Statlig program for forurensningsovervåking
Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge

SPFO-rapport: 991/2007
TA-2286/2007
ISBN 82-577-5190-6

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning NIVA

Årsrapport for 2006

Rapport 991/07

Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2006.

Utførende institusjoner:
Norsk Institutt for Vannforskning NIVA
Havforskningsinstituttet HI/HFF

Prosjektansvarlig: NIVA
NIVA-prosjektnr.: O-27050
NIVA-rapport: 5455-2007

Forord

Kystovervåkingsprogrammet - "Langtidsovervåking av miljøkvalitet i kystområdene av Norge" ble startet opp i 1990 under Statlig program for forurensningsovervåking. Programmet ble utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 1989 på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT). Kystovervåkingsprogrammet omfatter hydrofysiske, -kjemiske og biologiske undersøkelser (plankton, hard- og bløtbunn) langs den ytre kyst av Sør-Norge. Den hydrofysiske/-kjemiske delen av programmet utføres av NIVA og Havforskningsinstituttet i Bergen (HI), Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen (HFF) i Arendal. De biologiske undersøkelsene utføres av NIVA. NIVA har også hovedansvaret for gjennomføring av prosjektet og utarbeidelse av rapportene.

Denne rapporten beskriver miljøtilstanden i 2006 og utviklingstrender i perioden fra 1990 til i dag.

Rapporten er skrevet av følgende personer (NIVA om ikke annet er gitt):
Klima, vannmasser og næringssalter: Jan Magnusson, Jan Aure (HI)
Planteplankton: Torbjørn Johnsen, Evy Løsmland
Dyreplankton: Tone Falkenhaug (HFF)
Bløtbunn: Brage Rygg
Hardbunn: Kjell Magnus Norderhaug, Frithjof Moy, Are Pedersen
Temadel: Jan Magnusson, Kjell Magnus Norderhaug og Frithjof Moy
Redaktør for rapporten: Frithjof Moy

Saksbehandler hos SFT er Karen Fjøsne.

Alle som har medvirket til gjennomføring av overvåkingsprogrammet i 2006, takkes for god innsats.

Vi takker Danmarks Miljøundersøkelser, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut og Biologische Anstalt Helgoland for å kunne benytte deres hydrografidata fra Kattegat og Tyskebukta.

Innsamling og opparbeiding er godkjent av Norsk Akkreditering etter ISO 17025 akkrediteringsstandard

Oslo, 16. april 07



Frithjof Moy

Innhold:

Sammendrag **4**

1. Innledning **6**
1.1 Bakgrunn for programmet 6
1.2 Målsetting 6
1.3 Faginnhold og stasjonsnett 6
1.4 Metodikk 8

2. Klima og vannmassene i Skagerrak **9**
2.1 NAO, lufttemperatur, nedbør og innstråling 9
2.2 Vannmasser og sjøtemperatur 11

3. Tilførsler av næringssalter til Skagerrak **16**

4. Vannkvalitet i kystvannet av Skagerrak **21**
4.1 Vinterverdier i overflatelaget 21
4.2 Sommerverdier i overflatelaget 25
4.3 Siktdyp 28
4.4 Vannkvalitet i dypere vannmasser 29

5. Planktonsamfunn i Skagerrak **34**
5.1 Planteplankton i 2006 34
5.2 Dyreplankton i 2006 42

6. Hardbunnssamfunn **47**
6.1 Tilstand 47
6.2 Utvikling over tid 51

7. Bløtbunnssamfunn **59**
7.1 Bunnfauna 59
7.2 Bunnsedimenter 70
7.3 Tidstrender 71

8. Temakapittel **72**
8.1 Endringer i langtransporterte tilførsler til vår kyststrøm 72
8.2 Endringer i miljø og makroalgevegetasjonen 79
8.3 Evaluering av likhet mellom to observatører i registreringer av fauna på Kystovervåkningsstasjonene 83

9. Referanser **93**

Sammendrag

Denne årsrapporten fra Kystovervåkingsprogrammet, 'Langtidsovervåking av miljøkvalitet i kystområdene av Norge' under Statlig program for forurensningsovervåking, beskriver miljøstatus i kystvannet av Sør-Norge i 2006 og utviklingstrender i perioden fra programstart i 1990 og fram til i dag. Rapporten omfatter klima, næringssalter, vannkvalitet og biologisk mangfold i vannsøylen (plankton), på hardbunn (makroalger og dyr) og bløtbunn (dyr). Temaseksjonen i årets rapport belyser endringer i langtransporterte næringssalttilførsler til Sørlandskysten, noen langtidsendringer i makroalgevegetasjonen og en interkalibrering av to observatører for faunaovervåking.

Programmets målsetning er å a) gi oversikt over miljøtilstanden mht. næringssalter og effekter av disse, b) identifisere fra hvilke områder ulike næringssaltmengder kommer til norske-kysten, c) kartlegge endringer i næringssaltkonsentrasjoner over tid, d) kartlegge effekter av næringssalter på utvikling og tilstand i plankton-, hard- og bløtbunnssamfunn og e) dokumentere det biologiske mangfoldet og beskrive endringer i dette.

Klimatisk ble 2006 innledet med en kjølig vinter og overflatetemperaturen var noe kaldere enn normalen (1961-90). Sommeren ble derimot svært varm med overflatetemperatur godt over normalen ut året, og med maksimale temperaturer opp mot ca. 22 ºC i august. Desember 2006 var ca. 2 ºC varmere enn normalt.

Langtransporterte tilførsler av næringsrikt vann til Skagerrak var små i 2006 og lav vann-føring i norske elver ga lave sommertilførsler.

Vannkvaliteten i Skagerrak var i 2006 god (klasse II) eller meget god (I) med hensyn til nitrogen, fosfor, siktdyp og klorofyll på samtlige stasjoner. Positivt var også at forholdstallet mellom nitrat og fosfat var under Redfield-ratio (16:1) og at nitrat/silikat- og fosfat/silikat-forholdene var klart under det nivå som OSPAR bedømmer å gi økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. Gledelig er det også at partikkelkonsentrasjonen (TSM) i kystvannet har fortsatt å gå ned i 2006 etter en kraftig økning fram til 2002-2003.

Eutrofiutviklingen med økte næringssalter i kystvannet på Sørlandet synes å ha snudd etter en periode med dobling i kystvannets nitratkonsentrasjon fra perioden 1975-80 til 1990-95. Langtransporterte tilførsler av næringssalter til den norske kyststrømmen fra sydlige deler av Nordsjøen, er sannsynlig betydelig redusert i siste periode 2000-2006 sammenliknet med perioden 1990-95, basert på det forhold at konsentrasjonen av nitrat i overflatevannet ved Helgoland nå omtrent er tilbake på 1975-80-nivå.

Det er fortsatt forhøyede verdier og en økning av partikkelbundet organisk karbon, nitrogen og fosfor, spesielt vintertid. Det indikerer at det transporteres mer organisk stoff i kyststrømmen i dag enn tidligere. Hvilke konsekvenser det kan ha er ukjent.

Algeplanktonbiomassen var lav i 2006, som den har vært de siste 4 år, og gjenspeiler ikke de høye verdier av partikkelbundet organisk karbon (POC) som er målt i vannmassene. Vår-oppblomstringen med kiselalger startet tidlig i februar, men var moderat. En ny kiselalge-oppblomstring startet i mai, som følge av tilførsler av næringsrikt ferskvann. I september/ oktober startet en blomstring av små flagellater som ble etterfulgt av biomassemessig dominans av dinoflagellater. Forekomsten av potensielt toksiske alger var lav hele året. Det ble observert mye detritus i planktonprøvene, noe som dessverre ødelegger for

artsbestemmelse og planktontelling. De store detritusmengdene settes i sammenheng med de høye verdiene av POC målt i kystvann.

Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse i 2006 var noe lavere enn året før, men på høyde med middelet for undersøkelsesperioden 1994-2005. Tettheten av *Calanus* spp. var markant lavere i 2006 sammenlignet med året før som var rekordhøyt. Forekomsten har avtatt i perioden 1996-2000 og årets gjennomsnittsverdi er den laveste siden 1999. Det er observert flere varmekjære nykommere i planktonfaunaen de siste årene.

Artsmangfoldet i hardbunnssamfunn langs kysten av Sør-Norge var i 2006 normalt sammenliknet med gjennomsnittet for perioden 1995-2005. Artsmangfoldet viste en klar forbedring fra 2005. I ytre Oslofjord (området A) gikk imidlertid mangfoldet noe ned på bølgeeksponert kyst og lå noe under gjennomsnittet. Artsmangfoldet av makroalger har vært godt og stabilt, og det er spesielt reetablering av hardbunnsdyr, spesielt av vannfiltrerende dyr som svamp, børsteormer og sjøpunger, men også snegl og sjøstjerner, som har ført til normalisering av artsmangfoldet på overvåkingsstasjonene. Tilstanden i tareskogen på ytre kyst var generelt god med økt tilvekst av både stortare og sukkertare. I C- og D-området var det også god forekomst av fingertare. Økt forekomst og vertikalutbredelse av tareskog har også bidradd positivt til økt forekomst av dyr i 2006. Forekomsten av butare i C-området har variert med klimaet, det vil si med varme somre, men mange påfølgende varme somre siden 2002 har desimert bestanden i Skagerrak betydelig. Det ble i 2006, som i 2005, også registrert økt voksedyp for rødalgen fagerving, som indikerer mindre grumsete vann og bedre lystilgang. Oppgangen i hardbunnsfauna og en tilstandsvurdering basert på nedre voksegrense av 8 makroalger, viser en positiv utvikling og god vannkvalitet på ytre kyst etter en periode siden 1997-98 med redusert tilstand.

Tilstanden i bløtbunnssamfunnene i Skagerrak og på Vestlandet var stort sett meget god eller god (etter SFTs miljøkvalitetskriterier). Forekomsten av indikatorarter som viser gode miljøforhold, ga høyest indeksverdi (best tilstand) på stasjon C38 ved Lista og D20 utenfor Sotra. Lavest indeks viste den grunne skjærgårdsstasjonen B05 utenfor Grimstad som også hadde høye verdier av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet. På stasjon B35 utenfor Arendal og C16 i Grønsfjorden ved Farsund var det en svak økning (bedring) i indikatorartsindeksen fra 1990 til 2006. På B35 utenfor Arendal kan nedgangen i individtettheten av de opportunistiske artene tyde på redusert næringstilførsel. På stasjon C38 hadde individtettheten økt og kan tyde på økt næringstilførsel til Lista.

Kystovervåkingsprogrammet, ble startet i 1990 og er administrert og finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Programmet ledes av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) og undersøkelsene utføres av NIVA i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI/HFF).

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for programmet

Kystområdene er sentrale som matkammer, oppvekst- og tilholdssted for en rekke arter. Tilfredsstillende miljøforhold i kystområdene har derfor stor betydning, både for livet og produktiviteten i havområdet og for menneskenes trivsel (St.meld. nr. 64, 1991-92). Den menneskelige aktiviteten i Skagerrak, Nordsjøen og områdene som drenerer til dette havområdet, har bidratt til økende forurensningstilførsler via elver, luft og direkteutslipp, samt tiltagende interessekonflikter i kystsonen.

Den store algeoppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* våren 1988 medførte tidligere ukjente dramatiske konsekvenser for det marine liv. Hyppige oppblomstringer av giftalger i Skagerrak påfører et betydelig tap for oppdrettsnæringen og er negativt for allmennhetens skjellhøsting.

Med bakgrunn i Nordsjødeklarasjonen og konsekvensene av *Chrysochromulina*-oppblomstringen, ble det bestemt å opprette et langsiktig overvåkingsprogram under Statlig program for forurensningsovervåking, med fokus på eutrofi-problematikken i Skagerrak. Kystovervåkingsprogrammet fikk som målsetning å overvåke miljøtilstanden mht. næringssalter og de biologiske samfunn.

Kystovervåkingsprogrammet er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) gjennom Statlig program for forurensningsovervåking og programmet utføres av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI/HFF). Resultater fra Kystovervåkingsprogrammet rapporteres til ICES som del av Norges forpliktelser innen OSPAR.

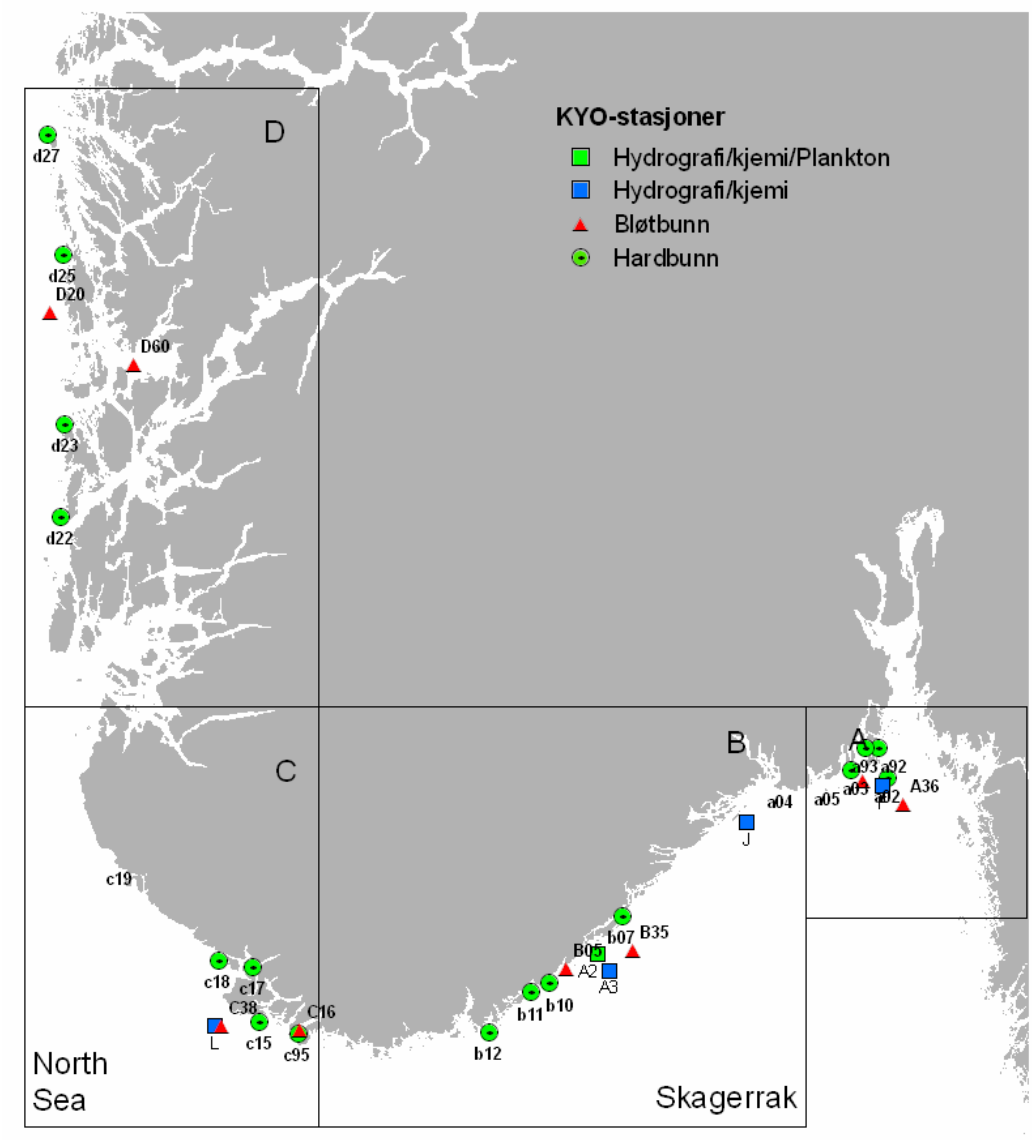
1.2 Målsetting

Formålet med Kystovervåkingsprogrammet er å:

- gi oversikt over miljøtilstanden mht. næringssalter og effekter av disse
- identifisere fra hvilke områder ulike næringssaltmengder kommer til norskekysten
- kartlegge endringer i næringssaltkonsentrasjoner over tid
- kartlegge effekter av næringssalter på utvikling og tilstand i hard- og bløtbunnssamfunn
- dokumentere det biologiske mangfoldet og beskrive endringer i dette.

1.3 Faginnhold og stasjonsnett

Siden 1990 har Kystovervåkingsprogrammet samlet inn vannprøver for næringssaltanalyser, oksygenmålinger og planktontellinger fra 12 til 22 ganger årlig. Årlig er det blitt samlet inn bløtbunnsprøver for samfunnsanalyse og sedimentkarakterisering. Årlig er det gjennomført dykkeundersøkelser for registrering av fastsittende alger og dyrs forekomst på klippekyst (hardbunn) fra fjæra og ned til 30 m dyp. Kyststrekningen fra svenskegrensen til fylkesgrensen Hordaland - Sogn og Fjordane, ble i første omgang prioritert, og med spesiell fokus på Skagerrak. Stasjonsvalget (Figur 1.1.) ble foretatt med sikte på å overvåke tilstanden i kystvannet langs den ytre kystlinjen, og at de også skulle fungere som referanser for fjordovervåking og lokale undersøkelser.



Figur 1.1. Kystovervåkingsprogrammet i 2006 dekket de 4 områdene A: Ytre Oslofjord, B: Sørlandet, C: Sør-vestlandet og D: Vestlandet. Stasjonsposisjoner er gitt i tabeller under.

Vannmasser

Tabell 1.1. Oseanografistasjoner overvåket i 2006. (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Frekvens
A	Færder – F	10.5000	59.0000	0-150	9 ggr. pr. år
B	Jomfruland – J	9.6667	58.8500	0-125	14 ggr. pr. år
B	Arendal St. 2 - A2	8.8167	58.3833	0-75	22 ggr. pr. år
B	Arendal St. 3 - A3	8.9000	58.3333	100-300	12 ggr pr. år
C	Lista – L	6.5333	58.0167	0-300	12 ggr. pr. år

Utenfor Arendals er det to stasjoner; A2 og A3 henholdsvis 1 og 2 nautiske mil av land, for å kunne overvåke endringer i hele vannsøylen fra 0-300m dyp. Vanndypet på A2 er ca. 80m.

Bløtbunn

Tabell 1.2. Bløtbunnstasjoner overvåket i 2006. Prøveinnsamling i mai. (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Frekvens
A	A05	10.3717	59.0123	50	1 g. pr. år
A	A36	10.6392	58.9467	360	1 g. pr. år
B	B05	8.6295	58.3253	50	1 g. pr. år
B	B35	9.0312	58.4038	350	1 g. pr. år
C	C16	7.0480	58.0358	160	1 g. pr. år
C	C38	6.5747	58.0188	380	1 g. pr. år
D	D60	5.4667	60.1042	600	1 g. pr. år
D	D20	4.8778	60.2290	200	1 g. pr. år

Hardbunn

Tabell 1.3. Hardbunnsstasjoner overvåket i 2006. Prøvetakingsfrekvens er 1 gang pr.år, i juni måned. (E=eksponert. M=moderat eksponert.). (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengde-grad	Bredde-grad	Dyp (m)	Himmel-retn (°)	Ekspo-nering	Periode (årstall)
A	a02 Færder fyr	10.5268	59.0267	0-26	89	E	90, 94-2006
A	a03 Lynghlm.	10.2963	59.0432	0-30	160	E	1990-2006
A	a92 Kongshlm	10.4549	59.1219	0-30	80	M	2002-2006
A	a93 Vakerhlm	10.3754	59.1169	0-30	100	M	2002-2006
B	b07 Tromøy N.	8.9443	58.5132	0-30	360	M	1990-2006
B	b10 Presthlm.	8.5372	58.2732	0-30	140	E	1990-2006
B	b11 Humleøy	8.4289	58.2382	0-30	85	M	1990-2006
B	b12 Meholmen	8.1980	58.0961	0-30	10	E	90-91,95-2006
C	c95 Launes	7.0406	58.0239	0-30	270	M	2002-2006
C	c15 Revø	6.7960	58.0480	0-25	190	E	1990-2006
C	c17 Stolen	6.7147	58.2216	0-30	240	M	1990-2006
C	c18 Rosø	6.5011	58.2280	0-26	170	E	1990-2006
D	d22 Marhlm	5.14426	59.5805	0-30	116	M	1990-99+2005-06
D	d23 Ylvesoy	5.08530	59.8800	0-30	340	E	1990-99+2005-06
D	d25 Arebrot	4.90816	60.4210	0-30	25	M	1990-99+2005-06
D	d27 Mageoy	4.68393	60.7965	0-30	30	E	1990-99+2005-06
stasjoner som er omtalt eller er med i figurer i denne rapporten, men som ikke er undersøkt siden 2001*:							
A	a04 Oddaneskj.	9.8642	58.9547	0-30	100	E	1990-2001
A	a05 O-skjær	10.1548	58.9731	0-30	010	E	1995-2001
C	c19 Oddeflui	5.8305	58.4797	0-30	165	E	1995-2001

*) Stasjonenes lokalisering er vist med kun stasjonsnummer i figur 1.1, mens aktive stasjoner i tillegg er merket med grønn sirkel.

1.4 Metodikk

Innsamling, opparbeiding og analyser følger standard og akkrediterte metoder (hvor dette finnes) (ISO-90001, NIVA-M5, EN45000, NS9420, NS9423, NS9424). Metodikken er fyldig beskrevet i 10-årsrapporten (Moy m.fl. 2002) og er ikke gjentatt her.

2. Klima og vannmassene i Skagerrak

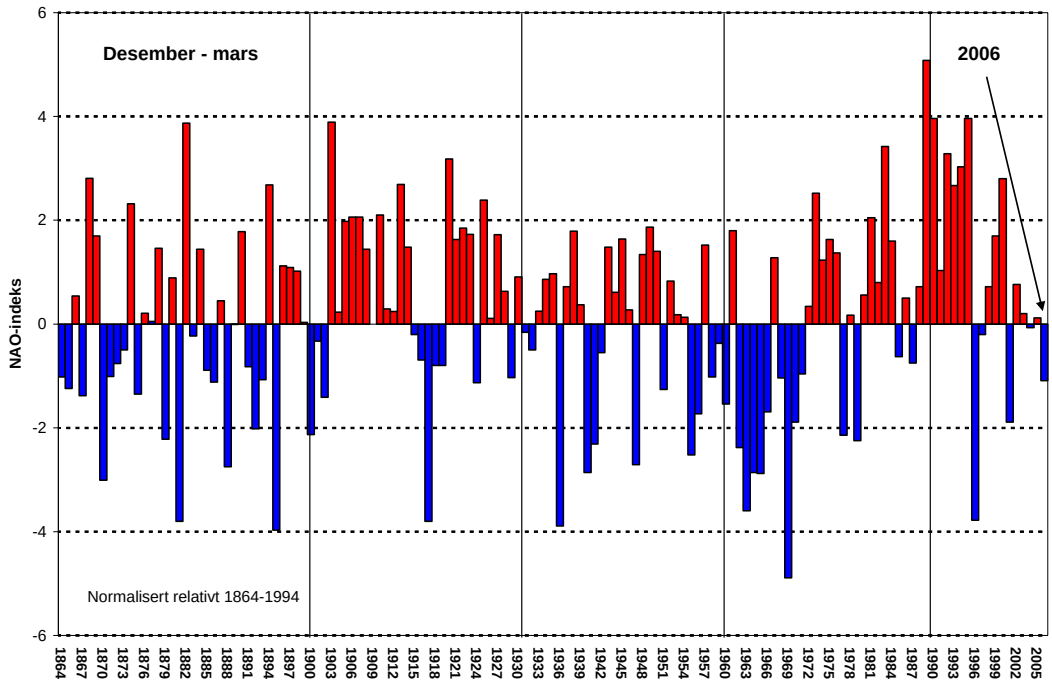
NAO-klimaindeksen var vinteren 2006 som i 1996 og 2001, klart negativ (kald indeks), men det var bare i mars at lufttemperaturen på Østlandet og Sørlandet var klart lavere enn det normale. Overflatetemperaturen i havet var noe kaldere enn normalt (1961-90). Overflate-vannmassene var samtidig preget av mindre brakkvann i mars-mai enn normalt. Fra slutten av juni ble temperaturen i overflatevannet klart høyere enn normalt ut året, med maksimale temperaturer opp mot ca. 22 ºC i august måned. Forhøyede temperaturer ble observert ned til 20 meters dyp fra juli og til årsskiftet, og var i desember ca. 2 ºC varmere enn normalen. Årsgjennomsnittet ned til 20 meters dyp har vært opp til 1 grad over normaltemperaturen siden 1997. Sjøtemperaturen i de dypere vannmassene (50-75 m dyp) var også noe høyere enn normalt i 2006 og årsmiddeltemperaturen var ca. 1 grad høyere sammenlignet med observasjoner fra 1961-90. Dypvannet (under 100 m) i 2006 var preget av større innslag av Atlantisk vann på bekostning av vann fra sentrale deler av Nordsjøen, unntatt i slutten av året. Forekomsten av kystvann og vann fra sørlige deler av Nordsjøen var omtrent som normalt i 2006.

Nedbøren var større enn normalt i månedene februar, april-mai, august og betydelig større enn normalt i oktober-november, men lavere enn normalt i juli og september.

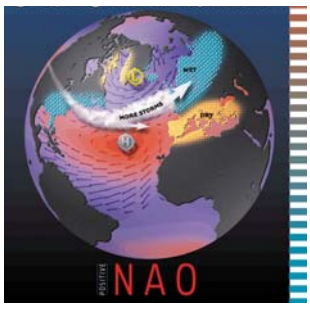
- -

2.1 NAO, lufttemperatur, nedbør og innstråling

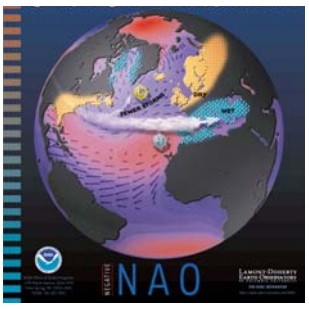
Siden overvåkingsprogrammet startet i 1990 har klimaforholdene vært spesielle vinterstid. Dette illustreres i Figur 2.1 som viser NAO-indeksen for desember til mars fra 1864-2006. NAO-indeksen viser normalisert luftrykksforskjell mellom Lisboa i Portugal og Island (Figur 2.2). Positiv verdi viser at lavtrykk har en bane mot Sør-Skandinavia, hvilket gir relativt høy frekvens av sørvestlige vinder og en mild værtype med mer nedbør enn normalt. Negative verdier betyr lavere frekvens av lavtrykk inn mot Nordsjøen og Skagerrak og større frekvens av nordlige vinder og ofte et kaldere klima i Sør-Norge. I perioden fra 1988 til 2001 har det generelt vært milde vintre og høyere frekvens av sørlige vinder som følge av positiv NAO-indeks. Det har siden kystovervåkingsprogrammet startet bare vært to riktig kalde vintre; 1996 og 2001. De siste vintrene (2003-2005) viser indeksen omtrent nøytrale verdier, men i 2006 var indeksen klart negativ igjen. Begynnelsen av 2006 var noe mildere enn normalt, men mars ble klart kaldere. Etter en relativt normal vår og forsommer ble lufttemperaturen i juli til desember klart varmere enn normalt (Figur 2.3a). Det mest påfallende med nedbøren i 2006 var de regnfulle månedene oktober og november, samt lite nedbør i juli (figur 2.3b).



Figur 2.1. NAO-indeks (desember – mars) 1864-2006 (Hurell (1995) og oppdateringer fra Hurell).

