b> , <i><math>\text{NH}_4\text{-N}</math>, Tot-N/P</i>
Arendal st 2				
Arendal st 3				<i><math>\text{NH}_4\text{-N}</math></i>

Tabell 15. Forskjeller i % av totalt antall observerte variable i **Skagerrakvann-nedre**. (Antall observerte variable varierer mellom stasjonene; Færder, Jomfruland, Arendal st 2 og 3 (11 variabler), og Lista (7 variabler).

Stasjon/stasjon	Jomfruland	Arendal st 2	Arendal st 3	Lista
Færder	18	18	36	71
Jomfruland		9	27	43
Arendal st 2				
Arendal st 3				14

Tabell 15 viser at Skagerakkvann-nedre gir størst forskjell mellom stasjonene sammenlignet med de andre vannmassene. Det var minst forskjell mellom Arendalstasjonene.

#### 4.5.7 Atlantisk vann

##### Variasjon gjennom året

Atlantisk vann ble kun registrert på Færder, Arendal st. 3 og Lista ved mer enn et par ganger i løpet av året (figur 57). Næringssaltskonsentrasjonen varierte lite over året. Fosfatkonsentrasjonen var vinterstid ca. 0.7 til 0.9  $\mu\text{M}$  og avtok noe frem til et minimum i september eller oktober (0.5-0.6  $\mu\text{M}$ ).

Nitrat- og nitritkonsentrasjonen var størst vinterstid (ca. 10  $\mu\text{M}$ ) og avtok noe utover året, men med en del variasjoner i konsentrasjonen. Silikatkonsentrasjonen var også noe større vinterstid (6-7  $\mu\text{M}$ ) og noe lavere utover sommeren og høsten. Den noe avtakende konsentrasjonen utover sommer/høst kan som for Skagerrakkvann-nedre sannsynligvis forklares med at vannet tidligere delvis ligger i fotosyntesesonen og derved tappets noe for næringssalter.

##### Forskjeller mellom stasjoner (tabell 16)

Atlantisk vann ble kun observert på Færder, Arendal st 3 og Lista så mange ganger i 1991 at en statistisk sammenligning av stasjonene lar seg gjennomføre.

Som for de andre vannmassene var totalfosforkonsentrasjonen lavere ved Færder enn ved Arendal st 3 og Lista. Tot N/P-forholdet ved Færder var klart høyere enn ved Arendal st. 2. Atlantisk vann ved Lista hadde også noe lavere konsentrasjon av ammonium sammenlignet med Arendal st 3.

Tabell 16. **Atlantisk vann.** Signifikante forskjeller for ulike variabler mellom stasjonene (varianstest, sign.nivå 0.004) for Atlantisk vann. (Fet skrift = konsentrasjon større enn, kursiv skrift = konsentrasjon mindre enn, f. eks.. Arendal st 3 har signifikant større middelkonsentrasjon av Tot-P enn Færder)

Stasjon/stasjon	Arendal st 3	Lista
Færder	<b>Tot-P, Tot-N/P</b>	<b>Tot-P, Tot-N/P</b>
Arendal st 3		<i>NH<sub>4</sub>-N</i>

Tabell 17. Forskjeller i % av totalt antall observerte variable i **Atlantisk vann** (Antall observerte variable varierer mellom stasjonene; Færder, Jomfruland, Arendal st 2 og 3 (11 variabler) og Lista (7 variabler).

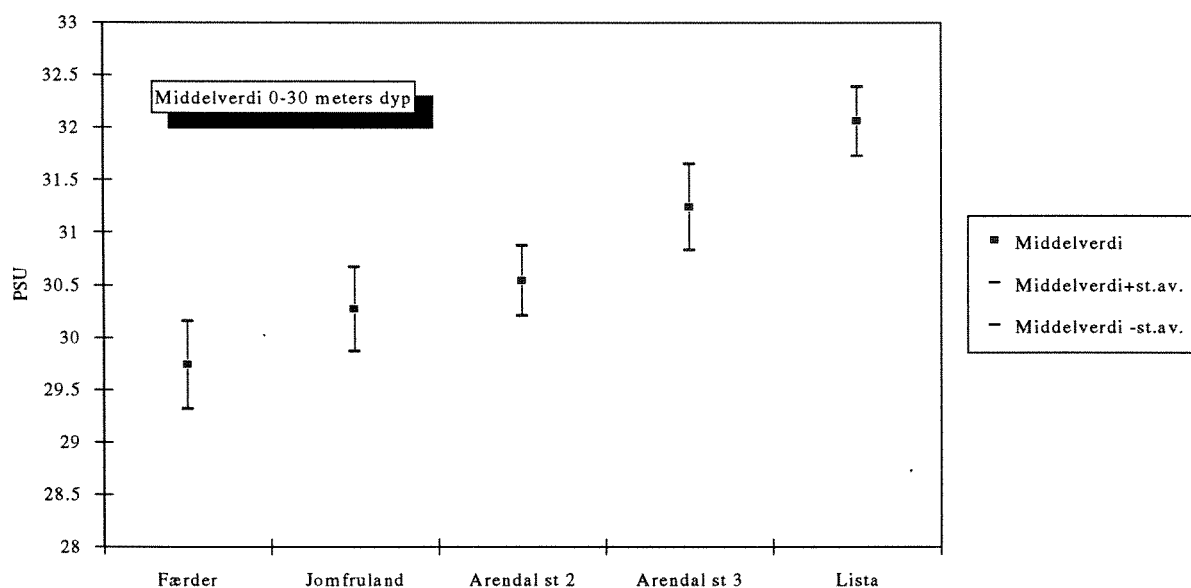
Stasjon/stasjon	Arendal st 3	Lista
Færder	9	14
Arendal st 3		14

Det var liten forskjell mellom stasjonene for Atlantisk vann.

#### 4.5.8 Sammenligning av enkelte variable på de ulike stasjoner i 0 - 30 meters dyp

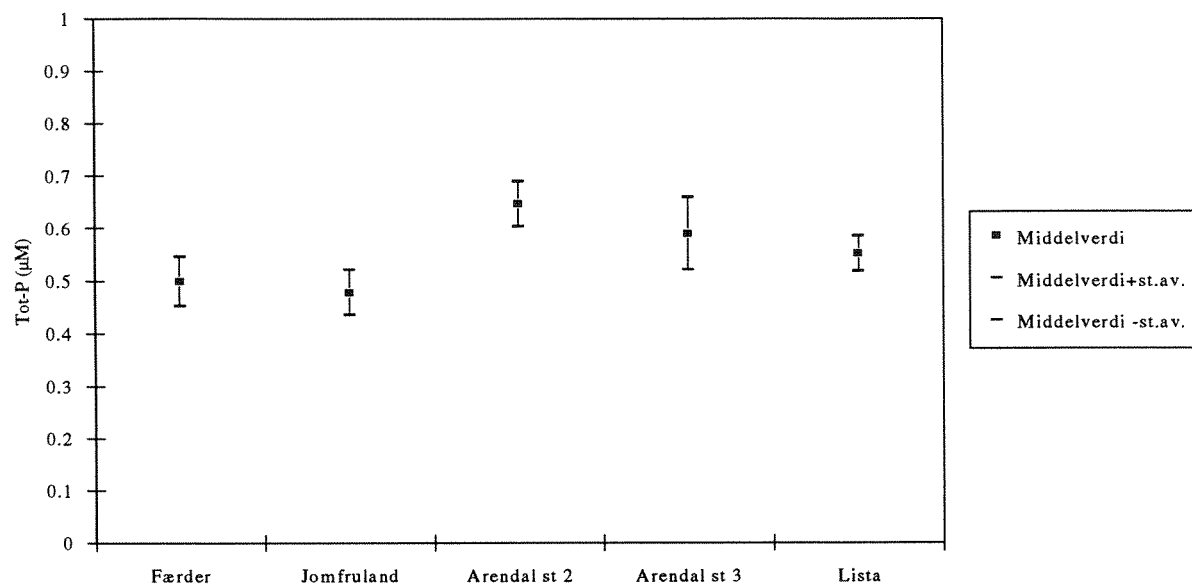
For å se på eventuelle horisontale gradienter langs kysten er det foretatt en sammenligning av enkelte variable i de øverste 30 metrene (gjennomsnittskonsentrasjon).

Saltholdigheten i overflatelaget i 1991 økte fra Færder til Lista (figur 60). Det var ingen større forskjell mellom Jomfruland og Arendal st 2.

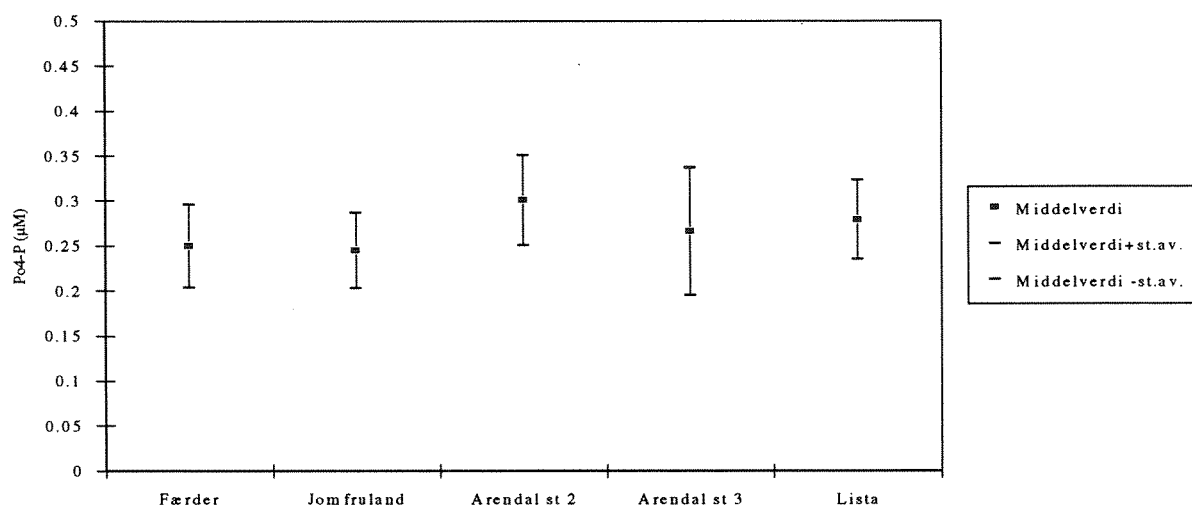


Figur 60. Saltholdighet på de ulike stasjoner i 1991 (gjennomsnitt 0-30 meters dyp).