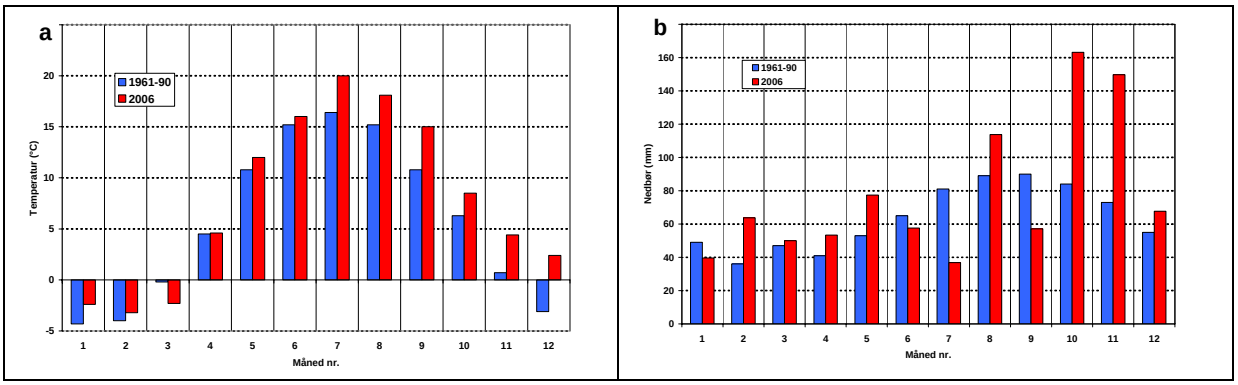


Positiv NAO-indeks



Neagtiv NAO-indeks

Figur 2.2. Den nord-atlantiske svingningen (NAO-indeksen), er variasjonen i forskjellen mellom lufttrykket over Island, Azorene og Portugal. Positiv indeks fører mild og fuktig luft inn over Sør-Norge og motsatt gir negativ indeks kald og tørr luft. (Kilde: http:\\www.ideo.columbia.edu\NAO av Martin Visbeck, Colombia University).



Figur 2.3 Månedsmiddeltemperatur (a) og nedbør (b) ved Blindern (Oslo) i 2006 (røde søyler) sammenlignet med midlere (blå søyler) lufttemperatur og normal nedbør 1961-90.

2.2 Vannmasser og sjøtemperatur

I oseanografi deles vannmassene ofte inn etter saltholdighet og temperatur. Generelt deles sjøvann i 4 klasser etter saltholdighet (som først ble definert som mengde oppløst salt i en mengde vann, men nå er en dimensjonsløs enhet): oligohalin (0,5-5), mesohalin (5-18), polyhalin (18-30) og euhalin (>30). Ferskvann regnes som vann med saltholdighet lavere enn 0,5. Sjøvann er tradisjonelt definert som vann med saltholdighet høyere enn 30. Brakkvann er blanding av sjøvann og ferskvann. Saltholdighet er en viktig økologisk faktor som påvirker hvilke typer organismer som lever i en vannmasse.

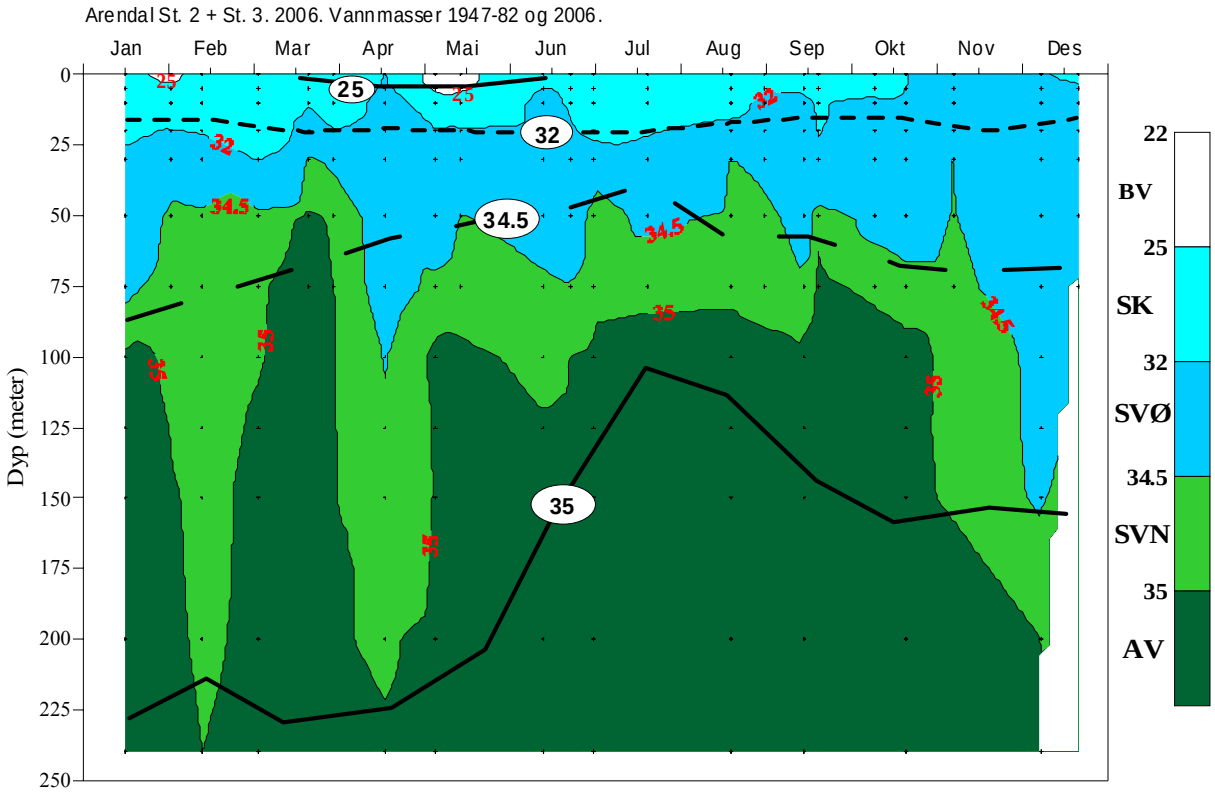
Tradisjonelt deles vannmassene langs Skagerrakkysten inn i fem hovedvannmasser etter dets saltholdighet, hvor det kommer fra og hvor influert det er av ulike kilder (Tabell 2.1). Derfor er vanntypen brakkvann her definert som vann med saltholdighet lavere enn 25, mens vanntypen Skagerrak kystvann overlapper med sjøvann og har saltholdighet fra 25 til 32.

Tabell 2.1 Vannmasser i Skagerrak etter saltholdighet, temperatur og kilde.

	Saltholdighet	Temperatur °C	Kilde
BV - *Brakkvann*	< 25	–1 - 23	Elvevann blandet med SK
SK - *Skagerrak kystvann*	25 - 32	–1 - 21	Overflatevann fra Kattegat og Nordsjøen
SV – *Skagerrakvann*	32 - 35	3 - 16	Nordsjøvann og litt fra Kattegat
SVØ – *SK-øvre*	32 - 34,5		sørlige Nordsjøen og litt fra Kattegat
SVN – *SK-nedre*	34,5 - 35		sentrale deler av Nordsjøen
AV - *Atlantisk vann*	>35	5,5 – 7,5	Norskehavet via nordlige Nordsjøen

Brakkvannet dannes ofte i perioder med stor lokal ferskvannstilførsel. Normalt ligger vannet mellom overflaten og ca. 5 meters dyp, men kan forekomme ned til ca. 10 m dyp. Brakkvannet består av vann fra de norske elvene blandet med Skagerrak kystvann.
Skagerrak kystvann består hovedsakelig av en blanding mellom Østersjøvann/overflatevann fra Kattegat, lokalt elvevann og vann med opprinnelse i sørlige Nordsjøen og tildels sentrale deler av Nordsjøen. Vannmassene ligger mellom overflaten og ned til ca. 15-20 m dyp.
Skagerrakvann øvre har sin opprinnelse i sørlige Nordsjøen, men blandes også med vann fra Østersjøen/Kattegat og noe lokalt ferskvann. Vannmassen ligger mellom ca. 20-80 m dyp med en klar årlig variasjon og med størst utbredelse i oktober- mars.
Skagerrakvann nedre er i hovedsak vann fra de sentrale deler av Nordsjøen. Vannmassen kan forekomme mellom ca. 60-200 m dyp og er mektigst i perioden fra januar til mai.
Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet via nordlige Nordsjøen og forekommer fra ca. 100 m dyp og ned til bunn. Atlantisk vann trenger generelt høyt opp i vannmassene i juni/juli og er minst dominerende om vinteren.

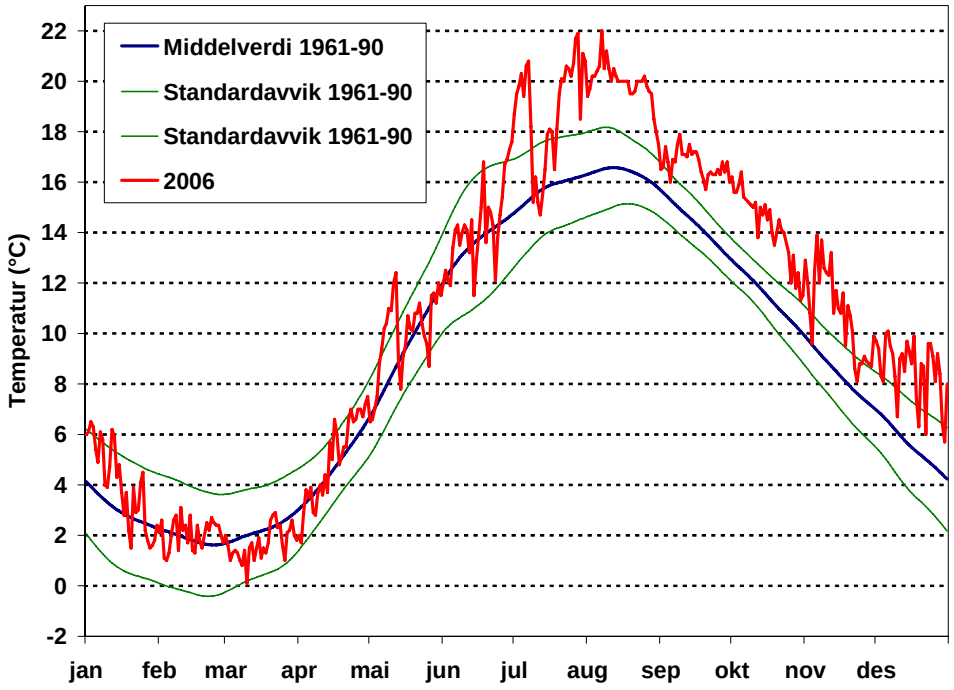
Vertikalfordelingen av vannmassene gjennom år 2006 sammenliknet med en 'normalfordeling', beregnet ut fra en sammenhengende måleperiode fra 1947 til 1992, er vist i Figur 2.4. Karakteristisk for vannmassene i kystområdene av Skagerrak i 2006, var et mindre innslag av brakkvann enn normalt for vårperioden mars-mai og større forekomst av Atlantisk vann i dypvannet (under 100 m dyp). Det ble samtidig registrert mindre innslag av vann fra de sentrale deler av Nordsjøen (Skagerrakvann nedre) i 2006, mens forekomsten av Skagerrak kystvann var omtrent som normal i store deler av året, unntatt i november/desember.



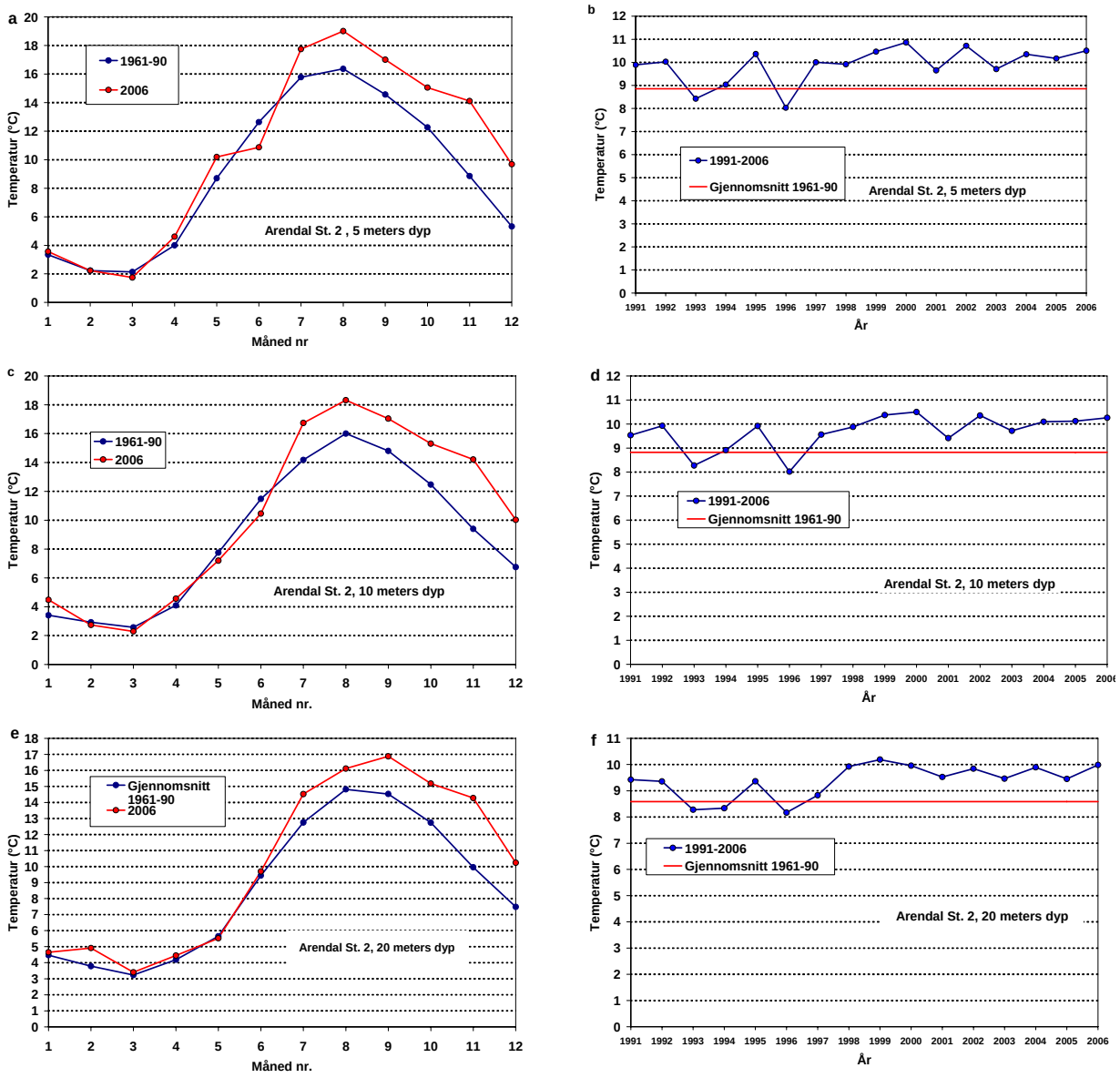
Figur 2.4 Midlere vannmassefordeling ved Arendal (st 2 og 3) over perioden 1947-92 (svarte linjer) og i 2006 (farget felt). (BV=Brakkvann, SK= Skagerrak kystvann, SVØ= Skagerrak-vann øvre, SVN= Skagerrakvann nedre og AV= Atlantisk vann).

Overflatetemperaturen i havet lå betydelig over det normale fra slutten av juni og ut året i 2006 (Figur 2.5). Spesielt høye temperaturer ble observert i juli og august (omkring 22 ºC). Samme bilde ble også observert i vannmassen ned til ca. 20 meters dyp, om enn med noe lavere maks. temperaturer (Figur 2.6). Siden 1997 har gjennomsnittlig årstemperatur vært høyere enn normalt (1961-90) i disse vannmassene.

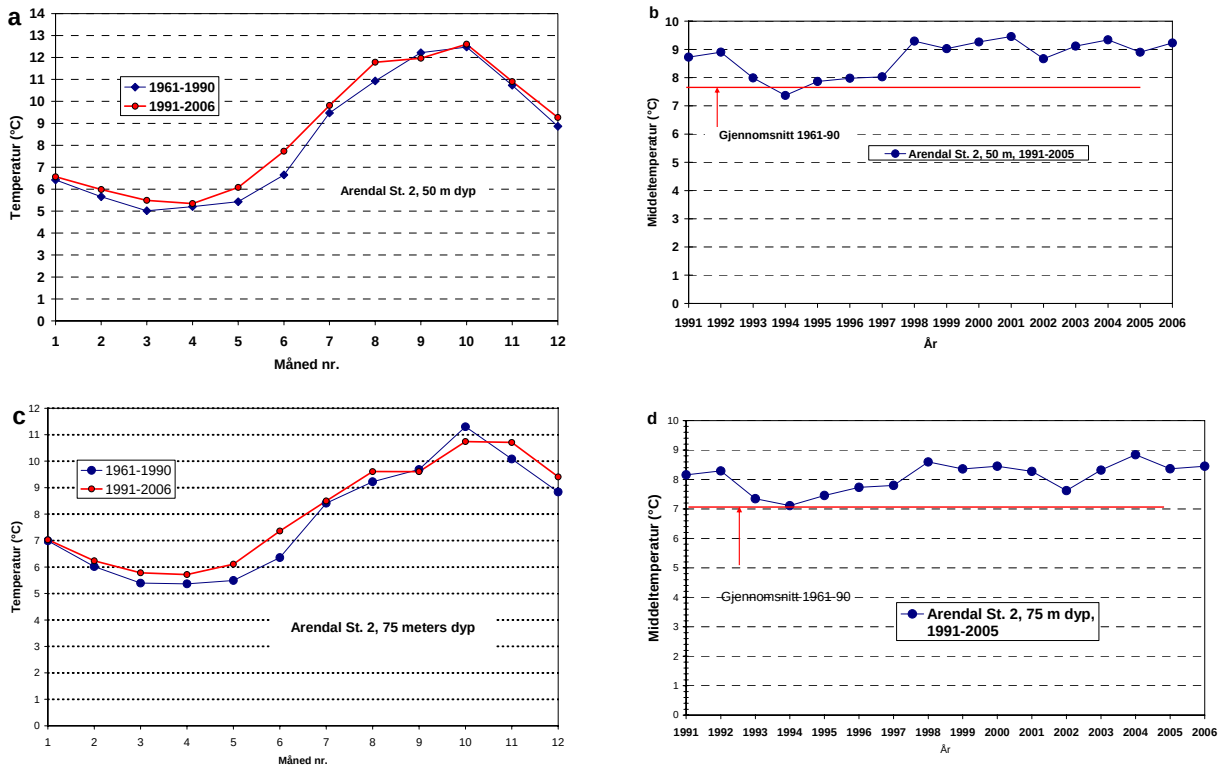
Også i de dypere vannmasser (50 og 75 meters dyp ved Arendal St. 2) lå gjennomsnitts-temperaturen pr. måned i 2006 noe høyere enn normalen (basert på 1961-90) for alle måneder unntatt september og oktober (Figur 2.7). En sammenlikning av årsmiddel viser at tempera-turen har vært høyere i hele perioden etter 1997, kanskje med unntak av 2002 som lå nær normaltemperaturen (1961-1990). Dette sammen med en økning i overflatetemperaturen de siste 10-år, viser at siste periode er preget av et generelt varmere havklima med påvirkning spesielt på biologiske samfunn knyttet til det øverste laget (0-20 m), men også i noen grad samfunn på større dyp (50-75 m).



Figur 2.5. Temperaturen på 1 meters dyp ved Flødevigen (Hisøy, Arendal) fra januar til desember 2006, sammenlignet med middelverdi og standardavvik 1961-90. (Data fra Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen).



Figur 2.6 Månedsmiddeltemperturen på 5 (a), 10 (c) og 20 (e) meters dyp ved Arendal St. 2 1961-90, sammenlignet med observasjoner fra 1991-2006, samt årsmiddeltemperaturen 1961-90 sammenlignet med 1991-2006 på samme stasjon på 5 (b), 10 (d) og 20 (f) meters dyp. Observasjoner 1961-90 fra Havforskningsinstituttet og observasjoner fra 1991-2006 fra Kystovervåkingsprogrammet.



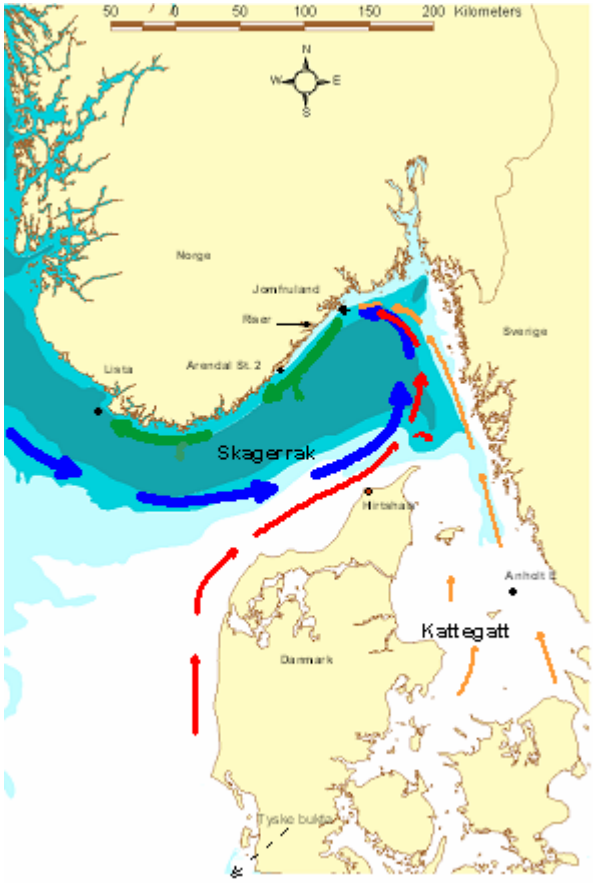
Figur 2.7 Månedsmiddeltemperturen på 50 (a) og 75 (c) meters dyp ved Arendal St. 2 1961-90, sammenlignet med observasjoner fra 1991-2006, samt årsmiddeltemperaturen 1961-90 sammenlignet med 1991-2006 på samme stasjon på 50 (b) og 75 (d) meters dyp. Observasjoner 1961-90 fra Havforskningsinstituttet og observasjoner fra 1991-2006 fra Kystovervåkingsprogrammet.

3. Tilførsler av næringssalter til Skagerrak

Våren 2006 (mars/april) ble det påvist langtransporterte næringssaltstilførsler til den norske Skagerrakkysten med havstrømmer fra den sørlige Nordsjøen og Tyskebukta, men med klart mindre signal enn i 2005. Lokale tilførsler av næringssalter og organisk stoff fra norske vassdrag er anslått til å være omtrent det samme som for de to foregående år og på nivå med tilførsler i 1996-98, etter en periode med forhøyede tilførsler i 1999-2002. Beregningene viser at langtransporterte tilførsler av næringssalter har markert betydning for vannkvaliteten i Kyststrømmen, men også at reduksjon i konsentrasjonen av nitrat vinterstid i Tyskebukta, Kattegat og Arendal St. 2 i overflatevann i 2000-2005(6) sammenlignet med 1995-1999 signaliserer en mindre tilførsel av nitrat i dag.

- -

Tilførsler av næringssalter og organisk stoff til kyststrekningen svenskegrensen – Lista kommer fra flere kilder. I tillegg til lokale tilførsler via elver og direkteutslipp fra Norge, kommer langtransporterte tilførsler via havstrømmer og luft.

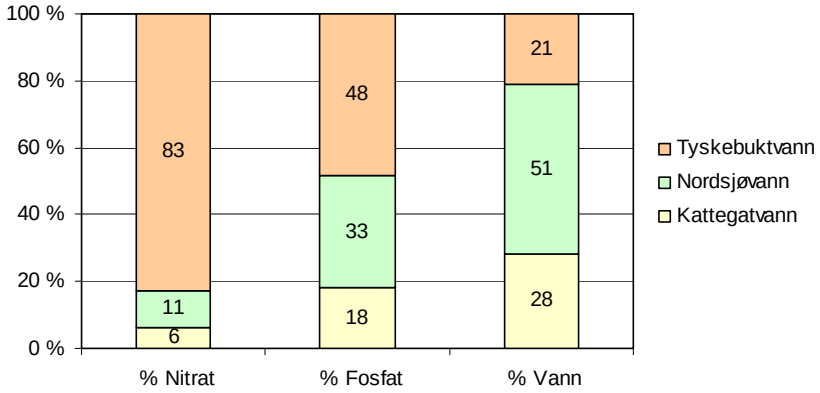


Forurensninger fra Tyskebukta, sørlige Nordsjøen og Kattegat, føres med havstrømmer (spesielt i vinter/vår) mot den norske Skagerrakkysten (Figur 3.1). Det er vist at disse transportene, spesielt fra Tyskebukta og sørlige Nordsjøen, har ført til økte konsentrasjoner av nitrat+nitritt 1990-95, sammenlignet med 1970-80. Det er vist en 100 % økning for månedene januar-mai og at det midlere årlige bidrag fra Tyskebukta var ca. 77 % for nitrat+nitritt og 43 % for fosfat (Aure og Johannessen, 1997).

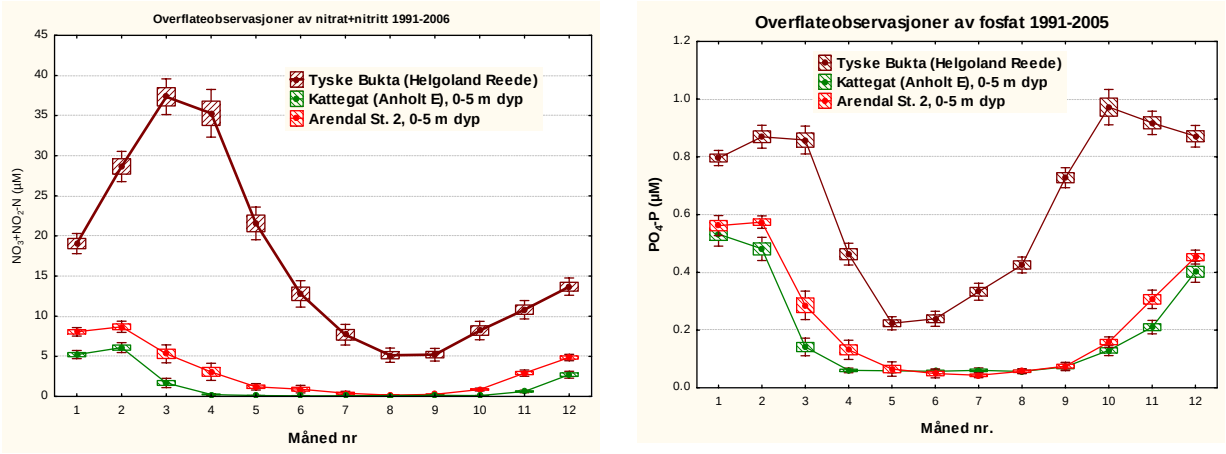
Figur 3.1. Forenklet bilde over strømmene i Skagerrak. Jyllandstrømmen (rød piler) fører vann fra sydlige del av Nordsjøen inn i Skagerrak hvor Jyllandsstrømmen blandes med ferskere vann fra Kattegat (oransje piler) og salt Atlanterhavsvann (blå piler). Den norske kyststrømmen (grønne piler) er en lagdelt blanding av lokale elvetilførsler og ulike havstrømmer.

Aure m.fl. (1998) beregnet for perioden 1990-1995 at vann fra Tyskebukta om våren (mai måned) utgjorde 21 % av overflatevannmassene (0-30 m) i kyststrømmen utenfor Arendal, men bidro med henholdsvis 83 % og 48 % av nitratet og fosfatet i kyststrømmen (Figur 3.2). Transportene fra Tyskebukta har størst betydning i vinter/vårsesongen på grunn av at de høye konsentrasjonen av løste næringssalter i Tyskebukta i vinterhalvåret (Figur 3.3). Lite lys vinterstid gir lav planteplanktonproduksjon, slik at næringssaltene transporteres uten nevneverdig forbruk til vår kyst. Sammenlikningen viser også at næringssaltkonsentrasjonene er noe høyere på Sørlandskysten enn i Kattegat.

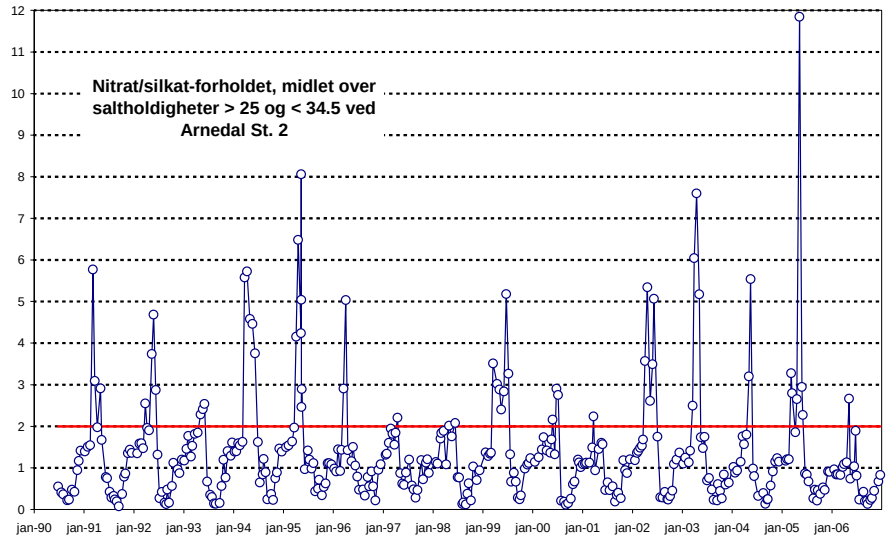
Transporten av vann fra Tyskebukta varierer fra år til år. I Figur 3.4 er nitrat/silikat-forholdet på stasjon Arendal 2 plottet siden 1990 og vann med forholdstall større enn 2 mol indikerer tilførsler av vann fra Tyskebukta. Målingene viser en noe mindre tilførsel av næringsrikt vann fra Tyskebukta til vårt kystvann våren 2006. Etter flomårene 1994-95 var det små langtransporterte tilførsler i årene fram til flomåret 1999. Tilførslene var små også i 2000 og 2001, men har vært relativt sterke i 2002, 2003 og 2005. Sammenlignes konsentrasjonene i overflatevannet 1995-1999 med 2000-2005 har imidlertid vinterverdiene avtatt på de tre stasjonene, noe som peker på at tilførslene fra de langtransporterte tilførslene har avtatt (fig 3.5).



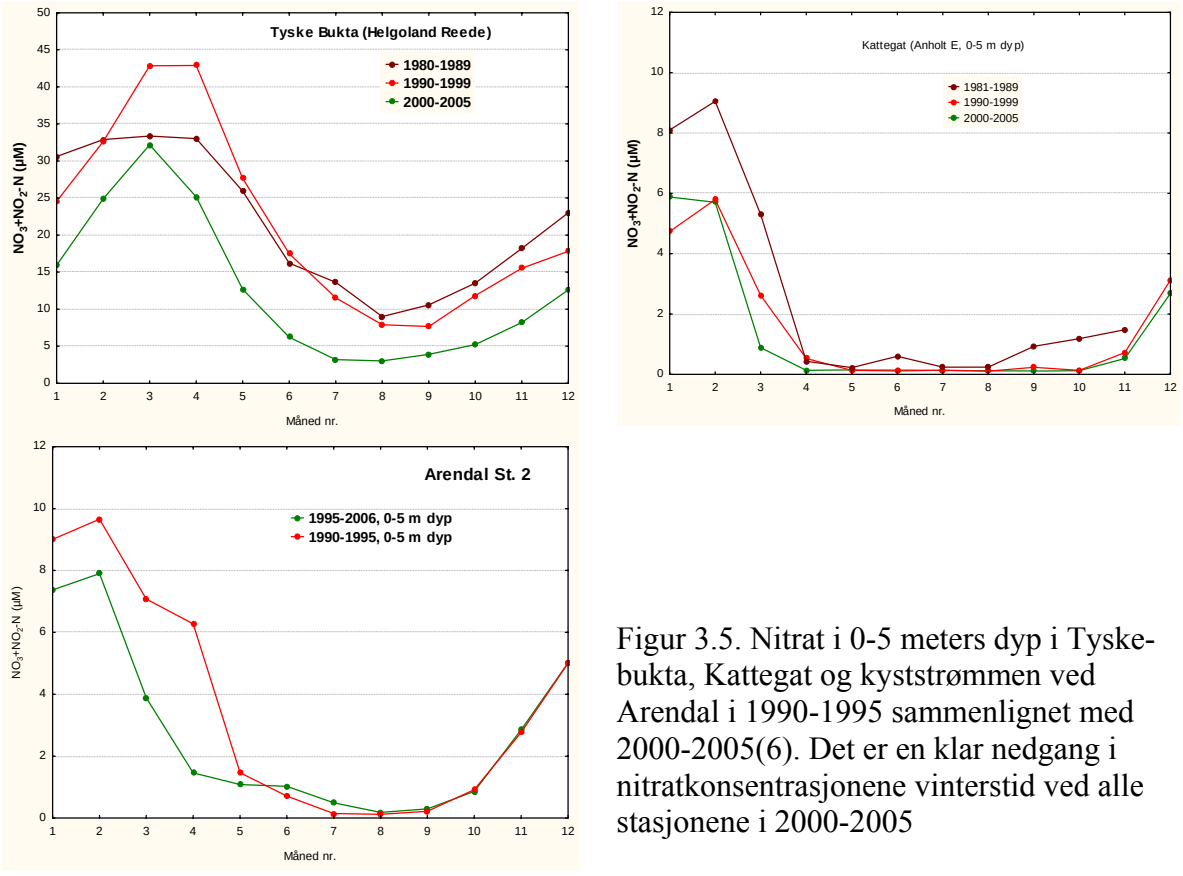
Figur 3.2 Andelen Tyskebuktvann, Nordsjøvann og Kattegatvann i kystvannet (0-30 m) ved Arendal beregnet for mai måned i perioden 1990-1995 (Aure m.fl. 1998).



Figur 3.3 Nitrat- og fosfat-konsentrasjon i overflatevann i Tyskebukta, Kattegat (Anholt E) (data fra Alfred Wegener Institut, SMHI og DMU) og Kystovervåkingsstasjon Arendal 2.



Figur 3.4. Nitrat / silikat-forholdet (atomer) ved Arendal St. 2 fra 1990-2005. Bare forhold > 2 er markert. Dette kjennetegner vann fra Tyskebukta.



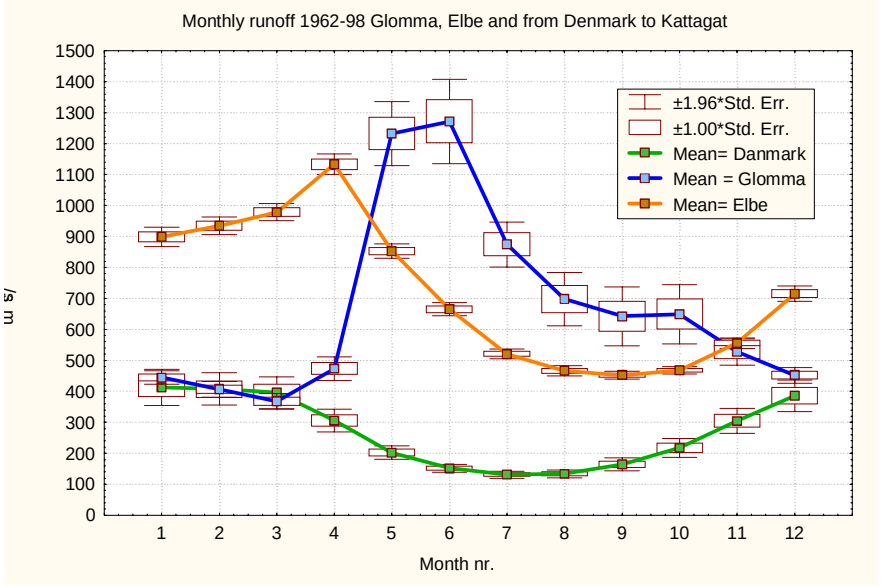
Figur 3.5. Nitrat i 0-5 meters dyp i Tyskebukta, Kattegat og kyststrømmen ved Arendal i 1990-1995 sammenlignet med 2000-2005(6). Det er en klar nedgang i nitratkonsentrasjonene vinterstid ved alle stasjonene i 2000-2005

De langtransporterte tilførslene fra sørlige del av Nordsjøen er påvirket av vindforholdene. Sørlige vinder begunstiger transporten av vann til Norskekysten. Som beskrevet i kapittel 2 har det vært en høyere frekvens av sørlige vinder siden 1988 med sammenheng i positiv NAO-indeks. I 2006 var det både mindre sørlige vinder vinterstid og mindre markert signal av vann fra sørlige Nordsjøen.

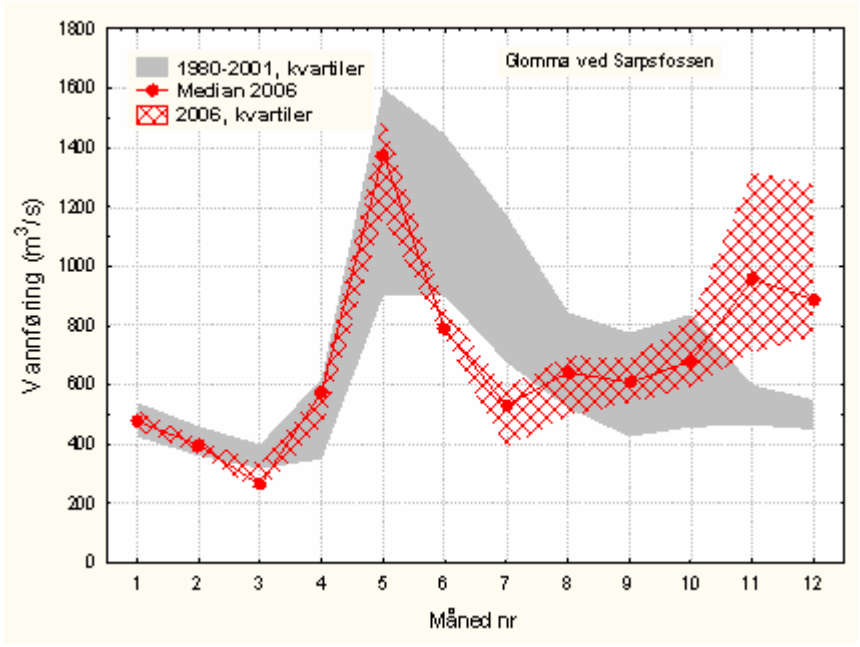
Sommerstid har normalt lokale tilførsler fra Norge en relativt større innflytelse på kystvannet enn langtransporterte tilførsler. Tilførsler fra de store norske elvene, som Glomma, Dram-

menselva m.fl., starter vanligvis med vårflommen i mai, som for Glommas del også strekker seg ut i juni. Vannføringen i Elben, som dominerer tilførselen av næringssalter til Tyskebukta, er størst i desember til mai og kulminerer normalt i april før vårflom i lokale elver tar til (Figur3.6). Avrenningen fra Danmark til Kattegat er til sammenlikning lav.

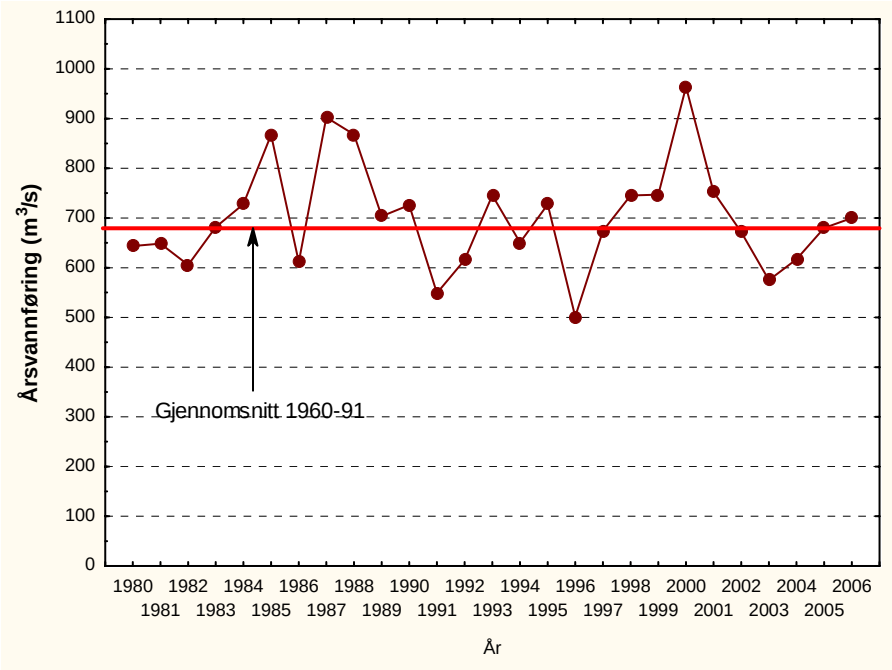
I 2006 var flommen i Glomma relativt stor, men kortvarig. I juni og juli var vannføringen klart mindre enn normalt. Etter en normal vannføring fra august, ga den milde og nedbørsrike senhøsten stor vannføring i Glomma i november og desember 2006 (Figur 3.7). Årsvannføringen ble normal (Figur 3.8).



Figur 3.6 Ferskvannsavrenning fra Elben og Glomma og beregnet avrenning fra Danmark til Kattegat.

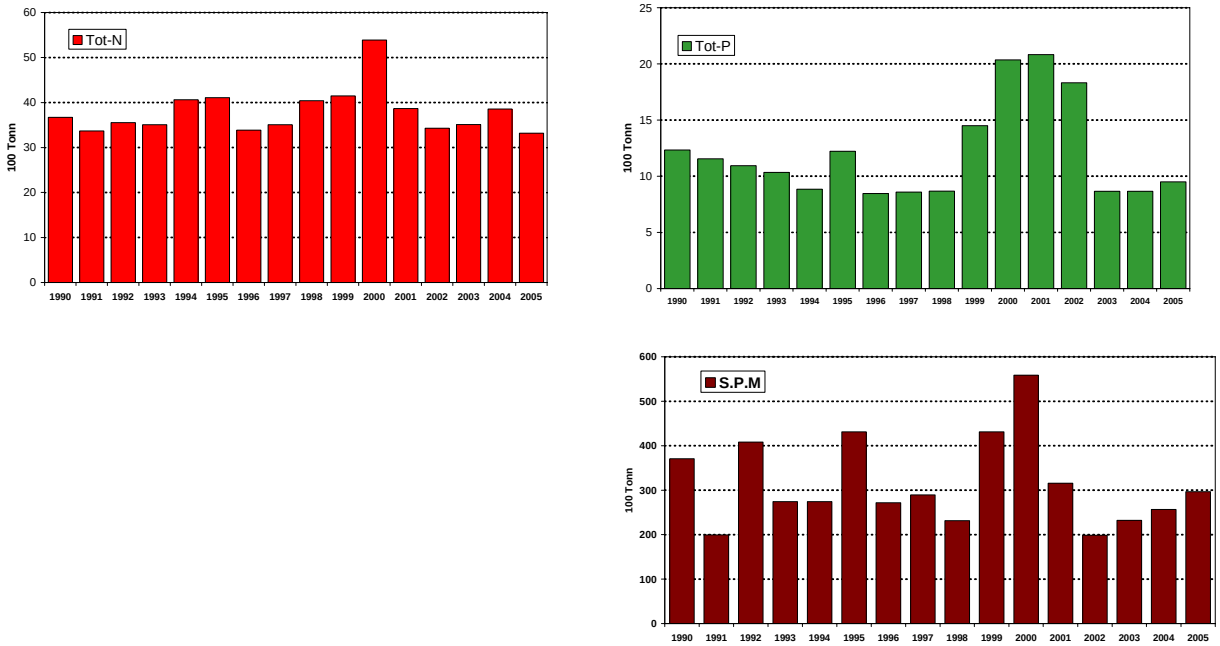


Figur 3.7. Månedsvannføring i Glomma i 2005 sammenlignet med gjennomsnittlig vannføring fra 1980-2001 (Data fra NVE og Glommens og Laagens Bruks-eierforening (GLB)).



Figur 3.8. Midlere årsvannføring i Glomma fra 1980 til 2005 (Data fra NVE og Glommens og Laagens Bruks-eierforening (GLB)).

Tilførsler fra norske elver til Skagerrakkysten er beregnet fra Elvetilførselsprogrammet (RID-programmet) fram til og med 2005 (Figur 3.9). I 2005 var tilførslene gjennomgående relativt lave for nitrogen, fosfor, organisk karbon og partikulært materiale etter en periode rundt 1999-2002 med forhøyde verdier. Høye tilførsler, spesielt i 2000, sammenfaller med høy vannføring i de dominerende sørnorske elvene, her eksemplifisert ved vannføring i Glomma i Figur 3.8. Ut fra vannføringsdata for Glomma vil sannsynligvis årstilførselen av nitrogen, fosfor, organisk karbon og partikulært materiale i 2006, bli omtrent som i 2005.



Figur 3.9. Årstilførsel av nitrogen (Tot-N), fosfor (Tot-P), karbon (TOC) og partikler (S.P.M) *fra Norge* til kyststrekningen svenskegrensen til Lindesnes 1991-2005. (Data fra 1990-1999 fra Holtan m.fl, 1992-2000, fra 2000-2003 fra Weideborg, 2001, 2002, 2003, 2004 og fra 2004, 2005 Borgvang m.fl., 2007).

4. Vannkvalitet i kystvannet av Skagerrak

Vannkvaliteten i Skagerrak var i 2006 god (II) eller meget god (I) med hensyn til nitrogen, fosfor, siktdyp og klorofyll på samtlige stasjoner. Positivt var også at forholdstallet mellom nitrat og fosfat var under Redfield-ratio (16:1) og at nitrat/silikat- og fosfat/silikat-forholdene var klart under det nivå som OSPAR bedømmer å gi økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. For perioden 1991-2006 er det i Skagerrak en tendens til avtakende risiko for oppblomstring av skadelige alger, med unntak for stasjonen Jomfruland hvor det observeres år med høye næringssalter og lite silikat.
Partikkelkonsentrasjonen (TSM) ved Jomfruland øker i perioden 1991-2003, men i 2004-2006 var den betydelig lavere og det er derfor ikke noen trend i perioden 1991-2006. Partikkelkonsentrasjonen ved Arendal har avtatt siden 2000 og er i 2006 som gjennomsnittet. Også partikkelbundet organisk karbon, nitrogen og fosfor var mindre i 2004 -2006 enn de to foregående årene ved Jomfruland og Arendal, men det er fortsatt en klar økning vinterstid over perioden 1991-2006. POC/PON-forholdet indikerer at mesteparten av de organiske partiklene har marin opprinnelse. Resultatene fra de tre siste år kan tyde på høye tilførsler og redusert vannkvalitet i perioden 1999-2002.
På stasjon Arendal og Lista har siktdypet vært avtagende i perioden 1991-2006, både sommerstid og over året, mens det ikke er noen signifikant utvikling ved Jomfruland.
Oksygenkonsentrasjonen i dypvannet (>200 m) avtar over perioden 1991-2004, men de siste årenes resultater kan tyde på at utviklingen har bremset opp. Oksygenforholdene er fortsatt meget gode. Økende oksygenforbruk i bassengvannet i Risørfjorden fra 1980, og de avtagende oksygenkonsentrasjonene i kystvannet avspeiler en økt organisk belastning langs kysten. Ut fra POC observasjoner er belastningen størst i Jomfrulandsområdet og avtar både mot øst (Færder) og vest (Arendal-Lista og Utsira). Det var generelt liten forskjell mellom Lista og Utsira i 2006 for de fleste parametere.

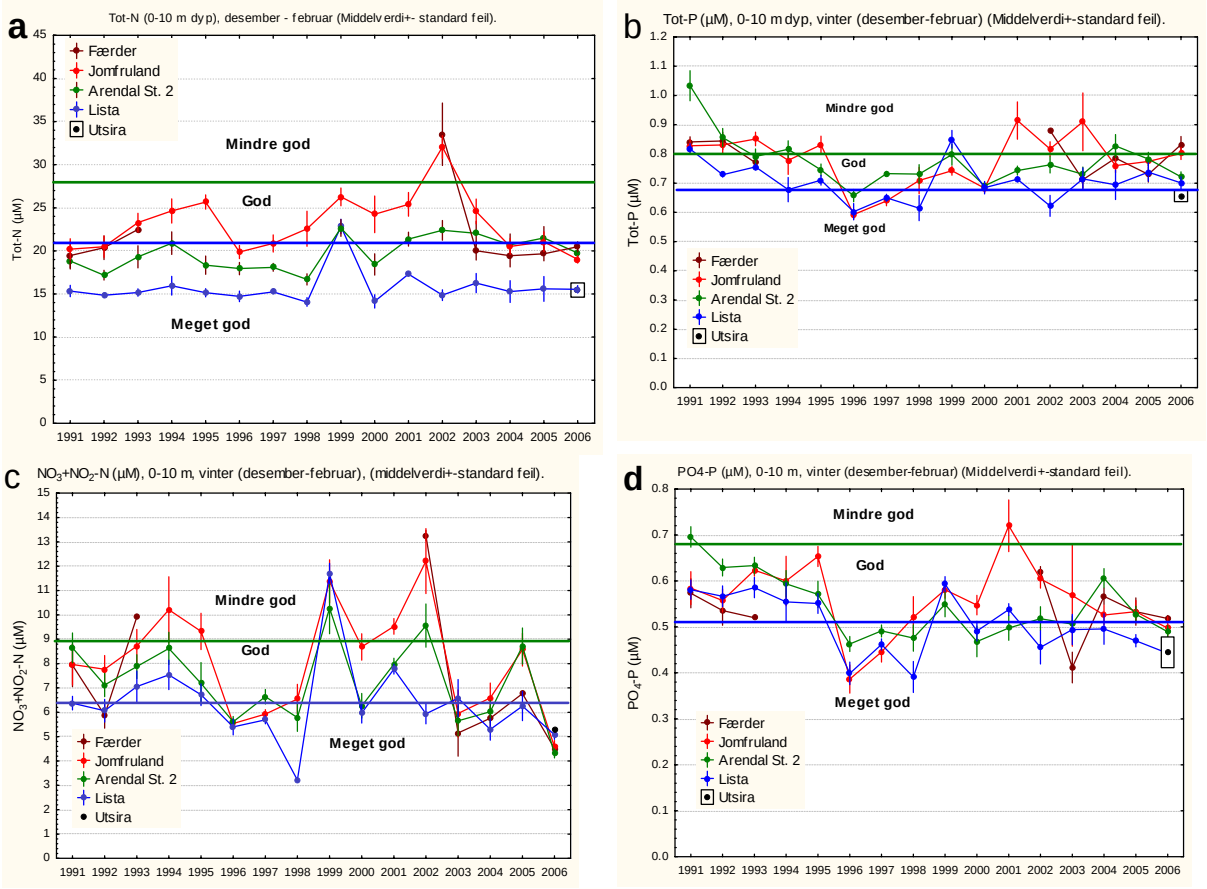
4.1 Vinterverdier i overflatelaget

For de stasjoner som regelmessig er blitt analysert i perioden 1991-2006, er resultater for vinterperioden presentert i Figur 4.1 - Figur 4.6. I tillegg er også resultater fra to andre stasjoner som bare har vært i programmet enkelte år (Færder (1991-1993 og 2002-2006) samt Utsira (2006) tatt med. For de variable hvor det foreligger kriterier for klassifisering etter SFTs miljøkvalitetskriterier (SFT 1997), er aktuelle grenser markert.

For samtlige variable i Figur 4.1. ligger konsentrasjonsnivåene i hovedsak i klasse I-II, dvs. meget god til god tilstand. Bare i enkelte år er det observert tilstandsklasse mindre god, spesielt i 1999 og 2002 (nitrat), hvor det også ble målt store tilførsler til vår kyst fra søndre Nordsjøen vinterstid (Figur 3.4). I 2006 ga mindre innslag av vann fra Tyskebukta seg utslag i lavere nitratkonsentrasjoner. Økningen av næringsalter (spesielt nitrogen) langs den norske sørkysten i vinterhalvåret etter 1990, sammenlignet med 1970-80 (Aure og Johannessen, 1997), skyldes i stor grad transportene fra søndre Nordsjøen. Det kan synes som om denne økningen forsterkes for nitrogen fra 1999-2002 , men avtar i 2003-2006. Dette betyr for eksempel at nitratkonsentrasjonene vintertid er klart lavere i 2000-2005 enn i 1995-99 (figur 3.5). Bedringen er en følge av god vannkvalitet målt fra og med 2003.

Nitrogenkonsentrasjonen har avtatt fra øst (Jomfruland) til vest (Lista), men etter 2003 er det bare Tot-N konsentrasjonen som ligger klart lavere ved Lista. Utsira plasserer seg på samme nivå som Lista (2006) for både nitrogen og fosfor.