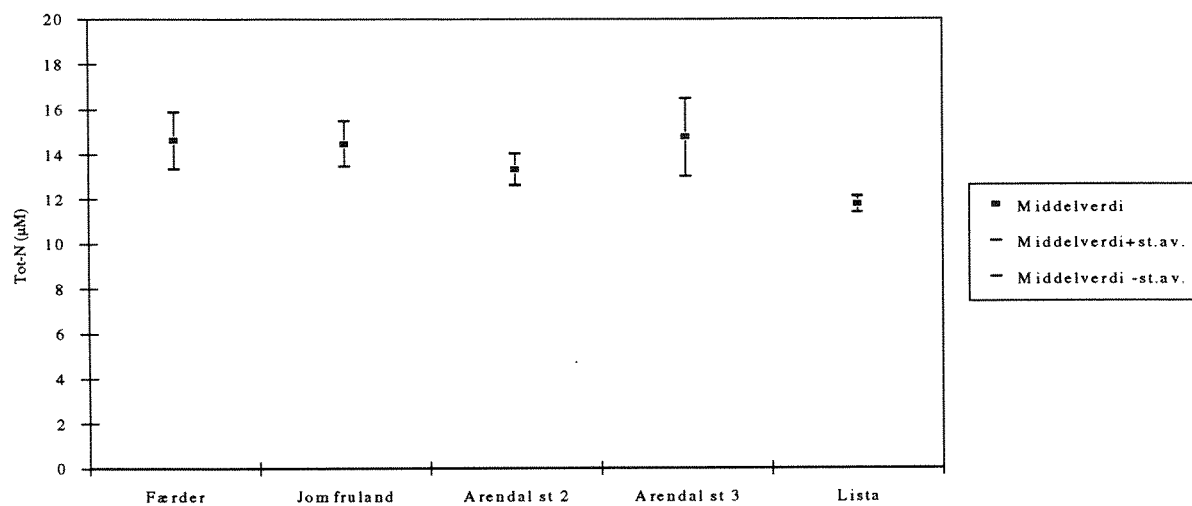
Totalfosforkonsentrasjonen (figur 61) var lavere ved Færder og Jomfruland enn ved de øvrige stasjonene, mens totalnitrogenkonsentrasjonen (figur 63) kun viste lavere konsentrasjoner ved Lista. Ortofosfatkonsentrasjonen (figur 62) var omtrent lik for de ulike stasjonene. For nitrat+nitritt (figur 64) avtok middelkonsentrasjonen fra Færder til Lista, men variasjonene var for store til å kunne si noe om tendenser. Ammonium (figur 65) var noe høyere ved Arendal st 2. Silikatkonsentrasjonen var lavest ved Lista (figur 66) og med en tendens til svakt økende verdier fra Færder til Arendal st 2. Partikulært karbon (figur 67), nitrogen (figur 68) og fosfor (figur 69) var høyest ved Færder og Jomfruland, mens konsentrasjonen av totalt suspendert materiale (figur 70) var lavere enn ved de øvrige stasjonene.



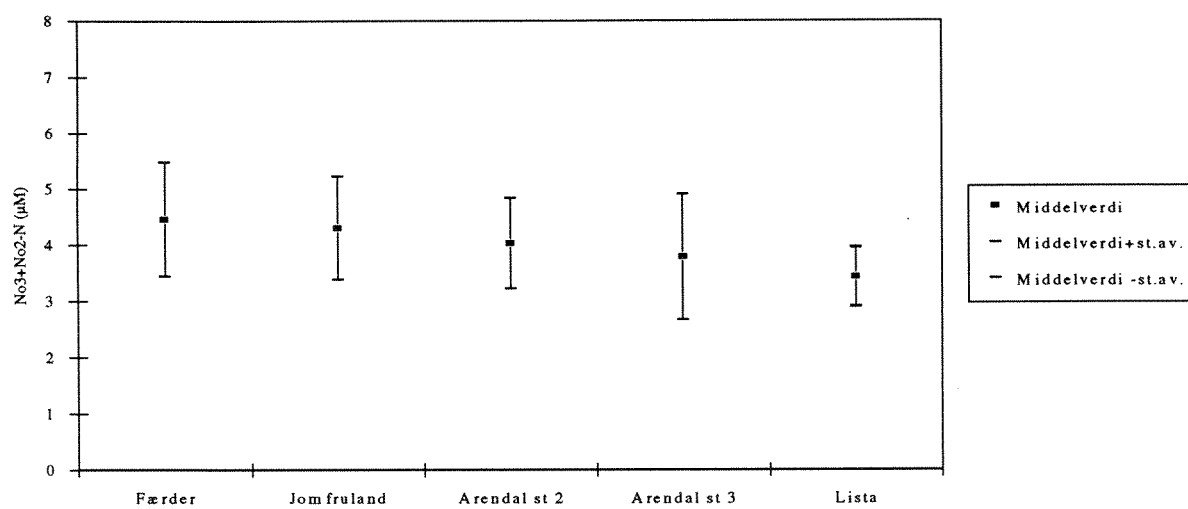
Figur 61. Tot-P ( $\mu\text{M}$ ) 0-30 meters dyp (middelverdi) 1991.



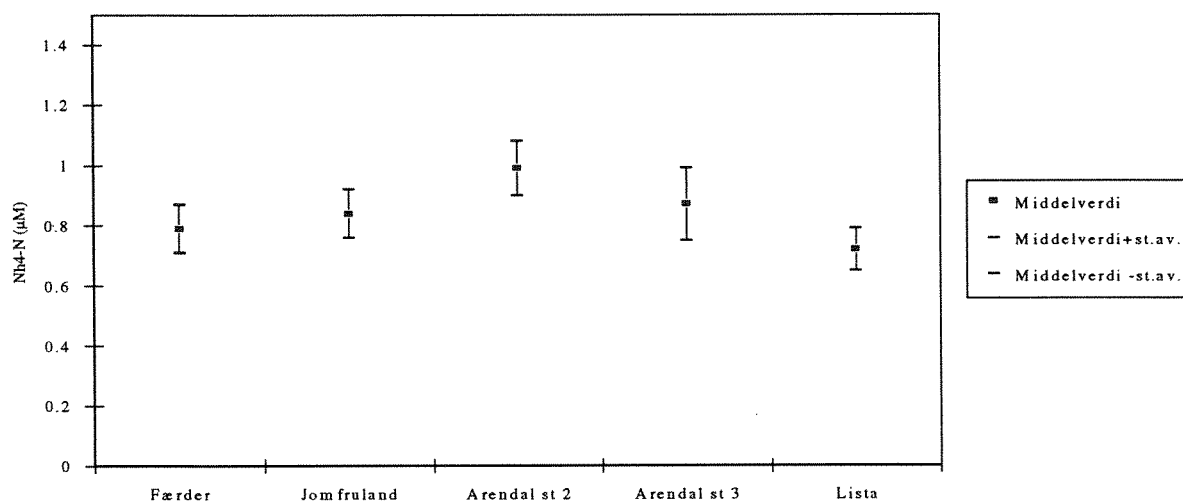
Figur 62.  $\text{PO}_4\text{-P}$  ( $\mu\text{M}$ ) 0-30 meters dyp 1991.



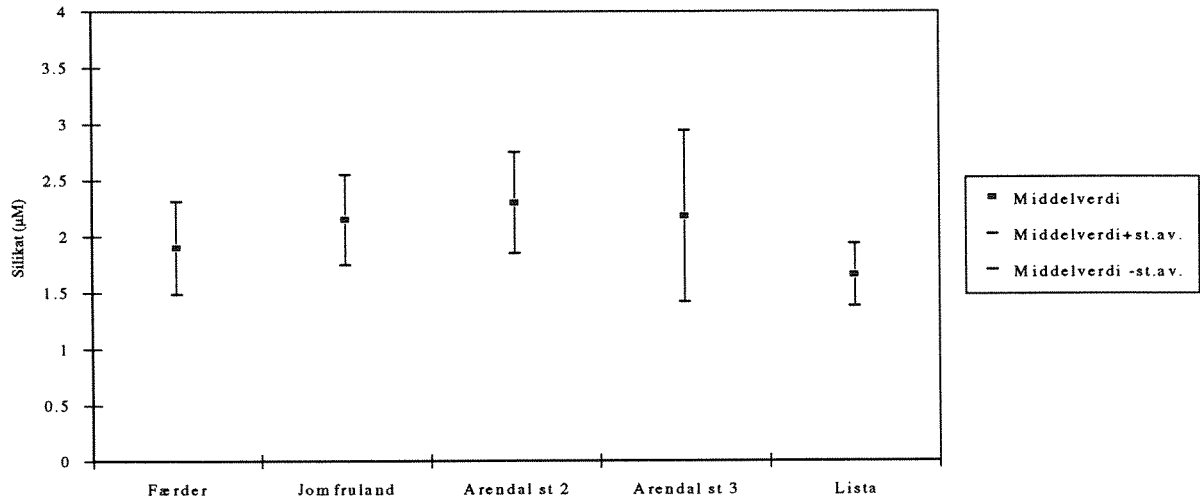
Figur 63. Tot-N ( $\mu\text{M}$ ) 0-30 meters dyp 1991.



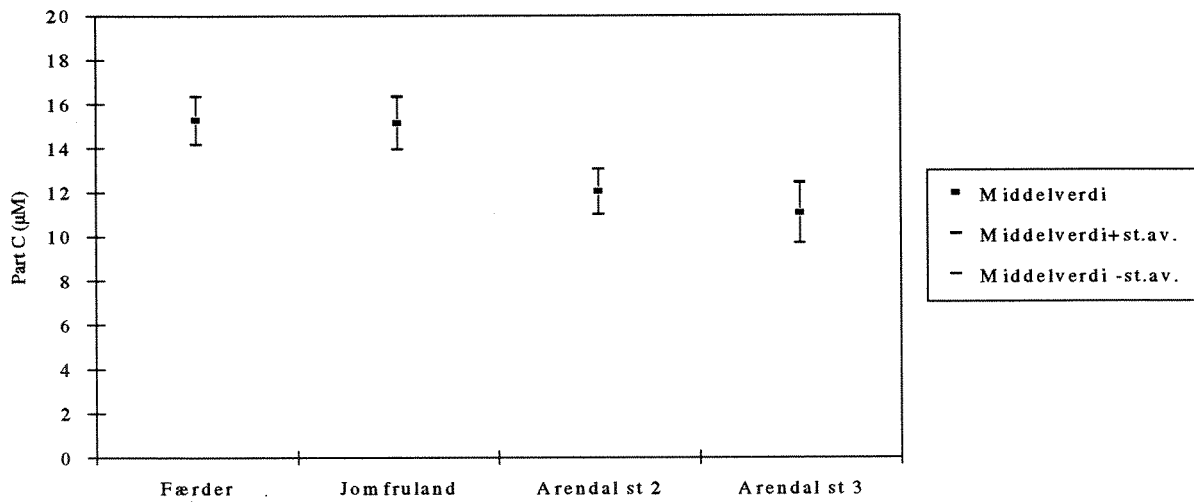
Figur 64.  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$  ( $\mu\text{M}$ ) 0-30 meters dyp 1991.



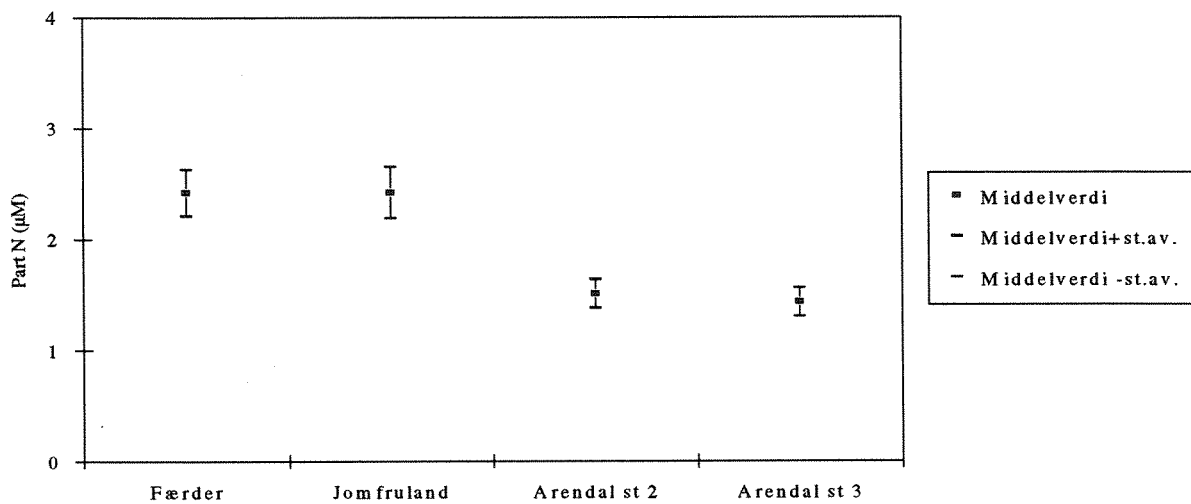
Figur 65.  $\text{NH}_4\text{-N}$  ( $\mu\text{M}$ ) 0-30 meters dyp 1991.