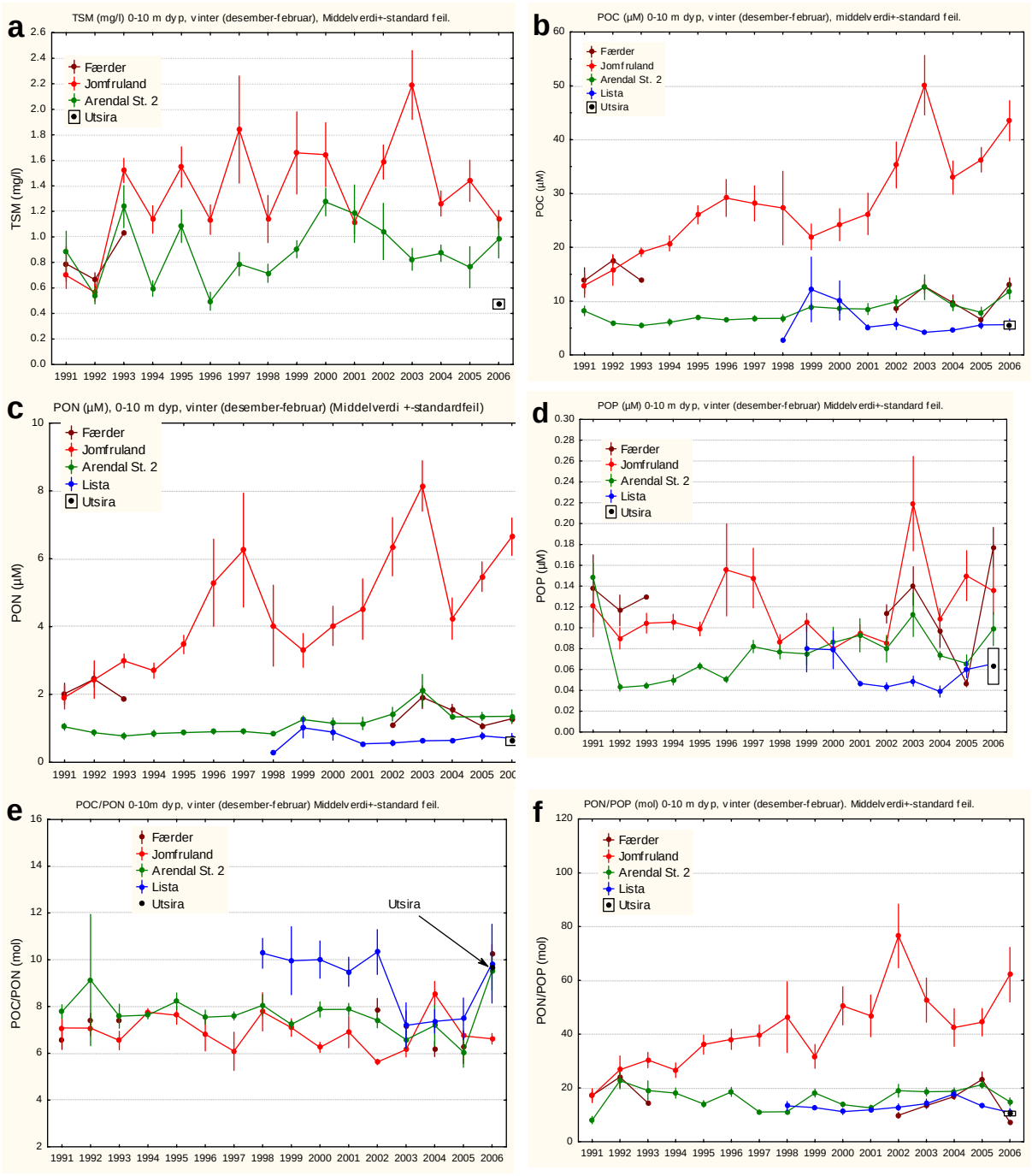
Partikkelkonsentrasjonen i overflatelaget har normalt (1990-2005) vært høyest vinterstid og sommerstid, mens karbonkonsentrasjonen når sitt maksimum om sommeren. I 2006 var partikkelkonsentrasjonen (TSM) vinterstid omtrent som i 2004-2005 ved Jomfruland (figur 4.2). Det er ikke lengre noen signifikant økning gjennom tidsrommet, men i perioden 1993-2003 har det vært flere år med større partikkelmengde ved Jomfruland. Ved Arendal St. 2 er det ikke noen signifikant trend. Konsentrasjonen av partikulært organisk karbon (POC, middelverdier) er signifikant økende på Jomfruland (p=0.00) og Arendal St 2 (p=0.00). Samme utvikling viser også PON, mens POP bare er økende ved Arendal St. 2 etter 1991 (1992-2006).



Figur 4.1. a) Tot-N, b) Tot-P, c) NO_3+NO_2-N og d) PO_4-P (µM) i 0-10 m dyp, desember-februar 1991-2006. SFTs grenser for miljøtilstand er markert (SFT 1997).

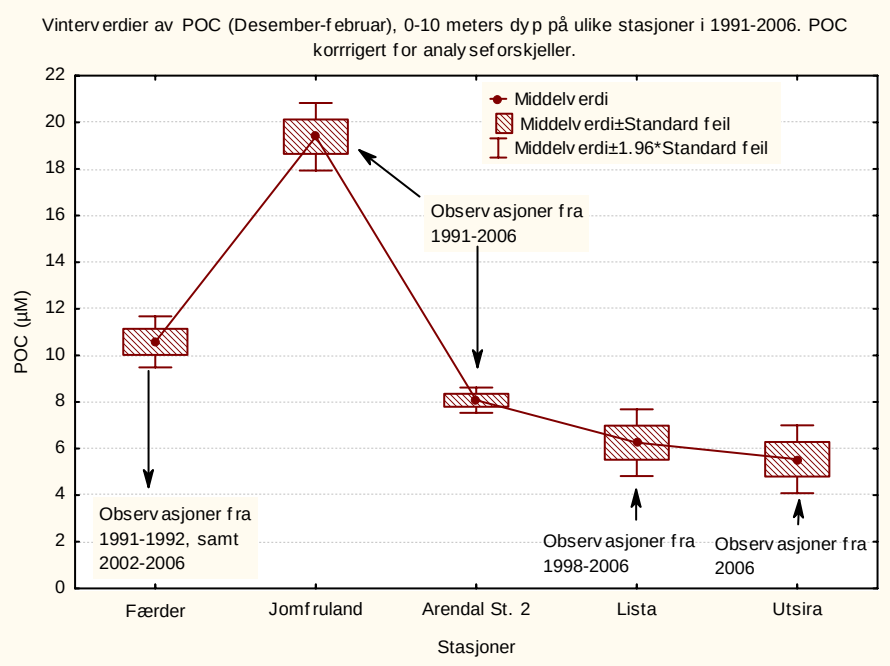
Forholdet POC/PON ligger relativt nær 7/1 (gjennomsnittlig forhold for marint materiale) for de tre stasjonene og det er ikke noen trend i perioden 1991-2006 (figur 4.2). PON/POP-forholdet er økende ved Jomfruland, men det er ikke noen trend ved Arendal St 2.

POC/PON forholdet viser at mesteparten av de organiske partiklene i kystvannet er marine organismer (planteplankton etc.) For Lista var forholdet høyere enn ved de andre stasjonene i 1998-2006, unntatt 2003-2004. Høyere forhold er noe som skulle kunne indikere et høyere innslag av terrestrisk materiale i denne perioden. Stasjonen ved Utsira (observert i 2006) er meget lik Lista i samme år.



Figur 4.2. Partikkelmålinger i overflatevann (0-10 m dyp). a) Partikler (TSM), b) POC* , c) PON og d) POP vinterstid 1991-2006 ved Færder,Jomfruland, Arendal St. 2, Lista og Utsira, samt forholdstallene e) POC/PON og f) PON/POP . *=(Det er en forskjell mellom Jomfruland og øvrige stasjoner i analysen av POC. Parallellanalyser har vist god korrelasjon mellom de ulike laboratoriene (HI og NIVA), men at NIVA's analyser gir høyere konsentrasjoner. Forskjellen øker med økende konsentrasjoner og er ca. 3 µM ved 10 µM og ca. 10 µM ved 30 µM, for PON er det også en forskjell ca. 0.5µM ved 1.5 µM og 1 µM ved 3µM).

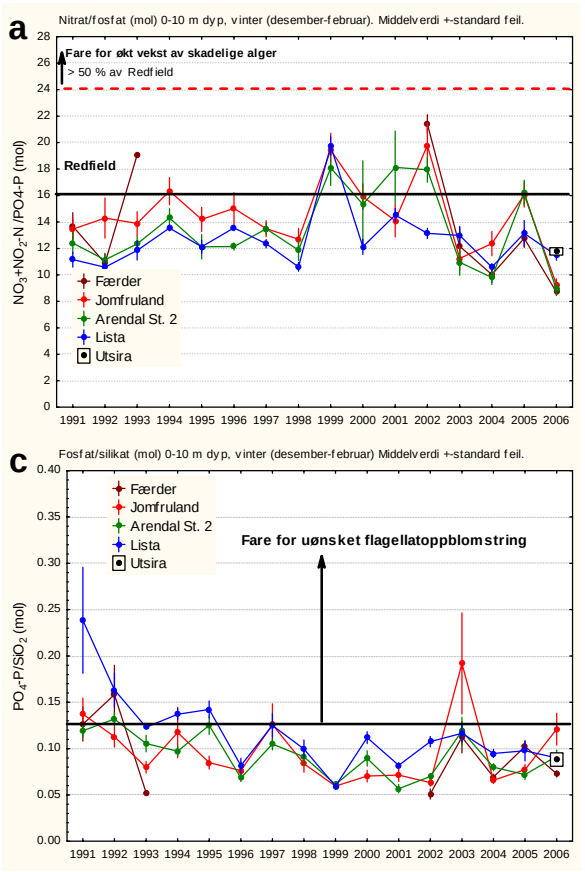
Langs kysten er det også en gradient med avtakende verdier av partikulært karbon (POC) fra øst-vest, med start ved Jomfruland (figur 4.3).



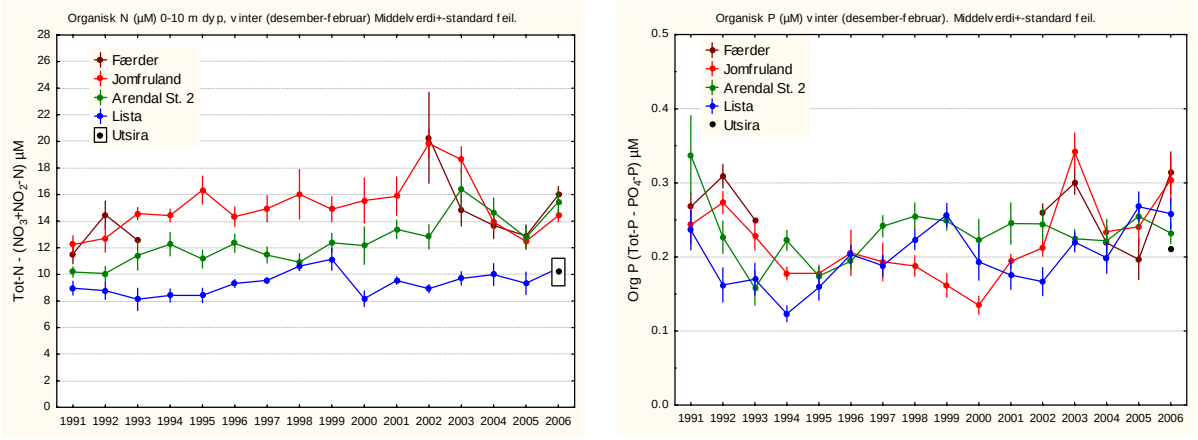
Figur 4.3. Gjennomsnittlige POC-konsentrasjoner vinterstid (0-10 m dyp) på alle stasjoner. POC-observasjonerne er korrigerte for analyseforskjeller mellom laboratorier.

OSPAR (Oslo-Paris kommisjonen) opererer med et sett kriterier for næringssalter vinterstid som kommisjonen mener kan være kritiske for utvikling av giftige eller uønskede algearter. I Figur 4.4 er tre forhold mellom næringssalter vinterstid sammenlignet med forholdstall som etter OSPAR kan gi utvikling av giftige eller uønskede algearter. Økte N/P-forhold (>24, dvs. 50 % økning sammenlignet med Redfield ratio (16:1)) og overskudd på nitrat, vil øke risikoen for skadelige alger, mens økte forholdstall av N/Si (>2) og P/Si (>0.125) vil kunne føre til et skifte fra diatomeer til flagellater. For kystovervåkingsstasjonene er de fleste observasjonene under OSPAR's grenser (Figur 4.4). Frem til vinteren 2002 var det en tendens til økende N/P-forhold, men det lavere forholdet fra vinteren 2003 gir ikke lengre noen slik tendens. For NO_3+NO_2-N/SiO_3 og PO_4-P/SiO_3 er det i perioden 1990-2006 signifikant avtakende middelverdier på stasjon Arendal St 2 og Lista, det vil si avtakende risiko for oppblomstring av skadelige alger ut fra OSPARs kriterier. Høye vinterkonsentrasjoner av nitrat og fosfat på Jomfruland, spesielt i 2003, som kan ha sammenheng med langtransporterte tilførsler, ødelegger for en mulig positiv utvikling også på denne stasjonen.

Organisk nitrogen (her definert som forskjellen mellom Tot-N og nitrat+nitritt) er nitrogen som i hovedsak er bundet til partikler (for eksempel planteplankton eller annet materiale som ikke er løst i vannet). Figur 4.5 viser at organisk nitrogen ved Jomfruland øker frem til 2003. Ved Arendal St. 2 er det en signifikant økning gjennom hele perioden 1991-2006, mens økningen ikke er like signifikant ved Lista. Det er en klar øst-vest gradient med de største konsentrasjonene ved Jomfruland og de laveste ved Lista (og Utsira), men bortsett fra Lista viser de 3 siste årene ikke noen forskjell mellom Færder, Jomfruland og Arendal St. 2. For organisk fosfor (figur 4.5) er bildet mer uryddig uten noen klar utvikling i perioden.



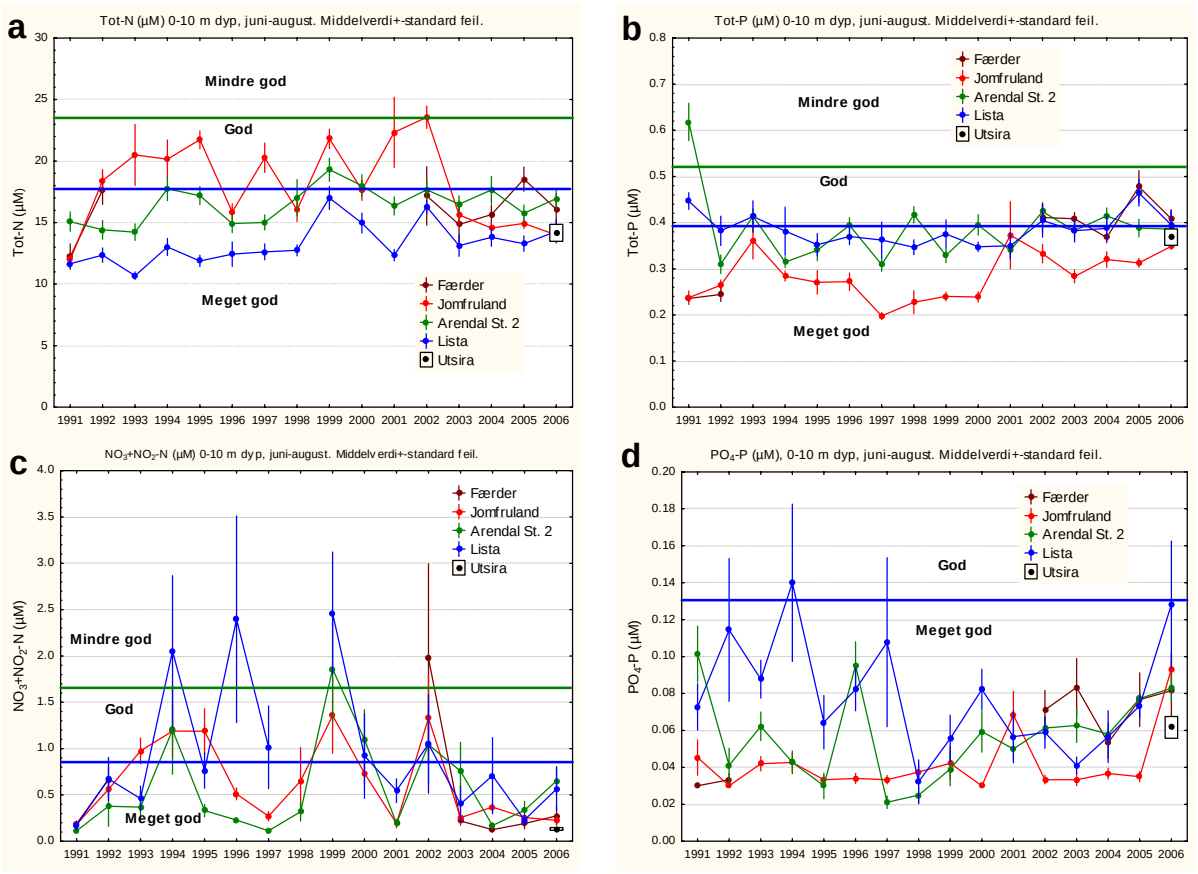
Figur 4.4. Forholdstall mellom a) nitrat og fosfat, b) nitrat og silikat og c) fosfat og silikat, basert på vinterverdier (desember-februar) i 0-10 m dyp. Middelverdi ± standard feil (nitritt er inkludert i nitrat-analysen, men er ubetydelig). Linjer markerer grenseverdi for a) økt risiko for oppblomstring av skadelige alger (>50% over Redfield) og b) og c) skifte fra diatomeer til flagellater.



Figur 4.5. Organisk nitrogen og fosfor ved Færder, Jomfruland, Arendal St.2, Lista og Utsira.

4.2 Sommerverdier i overflatelaget

I Figur 4.6 er sommerkonsentrasjoner i overflatelaget (vannprøver fra 0, 5 og 10m dyp) sammenlignet med SFTs miljøkvalitetskriterier for kystvann (SFT 1997). Vannkvaliteten for alle parametre sommeren 2006 er i tilstandsklassen meget god (klasse I), med unntak for totalfosfor (fra meget god, til klasse II-god) og klorofyll ved Jomfruland og Arendal St. 2. Sommerstid vil innholdet av løste næringssalter ofte bli nær eller lavere enn nedre målbare grense fordi planteplanktonproduksjonen tømmer vannet for løste næringssalter. I denne analysen er alle verdier mindre enn nedre målbare grense satt lik denne grenseverdien.

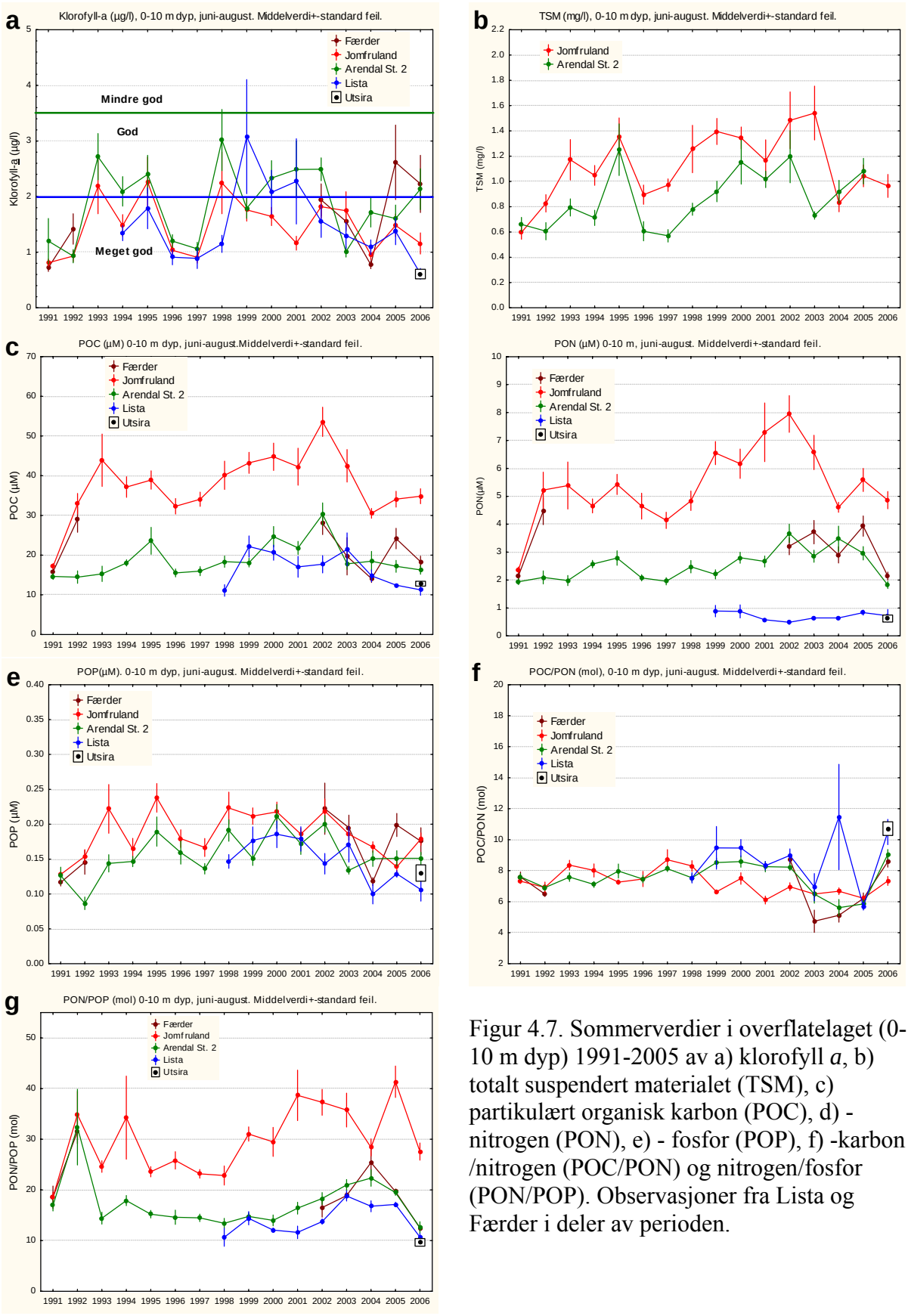


Figur 4.6. Næringssalter i overflatevann (0-10m dyp) sommerstid (juni-august).
a) Tot-N, b) Tot-P, c) NO_3+NO_2-N og d) PO_4-P (µM). SFTs klassifiseringsgrenser er markert.

Sett over observasjonsperioden er det en signifikant økning av nitrogen (Tot-N) på Lista (p=0.03) men ikke for Jomfruland og Arendal St. 2. På Arendal St. 2 er totalnitrogenkonsentrasjonen etter 2003 blitt noe høyere enn ved Jomfruland. For fosfor (Tot-P), fosfat (PO_4-P) og nitrat+nitritt (NO_3+NO_2-N), er det ikke noen signifikant forandring i perioden 1991-2006. Konsentrasjonen ligger med få unntak i beste tilstandsklassen - meget god. I tidsrommet 1991-2006 skiller 1999 og 2002 seg ut med samtidig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner på de tre stasjonene.

Figur 4.7 viser overflatekonsentrasjoner (middelverdier) av klorofyll-a, partikler (TSM) og partikulært organisk karbon (POC), nitrogen (PON), fosfor (POP) og partikulært N/P-forhold (PON/POP). Sammenlignet med SFTs miljøkvalitetskriterier er klorofyllkonsentrasjonene

sommeren 2006 i tilstandsklasse meget god (Jomfruland, Lista og Utsira) eller god (Færder og Arendal St. 2). Det er ikke noen signifikant trend i observasjonene for perioden 1991-2006. Partikkelkonsentrasjonen (TSM) øker på Jomfruland gjennom observasjonsperioden frem til 2002, men de siste tre årene har den blitt betydelig lavere og det er ikke noen trend over hele perioden lengre. Det kan se ut som at tidsrommet 1998-2003 var spesielt med høyere partikkelkonsentrasjoner og at de siste årenes observasjoner antyder mer normale forhold.

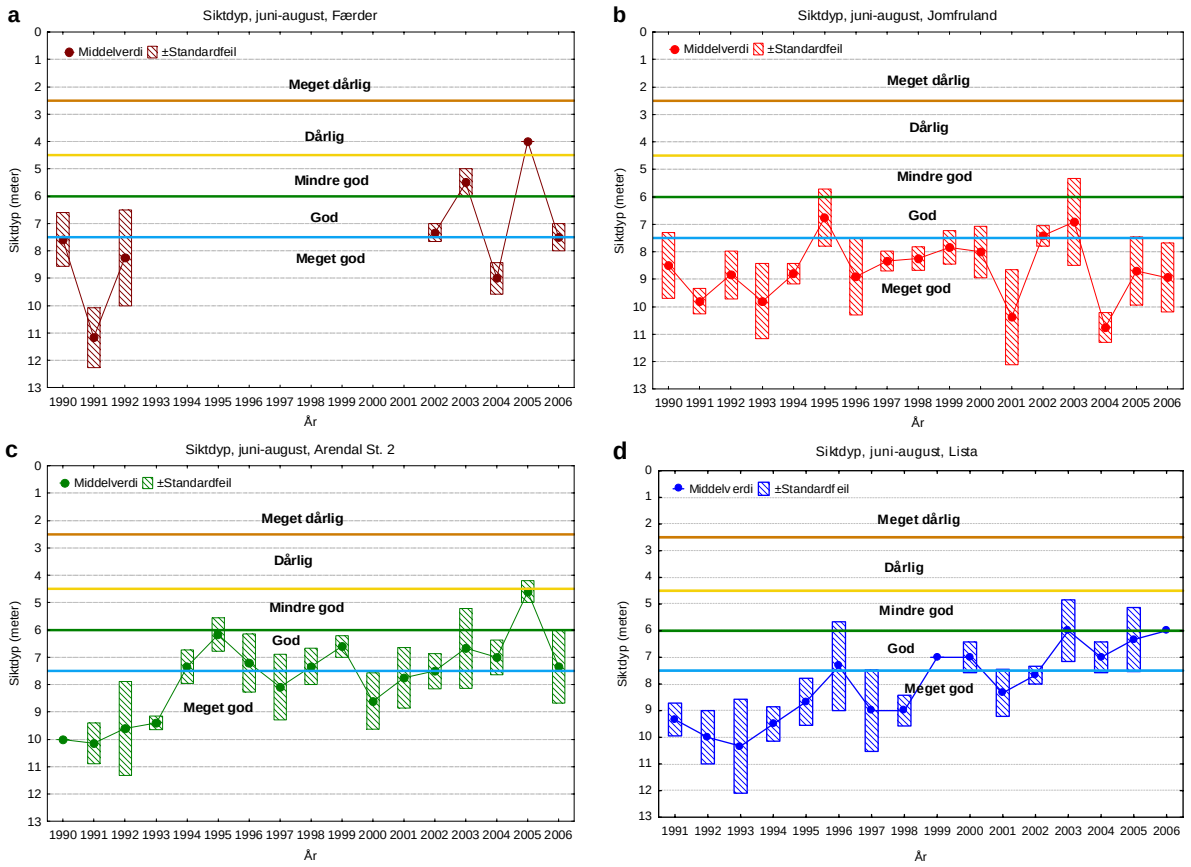


Figur 4.7. Sommerverdier i overflatelaget (0-10 m dyp) 1991-2005 av a) klorofyll *a*, b) totalt suspendert materialet (TSM), c) partikulært organisk karbon (POC), d) -nitrogen (PON), e) - fosfor (POP), f) -karbon /nitrogen (POC/PON) og nitrogen/fosfor (PON/POP). Observasjoner fra Lista og Færder i deler av perioden.

For partikulært karbon (POC) og nitrogen (PON), var det en signifikant økning av middelverdier for Jomfruland og Arendal St. 2 i 1992-2003, men de lavere konsentrasjoner av POC i 2004 til 2006 medfører at økningen ikke lengre er signifikant for POC. Dog er økningen av PON fortsatt signifikant ved Arendal St. 2 på tross av resultatet i 2006, men ved Jomfruland er PON-konsentrasjonen bare økende i perioden frem til 2003. Det er ikke noen trend for partikulært fosfor (POP). POC/PON-forholdet ligger nær 7:1, dvs. at det partikulære materialet domineres av marine organismer. PON/POP-forholdet var betydelig lavere i 2006 enn i 2005 og det er ikke lengre noen statistisk signifikant økning ved Jomfruland. Forholdet er størst ved Jomfruland og lavest ved Lista (og Utsira).

4.3 Siktdyp

Sommeren 2006 tilfredsstilte siktdypet kravet til tilstandsklasse 'god' (SFTs miljøkvalitetskriterier) stasjonene Færder og Jomfruland (Figur 4.8). På Arendal St 2 og Lista var tilstanden god. Generelt for perioden 1991-2005 har det vært signifikant avtagende (redusert) siktdyp på stasjonene Arendal og Lista, både for sommerobservasjoner og for hele året sett under ett (Tabell 4.1). Avtagende siktdyp i perioden henger sammen med økning i både partikler og planteplankton i øvre vannmasser. Siste års gode siktdyp på Jomfruland har snudd den negative trenden, som var signifikant fram til 2003.



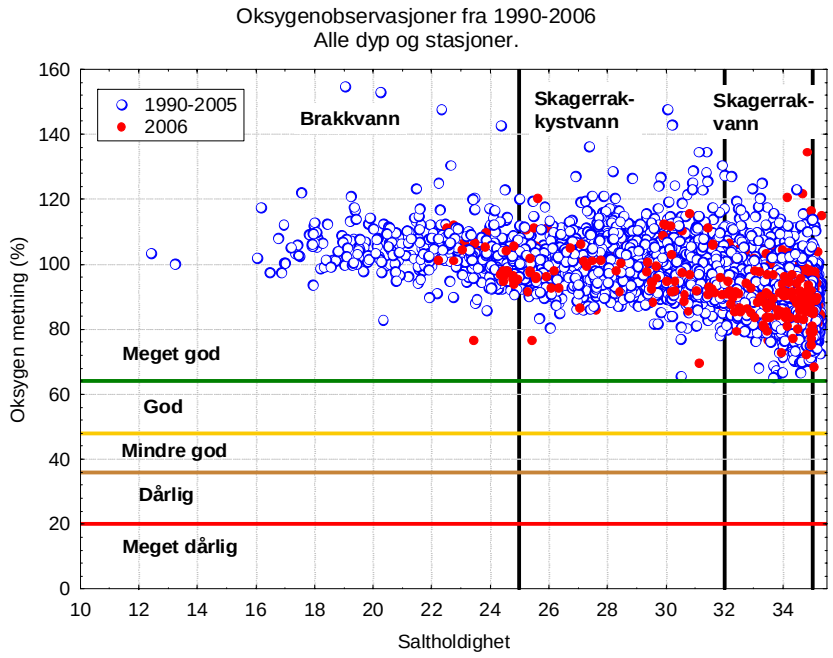
Figur 4.8 Siktdyp målt i kystvannet av Skagerrak i sommerperioden juni-august.
a) Siktdypskvalitet ved Færder, b) - Jomfruland, c) - Arendal, d) - Lista. Siktdypskvalitet er iht. SFTs kvalitetskriterier.

Tabell 4.1 Regresjonsanalyse av siktdypsmålinger ved Jomfruland, Arendal og Lista. Negativ trend betyr signifikant dårligere siktdyp i perioden 1991-2005.

Periode 1991-2005	Stasjon	r^2	Signifikans P	Trend
Hele året	Jomfruland	0.00	0.87	Ingen
	Arendal St. 2	0.48	0.002	Negativ
	Lista	0.52	0.001	Negativ
	Alle tre stasjoner	0.34	0.01	Negativ
Sommer-verdier juni-august	Jomfruland	0.00	0.76	Ingen
	Arendal St. 2	0.49	0.001	Negativ
	Lista	0.75	0.000	Negativ
	Alle tre stasjoner	0.36	0.01	Negativ

4.4 Vannkvalitet i dypere vannmasser

Oksygenmetningen i de dypere vannmassene i kyststrømmen er i 2006 i tilstandsklasse "meget god" i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier (Figur 4.9).



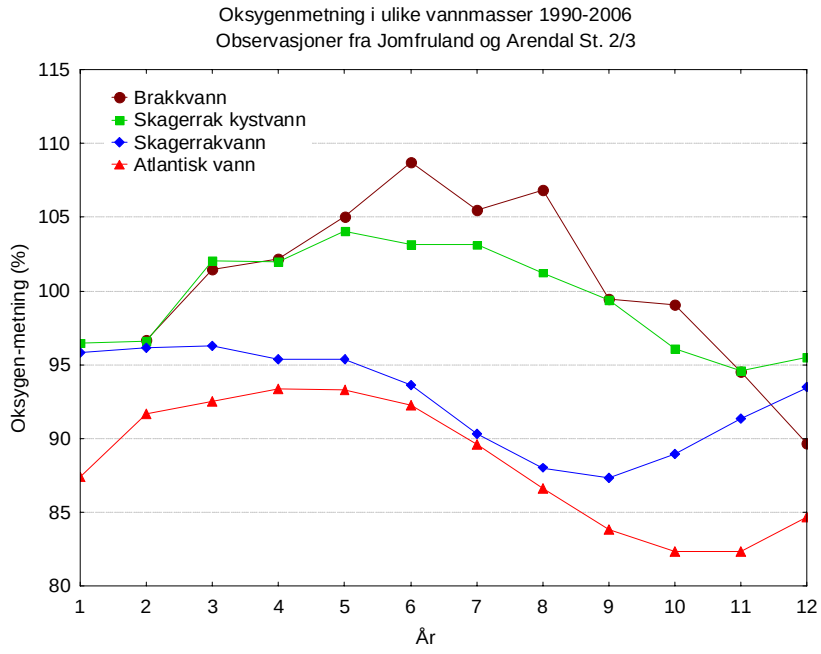
Figur 4.9 Oksygen-metning (%) i kyst-vannet målt over perioden 1991 – 2006. Observasjoner fra Færder, Jomfru-land, og Arendal. Resultater fra 2006 er markert med røde punkter.

Kystvannets oksygeninnhold varierer gjennom året og mellom de ulike vannmassene i Skagerrak (Figur 4.). I det brakke overflatevannet (BV) måles det en overmetning i de varme sommermånedene juni-august og lavest metningsprosent utover høsten (lite brakkvann om høsten gjør at få målinger ligger til grunn for dette resultatet og det skal brukes med for-siktighet). I Kystvannet (SK) er det gode oksygenforhold gjennom hele året. I Skagerrakvann (SV) fra 25 til 100-150 m dyp (Figur 2.4) er det laveste oksygeninnholdet på sensommeren (august-september), mens det i Atlantisk vann (dypere enn 100 m, jfr. Figur 2.4) er lavest i oktober-november.

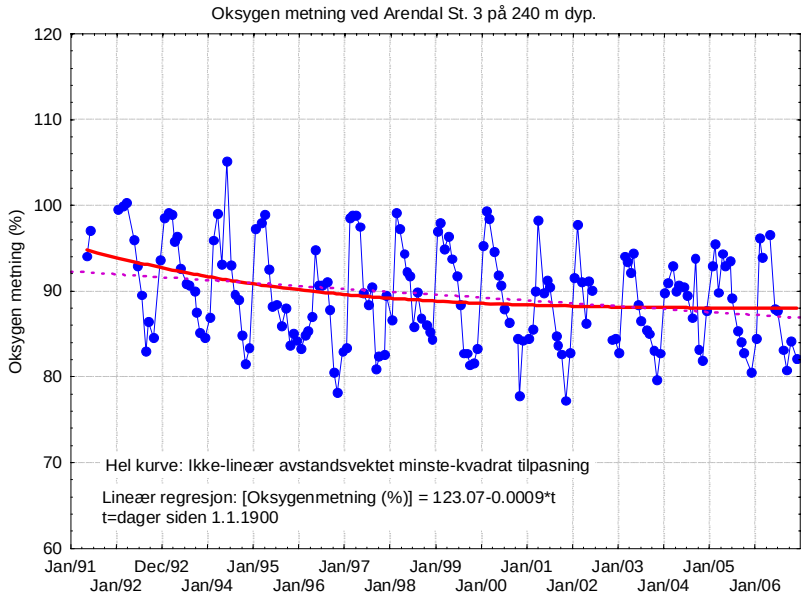
De gode oksygenforholdene i kyststrømmen er å forvente siden vannet har kort oppholdstid. Økt planteplanktonproduksjon og økt mengde organisk materiale som øker oksygenforbruket i dypere vannmasser, vil normalt ikke føre til kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i vann-

masser med kort oppholdstid, noe som også observasjonene fra Kystovervåkingsprogrammet viser. Selv om oksygenforholdene er gode, er det en tendens til avtakende konsentrasjoner i de dypere vannmassene utenfor Arendal. Figur 4.11 viser at både maksimum- og minimum-verdiene har samme tendens, dvs. avtar gjennom perioden, men at denne negative tendensen har bremset opp de siste årene (2005-2006). Andre analyser har tidligere vist avtakende oksygenkonsentrasjoner i fjorder og kystvann langs Skagerrakkysten (Johannessen og Dahl 1996) samt ute i Skagerrak (Andersson 1996) og observasjonene fra Kystovervåkings-programmet synes å bekrefte at denne negative trenden har fortsatt.

Selv om oksygenforholdene i Kyststrømmen er gode, vil avtakende konsentrasjoner i Kyst-strømmen ha betydning for fjorder og estuarier langs Skagerrakkysten siden disse områder stadig forsynes med vann fra Kyststrømmen. En moderat lavere oksygenkonsentrasjon i det innstrømmende vannet kan få alvorlige konsekvenser for oksygenkonsentrasjonen i fjord-bassenget, avhengig av oppholdstiden på bassengvannet. Samtidig som oksygen-kvaliteten på nytt innstrømmende vann til terskelfjorder forringes, vil den konstaterte økningen av

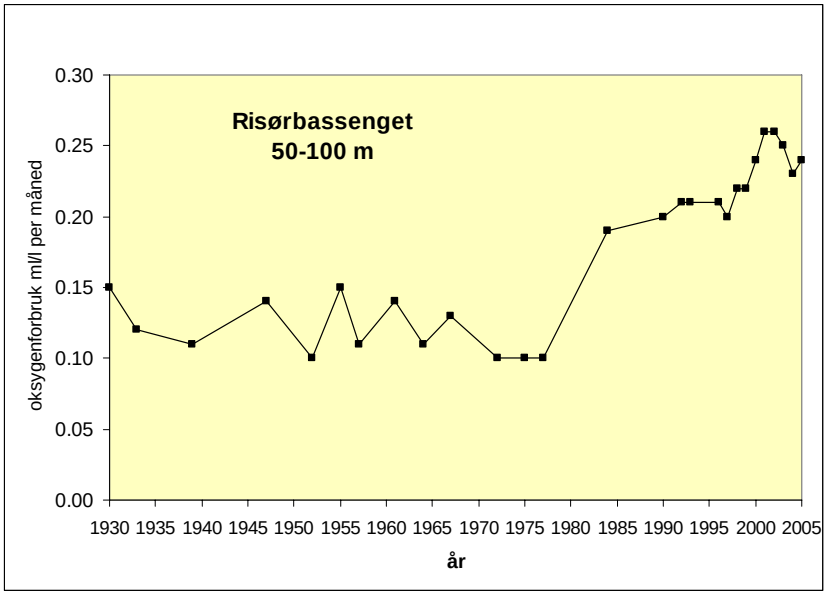


Figur 4.10. Oksygen i kystvannmasser plottet som oksygen-metning (%) pr. måned i 1990-2006. AV: Atlantisk vann. SV: Skagerrak-vann. SK: Skagerrak kystvann. BV: Brakkvann. Vanntypene er definert i kap. 2.



Figur 4.11 Oksygen-metning (%) på 240 meters dyp på stasjon Arendal St. 3 i perioden 1991-2006.

næringssalter i kystvannet, gi økt organisk belastning og økt oksygenforbruk i dypvannet. Figur 4.12 viser oksygenforbruk i Risørbassenget i perioden 1930-2005 (Observasjoner fra Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen Flødevigen) og viser en klar økning av oksygenforbruket fra 1980 (omlag 70 % større i perioden 1984-2005 enn i 1930-77). Dette betyr at den organiske belastningen på Risørbassenget har økt tilsvarende. Det økte oksygenforbruket de siste 15 år har ført til dårligere oksygenforhold i en rekke fjord- og kystbasseng langs Skagerrakkysten (Buhl-Mortensen m.fl. 2006).

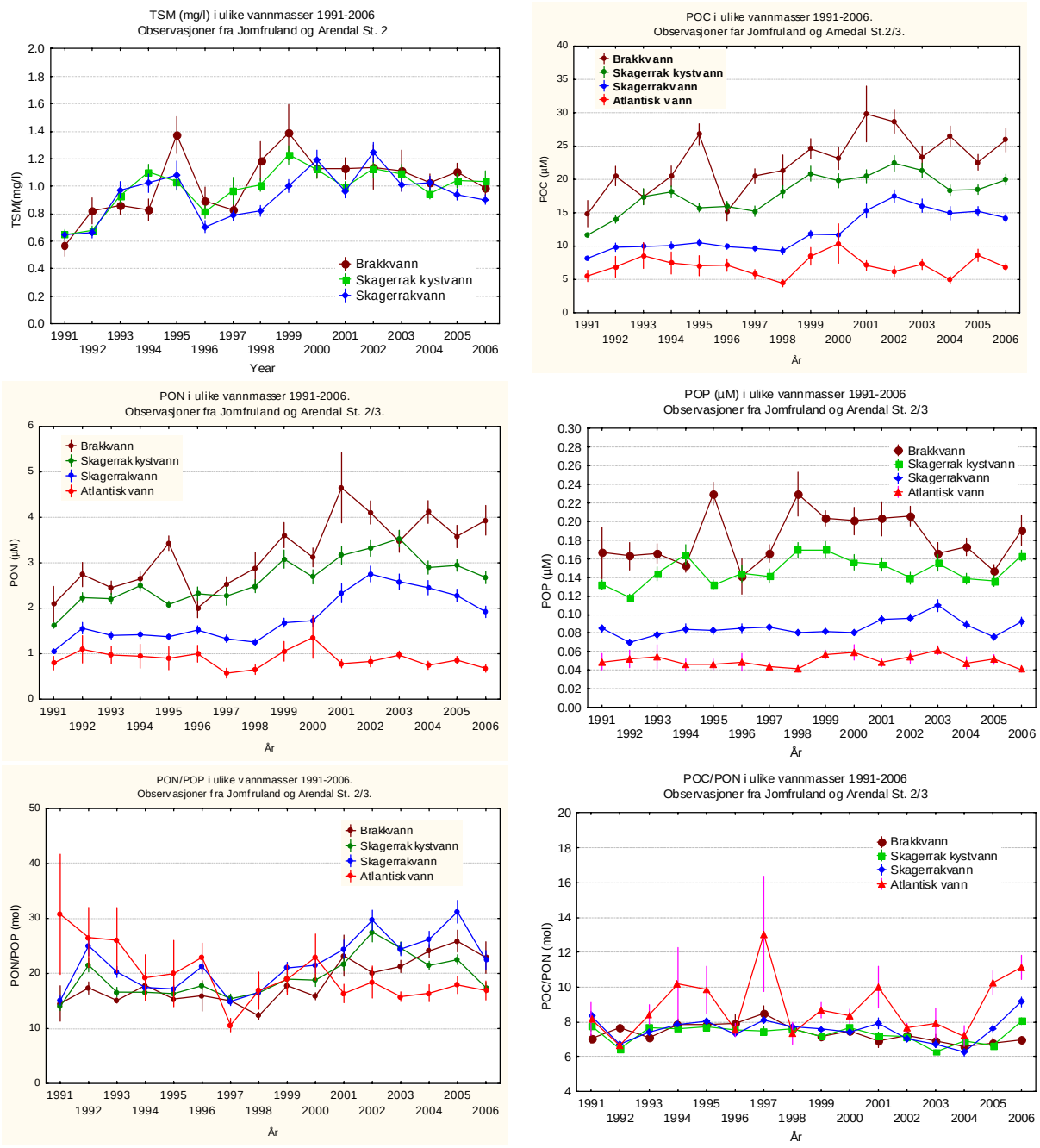


Figur 4.12 Oksygenforbruket i Risørbassenget mellom 1930 og 2005. (Kilde: HI).

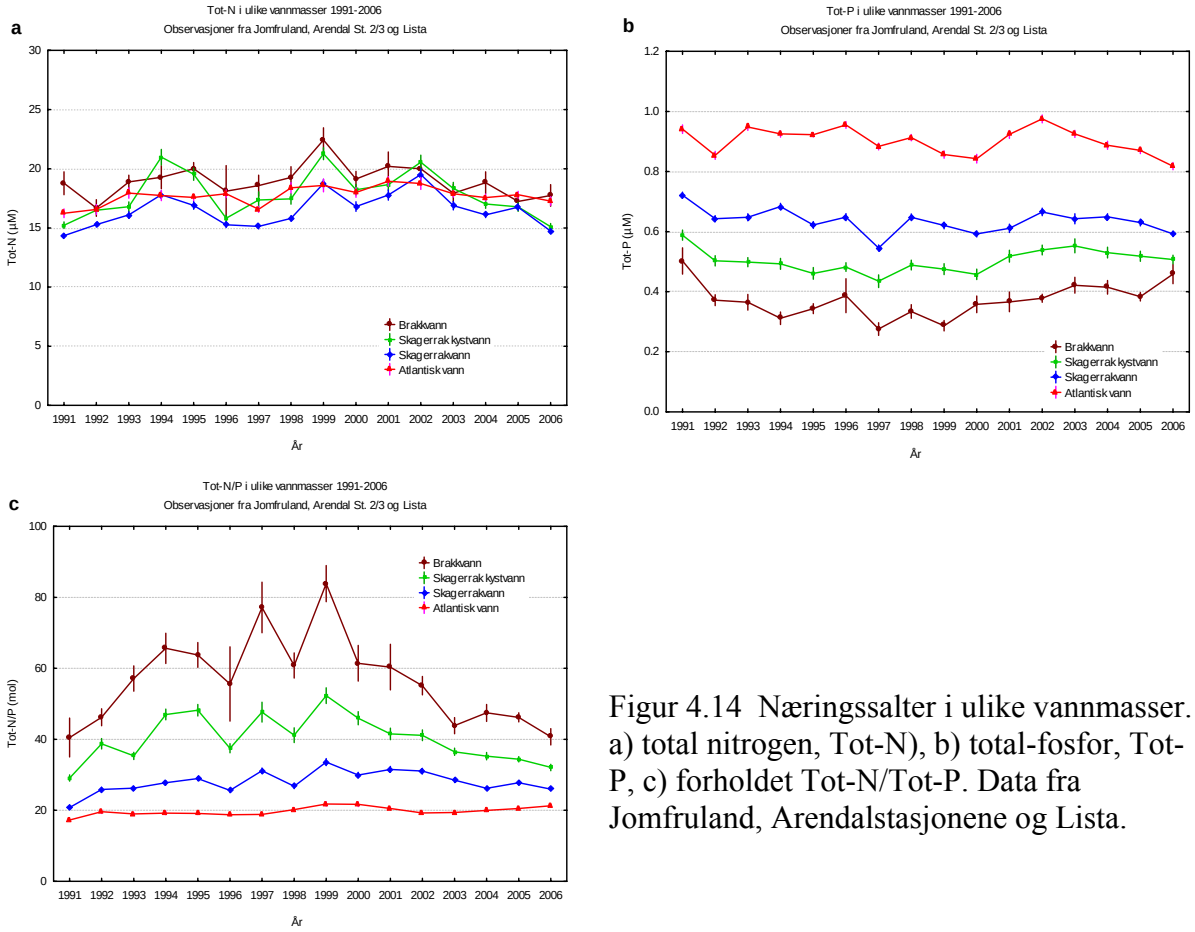
Årsmiddelverdiene av partikkelkonsentrasjonen (TSM) viser samme utvikling for de tre vannmassene Brakkvann, Kystvann og Skagerrakvann, oftest med den høyeste konsentrasjonen i brakkvannslaget og den laveste i Skagerrakvann (Figur 4.13a, Tabell 4.2). Med resultatene fra 2006 er det nå bare en signifikant økning i Skagerrak Kystvann, men dette er avhengig av de lave konsentrasjonene i 1991 og 1992. Samme fordeling, med høyest konsentrasjon i brakkvann og lavest i Skagerrakvann, gjelder også for organisk materiale (jfr. POC, PON og POP, hhv. karbon, nitrogen og fosfor, i Figur 4.13bcd).

Det en signifikant økning av POC og PON i perioden 1990-2006 for brakkvann, kystvann og spesielt Skagerrakvann, men ikke i Atlantisk vann (Tabell 4.2). For POP er det en signifikant økning i Skagerrakvann. PON/POP-forholdet (Figur 4.13 e) øker i alle vannmasser (skyldes økende PON), unntatt i Atlantisk vann hvor det avtar gjennom observasjonsperioden (Figur 4.13 e og Tabell 4.2). POC/PON-forholdet ligger nær 7:1, dvs. det organiske materialet som måles er i all hovedsak marine organismer (planteplankton etc.), men at det marine signalet avtar med dypet. Signifikant avtakende POC/PON-forhold er bare observert i brakkvann.

Konsentrasjonen av total nitrogen (Tot-N, Figur 4.14a) er til vanlig størst i Brakkvann, deretter i Skagerrak kystvann. Atlantisk vann har ofte høyere konsentrasjoner enn Skagerrakvann. For total fosfor (Tot-P, Figur 4.14b) er konsentrasjonen gjennomgående høyere i de dypereliggende vannmasser som Atlantisk vann, enn i f.eks. Brakkvann. N/P-forholdet blir derved størst i Brakkvann og lavest i Atlantisk vann, som også framgår av Figur 4.14c. For Tot-P og Tot-N er det ikke noen signifikant utvikling i perioden (Tabell 4.2). Brakkvann og Kystvann synes å vise en variasjon med økning fram til 1999 og reduksjon i etterfølgende periode. N/P-forholdet er signifikant økende i Atlantisk vann.



Figur 4.13 Partikulært materiale i ulike vannmasser. a) partikler TSM, b) partikulært organisk karbon, POC, c) –nitrogen, PON, d) forholdet organisk nitrogen og fosfor PON/POP. For TSM er det brukt data fra Jomfruland og Arendal St. 2, for POC,PON og POP data fra Jomfruland og Arendal St 2 og 3



Figur 4.14 Næringssalter i ulike vannmasser. a) total nitrogen, Tot-N), b) total-fosfor, Tot-P, c) forholdet Tot-N/Tot-P. Data fra Jomfruland, Arendalstasjonene og Lista.

Tabell 4.2 Resultater av regresjonsanalyse på middelverdier. Trend = Positiv betyr signifikant økning i perioden. p gir signifikansnivået.

Periode	Stasjoner	Parameter	Vannmasse	r^2	p	Trend
1991-2006	Jomfruland+Arendal St. 2	TSM	BV	0.24	0.06	(Positiv)
		TSM	SK	0.33	0.02	Positiv
		TSM	SV	0.22	0.07	
1991-2006	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POC	BV	0.43	0.006	Positiv
		POC	SK	0.55	0.001	Positiv
		POC	SV	0.72	0.000	Positiv
		POC	AV	0.00	0.83	
1991-2006	Jomfruland+Arendal St. 2/3.	PON	BV	0.43	0.006	Positiv
		PON	SK	0.55	0.001	Positiv
		PON	SV	0.72	0.000	Positiv
		PON	AV	0.00	0.88	
1991-2006	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POP	BV	0.02	0.59	
		POP	SK	0.10	0.21	
		POP	SV	0.26	0.04	(Positiv)
		POP	AV	0.00	0.82	
1991-2006	Jomfruland+Arendal St. 2/3	PON/POP	BV	0.60	0.000	Positiv
		PON/POP	SK	0.33	0.02	Positiv
		PON/POP	SV	0.41	0.008	Positiv
		PON/POP	AV	0.42	0.007	Negativ
1991-2006	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POC/PON	BV	0.34	0.02	Negativ
		POC/PON	SK	0.09	0.25	
		POC/PON	SV	0.02	0.62	
		POC/PON	AV	0.03	0.53	
1991-2006	Jomfruland+Arendal +Lista	Tot-N	BV, SK, SV, AV	0.0-0.18	0.10-0.91	
1991-2006	Jomfruland+Arendal +Lista	Tot-P	BV,SK,SV,AV	0.00	0.3-0.7	
1991-2006	Jomfruland+Arendal+Lista	Tot-(N/P)	BV, SK, SV	0.0-0.1	0.2-0.6	
		Tot-(N/P)	AV	0.37	0.01	Positiv

5. Planktonsamfunn i Skagerrak

Algebiomassen var relativt lav (20,7 g C/l/år) også i 2006. Allerede tidlig i februar startet våroppblomstringen som ble moderat dette året. I starten av blomstringen dominerte kiselalgen Skeletonema *som etter en kort blomstringsperiode ble etterfulgt av kiselalgen* Thalassiosira nordenskiöldii. *I forbindelse med tilførsel av ferskvann rikt på nitrat og silikat i mai startet en ny kiselalgeblomstring hvor flere arter etterfulgte hverandre (*Leptocylindrus danicus, Cerataulina pelagica, Pseudo-nitzschia, Skeletonema, Proboscia alata*). En høst-blomstring i september/oktober startet som en blomstring av små flagellater og ble etterfulgt av biomassemessig dominans av dinoflagellaten cf.* Karenia mikimotoi. *Dinoflagellatslekten* Ceratium *ble registrert gjennom hele året, men konsentrasjonene var lave. Forekomsten av potensielt toksiske alger var lav hele året. Kun den potensielle diarégiftproduserende dinoflagellaten* Dinophysis acuta *ble registrert over faregrensenivå ved en innsamling i siste halvdel av juli. Uvanlige mengder detritus ble registrert i prøvene også dette året. Beregning av gjennomsnittlig cellekarbon og nitratkonsentrasjon i vannet for 5-års perioder fra 1995 og fram til nå, viser en sammenfallende reduksjon. Reduksjonen av nitrat starter tidligere nå enn på 1990-tallet – noe som faller sammen med en tidligere start på våroppblomstringen de senere årene.*
Tettheten av Calanus *var markant lavere i 2006 sammenlignet med året før. Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse i 2006 var noe lavere enn året før, men på høyde med middelet for undersøkelsesperioden 1994-2005. Sammen med høyere havtemperaturer er det observert flere varmekjære nykommere i planktonfaunaen de siste årene.*

5.1 Planteplankton i 2006

5.1.1 Algekarbon

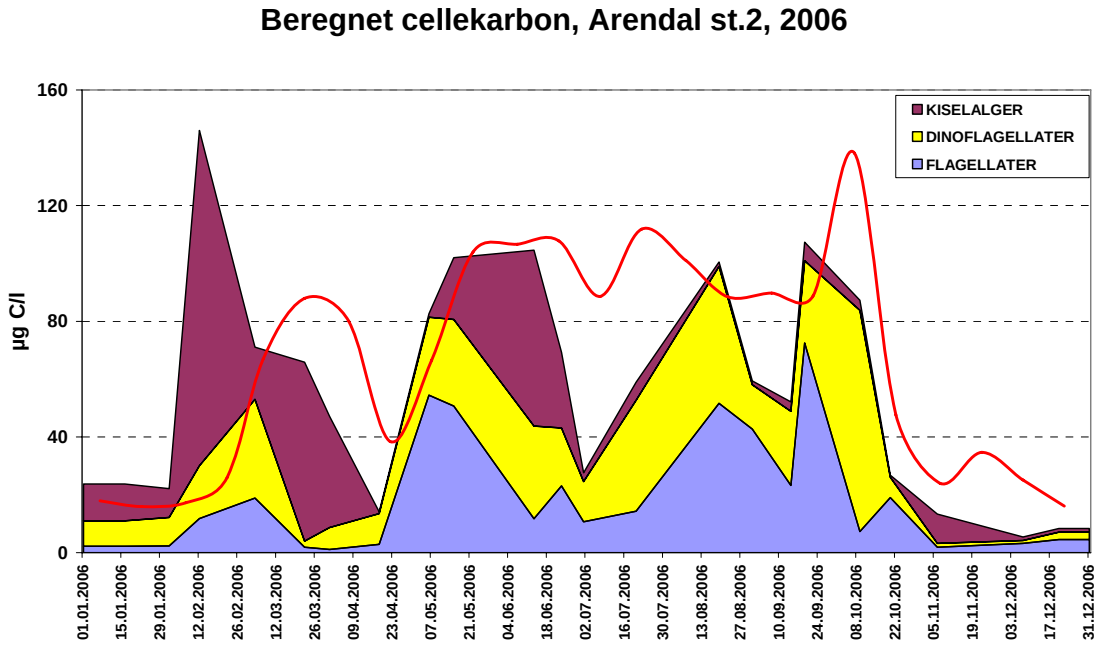
I løpet av vekstsesongen 2006 ble det registrert fire biomassetopper henholdsvis tidlig i februar, i slutten av mai, i midten av august og i månedsskiftet september/oktober (fig. 5.1). Blomstringen i februar var dominert av kiselalger, mens maiblomstringen startet som en flagellatblomstring som ble etterfulgt av kiselalger. Sensommerblomstringen i august inneholdt biomassemessig omtrent like deler flagellater og dinoflagellater. Høstblomstringen i september startet med høy flagellatbiomasse, men i siste del av blomstringen var det dinoflagellater som bidro med høyest biomasse. Ut fra formen til kurven for beregnet cellekarbon kan det se ut som om selve biomassetoppene i månedskiftet mai/juni og under høstoppblomstringen i september/oktober falt mellom to innsamlinger i innsamlingsprogrammet.