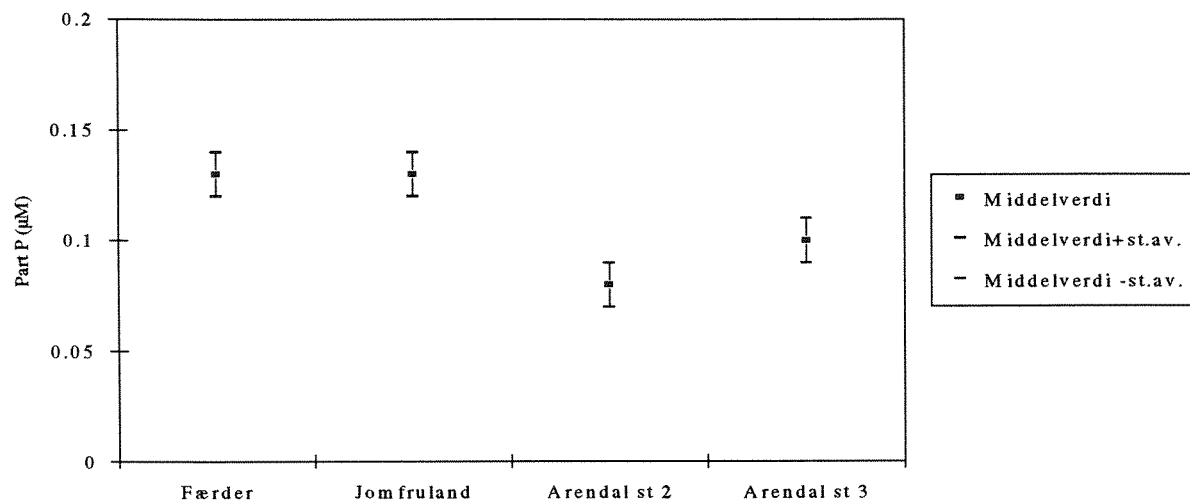
Figur 66. SiO<sub>3</sub>-Si (µM), 0-30 meters dyp 1991.



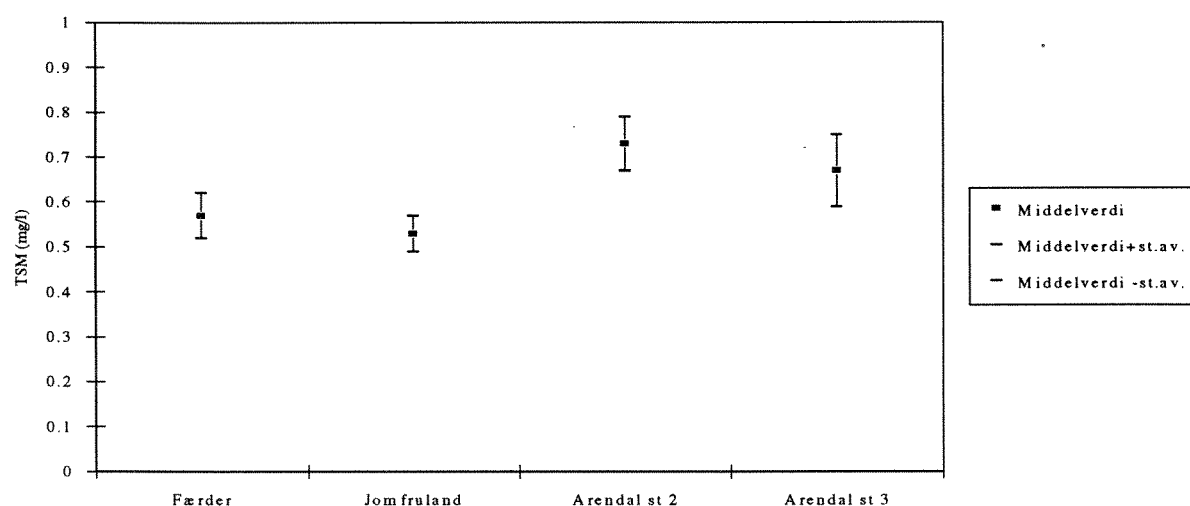
Figur 67. Partikulært karbon (µM) 0-30 meters dyp 1991.



Figur 68. Partikulært nitrogen (µM) 0-30 meters dyp 1991.



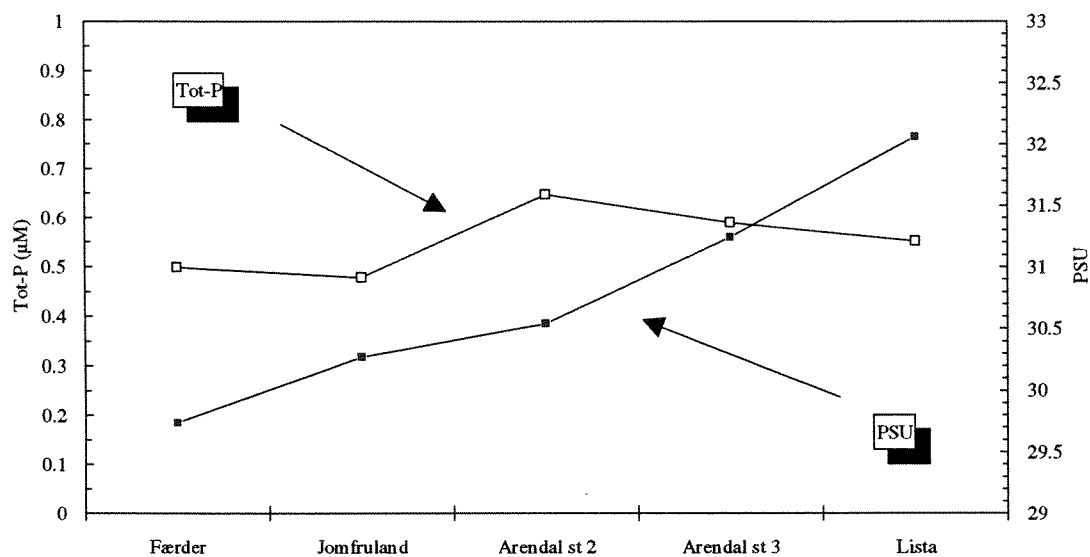
Figur 69. Partikulært fosfor ( $\mu\text{M}$ ) 0-30 meters dyp 1991.



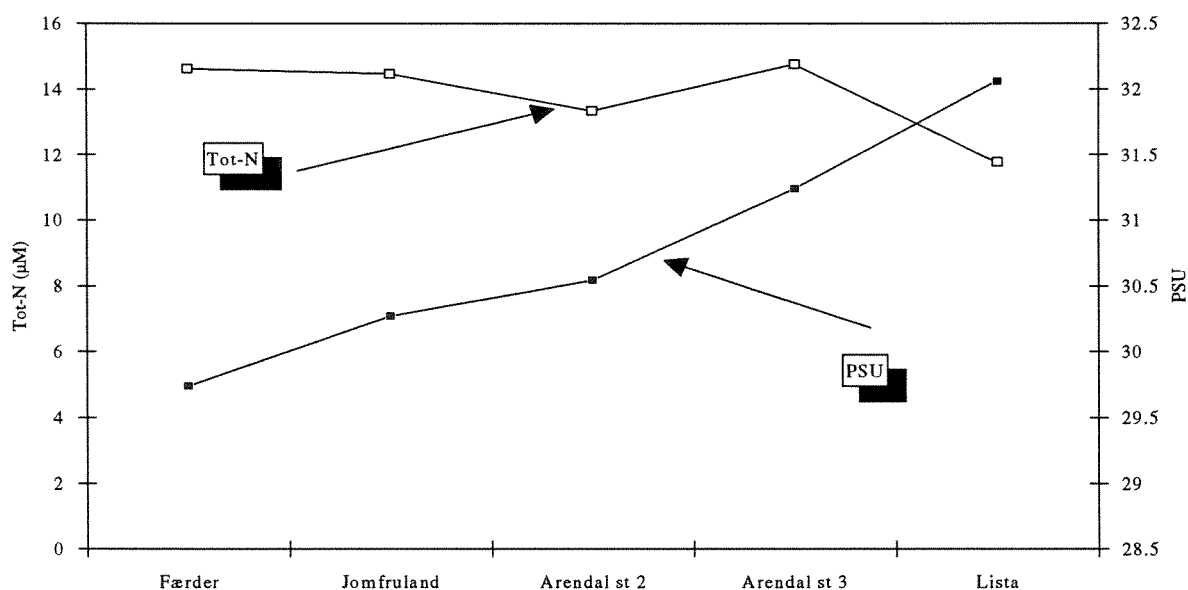
Figur 70. Totalt suspendert materiale (mg/l) 0-30 meters dyp 1991.

Saltholdighetsgradienten spiller en ikke uvesentlig rolle for næringssaltenes variasjon langs kysten. Økende konsentrasjoner av totalfosfor sammenfaller i store trekk med økende saltholdighet (figur 71). For totalnitrogenkonsentrasjonen er tendensen den omvendte (figur 72). For partikulært C,N,P gjelder samme forhold som for totalnitrogen, mens konsentrasjonene av totalt suspendert materiale var noe lavere ved lavere saltholdighet. Økende fosforkonsentrasjoner og avtakende nitrogenkonsentrasjoner som funksjon av økende saltholdighet er generelt naturlig i kystvann (nitrogentilførsler med ferskvann og fosfortilførsler fra dypvann). Klarere forskjeller er å forvente også for uorganisk nitrogen og fosfor når flere observasjoner gjør en sesonginndeling meningsfylt.





Figur 71. Tot-P og saltholdighet, 0-30 meters dyp. Årsmiddel 1991.



Figur 72. Tot-N og saltholdighet, 0-30 meters dyp. Årsmiddel 1991.

#### 4.5.9 Sammenfatning

Det var en meget klar årstidsvariasjon av fosfat, nitrat+nitritt og silikat i Skagerrak-kystvann og Skagerrakvann-øvre, dvs. de vannmasser som dels består av vann fra Østersjøen og sørlige deler av Nordsjøen, samt er påvirket av lokale elvetilførsler. I de dypere liggende vannmasser, Skagerrakvann-nedre og Atlantisk vann var forholdene mer konstante over året. I de to øvre vannmassene var det høye næringsstoffs-konsentrasjoner i januar 1991 som i våroppblomstringen i februar ble oppbrukt av

planteplanktonet. I april økte næringssaltskonsentrasjonene igjen, mest markert i Skagerrakvann-øvre, noe som indikere at dette er en horisontal transport av næringsrikt vann fra søndre Nordsjøen.

Analysen av næringssalter viste at det er påvisbare forskjeller for de enkelte variable, spesielt for totalnitrogen og totalfosfor, mellom de ulike stasjonene og vannmassene langs kysten. Lista skilte seg mest fra de øvrige stasjoner. Færder og Jomfruland viste liten forskjell, og det samme var situasjonen for Arendalstasjonene. Arendal st 3 var den stasjon som var mest lik Lista. Skagerrakvann-nedre gav den største forskjellen mellom stasjonene. Dette er nok delvis en følge av mindre årsvariasjon (mindre varianse), men også at vannmassen var vanlig på alle stasjonene i motsetning til f.eks. Atlantisk vann. Årsaken til de registrerte forskjellene er det for tidlig å kommentere. Til dette er analysen foreløpig for enkel.

## 4.6 PLANTEPLANKTON

### 4.6.1 Innledning

Identifisering og kvantifisering har foreløpig bare inngått på stasjonene Færder og Jomfruland. De dominerende arter er tallet opp. Fra Arendal st 2 har imidlertid data over planteplankton for 1990 og 1991 inngått i et annet prosjekt ved Forskningsstasjonen Flødevigen ("Algeoppblomstringer i Skagerrak - fosfor eller nitrogenbegrenset ?"(NFFR 1202-703.017)). Stasjonen driver også en regelmessig overvåking av klorofyll og utvalgte arter av planteplankton inne i selve Flødevigen. Dette tilsammen har gitt grunnlag for å beskrive planktonforholdene i store trekk også ved Arendal.

Ved siden av identifisering og kvantifisering av planteplankton i mikroskop er klorofylldata og i noen grad siktedyp nyttige for å beskrive planteplanktonforholdene.