Blomstringene i 2006 var av det moderate slaget (maks. 146 µg C/l), men relativt sett jevn algebiomasse gjennom hele vekstsesongen gjør at algebiomassen integrert over året var høyere enn for 2005. At våroppblomstringen ikke ble like massiv som i 2005, kan skyldes at næringssaltnivåene ved starten av blomstringen (fig. 5.2) var betydelig lavere enn i 2005.

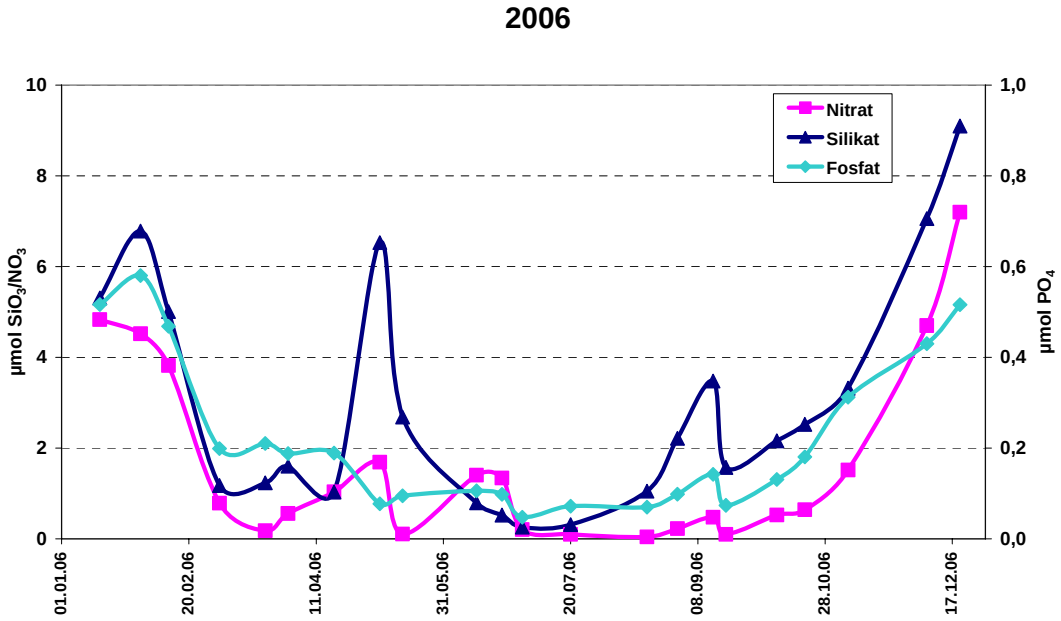
Våroppblomstringen, som startet tidlig i februar med en *Skeletonema*-blomstring og ble etter-fulgt av *Thalassiosira nordenskiöldii*, forbrukte mesteparten av næringssaltene og førte til at nitrat ble vekstbegrensende. I begynnelsen av mai førte en kraftig tilførsel av silikat og også nitrat (jfr. figur 5.2) til at en ny kiselalgeblomstring fant sted. Begge disse blomstringene falt sammen med forutgående perioder med brakt overflatevann (jfr. fig. 2.4) som gir den vertikale stabilitet i den øvre delen av vannsøylen som er en forutsetning for at en blomstring skal kunne finne sted. Brakkvannet i mai inneholdt mye silikat og nitrat, men lite fosfat.

I første halvdel av september fikk vannmassene ny tilførsel av silikat og fosfat, men disse ble raskt forbrukt og mangel på nitrat førte til at noen markant oppbygging av algebiomasse ikke fant sted.

Først i begynnelsen av november begynte næringssaltkonsentrasjonene igjen å bygge seg opp, men på denne tiden er lys og stabilitet i vannsøylen er begrensende vekstfaktorer slik at økt tilgang på næring ikke gir algevekst.



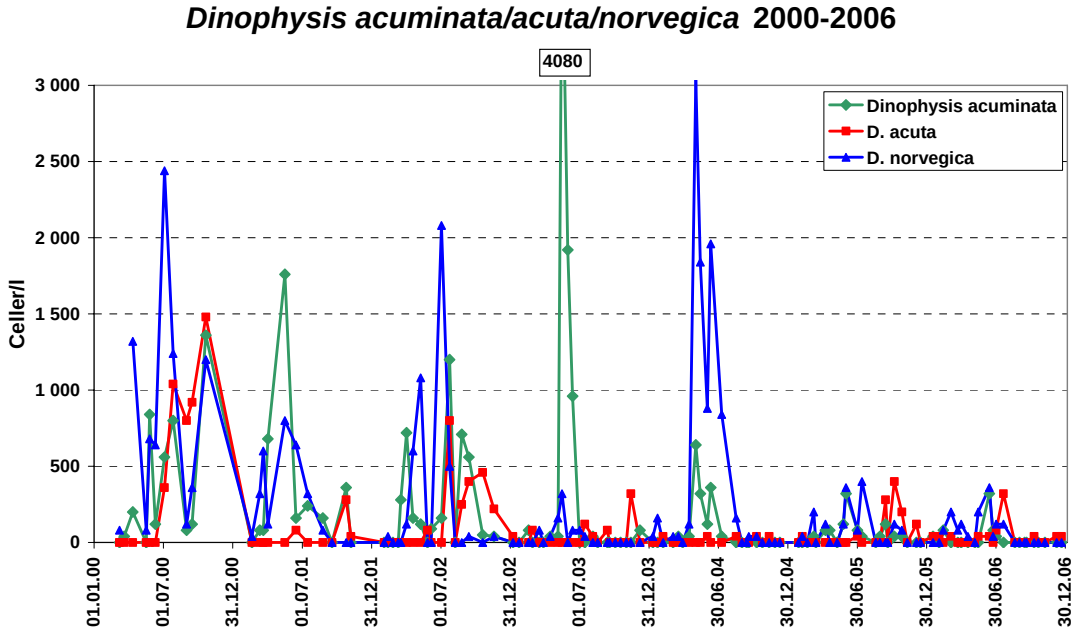
Figur 5.1 Biomassevariasjonen over året i form av beregnet cellekarbon (µg C/l) for 2006. Den røde linjen markerer gjennomsnittlig beregnet algekarbon for årene 1992-2005.



Figur 5.2. Tidsutviklingen for næringssaltene silikat, nitrat og fosfat på 5 meters dyp ved Arendal (st. 2) gjennom året 2006.

5.1.2 Artssammensetning
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)

Potensielt toksiske dinoflagellater
Alexandrium, som er en slekt med flere potensielle PSP-produsenter, ble registrert med spredte forekomster i perioden fra februar til juli, men mengdene lå generelt under faregrensenivå. Maksimumsregistrering (240 celler/l) ble gjort i midten av juni. Faregrensenivå for *Alexandrium* ble i 2006 differensiert med en faregrense på 200 celler/l for *A. tamarense* og et vurderingsnivå på 1.000 celler/l for *A. ostenfeldii* som er langt mindre potent.



Figur 5.3. Forekomstene av *Dinophysis acuminata, D. acuta* og *D. norvegica* i perioden 2000-2006.

Slekten *Dinophysis*, som består av flere ulike arter som er potensielle produsenter av diaré-gift, forekom stort sett i lave konsentrasjoner under faregrensenivå hele året (fig. 5.3). Kun *Dinophysis acuta,* som forekom fra januar til desember, ble registrert over faregrensenivå (320 celler/l) ved ett tilfelle i juli.

Cf. *Karenia mikimotoi* forekom i stort sett lave konsentrasjoner (<10.000 celler/l) i perioden månedsskiftet august/september til begynnelsen av november. Unntaket er begynnelsen av oktober da den forekom i et moderat antall på 94.000 celler/l og utgjorde 76% av den totale algebiomassen. Den ble imidlertid på tilsvarende tidspunkt registrert i betydelig høyere konsentrasjoner andre steder i Skagerrak. Cellene var noe atypiske og relativt små (15-23 µm), og artsangivelsen er derfor noe usikker.

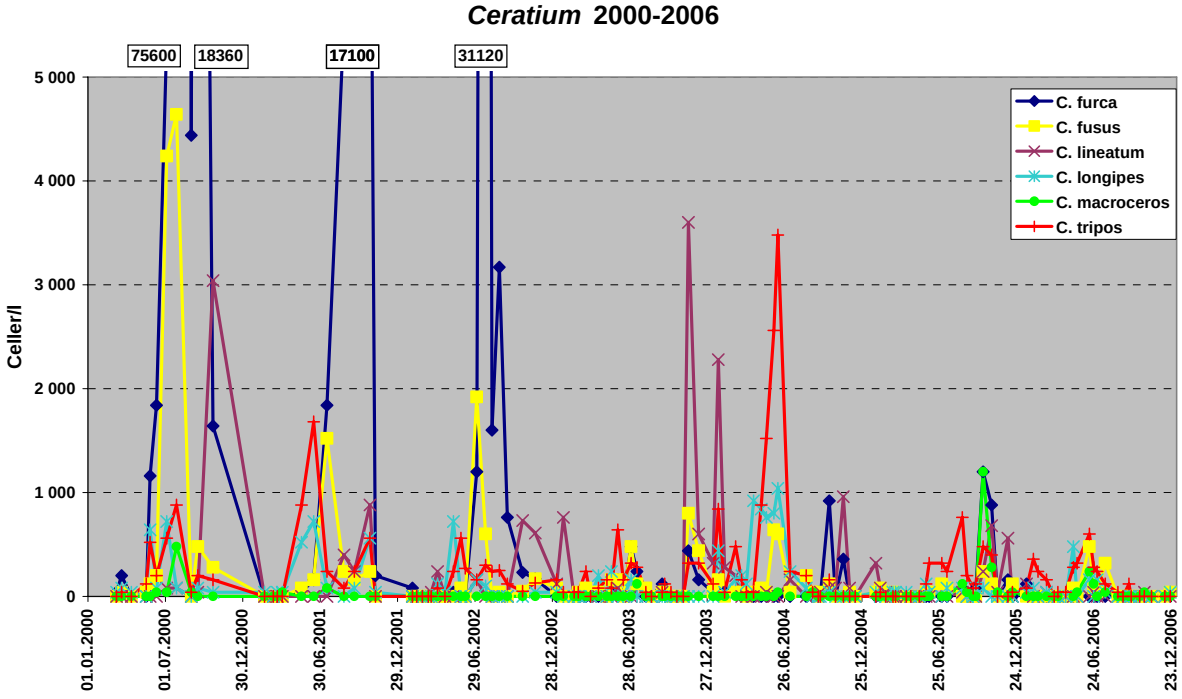
Andre framtredende dinoflagellater
Som i 2005 ble også 2006 et år med lave forekomster av *Ceratium* (fig. 5.4). Den mest framtredende arten var også dette året *C. tripos* som forekom jevnlig fra januar til september i lavt/moderat antall med maksimumsregistrering (600 celler/l) i juni. På grunn av størrelsen var den en viktig bidragsyter til dinoflagellatbiomassen i store deler av denne perioden. Det høyeste bidraget til algebiomassen ble registrert i begynnelsen av februar da *C. tripos* i et

antall på 360 celler/l bidro med 35%, mens maksimumsregistreringen i juni bidro til 12,4% av den totale algebiomassen.

En annen framtredende bidragsyter til algebiomassen var *Heterocapsa rotundata* som hadde maksimumsregistrering (122.200 celler/l) i juli da den bidro med hele 35,5% av den totale algebiomassen. *H. rotundata* ble registrert store deler av året med hovedforekomster i mai og juli-august, men mengdene var i hovedsak relativt beskjedne.

Generelt gjør slekten *Protoperidinium* lite av seg rent tallmessig, men slekten innbefatter til dels store alger som biomassemessig er viktige. Dette er tilfellet for *P. depresssum* som forekom i perioden februar-juni med maksimumsforekomst i begynnelsen av mars da den bidro til 18,2% av algebiomassen.

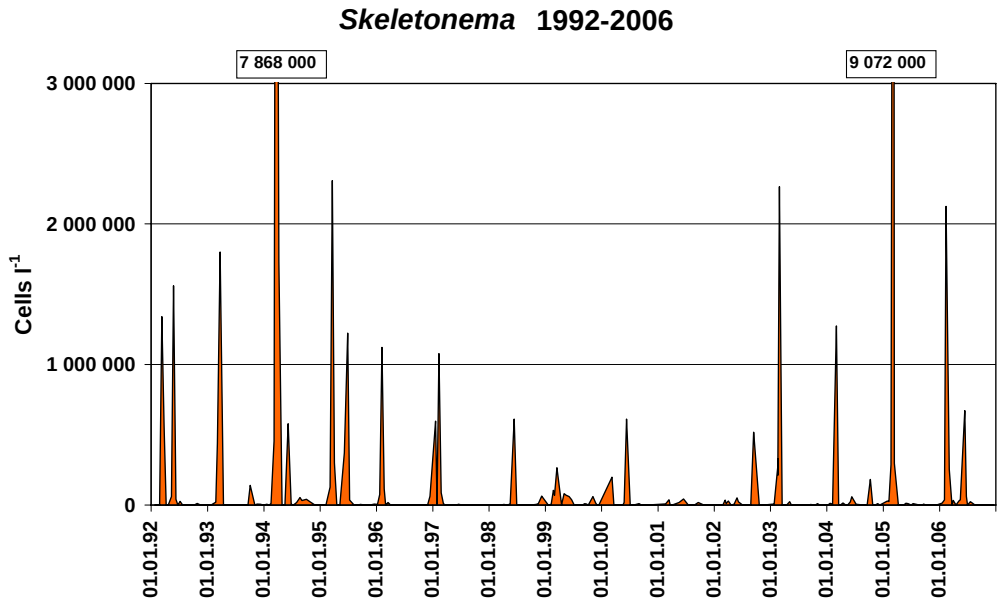
Små ubestemte nakne dinoflagellater var viktige bidragsytere til algebiomassen utover sommeren og tidlig på høsten, og bidro i august med et antall på 0,6 mill. celler/l, tilsvarende 33,5% av den totale algebiomassen.



Figur 5.4. Forekomstene av ulike *Ceratium*-arter i perioden 2000-2006.

KISELALGER (Bacillariophyceae)

Allerede i midten av januar ble det registrert mange ulike typer kiselalger. Selv om konsentrasjonen for de fleste var lav bidro de totalt til 53,6% av den totale algebiomassen, med *Proboscia alata* (9.040 celler/l) som biomassemessig (28,3%) dominerende art. Slekten *Skeletonema* forekom i lav konsentrasjon, og økte svakt i løpet av januar, for så å bli registrert i full blomst og med årsmaksimum på 2,1 mill. celler/l allerede 12. februar (fig. 5.5) da den bidro til ca. 31,3 % av algebiomassen.



Figur 5.5. Forekomst av kiselalgen *Skeletonema* i perioden 1992-2006.

Blomstringen var betydelig redusert i begynnelsen av mars, men i siste del av mars ble en ny kiselalgeblomstring registrert med *Thalassiosira nordenskioeldii* (0,3 mill. celler/l) som dominerende art og med et bidrag til den totale algebiomassen på 78,7%. Blomstringen av *T. nordenskioeldii* avtok i slutten av mars da *Chaetoceros debilis* (0,18 mill. celler/l) og *C. socialis* (0,47 mill. celler/l) overtok som de mest framtredende artene og bidro med henholdvis 43,0 og 19,8 % til algebiomassen.

Kiselalgeforekomstene var lave i april og første del av mai. I slutten av mai ble det registrert en liten blomstring av *Leptocylindrus danicus* (0,22 mill. celler/l), men kiselalgeforekomstene økte på utover i juni med *Cerataulina pelagica* (37.600 celler/l), *Pseudo-nitzschia* (0,32 mill. celler/l) og *Skeletonema* (0,67 mill. celler/l) og som de biomassemessig mest framtredende med bidrag på henholdsvis 20,3, 13,2 og 11,6 % til algebiomassen. I slutten av juni var det *Proboscia alata* (12.650 celler/l) som dominerte.

Videre utover sommeren og høsten var kiselalgeforekomstene generelt lave med unntak av en liten blomstring av *Dactyliosolen fragilissimus* (0,2 mill. celler/l) i september og en betydelig forekomst av *Rhizosolenia setigera* (4.320 celler/l) i november, som bidro til hele 72,0 % av algebiomassen.

FLAGELLATER

Kalkflagellater (Coccolithophyceae = Prymnesiophyceae)

Emiliania huxleyi ble registrert i lav konsentrasjon allerede tidlig i januar og forekom stort sett hele året. Det ble i motsetning til fjoråret ikke registrert noen stor blomstring av *E. huxleyi*, men maksimum (0,57 mill. celler/l) ble funnet i midten av juni da den bare bidro til 6,9 % av algebiomassen. Så sent som i begynnelsen av desember ble *E. huxleyi* registrert i relativt høyt antall på 0,12 mill. celler/l da den med 28,3 % hadde sitt relativt sett største bidrag for året til algebiomassen. Den største relative betydningen rent biomassemessig faller med andre ord ikke alltid sammen med artenes maksimumsforekomst.

Ingen andre arter innenfor denne algeklassen blomstret i 2005.

Nåleflagellater (Raphidophyceae)
I siste halvdel av januar ble den fisketoksiske flagellaten *Verrucophora farcimen* (syn. *Chattonella* aff. *verruculosa*) registrert i Kattegat. Denne blomstringen ble overvåket av NIVA og i de brakke vannmassene som strømmet ut fra Kattegat, ble *Verrucophora* 27. januar registrert i en konsentrasjon på 40.000 celler/l. Dette ble starten på en langvarig blomstring av *Verrucophora* i østre del av Skagerrak med en maksimumsregistrering på 2,6 mill. celler/l nord for Skagen den 27. februar . Ved Arendal st. 2 ble *Verrucophora* registrert fra midten av februar til siste del av mars med maksimumskonsentrasjon på 0,24 mill celler/l i begynnelsen av mars da den bidro til 24,2 % av algebiomassen.

Olivengrønnalger (Prasinophyceae)
Denne algeklassen var mest framtredende i mai da *Pyramimonas* ble registrert med høyeste celletall dette året på 0,43 mill. celler/l og bidro til 5 % av den totale algebiomassen. Bortsett fra dette var forekomstene generelt lave.

Svelgflagellater (Cryptophyceae)
Cryptomonader var framtredende i tre perioder. Den første var i mai, den andre i august og den tredje i september-oktober. Det var i hovedsak *Plagioselmis* som var mest framtredende med celletall rundt 0,2 mill celler/l, med unntak av i begynnelsen av mai da også *Teleaulax acuta* (0,45 mill. celler/l) forekom og dominerte både tallmessig og biomassemessig og bidro til 11,6 % av algebiomassen.

Ubestemte flagellater/monader
Generelt var forekomsten av ubestemte nakne flagellater/monader lave fram til april, men for resten av året var flagellat/monade-forekomstene med få unntak av biomassemessig stor betydning (20-67 %).

5.1.3 Detritus
Også i 2006 ble uvanlig store forekomster av detritus registrert i perioder (Tabell 5.1), og utgjorde da et stort problem for algeanalysene. Særlig problematisk var deteksjon og kvantifisering av små algeformer. I forbindelse med høye forekomster av detritus i prøven fra 5 m, ble alle prøvedyp (0 m, 5 m, 10 m, 20 m, 30 m) fra tre innsamlingsdatoer (31. aug., 14. sept., 19. sept.) sjekket for detritus. Alle de tre datoene var mengden detritus var ganske jevnt fordelt i fra overflaten og ned til 30 m.

I forbindelse med et overvåkningsprosjekt for Mattilsynet har vi i 2006 ukentlig overvåket ulike lokaliteter i Hordaland, Sogn og Fjordane, Nordland, Troms og Finnmark. Blant annet ble de store fjordene på Vestlandet (Hardangerfjorden, Sognefjorden og Nordfjord) overvåket, og i den forbindelse ble det registrert uvanlige forekomster av detritus i indre del av Sognefjorden. Forekomstene var gjennomgående høye hele året, og mengdene var ofte så store at det vanskeliggjorde algeanalysen. Også i ytre strøk av Sunnhordland ble det registrert en god del detritus. Så langt nord som i Varangerfjorden ble det tidvis registrert høye forekomster av detritus.

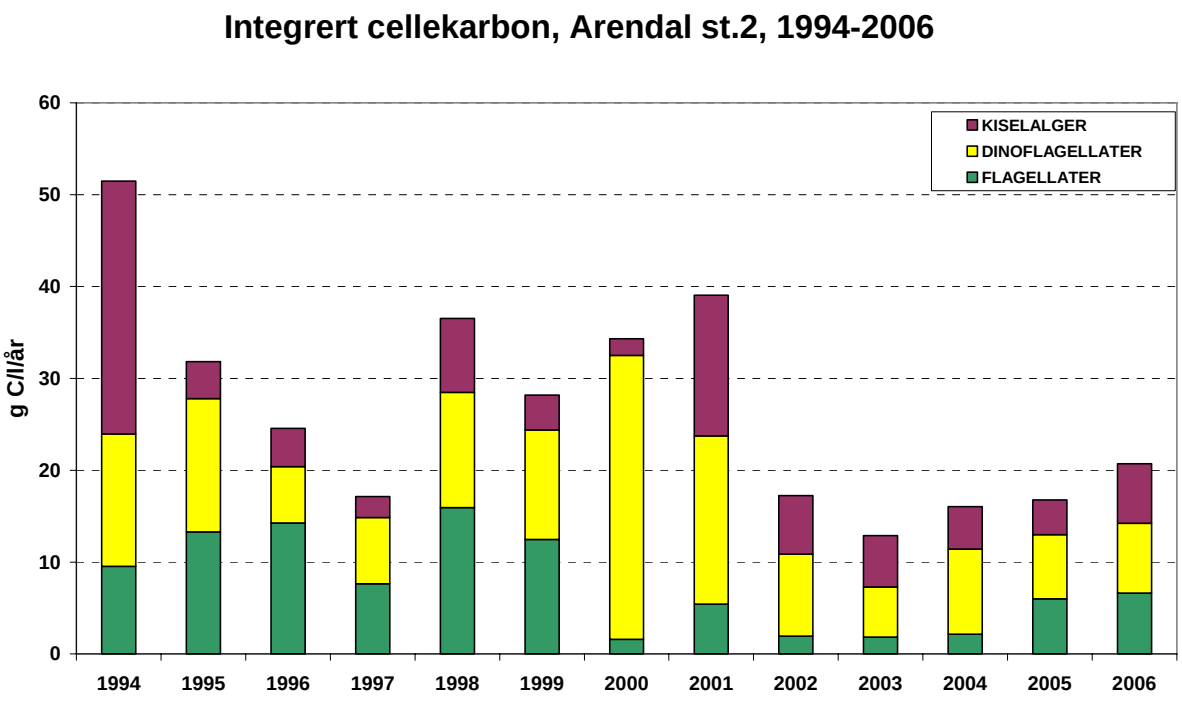
Tabell 6.1. Registrerte detritusforekomter i 2006 på Arendal st.2. Tekstens farge angir følgende: Grønt - lite/ikke detritus. Oransje - en god del detritus. Rødt - mye/svært mye detritus.

Dato	Detritusforekomster
16.01.06	Små detritusfnokk.
01.02.06	Ikke detritus.
12.02.06	Mye detritus.
04.03.06	En god del detritus.
22.03.06	Lite detritus.
31.03.06	Relativt lite detritus, små detritusflak.
18.04.06	En god del detritus.
06.05.06	Mye detritus i klumper. Mye stavbakterier. Svært vanskelig å analysere.
15.05.06	Mye detritus. Vanskelig å analysere.
13.06.06	Mye detritus. Vanskelig å analysere.
23.06.06	Svært mye detritus. Svært vanskelig/relativt håpløs å analysere.
01.07.06	Ikke detritus.
20.07.06	Ikke detritus.
19.08.06	Enormt med detritus. Svært vanskelig/håpløs å analysere.
31.08.06	Svært mye detritus fra 0-30 m. Svært vanskelig/relativt håpløs å analysere.
14.09.06	Svært mye detritus fra 0-30 m. Svært vanskelig/relativt håpløs å analysere.
19.09.06	Enormt med detritus fra 0-30 m. Prøven fra 5 m var umulig å opparbeide. Opparbeidet prøven fra 0 m som var svært vanskelig/relativt håpløs å analysere.
09.10.06	Ikke detritus. Litt partikulært materiale.
20.10.06	Svært mye detritus. Svært vanskelig/håpløs å analysere.
06.11.06	Ikke detritus. Litt fragmentert materiale.
07.12.06	Ikke detritus.
20.12.06	Ikke detritus av betydning. Litt fragmentert organisk materiale og en del tilsynelatende uorganiske partikler.

5.1.4 Utvikling i planteplanktonsamfunn over tid

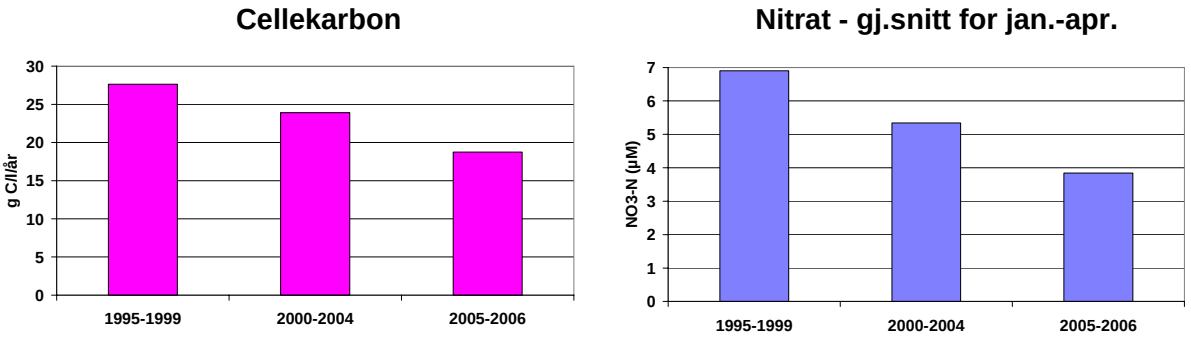
Integrert over året ble algekarbonmengden i 2006 beregnet til 20,4 g C/l/år (figur 5.6), dvs. noe høyere enn for de fire foregående år hvor gjennomsnittlig algekarbonmengde har vært 15,7 g C/l/år. Dinoflagellater, flagellater og kiselalger bidro med omtrent like mye til den totale algebiomassen totalt sett over året (31-37%). Andelen uklassifiserte flagellater/monader var relativt høy med nesten 24%.

Dersom gjennomsnittet for cellekarbon integrert over året for periodene 1995-1999, 2000-2004 og 2005-2006 sammenlignes med gjennomsnittlig nitratkonsentrasjon for januar-april i de samme periodene, framkommer et klart mønster i utviklingen (figur 5.7). Den registrerte nedgang i cellekarbon for disse periodene faller godt sammen med en tilsvarende nedgang i nitratmengden i årets første fire måneder på Arendal st.2. Tilsvarende nitratutvikling sees i Tyskebukta (jfr. fig.3.3).



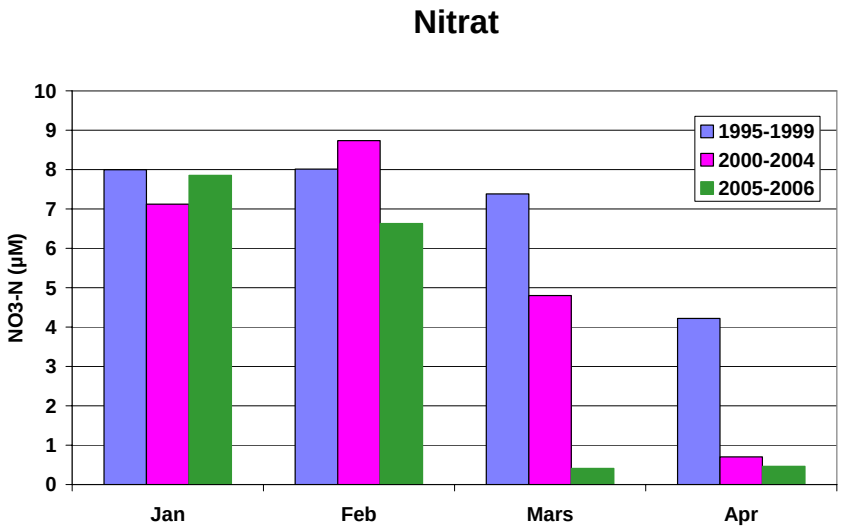
Figur 5.6. Total årlig planteplanktonbiomasse (µg C/l/år) for perioden 1994-2006.

a) b)



Figur 5.7. Utviklingen av gjennomsnittlig a) mengde cellekarbon over året og b) nitrat-konsentrasjon for månedene januar-april for periodene 1995-1999, 2000-2004 og 2005-2006 på Arendal st.2.

I figur 5.8 er den gjennomsnittlige nitratutviklingen på Arendal st.2 vist for hver enkelt av månedene januar-april for periodene 1995-1999, 2000-2004 og 2005-2006. Figuren viser at nitrat brukes opp tidligere og tidligere i vannmassene. I perioden 1994-1999 var det i april måned fremdeles tilstrekkelige mengder nitrat igjen til å holde en algeblomstring ved like. Det kan ha sammenheng med reduserte tilførsler av nitrat om våren, jfr. kap. 3, men også at våroppblomstringen har kommet i gang mye tidligere de senere årene sammenlignet med midten av 1990-tallet og således raskere brukt opp nitratet i de tidlige vårmånedene.



Figur 5.8. Nitratutviklingen for hver enkelt av månedene januar-april for periodene 1995-1999, 2000-2004 og 2005-2006.

5.2 Dyreplankton i 2006

Dyreplankton lever i stor grad av planteplankton og er et viktig ledd i næringskjeden mellom planteplankton og fisk. De fleste gruppene av dyreplankton som blir samlet inn i kystovervåkingsprogrammet er planteetere (herbivore) eller altetende (omnivore), mens enkelte (f.eks. pilorm, chaetognatha) er utelukkende rovdyr (carnivore). Forekomsten av dyreplankton i de øvre 50 m på Arendal St. 2 har vært overvåket siden 1994, ca. hver 14. dag.

5.2.1 Artssammensetting

Artssammensetting av dyreplanktonet ved Arendal St. 2 i 2006 viste lignende sesongvariasjoner som er blitt observert tidligere år, og som avspeiler de ulike artenes livssyklus. *Calanus* spp utgjør en viktig komponent i planktonet i perioden februar - mai, mens andre calanoide copepoder og cyclopoide copepoder dominerer dyreplanktonet både i antall og i biomasse senere på sommeren (juli – september).

***Calanus* spp.**

Calanus spp (*C. finmarchicus* og *C. helgolandicus)* lever primært av planteplankton og er en nøkkelart i økosystemene som føde for fiskelarver og planktonspisende fisk. *Calanus finmarchicus* lever på dypere vannlag i juli-januar, og vandrer opp i øvre vannlag i februar/ mars for å gyte. *C. helgolandicus* er en varmekjær art som kommer inn med vann fra sørlige Nordsjøen inn mot kysten senere på sesongen.

Tettheten av *Calanus* var markant lavere i 2006 sammenlignet med året før. Maksimumsverdiene som ble registrert i mars-april (11.000-15.000 ind/m^2) er 80% lavere enn det som ble registrert i samme periode i 2005. Senere på sesongen (juni-september) var imidlertid forekomsten av *Calanus* spp på nivå med gjennomsnittet for 1994-2004.

Andre copepoder

Pseudocalanus/Paracalanus var som normalt tallmessig den dominerende gruppen av calanoide copepoder ved Arendal St2 med maksimalforekomst i juli. Tetthetene var imidlertid lavere i 2006 sammenlignet med året før (68.000 ind/m^2, Figur5.9b).

De calanoide copepodene *Temora longicornis* og *Centropages* spp. forekom i noe høyere tettheter i 2006 sammenlignet med året før. *T. longicornis* hadde sin maksimale forekomst i mai, og *Centropages* spp i september (Figur 5.9b). Dette er nerittiske (kystnære) arter og indikerer tilstedeværelse av kystvann og liten innvirkning fra atlantisk innstrømming. I 2006 ble det også registrert sporadiske forekomster av de sørlige artene *Labidocera wollastonii* (juli, september) og *Euterpina acutifrons* (harpacticoida, desember). Dette har sammenheng med høye temperaturer og innstrømming av vannmasser fra sørlige Nordsjøen. Arter knyttet til atlantiske vannmasser (*Calanus hyperboreus, Candacia armata, Metridia lucens*) forekom i lavere tettheter i 2006 sammenlignet med året før.

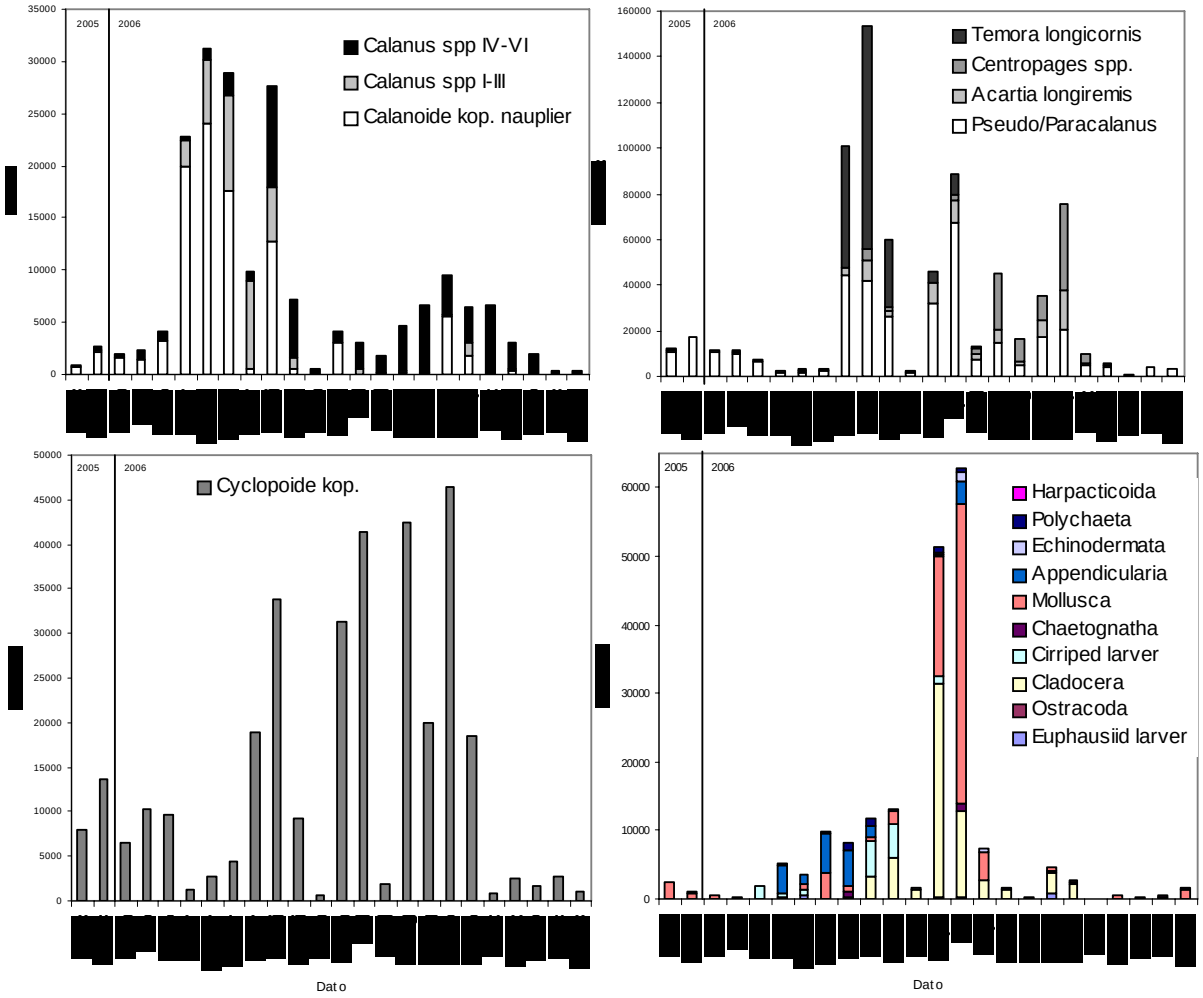
Blandt cyclopoide copepoder dominerte *Oithona helgolandicus*/*O. similis* med maksimumverdier i september (maks 46.000 pr. m^2; Figur 5.9c). Tettheten av *Oithona* sp var i 2006 lavere enn året før.

Annet dyreplankton
Cladocera er knyttet til vann med høy temperatur og lav saltholdighet, og denne gruppen var mest tallrik i mai-juli (Figur 5.9d), da overflatelaget holdt lave saltholdigheter. Planktoniske mollusker (*Pteropoda*) forekom i størst mengde i juli. Disse organismene har et kalkskall og vil gi et uforholdsmessig stort bidrag til tørrvekten i forhold til arter uten tykt skall. Andre grupper av dyreplankton, f.eks muslingkreps (*Ostracoda*), børstemark (*Polychaeta*), krillarver (*Euphausiacea*) og pilorm (*Chaetognatha*) ble observert periodevis i lave tettheter

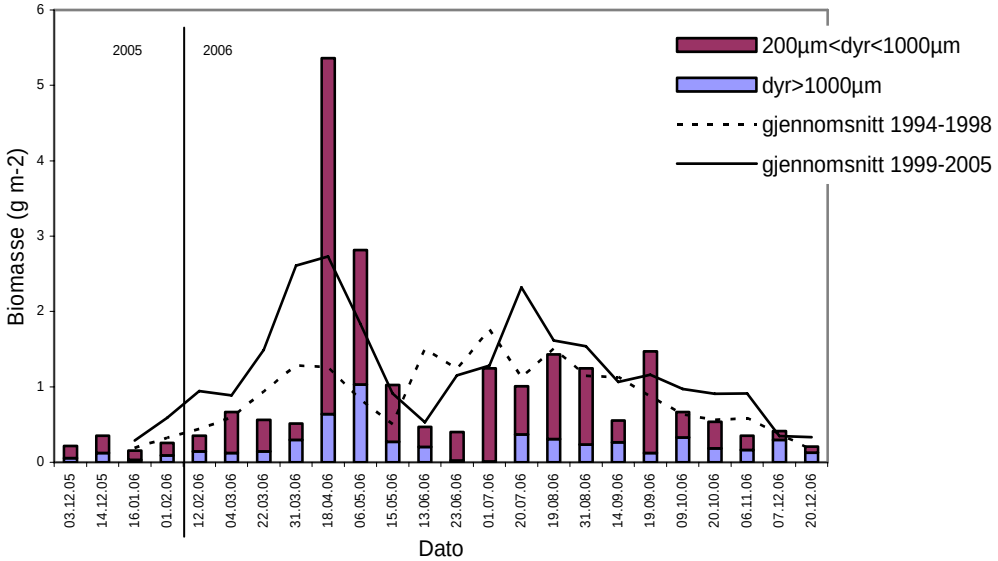
Forekomst av larveplankton karakteriseres ofte av en eller få arter som dominerer i korte perioder og raskt avløses av nye arter. Planktoniske larver av rur ("Cirriped-larver") ble registrert på våren (januar-juni), mens larver av pigghuder (*Echinodermata*) forekom i juni-november (Figur 5.9d).

5.2.2 Biomasse
Dyreplanktonbiomassen som tørrvekt (g/m^2) ble målt for to størrelsesfraksjoner: 180-1000 µm og større enn 1000 µm (Figur 5.10). *Calanus* spp. stadie IV-VI bidrar mest til biomassen i den største størrelsesgruppen (> 1000 µm). Den minste størrelsesfraksjonen (180-1000 µm) utgjøres hovedsakelig av små stadier av *Calanus* spp, andre calanoide copepoder (f. eks. *Pseudocalanus/Paracalanus, Acartia* sp.), cyclopoide copepoder (*Oithona* sp) og larveplankton.

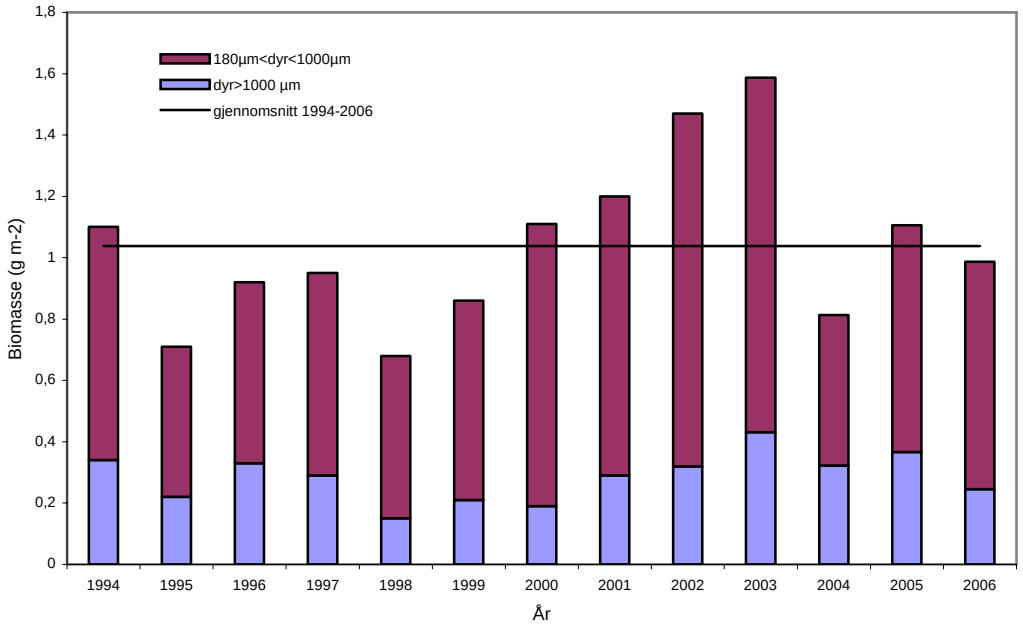
Biomassen i prøvene i 2006 varierte mellom 0,2 og 5,4 g tørrvekt/m^2, med de største verdiene i april-mai (Figur 5.10). Høye verdier i den minste fraksjonen 18. april skyldes sannsynligvis innslag av alger på grunn av kraftig algeoppblomstring på dette tidspunkt. Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse i 2006 var 0,99 g/m^2, som er noe lavere enn i 2005. (Figur 5.11). Som normalt var biomassen dominert av små copepoder (fraksjonen 180-1000 µm) unntatt i april og desember da andelen av store dyr (> 1000 µm) utgjorde 60-70% av den totale biomassen (Figur 5.10). Dette skyldes sannsynligvis et større innslag av store stadier (IV-VI) av *C. finmarchicus.*



Figur 5.9. Fordeling av dyreplankton på ulike grupper og videre fordelt på enkelte arter i de øvre 50m for 2006 på Arendal St. 2. a) *Calanus*-stadier, b,c,d) enkeltarter.



Figur 5.10 Dyreplankton-biomasse som tørrvekt (g/m^2) for de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180-1000µm og 1000µm, i 2006 på Arendal St.2. Gjennomsnitt er vist for periodene 1994-1998 og 1999-2005.



Figur 5.11 Dyreplankton biomasse som tørrvekt (g/m2) for de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180-1000 µm og 1000 µm, som gjennomsnittsverdier for årene 1994-2006 på Arendal St.2. Horisontal linje viser gjennomsnitt for hele perioden 1994-2006.

5.2.3 Endring i dyreplanktonet over tid

Årlig gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt / m^{-2}) for årene 1994 til 2006 har variert fra 0,68 til 1,58 g/m^2 (Figur 5.9) . Den laveste dyreplanktonbiomassen ble registrert i 1998 og den høyeste i 2003. Et hovedtrekk i perioden 1998 - 2003 var økt årlig gjennomsnittlig biomasse fra 0,68 til 1,68 g/m^2, tilsvarende 147 % økning i løpet av 4 år.
Etter en nedgang i 2004, er gjennomsnittsverdien for 2006 på høyde med middelet for perioden 1994-2005.

Gruppen av små calanoide copepoder som *Pseudocalanus/Paracalanus spp, Acartia spp, Temora longicornis* og *Centropages spp* har dominert i antall gjennom hele undersøkelsesperioden. Lavere dyreplankton-biomasse i 2004 - 2006 skyldes reduksjon i tettheten av både *Pseudocalanus/Paracalanus* og cyclopoide copepoder (*Oithona helgolandicus*/*O. similis*). Fra høye tettheter i 2003, har mengden avtatt med 80% frem til 2006 (Tabell5.2). Disse copepodene er omnivore, har stor tåleevne i forhold til forurensning og fluktuasjoner i hydrografi, og er karakteristiske for kystnære områder. Årsaken til nedgangen er ikke kjent.

Forekomsten av *Calanus* spp var størst i 1996 og avtok i årene 1996-2000 (Tabell5.2). Etter rekordhøye forekomster i 2005 er årets gjennomsnittsverdi den laveste siden 1999.

I løpet av de siste 20 årene har vi observert en rekke endringer i både mengde og artssammensetting av dyreplankton i Nordsjøen. I forbindelse med høyere havtemperaturer har overlevelsesevnen til mer varmekjære planktonorganismer økt i våre farvann. Den amerikanske lobemaneten (*Mnemiopsis leidyi*) ble første gang observert i norske kystvann (Oslofjord-Bergen) høsten 2006. Den tropiske vannloppen *Penilia avirostris* er også en nykommer i Nordsjøen. Etter 1999 har artens utbredelse og tetthet økt i sørlige Nordsjøen. Også i Skagerrak har vi registrert *P. avirostris* de siste fem årene, alltid i prøver fra slutten av august.

Etter 1988 har forekomsten av raudåte (*C. finmarchicus*) avtatt, mens *C. helgolandicus* har økt.

Tabell 5.2 a) Dyreplanktonbiomasse (gjennomsnitt g tørrvekt/m^2) og prosentfordeling mellom størrelsesfraksjoner og b) antall individer (årsgjennomsnitt) og prosentfordeling av dyreplanktongrupper for årene 1994 til 2006 på Arendal St. 2.

a)

Gj.snitt pr. år (ant/m^2 10^4) Gruppe	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Gj.snitt 1994-2005
Calanus spp	0,40	0,63	1,09	0,50	0,32	0,36	0,57	0,64	0,75	1,08	0,65	1,55	0,42	**0,69**
Andre calanoide kop. (< 1,5mm)	7,76	4,43	3,17	4,10	6,18	8,68	13,04	7,86	11,72	9,89	5,20	3,68	3,20	**6,84**
Cyclopoide kop.	0,94	1,24	1,55	2,57	2,97	3,23	6,09	6,64	6,96	6,99	2,08	2,45	1,40	**3,47**
Annet dyreplankton	0,73	2,56	3,61	2,26	1,63	6,00	8,34	3,02	7,80	3,19	1,24	1,26	0,86	**3,27**
Totalt	9,84	8,86	9,42	9,44	11,10	18,26	28,05	18,16	27,23	21,15	9,17	8,94	5,88	**14,27**
% av ant. dyr i gruppene.														
Calanus spp	4	7	12	5	3	2	2	4	3	5	7	17	7	**6**
Andre calanoide kop. (< 1,5mm)	79	50	34	43	56	48	47	43	43	47	57	41	54	**49**
Cyclopoide kop.	10	14	16	27	27	18	22	37	26	33	23	27	24	**23**
Annet dyreplankton	7	29	38	24	15	33	30	17	29	15	13	14	15	**21**

b)

Gj.snitt pr. år i 0-50m (g/m^2)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Gj.snitt 1994-2005
dyr >1000µm	0,34	0,22	0,33	0,29	0,15	0,21	0,19	0,29	0,32	0,43	0,32	0,34	0,24	**0,28**
200µm< dyr <1000µm	0,76	0,49	0,59	0,66	0,53	0,65	0,92	0,91	1,15	1,16	0,49	0,74	0,74	**0,75**
total for fraksjonene	1,1	0,71	0,92	0,95	0,68	0,86	1,11	1,2	1,47	1,59	0,81	1,08	0,99	**1,06**
dyr >1000µm (%)	31	31	36	31	22	24	17	24	22	27	40	31	25	**26**
200µm< dyr <1000µm (%)	69	69	64	69	78	76	83	76	78	73	60	69	75	**74**
gj. snittlig vekt pr. ind. (µg)	11,2	8,0	9,8	10,1	6,1	4,7	4,0	6,6	5,4	7,4	9,8	12,1	16,8	**8,6**

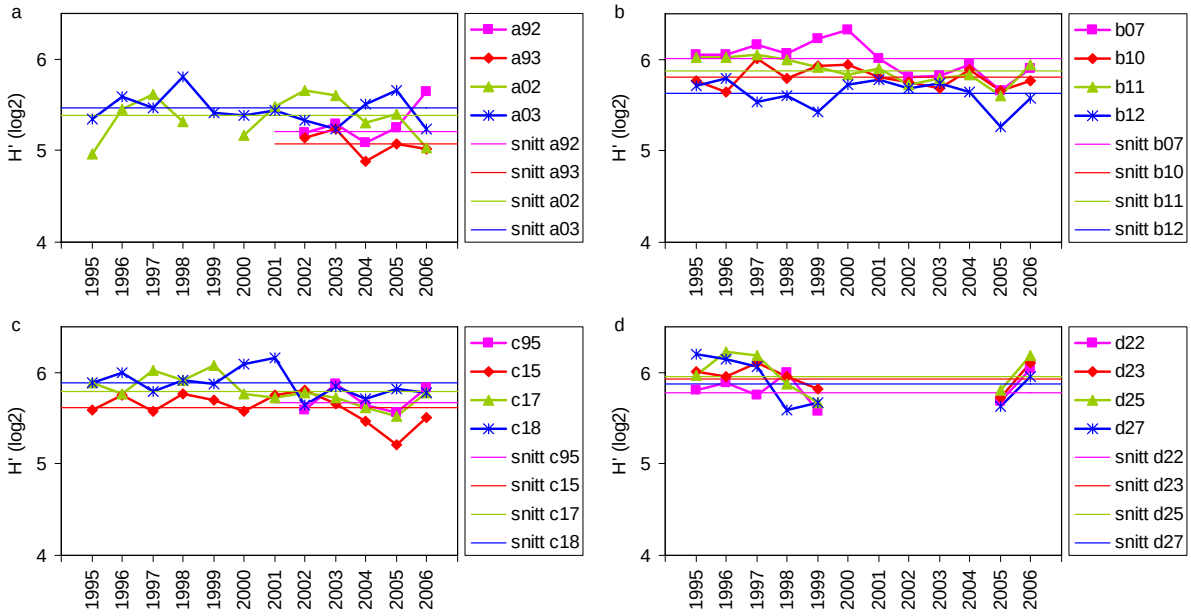
Slike endringer i artssammensetting, størrelsesfordeling og produksjonssykluser i dyreplanktonet vil ha betydning for høyere ledd i næringskjeden. Raudåte gyter tidlig vår slik at maksimumstettheten av kopepoder sammenfaller med tidspunktet for forekomsten av pelagiske fiskelarver, som beiter på disse. En økning i dyreplanktonarter med senere gytetidspunkt (f.eks. *C. helgolandicus*) kan gi et misforhold mellom fiskelarver og deres byttedyr.