### 4.6.2 Materiale og metoder

Alger fra Færder og Jomfruland i 1990 og fra Jomfruland i 1991 er tallet i omvendt mikroskop etter minimum ett døgn sedimentering. Det er brukt 2 ml tellekammer. Prøver fra enkeltdyp og blandingsprøver, like deler vann fra 0, 5, 10, 20 og 30 meters dyp, er tallet. I 1991 ble bare blandingsprøver tallet. Prøvene har blitt fiksert med nøytral formalin.

I 1990 var det 15 prøvetagninger i perioden 15/5 til 11/12 og i 1991 21 prøvetagninger fra 29/1 til 12/12.

Fra Arendal st 2 er prøvene samlet over spranlaget, oftest i 5 meters dyp, og i Flødevigen er det tatt en integrert prøve 0-3 m, ved bruk av slange. Prøvene er konservert på ulik vis avhengig av formålet med kvantifiseringen og mengder alger tilstede. Prøvene har blitt fiksert med formalin og/eller jodløsning.

På Arendal st 2 og i Flødevigen ble det tatt prøver gjennom hele 1990 og 1991, men med ulik hyppighet avhengig av formålet.

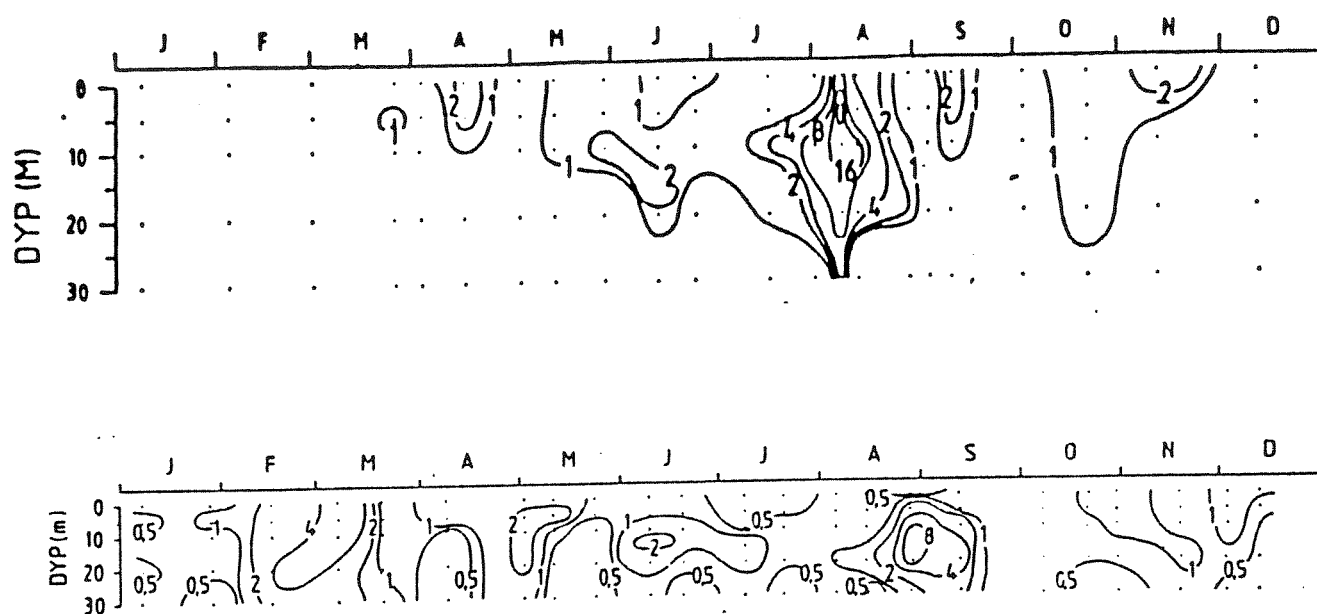
### 4.6.3 Klorofyllobservasjoner.

Det storstilte bilde for kysten av Skagerrak gjennom 1990 og 1991 fremgår av isopleter for Arendal st 2 (Figur 73) og rutinemålingene i Flødevigen ved Arendal (figur 74). På årsbasis var det begge år forholdsvis lite alger i sjøen.

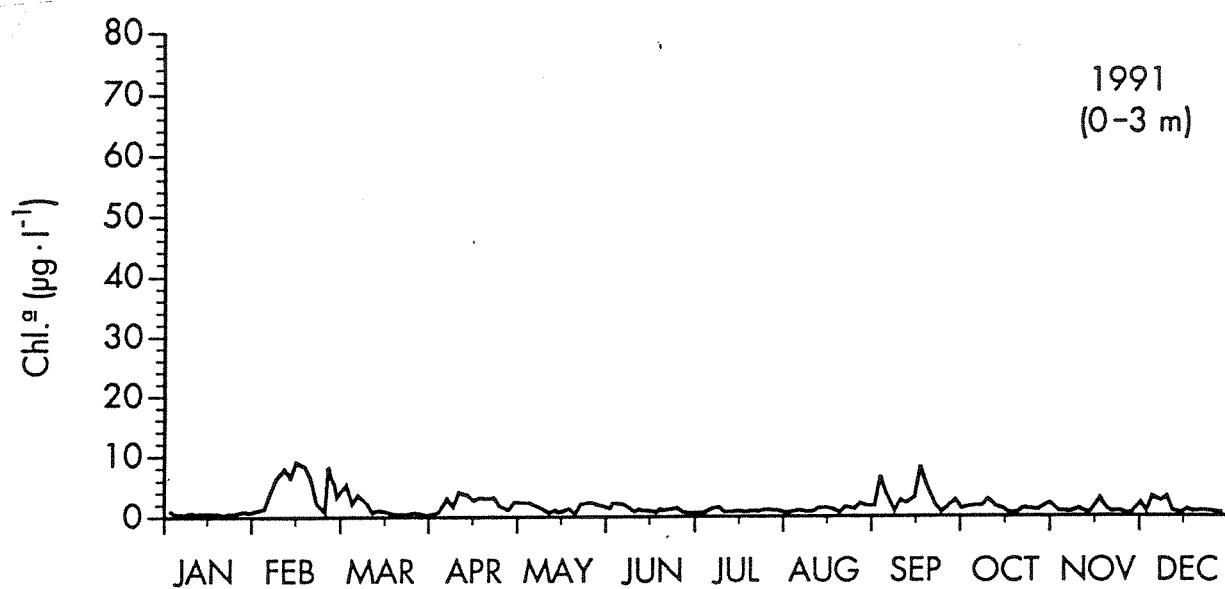
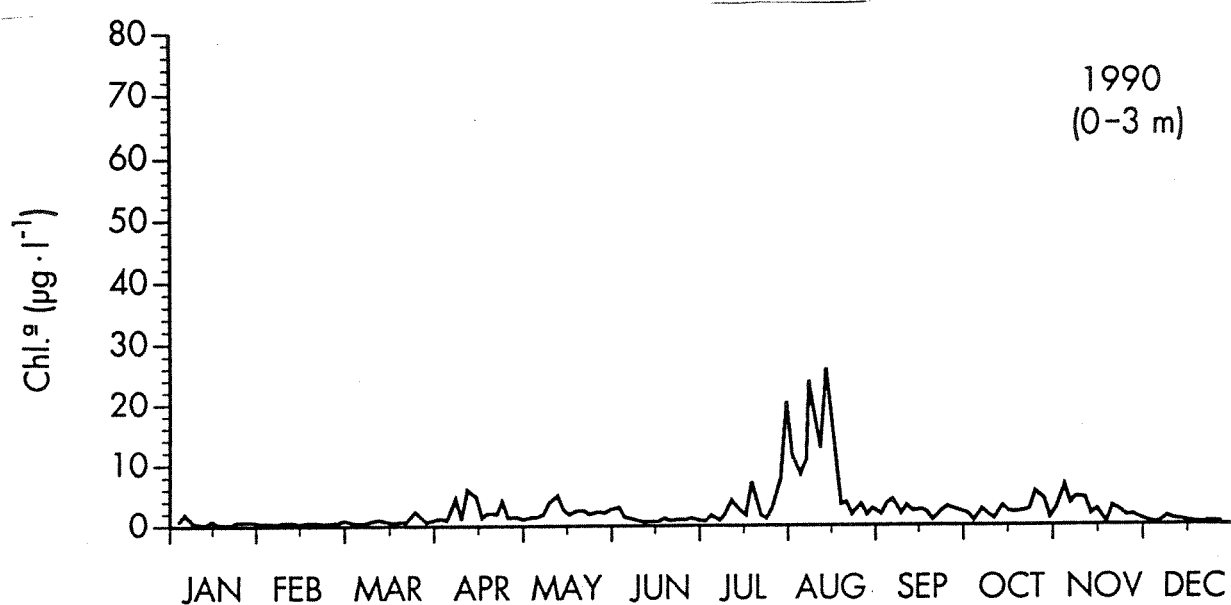
I 1990 uteble kiselalgenes våroppblomstring (figur 73 og 74), og den eneste perioden med noe særlig mye alger i sjøen var i august måned da dinoflagellaten *Gyrodinium aureolum* opptrådte i store mengder. Også ved Færder og Jomfruland var det, i perioden mai - desember, først og fremst mye klorofyll i sjøen under oppblomstringen av *Gyrodinium aureolum* (Aure et al., 1991, figur 23).

I 1991 var det en forholdsvis tidlig våroppblomstring av kiselalger i februar - mars og deretter forholdsvis lite alger til en ny oppblomstring av *Gyrodinium aureolum* kom i september 1991, dog ikke så kraftig som året før (figur 73 og 74). I 1991 var det også temporære, mindre klorofyll maksima i april og mai, mest utpreget på Jomfruland og Færder (figur 75).

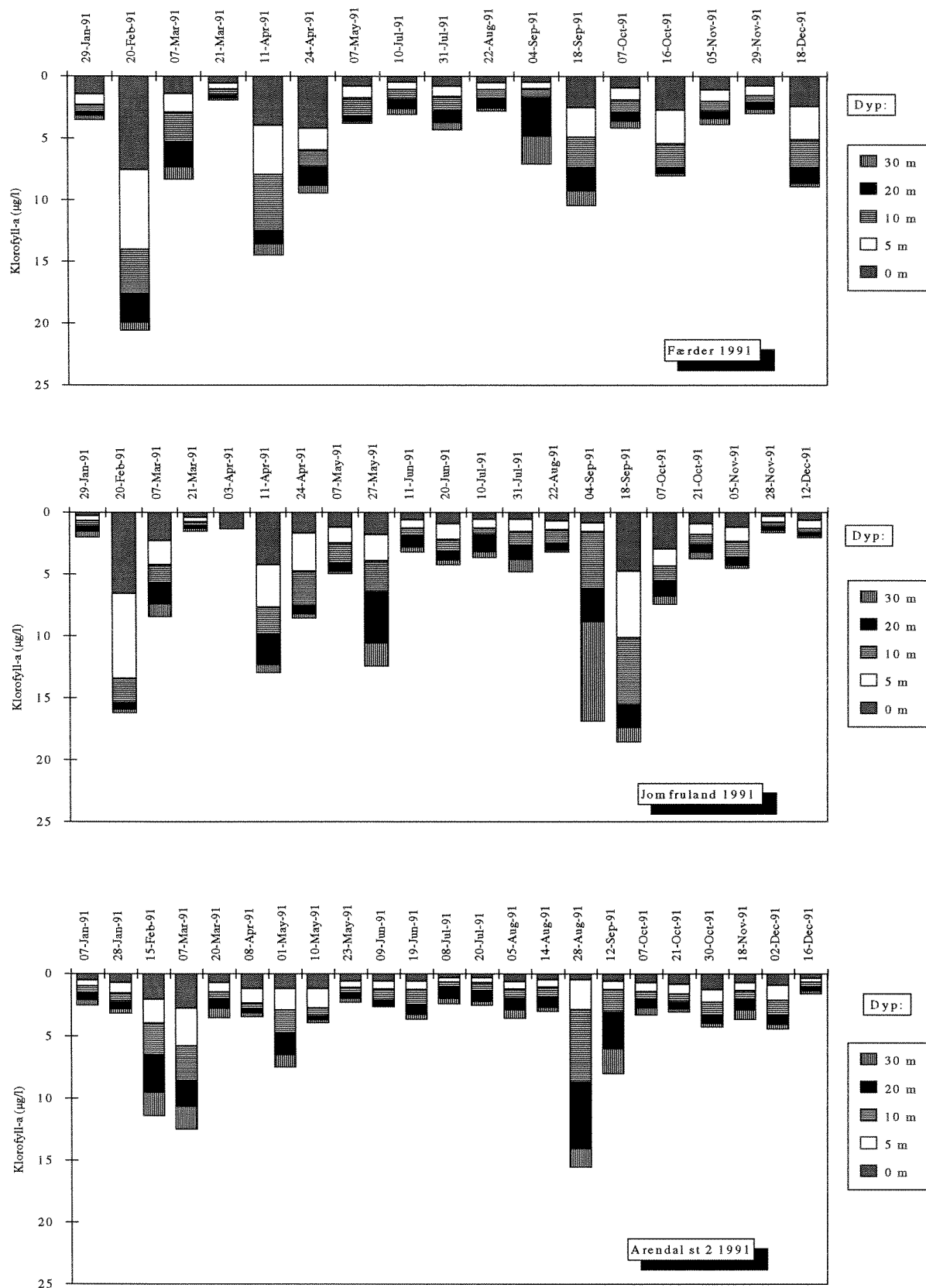
Fra figurene 48-49 kan man se hvordan våroppblomstringen i mars trekker ut mye næringssalter fra overflatelaget. I begynnelsen av april øker næringssaltskonsentrasjonen igjen (sannsynligvis en horisontal transport av næringssrikt vann fra søndre Nordsjøen (se kap.4.5)), og med den planteplanktonbiomassen (figur 75). Ellers forekommer den største oppblomstringen gjennom året, oppblomstringen av *Gyrodinium aureolum* i august/september, i vannmasser tømt for nitrat+nitritt, men med spor av fosfat (figur 48 og 49).



Figur 73. Klorofyll a ( $\mu\text{g/l}$ ) ved Arendal st 2 1990 (øverst) og 1991 (nederst). (Deler av data fra algeovervåkning HFF og NFFR-prosjekt 1202-703.017).



Figur 74. Klorofyll  $a$  ( $\mu\text{g/l}$ ) i Flødevigen, 0-3 m dyp 1990 (øverst) og 1991 (nederst). (Data fra algeovervåkning HFF).

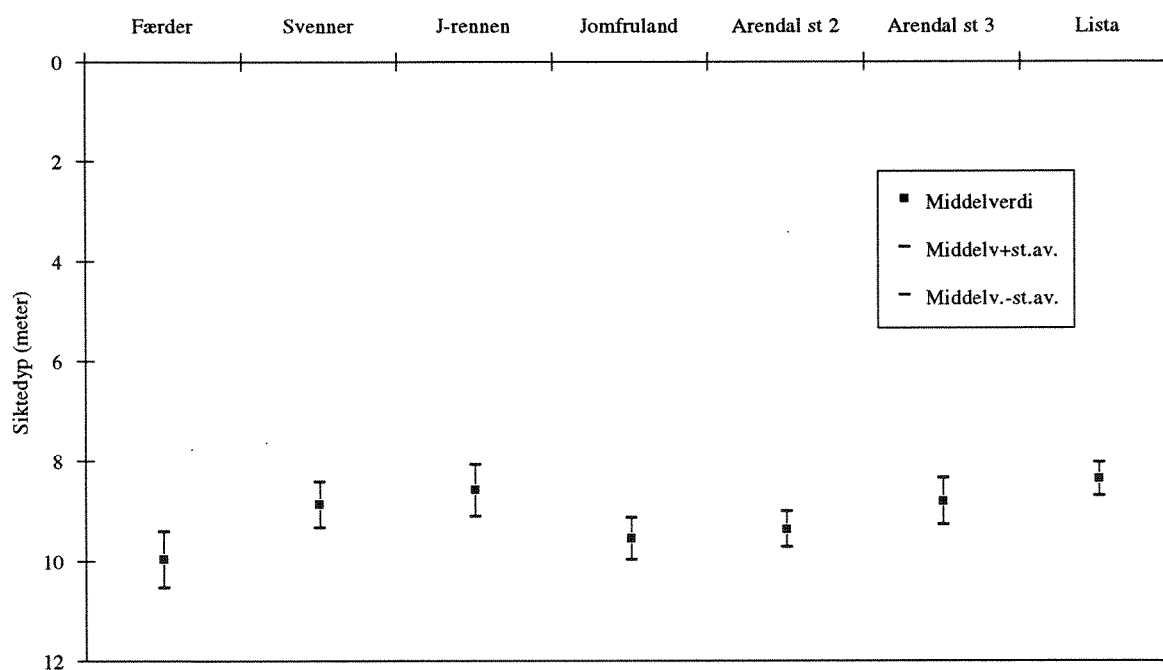


Figur 75. Klorofyll a ( $\mu\text{g/l}$ ) 1991 på Færder, Jomfruland og Arendal st 2.

#### 4.6.4 Siktedyp

Siktedypmålingene utføres fra ulike fartøy, under ulike værforhold, til ulike tider på døgnet og av ulike personer. Dette, sammen med at det ofte forekommer kraftig vind og strøm i Kyststrømmen, gjør det komplisert å få nøyaktige og helt sammenlignbare målinger. En sammenstilling av middelsiktedyp med standardavvik for målingene i 1991, viser et middelsiktedyp fra ca. 8.5 m ved Lista til ca. 10 m ved Færder (figur 76). Siktedypet har derved i store trekk vært bra og relativt likt langs hele kysten, men tendensen til avtagende middelsiktedyp fra Jomfruland til Lista bør man foreløpig ikke legge så stor vekt på, av årsakene nevnt foran. Imidlertid viste konsentrasjonen av totalt suspendert materiale samme tendens (kap 4.5, figur 70). Muligens vil en vurdering på sesongsbasis når flere års data foreligger gi et annet bilde. Gradientene her gir ikke grunnlag for å trekke generelle konklusjoner.

Siktedypmålingene har trolig sin største verdi som en relativ måling, og over tid kan de gi et bilde av utviklingen på de respektive stasjoner. Større algeoppblomstringer, som forekomsten av *Gyrodinium aureolum* i 1990, gir et klart nedsatt siktedyp (Aure m.fl. 1991, figur 21).



Figur 76. Midlere siktedyp (meter) i 1991 på 7 stasjoner fra Færder i øst til Lista i vest.

#### 4.6.5 Planteplankton

##### 1990

Kiselalgenes våroppblomstring uteble i 1990. Senere på året var de ved enkelte anledninger relativt tallrike i overflateprøver, mens de stort sett spilte en liten rolle i blandingsprøvene (tabell 18, 19), med like deler vann fra 0, 5, 10, 20 og 30 m dyp. Den største konsentrasjonen av en kiselalge registrert ved Færder eller Jomfruland i 1990 var 1.588.000 celler/l av *Chaetoceros wighamlii* i overflaten ved Færder 4. juli.

Dinoflagellater forekom gjennom hele året, men når bare de større artene registreres, opptrer de normalt i forholdsvis lite antall, ofte med mindre enn tusen celler pr. liter. Den største forekomsten registrert ved Færder eller Jomfruland i 1990 var 666.000 celler/l av *Gyrodinium aureolum* i overflaten ved Jomfruland 8. august. Ved Arendal ble det registrert opptil 2.000.000 celler/l omtrent på samme tid (figur 77). De største forekomstene av denne algen i 1990, mer enn 20.000.000 celler/l, ble registrert i Flekkefjordområdet, hvor den drepte mye laks i et oppdrettsanlegg. I Ytre Oslofjord ble det også registrert store mengder av algen på enkelte steder (11.500.000 celler/l på det meste i Drøbaksundet) samtidig med fiskedød (villfisk, bl.a. sjøørret og flyndre i Sandebukta, Breiangen) (Magnusson m.fl. 1991).

Kalkflagellaten, *Emiliania huxleyi*, var tilstede langs hele Skagerrakkysten i forholdsvis store mengder i hele perioden mai - desember (tabell 19)

Tallmessig dominerte ubestemte, nakne flagellater eller nakne monader (N.m.) gjennom 1990 ved både Færder og Jomfruland (tabell 18 og 19), som de også gjorde ved Arendal. Innenfor denne samleggruppen er det svært mange arter som er vanskelig å identifisere og kvantifisere, både fordi de er små og fordi de ofte ødelegges ved fiksering. Mengde og artssammensetning av denne samleggruppen er derfor mer et resultat av hvilke metoder man bruker for identifisering og kvantifisering, enn gruppens reelle forekomst i prøvene. I tabellene fra Færder og Jomfruland i 1990 angis maksimalt 500.000 - 700.000 celler/l for denne gruppen (nakne flagellater < 15 µm), ofte betydelig mindre. Dersom celler ned mot 2 - 3 µm inkluderes i denne samleggruppen, er erfaringen ved Flødevigen at tallet reelt neppe er særlig under 1.000.000 celler/l noen tid på året, og gjennom perioden april - oktober ofte både det fem- og tidobbele (data fra algoovervåkingen ved Flødevigen og NFFR-prosjektet).

I Flødevigen ved Arendal er slekten *Chrysochromulina* registrert spesielt. Denne slekten hadde sin hovedforekomst fra slutten av april til slutten av juli med konsentrasjoner oppe i mer enn 1.000.000 celler/l ved et par anledninger (figur 78).

## 1991

Kiselalgene hadde en forholdsvis tidlig og liten våroppblomstring i februar - mars. *Skeletonema costatum* var mest tallrik (tabell 20), men ulike arter av *Thalassiosira* var også vanlige. I mai var det igjen mye kiselalger, da *Rhizosolenia fragilissima* ble registrert med 1.224.000 celler/l. På høsten ble det registrert en del *Cyclotella caspia* og *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (tabell 20).

Som i 1990 var det lite av store dinoflagellater, bortsett fra i september da *Gyrodinium aureolum* igjen var tallrik (figur 77, tabell 20).

Kalkflagellaten, *Emiliania huxleyi*, var også meget vanlig gjennom sommerhalvåret 1991, men den var ikke så tallrik og hadde ikke så lang sesong som i 1990 (tabell 20).

Også gjennom 1991 dominerte nakne monader planktonbildet tallmessig, bortsett fra ved enkelte anledninger (tabell 20). Igjen var det slik at ved å inkludere de minste cellene 2 - 3 µm store, fant vi på stasjon Arendal 2 gjennom 1991 stort sett mer enn 1 million celler/l og gjennom sommerhalvåret ofte betydelig mer (data fra algoovervåkingen ved HFF og NFFR-prosjektet).

Den regelmessige overvåkingen av *Chrysochromulina* spp. viste at denne algen igjen var mest tallrik i mai - juni, men rikelig tilstede også i august og september. Vanlige konsentrasjoner gjennom sesongen mai - september var fra ca. 100.000 opptil 1.000.000 celler/l (figur 78).

En mulig forklaring til de forholdsvis moderate forekomster av plankton i perioden mai til august 1991 kan bero på den ekstremt lave ferskvannstilførselen. Lav ferskvannstilførsel gir mindre nitrogentilførsel fra elvene og derved mindre gunstige forhold for planteplanktonoppblomstringer. Representerer den lave ferskvannstilførselen (og de den noe forhøyede saltholdigheten i kystvannet) også et generelt trekk for sør-Skandinavia vil også den horisontale tilførselen av nitrogen i perioden ha vært mindre enn normalt.

Tabell 18. Dominerende alger (1000 celler/l) i prøvene fra Færder gjennom året 1990. Bare arter/grupper som forekommer med mer enn 100 000 celler/l er tatt med.

Dato	Dyp (m)	Dominerende art (celler/l)
15-mai	0-30	Emiliana huxleyi (488), Nakne monader (220)
15-mai	0	Chaetoceros spp. (166), Skeletonema costatum (660), N. m. (195)
31-mai	0	S. costatum (159), E. huxleyi (2000)
13-jun	0-30	E. huxleyi (293), N. m. (439)
13-jun	0	Rhizosolenia fragilissima (375), E. huxleyi (293), N. m. (268)
27-jun	0-30	N. m. (282)
27-jun	0	Chaetoceros spp. (207), N. m. (317)
4-jul	0	E. huxleyi (195), N. m. (488)
25-jul	0	E. huxleyi (195)
8-aug	0	Gyrodinium aureolum (666), N. m. (122)
29-aug	0-30	Chaetoceros spp. (160), E. huxleyi (146), N. m. (195)
29-aug	0	Chaetoceros spp. (538), E. huxleyi (244), N. m. (390)
12-sep	0-30	Chaetoceros spp. (137), E. huxleyi (146), N. m. (195)
12-sep	0	Chaetoceros spp. (575), Leptocylindrus danicus (950), Skeletonema costatum (674), E. huxleyi, N. m. (195)
26-sep	0-30	
26-sep	0	N. m. (146)
11-okt	0-30	E. huxleyi (146), N. m. (360)
24-okt	0-30	N. m. (220)
28-nov	0-30	N. m. (195)
11-des	0-30	N. m. (244)
11-des	0	E. huxleyi (122), N. m. (146)

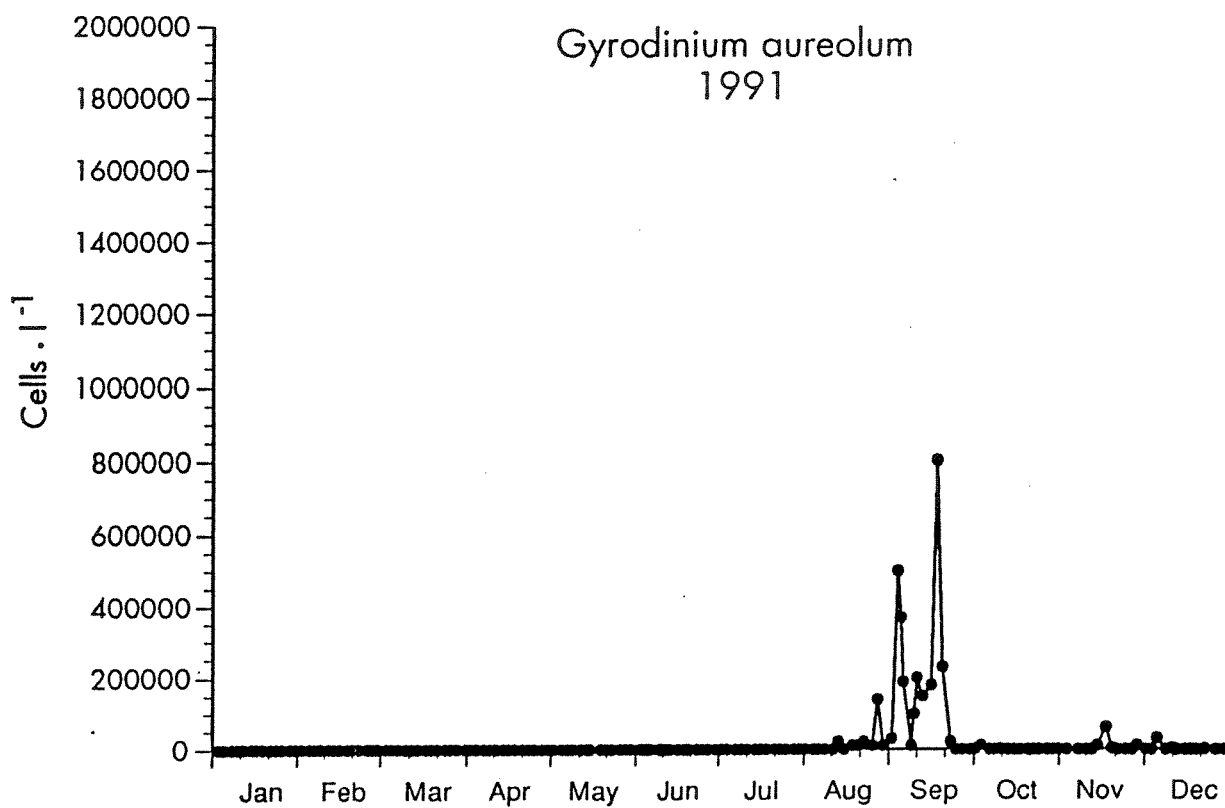
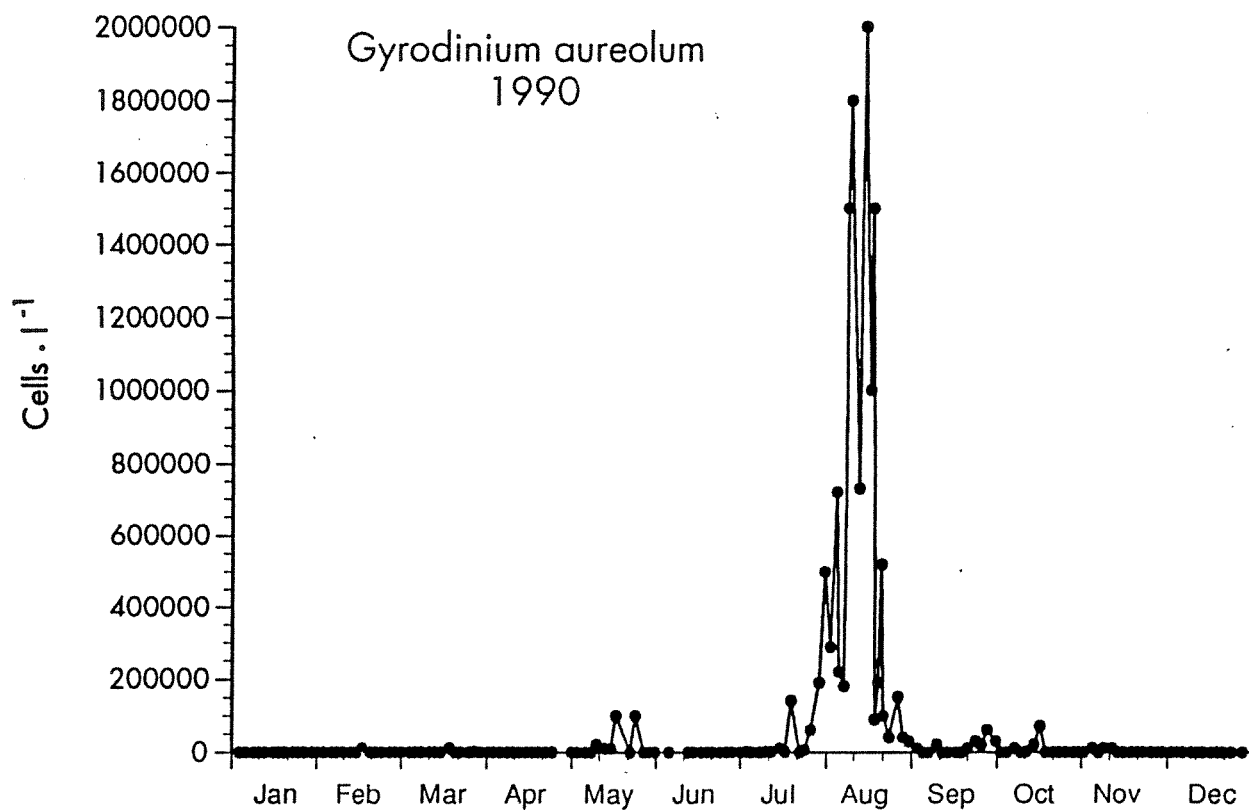
Tabell 19. Dominerende alger (1000 celler/l) i prøvene fra Jomfruland gjennom året 1990. Bare arter/grupper som forekommer med mer enn 100 000 celler/l er tatt med.

Dato	Dyp (m)	Dominerende art (celler/l)
15-mai	0-30	Emiliana huxleyi (195), Nakne monader (268)
15-mai	0	Skeletonema costatum (1264), N. m. (512)
31-mai	0	S. costatum (567), E. huxleyi (1684), N. m. (146)
13-jun	0-30	E. huxleyi (268), N. m. (586)
27-jun	0-30	E. huxleyi (171), N. m. (122)
4-jul	0	Chaetoceros wighamii (1586), Chaetoceros spp. (433), E. huxleyi (317), N. m. (464)
25-jul	0	Leptocylindrus danicus (211)
8-aug	0	Gyrodinium aureolum (337), E. huxleyi (537),
29-aug	0-30	E. huxleyi (195),
29-aug	0	Chaetoceros spp. (307), E. huxleyi (268), N. m. (146)
12-sep	0-30	Chaetoceros spp. (228), E. huxleyi (195), N. m. (293)
12-sep	0	Chaetoceros spp. (842), E. huxleyi (283), N. m. (122)
26-sep	0-30	N. m. (293)
26-sep	0	Nitzschia delicatissima (146), N. m. (244)
11-okt	0-30	N. m. (146)
24-okt	0-30	N. m. (220)
13-nov	0-30	N. m. (122)
13-nov	0	E. huxleyi (268)
28-nov	0-30	
11-des	0-30	N. m. (140)

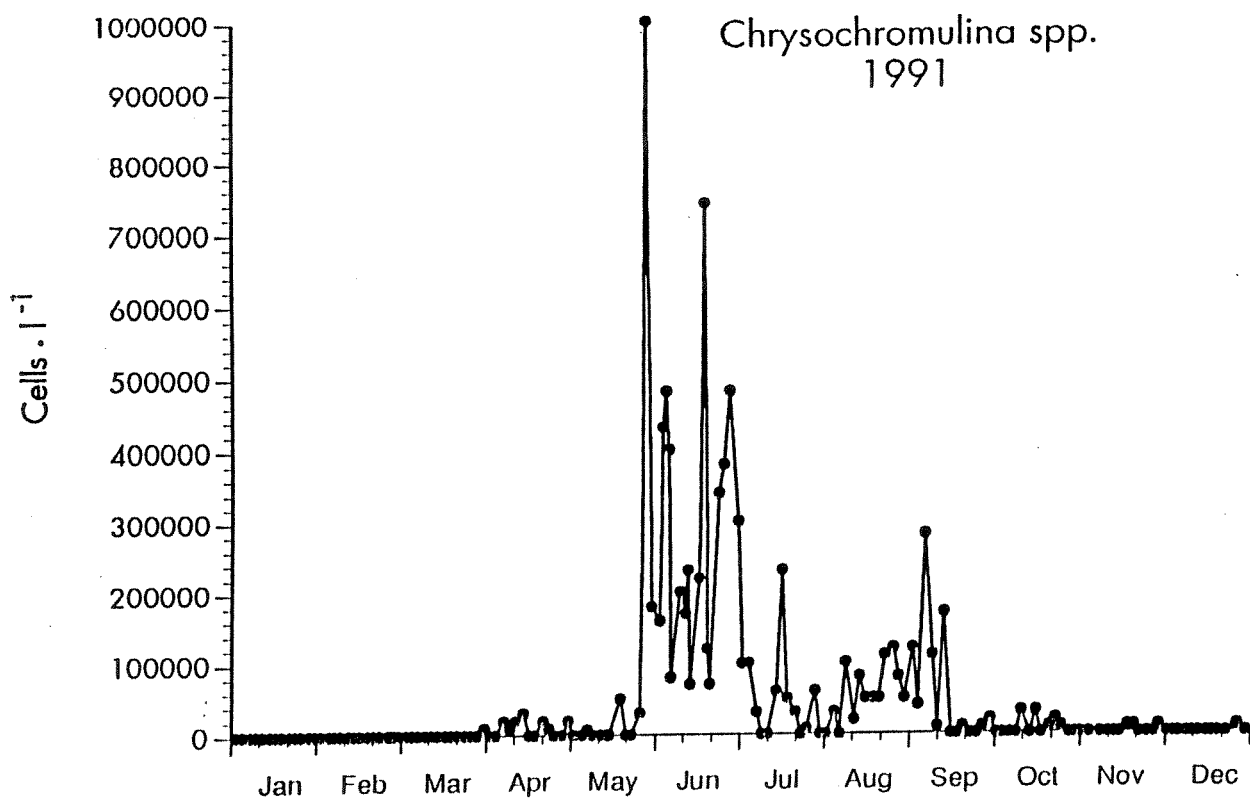
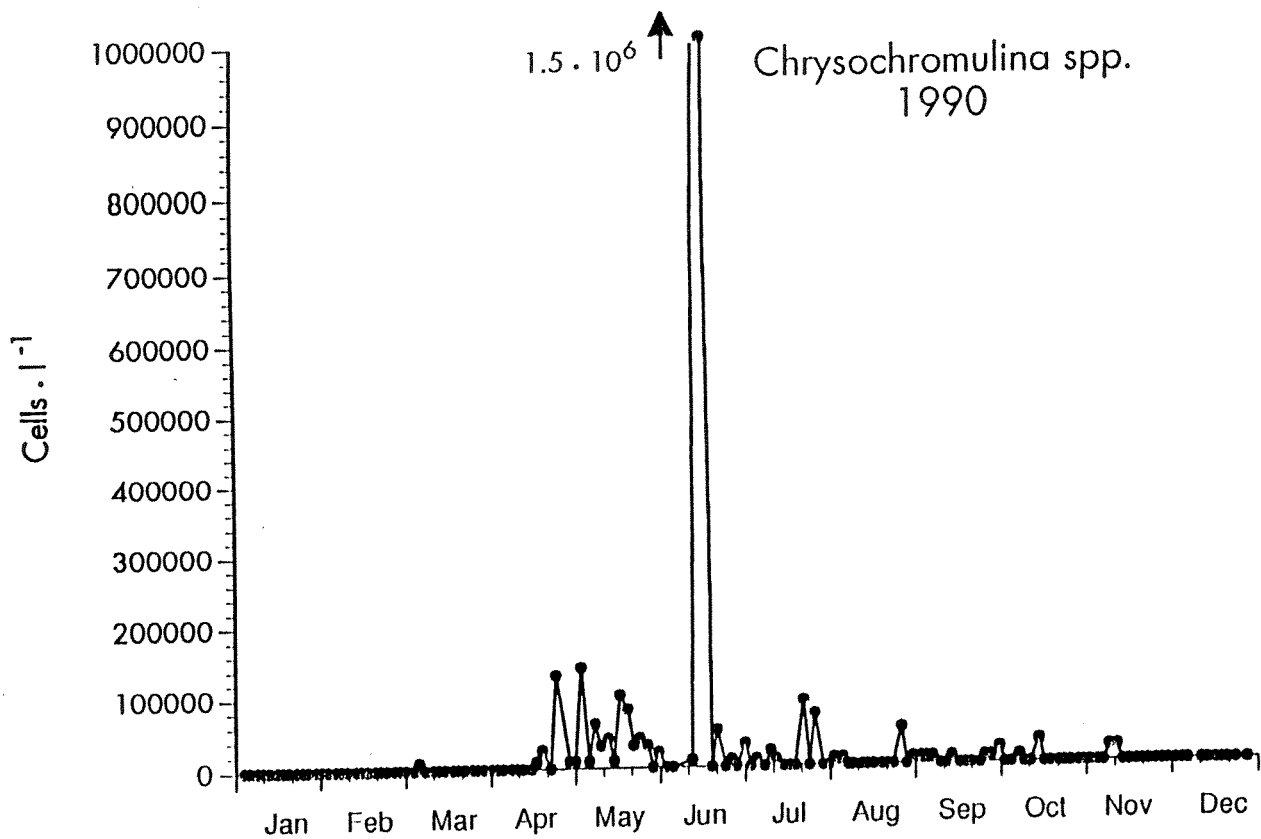


Tabell 20. Dominerende alger (1000 celler/l) i prøvene fra Jomfruland gjennom året 1990. Bare arter/grupper som forekommer med mer enn 100 000 celler/l er tatt med.

Dato	Dyp	Dominerende art (celler/l)
29-jan	0-30	Nakne monader (251)
20-feb	0-30	Skeletonema costatum (108), N. m (144)
7-mar	0-30	N. m. (287)
21-mar	0-30	N. m. (144)
3-apr	0-30	N. m. (503)
11-apr	0-30	N. m. (574)
24-apr	0-30	N. m. (287)
7-mai	0-30	N. m. (287)
27-mai	0-30	Rhizosolenia fragilissima (1224), N. m. (467)
2-jun	0-30	Emiliana huxleyi (108), N. m. (287)
11-jun	0-30	
20-jun	0-30	N. m. (826)
10-jul	0-30	E. huxleyi (180), N. m. (251)
31-jul	0-30	N. m. (1221)
22-aug	0-30	E. huxleyi (180), N. m. (287)
4-sep	0-30	Cyclotella caspia (287), Gyrodinium aureolum (128), N. m (323)
18-sep	0-30	G. aureolum (168), N. m. (431)
7-okt	0-30	Pseudonitzschia pseudodelicatissima (105), E. huxleyi (108), N. m. (610)
5-nov	0-30	N. m. (144)
28-nov	0-30	
12-des	0-30	N. m. (180)



Figur 77. Forekomsten av *Gyrodinium aureolum* (celler/l) i Flødevigen, 0-3 meters dyp, gjennom 1990 og 1991. (Data fra algeovervåkingen ved HFF).



Figur 78. Forekomsten av *Chrysochromulina* spp. (celler/l) i Flødevigen, 0-3 meters dyp, gjennom 1990 og 1991. (Data fra algeovervåkingen ved HFF).

## 5. HENVISNINGER

- Aure J, 1978. Den norske kyststrøm utenfor Langesund i juni og november 1974. Kyststrømprosjektet, rapport nr. 1/78, Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen.
- Aure J, Sætre R, 1981. Wind effects and the Skagerrak outflow. I: The Norwegian Coastal Current, Vol I. Red: R.Sætre og M.Mork. Universitetet i Bergen.
- Aure J, Dahl E, Hovind H, Magnusson J, 1992. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Hydrografi/hydrokjemi. Datarapport 1991. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 485/92. 87 s.
- Aure J, Dahl E, Magnusson J, 1990. Program for langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Del II. Hydrografi/hydrokjemi. HI/NIVA-notat, 22 s.
- Aure J, Dahl E, Hovind H, Magnusson J, 1991. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Hydrografi/hydrokjemi. Årsrapport 1990. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 454/91. (NIVA 2633), 93 s.
- Baalsrud K, Magnusson J, 1989. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Fremdriftsrapport. Undersøkelser i 1988. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 376/89. (NIVA 2289), 90 s.
- Baden S P, Loo L-O, Pihl L, Rosenberg R, 1990. Effects of eutrophication on benthic communities including fish: Swedish West Coast. *Ambio* 19, 113-122.
- Clarke K R, 1991. Lecture Notes for a Training Workshop on Multivariate Analysis of Benthic Community Data. University of Oslo 25-27 October 1991.
- Clifford H T, Stephenson W, 1975. An Introduction to Numerical Classification. Academic Press, 229 pp.
- Enoksson V, Surensson F, Graneli W, Elmgren R, 1990. Nitrogen transformations in the Kattegat. *Ambio* 19, 159-166.
- Hurlbert S N, 1971. The non-concept of species diversity. *Ecology* 53, 577-586.
- Josefson A B, 1987. Large-scale patterns of dynamics in subtidal macrozoobenthic assemblages in the Skagerrak: effects of a production-related factor? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 38, 13-23.
- Josefson A B, 1988. Övervakning av mjukbottenfauna langs Sveriges vestkust. Naturvårdsverket, rapport 3504. Solna. 74 s.
- Josefson A B, 1990. Increase of benthic biomass in the Skagerrak- Kattegat during the 1970s and 1980s - effects of organic enrichment? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66, 117-130.
- Josefson A B, Smith S, 1984. Changes of benthos-biomass in the Skagerrak - Kattegat during the 1970-ies: a result of chance events, climatic changes or eutrophication? *Medd. Havsfiskelab Lysekil* 292, 111-121.
- Magnusson J, Bokn T, Larsen G, 1991. Overvåking av forurensnings situasjonen i Indre Oslofjord 1989-90. Norsk institutt for vannforskning rapport nr. 2581. 52 s.

- Naturvårdsverket 1988. Monitor 1988. Östersjön och Västerhavet - Livsmiljöer i förändring (Bernes, C. ed.). Solna. 207 s.
- Pearson T H, Josefson A B, Rosenberg R, 1986. Petersen's benthic stations revisited. I. Is the Kattegat becoming eutrophic? *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 92, 157-206.
- Pedersen A, Green N, Walday M, Moy F, 1991. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. *Hardbunnsundersøkelsene 14. mai - 9. juni. Årsrapport 1990. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 447/91. (NIVA 2606), 127 s.*
- Pedersen A, Oug E, Green N, 1990. Oppblomstring av planktonalgen *Chrysochromulina polylepis*. Gjenvekst av organismesamfunn langs kysten. NIVA's undersøkelser i juni 1989. Hovedrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 403A/90. (NIVA 2395), 92 s.
- Pedersen A, Rygg B, 1990. Program for langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Del I. Benthiske organismesamfunn. NIVA-notat O-89131, 33 s.
- Pihl Baden S, 1986. Recent changes in the Kattegat/Skagerrak ecosystem and their possible interdependence. National Swedish Environmental Protection Board Report 3157, 91 pp.
- Rosenberg R, 1985. Eutrophication - the future marine coastal nuisance? *Mar. Pollut. Bull.* 16, 227-231.
- Rosenberg R, Elmgren R, Fleischer S, Jonsson P, Persson G, Dahlin H, 1990. Marine eutrophication case studies in Sweden. *Ambio* 19, 102-108.
- Rosenberg R, Gray J S, Josefson A B, Pearson T H, 1987. Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched? *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 105, 219-251.
- Rydberg L, Edler L, Floderus S, Graneli W, 1990. Interaction between supply of nutrients, primary production, sedimentation and oxygen consumption in SE Kattegat. *Ambio* 19, 134-141.
- Rygg B, 1991a. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1990. Årsrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 444A/91. (NIVA 2596), 42 s.
- Rygg B, 1991b. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1990. Datarapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 444B/91. (NIVA 2600), 78 s.
- Rygg B, 1991c. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Bløtbunnfaunaundersøkelser 1991. Tokrapport.
- Shannon C E, Weaver W, 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Weering Tj C E van, 1975. Late quarternary history of the Skagerrak; an interpretation of acoustical profiles. *Geologie en Mijnbouw* 54, 130-145.
- Wulff F, Stigebrandt A, Rahm L, 1990. Nutrient dynamics of the Baltic Sea. *Ambio* 19, 126-133.

## VEDLEGG A: Posisjoner og dyp for prøvetakingen med grabb på bløtbunn i 1990-1991.

Område	Stasjon	Dato 1990	Dato 1991	Nord	Øst	Dyp (m)
Ytre-Oslofj.	A050	11. mai	23. mai	5900.7	1022.3	53-57
Ytre-Oslofj.	A100	11. mai	21. mai	5858.0	1021.3	96-105
Ytre-Oslofj.	A200	11. mai	21. mai	5853.7	1022.6	188-243
Ytre-Oslofj.	A360	12. mai	23. mai	5856.8	1038.3	347-366
Ytre-Oslofj.	A460	12. mai	23. mai	5900.2	1041.3	457-462
Arendal-Grimst.	B050	9. mai	19. mai	5819.5	837.8	50-53
Arendal-Grimst.	B100	10. mai	19. mai	5826.7	856.5	84-100
Arendal-Grimst.	B190	9. mai	19. mai	5822.3	843.3	185-199
Arendal-Grimst.	B200	10. mai	20. mai	5825.3	858.9	194-201
Arendal-Grimst.	B350	10. mai	20. mai	5824.2	902.0	335-360
Arendal-Grimst.	B400		20. mai	5818.7	909.7	400-413
Lista	C070	8. mai	18. mai	5802.2	657.8	66-82
Lista	C120	8. mai	18. mai	5800.9	657.1	115-120
Lista	C160	8. mai	18. mai	5802.0	703.1	151-158
Lista	C220	7. mai	18. mai	5759.5	647.5	201-230
Lista	C380	7. mai	18. mai	5801.1	634.6	381-386
Sotra	D150	4. mai	9. mai	6013.0	457.8	142-150
Sotra	D200	3. mai	9. mai	6013.7	452.6	189-201
Sotra	D300	3. mai	9. mai	6015.1	433.2	293-295
Lillesand	W100	9. mai	19. mai	5812.2	825.5	101-110
Egersund	Y100		17. mai	5827.0	547.0	100-101
Egersund	Y320		17. mai	5824.0	539.2	318-321
Karmøy	Z135	5. mai		5926.3	500.6	135-139
Karmøy	Z200	5. mai		5925.9	450.2	203-204
Karmøy	Z260		17. mai	5914.6	429.9	257-258

**VEDLEGG B:** Middelerdi, medianverdi og standardavvik for middelerdi, samt antall observasjoner av hydrokjemiske variable for **Brakkvann**, **Skagerrak-kystvann**, **Skagerrakvann-øvre**, **Skagerrakvann-nedre** og **Atlantisk vann** på Færder, Jomfruland, Arendal st 2, Arendal st 3 og Lista 1991.

Stasjon og variable	Brakkvann			Skagerrak-kystvann			Skagerrakvann øvre			Skagerrakvann nedre			Atlantisk vann								
	N	Mid.	Med.	St.av	N	Mid.	Med.	St.av	N	Mid.	Med.	St.av	N	Mid.	Med.	St.av					
<b>Tot-P</b>																					
Færder	7	0.39	0.41	0.04	57	0.48	0.42	0.02	47	0.58	0.55	0.03	45	0.79	0.80	0.02	13	0.86	0.87	0.03	
Jomfruland	5	0.42	0.42	0.04	56	0.44	0.40	0.03	59	0.55	0.52	0.03	40	0.77	0.77	0.02					
Arendal st 2	2	0.57			68	0.78	0.74	0.04	63	0.86	0.89	0.04	20	1.22	1.16	0.09	2	1.37			
Arendal st 3					24	0.64	0.57	0.08	29	0.80	0.79	0.07	26	0.98	0.99	0.06	36	1.24	1.14	0.05	
Lista					42	0.58	0.57	0.05	90	0.73	0.72	0.03	51	0.96	0.96	0.04	53	1.15	1.14	0.02	
<b>Po4-P</b>																					
Færder	7	0.08	0.06	0.02	57	0.21	0.16	0.02	47	0.40	0.36	0.03	45	0.66	0.68	0.02	13	0.74	0.81	0.04	
Jomfruland	5	0.1	0.13	0.02	56	0.19	0.08	0.03	58	0.36	0.32	0.03	40	0.61	0.61	0.02					
Arendal st 2	2	0.15			68	0.2	0.1	0.03	63	0.38	0.41	0.03	20	0.53	0.62	0.04	2	0.81			
Arendal st 3					24	0.15	0.07	0.04	30	0.36	0.31	0.05	26	0.50	0.53	0.03	36	0.72	0.73	0.02	
Lista					42	0.16	0.1	0.02	90	0.34	0.37	0.02	51	0.55	0.58	0.02	53	0.74	0.76	0.01	
<b>Tot-N</b>																					
Færder	7	16.7	17.1	0.4	57	14.2	14.1	0.5	47	14.2	13.3	0.7	45	15.0	15.2	0.4	13	16.7	16.4	1.0	
Jomfruland	5	19.3	19.6	1.5	56	14.5	13.1	0.5	59	13.7	13.3	0.5	40	16.3	16.2	0.6					
Arendal st 2	2	18.2			68	14.6	13.7	0.4	63	13.4	12.9	0.5	20	14.1	14.4	0.8	2	14.5			
Arendal st 3					24	16.5	17	1	30	14.7	14.1	1.0	26	13.6	12.5	0.8	36	15.9	14.7	0.9	
Lista					42	12.4	11.7	0.4	90	11.9	11.5	0.2	51	12.3	12.1	0.3	53	14.2	14.2	0.2	
<b>No3+No2-N</b>																					
Færder	7	0.78	0.50	0.22	57	2.35	0.50	0.40	47	4.59	3.28	0.57	45	7.18	7.7	0.32	13	7.97	8.71	0.72	
Jomfru-land	5	3.53	2.00	1.73	56	2.16	0.75	0.43	59	3.58	2.56	0.45	40	6.62	6.78	0.36					
Arendal st 2	2	4.22			68	2.36	1.07	0.38	63	3.89	3.85	0.45	20	5.40	5.89	0.63	2	9.49			
Arendal st 3					24	2.33	0.67	0.74	30	4.02	3.65	0.74	26	5.25	5.30	0.56	36	7.77	8.35	0.27	
Lista					42	1.79	0.37	0.35	90	3.46	3.77	0.25	51	5.78	5.65	0.27	53	8.73	9.11	0.19	
<b>Nh4-N</b>																					
Færder	7	0.90	0.86	0.18	57	0.73	0.71	0.04	47	0.79	0.57	0.07	45	0.61	0.50	0.06	13	0.60	0.50	0.09	
Jomfruland	5	1.46	1.36	0.31	56	0.77	0.71	0.05	59	0.85	0.71	0.07	40	1.0	0.86	0.11					
Arendal st 2	2	1.72			68	1.0	0.88	0.06	63	0.94	0.71	0.09	20	0.92	0.64	0.15	2	0.60			
Arendal st 3					24	0.93	0.63	0.15	30	0.82	0.85	0.07	26	3.81	3.67	0.28	36	0.85	0.59	0.10	
Lista					42	0.74	0.59	0.07	90	0.72	0.68	0.03	51	0.57	0.49	0.03	53	0.49	0.39	0.02	



Stasjon og variable	Brakkvann			Skagerrak-kystvann			Skagerrakvann øvre			Skagerrakvann nedre			Atlantisk vann					
	N	Med.	St.av	N	Med.	St.av	N	Med.	St.av	N	Med.	St.av	N	Med.	St.av			
<b>SiO3</b>																		
Færder	7	0.69	0.7	0.06	1.4	1.66	47	3.20	2.8	0.24	45	4.9	5.0	0.17	13	0.60	0.50	0.09
Jomfruland	5	3.5	1.7	1.9	1.4	1.74	59	2.81	2.61	0.20	40	4.18	4.18	0.12				
Arendal st 2	2	3.94			0.84	1.80	63	3.18	2.66	0.25	20	4.23	4.28	0.28	2	6.73		
Arendal st 3					0.16	1.64	30	3.01	2.62	0.40	26	3.81	3.67	0.28	36	4.86	4.62	0.19
Lista					0.71	1.03	90	2.33	1.96	0.16	51	3.79	3.70	0.11	53	5.23	5.26	0.14
<b>Part C</b>																		
Færder	7	20.9	18.7	2.9	15.2	16.3	23	10.8	9.5	0.8	10	10.9	9.8	1.5	5	9.1	8.4	1.5
Jomfruland	5	20.2	16.8	4.5	16.1	17.0	43	12.1	11.1	1.0	16	9.1	8.2	1.1				
Arendal st 2	2	17.7			12.6	13.4	44	9.1	7.6	0.9	13	9.9	8.2	2.1	2	3.1		
Arendal st 3					11.9	13.3	25	8.4	7.5	0.8	1	3.5			8	6.0	5.1	1.2
<b>Part N</b>																		
Færder	7	3.0	2.6	0.5	1.9	2.2	23	1.4	1.2	0.1	10	1.3	1.1	0.2	5	0.9	0.8	0.2
Jomfruland	5	3.0	2.4	0.8	2.2	2.3	43	1.6	1.3	0.2	16	1.0	0.9	0.1				
Arendal st 2	2	2.3			1.6	1.7	43	1.1	1.0	0.1	13	1.1	0.7	0.4				
Arendal st 3					1.8	1.8	25	1.1	1.0	0.1	1	0.2			8	0.6	0.5	0.2
<b>Part P</b>																		
Færder	7	0.17	0.16	0.02	0.13	0.14	23	0.09	0.06	0.01	10	0.07	0.06	0.01	5	0.06	0.06	0.0
Jomfruland	5	0.2	0.19	0.03	0.13	0.15	43	0.1	0.1	0.01	16	0.06	0.06	0.00				
Arendal st 2	2	0.06			0.08	0.09	46	0.07	0.07	0.01	15	0.03	0.04	0.01	2	0.05		
Arendal st 3					0.12	0.12	25	0.07	0.06	0.01	1	0.07			9	0.03	0.02	0.01
<b>TSM</b>																		
Færder	7	0.73	0.72	0.09	0.52	0.59	54	0.53	0.2	0.04	10	0.99	0.93	0.11	5	0.89	0.75	0.13
Jomfruland	5	0.47	0.5	0.05	0.58	0.58	42	0.50	0.43	0.03	16	0.64	0.53	0.07				
Arendal st 2	2	0.83			0.65	0.72	43	0.75	0.67	0.06	14	0.79	0.79	0.08	2	1.0		
Arendal st 3					0.71	0.78	20	0.55	0.52	0.08	1	0.93			7	0.74	0.81	0.1
<b>Tot (N/P)</b>																		
Færder	7	46	38	5.4	29	33	47	26	26	1	45	19	19	0.4	13	20	19	1.2
Jomfruland	5	48	38	8.1	35	38	59	26	25	1.0	40	21	11	0.6				
Arendal st 2	2	36.6		4.4	19	22	63	18	16	1.0	20	13	13	0.7	2	11		
Arendal st 3					26	32	29	20	18	1.4	26	14	14	0.6	36	13	12	0.3
Lista					22	28	42	19	16	1.0	51	15	12	2.4	53	13	13	0.3

Stasjon og variable	Brakkvann			Skagerrak-kystvann			Skagerrakvann øvre			Skagerrakvann nedre			Atlantisk vann						
	N	Mid.	Med. St.av	N	Mid.	Med. St.av	N	Mid.	Med. St.av	N	Mid.	Med. St.av	N	Mid.	Med. St.av				
<b>Uorg (N/P)</b>																			
Færder	7	21	19	57	33	29	1.6	47	26	26	1.0	45	19	19	0.4	13	20	19	1.2
Jomfruland	5	48	38	56	38	35	2.0	59	26	25	1.0	40	21	21	0.6				
Arendal st 2	2	42.5		68	22	19	1.5	63	18	16	1.0	20	13	13	0.7	2	11		
Arendal st 3				24	32	25	3.6	29	20	18	1.4	26	14	14	0.6	36	13	12	0.3
Lista				42	28	22	2.4	90	19	16	1.0	51	15	12	2.4	53	12	12	0.1
<b>Part C/N</b>	7	7.0	7.0	56	7.9	7.6	0.2	23	8.0	7.6	0.3	10	9.2	8.8	0.8	5	9.9	9.9	0.5
Jomfruland	5	7.0	6.9	56	7.7	7.3	0.2	43	8.5	7.9	0.4	16	9.7	9.1	0.8				
Arendal st 2	2	7.9		64				43	8.2	7.9	0.3	13				2	12.4		
Arenedal st 3				24	7.7	7.8	0.4	25	8.4	7.5	0.5	1	14.2			8	13.9	8.9	4.2

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2228-6