6. Hardbunnssamfunn

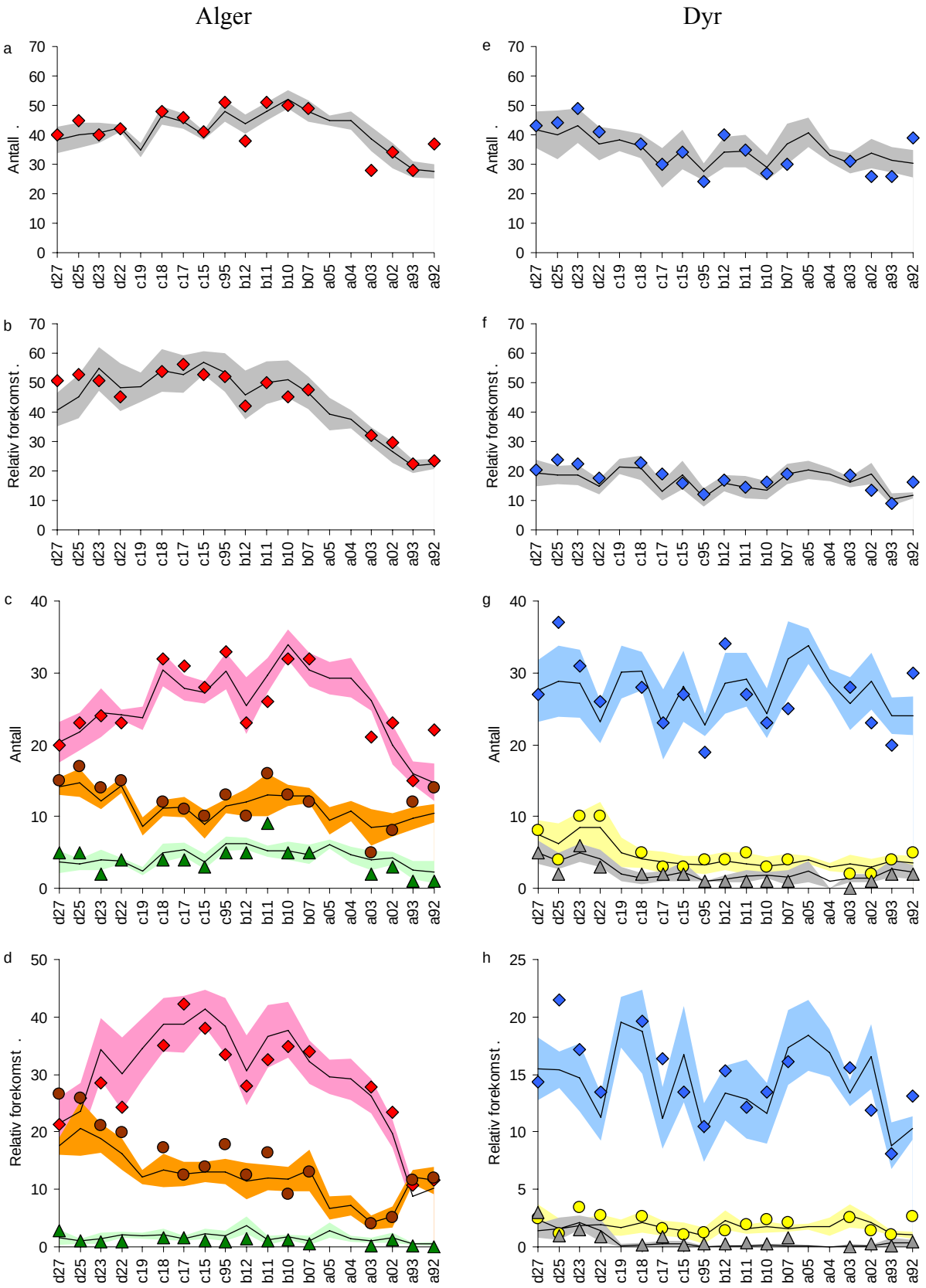
Artsmangfoldet i hardbunnssamfunn langs kysten av Sør-Norge var normale i 2006, det vil si innenfor standard avvik rundt gjennomsnittet for perioden 1995-2005. Artsmangfoldet viste en klar forbedring fra 2005. I ytre Oslofjord (området A) gikk imidlertid mangfoldet noe ned på bølgeeksponert kyst og lå noe under normalen i 2006. Artsmangfoldet av makroalger har vært godt og stabilt, og det er spesielt reetablering av hardbunnsdyr, særlig vannfiltrerende dyr som svamp, børsteormer og sjøpunger, men også snegl og sjøstjerner, som har ført til normalisering av artsmangfoldet på overvåkingsstasjonene. Tilstanden i tareskogen på ytre kyst var generelt god med økt tilvekst av både stortare og sukkertare. I C- og D-området var det også god forekomst av fingertare. Det ble i 2006, som i 2005, også registrert økt voksedyp for fagerving, som indikerer mindre grumsete vann og bedre lystilgang. Oppgangen i hardbunnsfauna tyder på god vannkvalitet de siste to årene.

6.1 Tilstand

Artsmangfoldet på overvåkingsstasjonene var godt i 2006 sammenliknet med tidligere år (Figur 6.1). I A-området (Figur 6.1a) var artsmangfoldet i 2006 noe lavere enn i 2005 og gjennomsnittet for perioden, unntatt på a92 Kongsholmen i ytre Oslofjord hvor diversiteten hadde økt. I B-, C- og D-området (Figur 6.1 b, c og d) ble det generelt registrert økt artsmangfold sammenliknet med året før, opp på gjennomsnittsnivå. (Stasjonene i D-området var ikke med i overvåkingsprogrammet i perioden 2000-2004.) Resultatene tyder på at miljøforholdene for hardbunnsarter har vært gode i perioden fra forrige undersøkelse i juni 2005 til årets undersøkelse i juni 2006. Antall arter (taxa) og forekomst (mengde) av både makroalger og makrofauna var generelt som gjennomsnittet for tidligere år (Figur 6.2). Sammenliknet med tidligere år, er det først og fremst reetablering av hardbunnsdyr, spesielt av vannfiltrerende dyr som svamp, børsteormer og sjøpunger, men også snegl og sjøstjerner, som har ført til normalisering av artsmangfoldet på overvåkingsstasjonene (Figur 6.2 g, h).



Figur 6.1. Biologisk mangfold i hardbunnssamfunn langs kysten av Sør-Norge i 0-24m dyp for A, B, C og D området. Biomangfold er basert på Shannon-Wieners indeks H'(log2) og forekomst av alger og dyr er gitt som sum over dypet av e^x hvor x er: 1=enkeltfunn, 2= sjelden, 3=vanlig, 4=dominerende. Gjennomsnitt er beregnet for perioden 1995 (2002)-2005.



Figur 6.2. Antall arter og forekomst av makroalger og dyr i 2006 i dybdeintervallet 4-22 m. Punkter = 2006-observasjoner. Linje m/farget felt = gjennomsnitt og standardavvik (1995-2005). a) antall arter og b) forekomst alger, c) antall arter og d) forekomst av rødalger (rød), brunalger (brun) og grønnalger (grønn), e) antall arter og f) forekomst dyr, g) antall arter og h) forekomst av vannfiltrerere (blå), rovdyr/altetende (gul) og beitere (grå).

I Figur 6.2 vises årets observasjoner som punkter mot gjennomsnitt (linje) og standardavvik (farget felt) for perioden 1995-2005. Gjennomsnittet med standardavvik har vi valgt å sette som normal artssammensetning. Figur a og b og henholdsvis e og f viser totalt antall arter og forekomst av henholdsvis makroalger og makrofauna. Figur c og d, henholdsvis g og h, viser det samme splittet opp på algeklasser og funksjonelle dyregrupper. (Figuren er basert på data fra dybdeintervallet 4-22m. De øverste meterne er ikke inkludert da variasjonen normalt er stor i de øvre 3 meterne på grunn av naturlig stor variasjon i det fysiske miljøet. Nedre dyp er satt til og med 22 m dyp for å unngå problemer med nedre dybdegrense på 23-24 m på to av stasjonene.)

Makroalger
Tilstanden i makroalgevegetasjonen var generelt normal i 2006, vurdert ut fra antall arter og forekomst (mengde) av arter (Figur 6.2 a og b). Enkelte stasjoner avvek imidlertid noe. Stasjon a92, d25 og d27 hadde flere arter og eller større forekomst enn normalen og det var først og fremst av rødalger og brunalger (Figur 6.2c). Stasjon a03 og b12 hadde noen færre arter enn normalen og det gjaldt rød-, brun- og grønnalger. Ingen spesielle arter peker seg ut.

Fastsittende dyr
Tilstanden i makrofaunapopulasjonene var igjen god etter flere år med redusert artsantall og forekomst. Artsantall og forekomst var i 2006 generelt på nivå med normalen (Figur 6.2 e, f). Det ble funnet flere arter (og større forekomst) spesielt i områdene B, C og D, enn hva som har vært tilfelle de siste årene.

Det registreres ofte et omvendt mengdeforhold mellom alger og dyr, hvor økning av den ene går på bekostning av den andre ved konkurranse om plass mellom artene. I tillegg til konkurranse om plass, kan arter også dekke over hverandre og påvirke observasjonene. Forekomsten av makroalger har vært relativ stabil på overvåkingsstasjonene og den lave forekomsten av dyr som ble observert i 2003 til 2005 skyldes derfor andre årsaker. Økt mengde slam på hardbunn i disse og forutgående år kan være en forklaring. God vannkvalitet de siste 2 år antas å være årsak til oppgangen og normaliseringen av hardbunnssamfunnet på ytre kyst av Sør-Norge.

Tareskogvegetasjon
Tilstanden i tareskogen i 2006 var generelt god med stor forekomst og god vertikalutbredelse av stortare og sukkertare sammenliknet med de to siste år (Figur 6.3). I C og D-området var det også god forekomst av fingertare.

Stortaren med sin lange stilk og store blad på toppen, skaper et viktig skogsmiljø som gir grunnlag for et rikt alge- og dyreliv (Christie 1995). Tarestilkene øker også tilgjengelig levesubstrat for dyr og alger og festeorganene (hapterene) skaper et rikt tilbud av gjemmesteder (habitater) for små dyr. Det rikholdige utvalget, spesielt av små dyr som hydroider, mark og krepsdyr, gjør tareskogen til et viktig matfat for fisk. Det skjul som tareskogen gir er sannsynlig også svært viktig for overlevelse av unge årsklasser av for eksempel torskefisk. I tillegg er tareskogen en viktig primærprodusent av organisk karbon, også løst organisk karbon (Birkett et al. 1998).

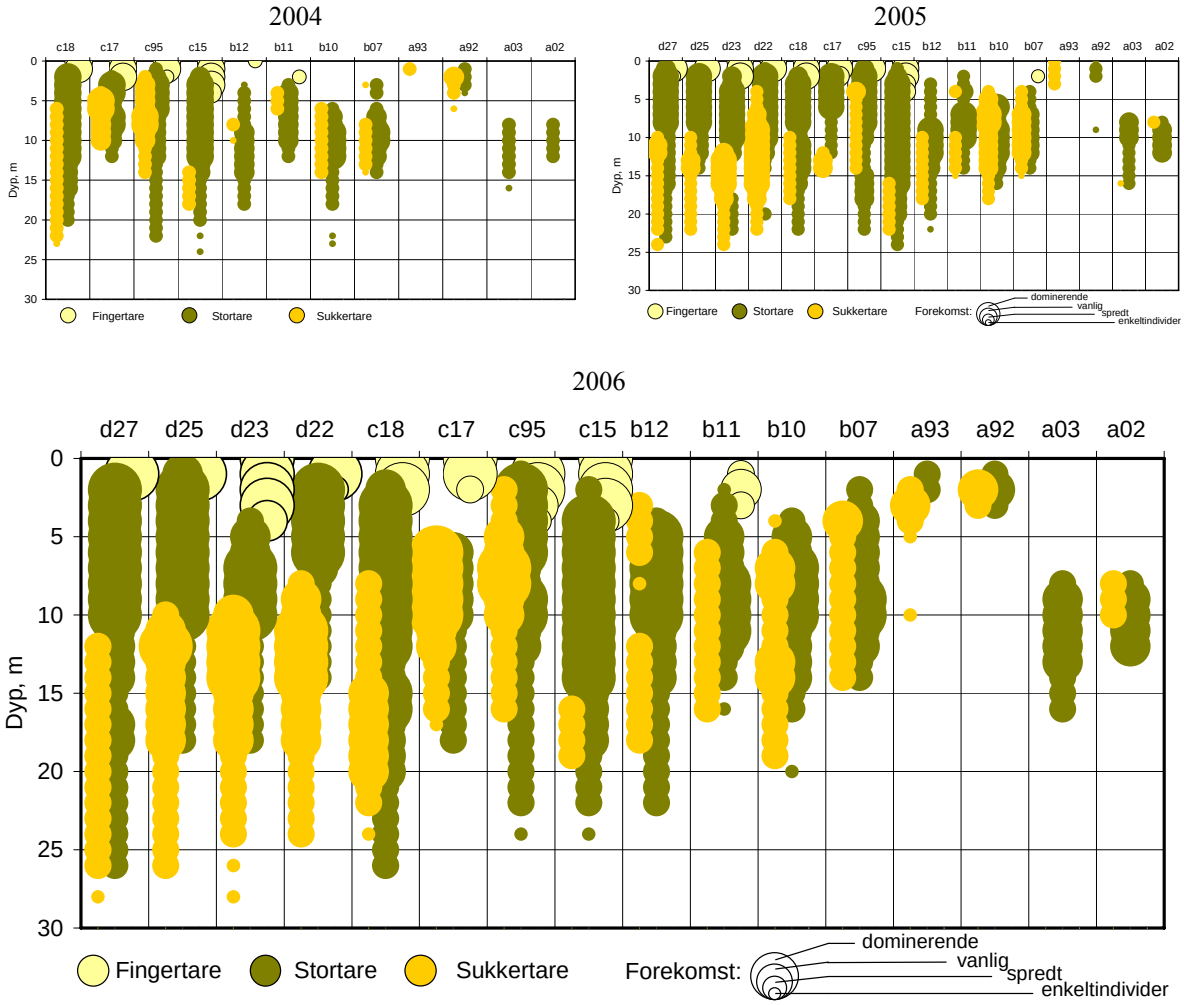
På A-områdets bølgeeksponerte stasjoner a02 og a03, er stortare vanlig i et snevert dybdeintervall (7-16m) og 2006 var likt med 2005. På de beskyttede stasjonene, a92 og a93, vokser det spredte individer i 1-2 m dyp, men ikke på dypere vann. I 2006 ble det registrert en

tilvekst av både stortare og sukkertare. Det er vanskelig å skille mellom stortare og fingertare i A-området, da begge artene i østre del av Skagerrak kan få en svært atypisk form.

Begge tareartene foretrekker salt og kaldt vann og er følsom for høy vanntemperatur og lav salinitet. I Skagerrak lever de på grensen av sitt naturlige utbredelsesområde. Det vil naturlig kunne være store endringer i tarens utbredelse på grunn av hydrografiske variasjoner.

I B-området er de fysiske forhold muligens bedre enn i A-området og det gjenspeiles i større tetthet og større dybdeutbredelse av stortare. På b12 ble det funnet spredt vegetasjon av tare ned til 22 m dyp. Nedre voksegrense på de 3 andre B-stasjonene var mellom 14 og 19 m dyp, og dette var likt med eller dypere enn i 2005. Det indikerer god miljøtilstand på disse relativt eksponerte kyststasjonene. Til sammenlikning viste undersøkelser i sukkertareprosjektet på mer bølgebeskyttet kyst dessverre ingen tilvekst av sukkertare i 2006 (Moy et al. 2007).

I C-området ble det registrert samme gode forekomst og dybdeutbredelse av stortare som i 2005, bortsett fra på fjordstasjonen c17 hvor det var et tareløst belte i 3-5 m dyp. Dette beltet var dominert av diverse rødalger sammen med tarmgrønske (grønnalge). I sukkertarevegetasjonen ble det registrert en tilvekst sammenliknet med tidligere år. Både 2005 og 2006 har vært gode år for tarevegetasjonen på ytre kyst av Sør-Vestlandet.



Figur 6.3. Forekomst og vertikalutbredelse av fingertare, stortare og sukkertare tre siste år. Bredden på søylene indikerer mengden av tare (enkeltfunn, sjelden, vanlig, dominerende).

I C og D-området dominerer fingertare i de øverste meterne før stortare tar over dominansen på ca. 2 m dyp. I B-området observeres bare sporadiske funn av fingertare (dog en god bestand på b11 i 2006), men som for A-området kan det være vanskelig å skille mellom fingertare og stortare og forekomsten av fingertare i B-området kan være underestimert.

I D-området var det dominerende tareskog på alle stasjoner og med god forekomst av sukkertare på dypere vann nedenfor stortareskogen. Nedre voksedyp for stortare ble registrert til 26 m dyp på d27 og lå mellom 15 og 20 m på øvrige D-stasjoner.

Økt forekomst av makrofauna i 2006 har sannsynlig sammenheng med økt forekomst og vertikalutbredelse av tareskogene i 2006. Miljøtilstanden vurderes som god i 2005/2006.

6.2 Utvikling over tid

Hardbunnssamfunnene i Skagerrak var de første fem årene av overvåkingsprogrammet (1990-94) preget av effekter av den store *Chrysochromulina*-oppblomstringen i 1988. Registreringer fra programmets første periode viste en er klar reetableringsfase med økende artsantall og stor variasjon i artsforekomst (Moy et al. 2002). 'Normalsamfunnet' er derfor beregnet ut fra et gjennomsnitt av perioden etter 1995 og fram til 2005 for å unngå variasjonene i reetableringsperioden 1990-1994.

I det følgende belyses utvikling over tid; først på samfunnsnivå og så på arts-/gruppenivå for utvalgte indikatorarter og funksjonelle grupper. Utvikling over tid på samfunnsnivå er basert på likhet i artssammensetning mellom stasjoner og områder av kysten beregnet ved multivariate analysemetoder spesielt utviklet for slike samfunnsvurderinger (Multi Dimentional Scaling MDS, i PRIMER, Clarke & Warvick 1994). Disse analysene lager en likhetsmatrise basert på artssammensetning og artsforekomst. Ut fra likhetsmatrisen plottes resultatet slik at avstanden mellom punktene (der hvert punkt representerer en transektregistrering) i plottet gjenspeiler graden av likhet mellom observasjonene. Den grafiske fremstillingen i et todimensjonalt plan er en forenklet framstilling for likheter mellom punktene i en mange-dimensjonal sammenheng. Gjennom prosessen med å vise samfunnslikheter i et to-dimensjonalt plott (som Figur 6.4) beregnes en såkalt stress-verdi som viser graden av feil denne forenklingen medfører. En stress på under 0,2 er akseptabel.

6.2.1 Endringer på samfunnsnivå

Likhet mellom 2006 og årene før (1995-2005) for hver av stasjonene, er vist i Figur 6.4. Resultatene fra denne analysen viser en klar geografisk rangering av områdene A, B, C og D fra høyre til venstre som gjenspeiler biogeografiske regioner langs kysten av Sør-Norge fra øst til vest. 2006-observasjonene er markert med lukkede symboler og deres plassering i forhold til åpne symboler forteller hvor lik artsammensetningen er med tidligere år.

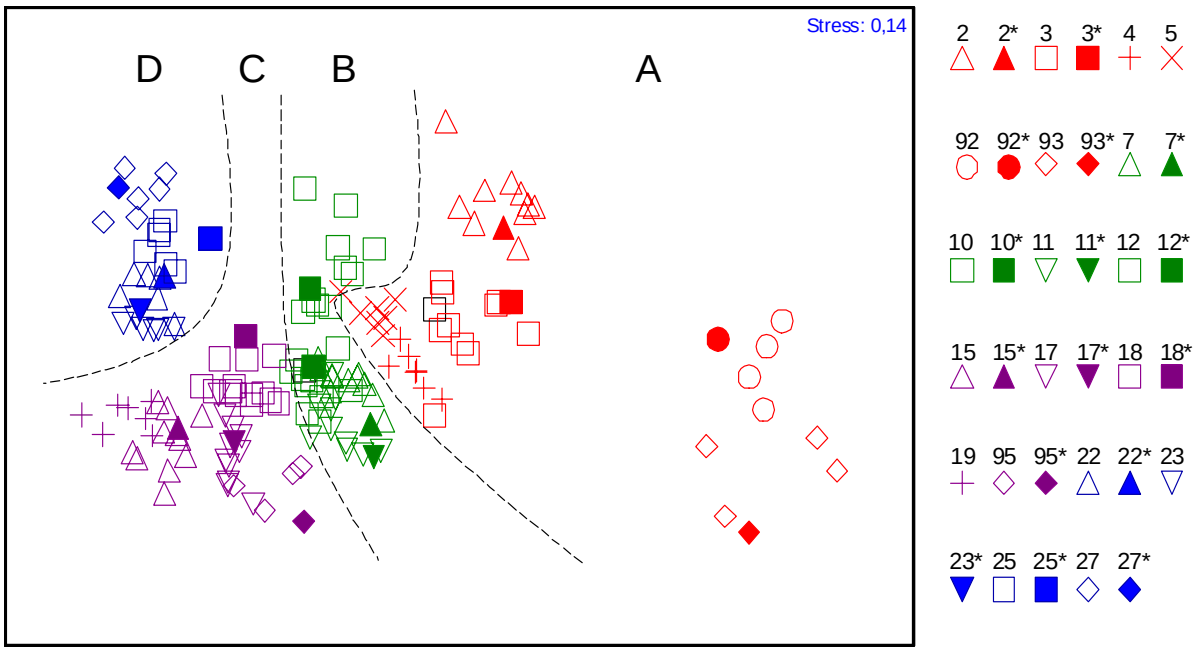
Av Figur 6.4 kan en se at alle årets stasjoner (fylt symbol) ligger nær tidligere år (åpne symboler) og at det totalt sett ikke er store forskjeller i artssammensetning. De bølgebeskyttede stasjonene a92 og a93 i ytre Oslofjord avviker markert i artssammensetning fra øvrige stasjoner (ligger langt til høyre i plottet). Det skyldes først og fremst lavt artsantall og lav forekomst, men også avvikende artssammensetning fra øvrige stasjoner.

Figuren viser også at 2006 observasjonene i B-, C- og D-området ligger godt samlet med tidligere observasjoner, unntatt for stasjon 95 (= c95 Grønsfjorden) og 25 (d25 Årebrot) som

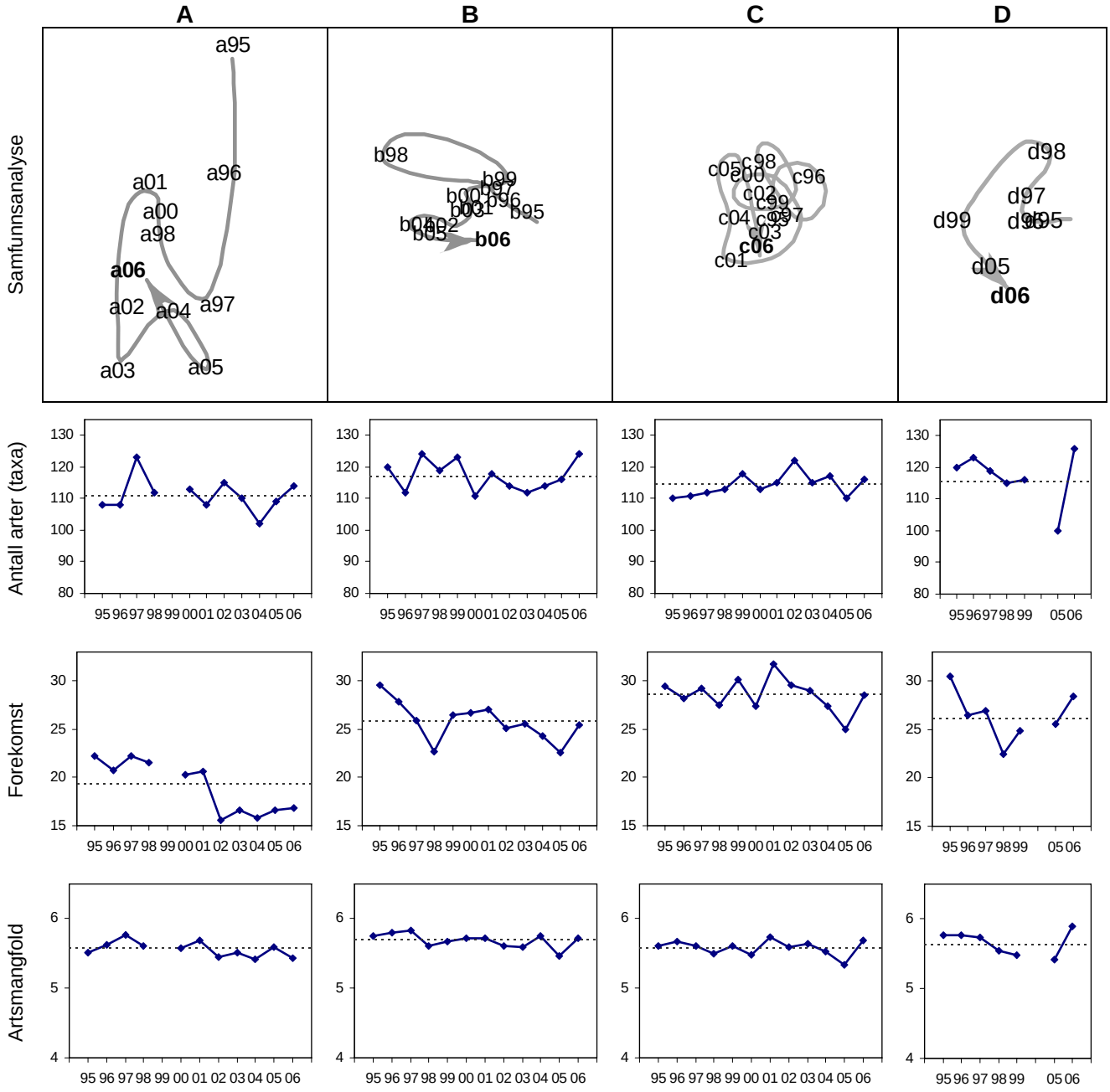
ligger litt til siden for tidligere observasjoner. C95 hadde i 2006 et høyere antall makroalgearter, høyere forekomst av brunalger og samtidig noe færre dyr enn normalt. På d25 ble det i 2006 registrert både økt antall arter og forekomst av både makroalger og dyr sammenliknet med normalen (jfr. Figur 6.2). Disse forhold gir utslag i samfunnsanalysen.

Gjennomsnittlig utvikling innen hvert av områdene A, B, C og D fra 1995 til 2006, er vist i Figur 6.5. For hvert område vises en samfunnsanalyse og kurver for antall arter, forekomst (relativ mengde) og artsmangfold.

Samfunnsanalysen viser stor endring i artssammensetning i A-området på de bølgeeksponerte stasjonene a02 Færder og a03 Lyngholmen som har sammenheng med variasjon i antall arter og forekomst (mengden) av arter i et relativt artsfattig samfunn. I 2006 er artsantallet igjen over gjennomsnittet og 2006-samfunnet har stor likhet med tidligere år (året 2006 er merket med '**06**' i figuren og ligger nær andre år.) I B-, C- og D-området har endringer i artssammensetningen vært langt mindre sammenliknet med område A, visualisert ved at punktene ligger tettere i plottene. Samfunnsanalysen for disse områdene viser en oppgang i 2006 som har sammenheng med økt artsmangfold, økt forekomst av hardbunnsarter og generell økt diversitet. Samlet sett viser årets analyse god tilstand i hardbunnssamfunnene langs kysten av Sør-Norge i 2006. Det indikerer god miljøtilstand i de siste årene.



Figur 6.4. Likhet mellom hardbunnsstasjoner basert på artssammensetning (tilstedeværelse og mengde av arter/taxa av alger og dyr). Liten avstand mellom punkter betyr stor likhet. Stasjoner/punkter i 2006 er markert med fylte symboler (og merket med * i symbolforklaringen). Stasjoner i perioden 1995-2005 er vist med åpne symboler (uten å angi det enkelte år). Område A (røde symboler), område B (grønn), område C (lilla) og område D (blå) er markert med stiplete hjelpelinjer. Sammenlikningen er basert på observasjoner fra dybdeintervallet 4-22m. Stress-verdien er 0,14 og indikerer at figuren gir en god framstilling av likheter mellom stasjoner og år.



Figur 6.5. Utvikling over tid (1995-2006) i områdene A, B C og D vist ved en samfunnsanalyse, gjennomsnittlig antall arter, artsmengde (forekomst) og artsmangfold (Shannon-Wiener's H'log2), basert på makroalger og dyr i dybdeintervallet 4-22m.
Stress i MDS-plott=0,05. Stiplet linje viser gjennomsnitt for perioden 1995-2005. Siste år er ikke medregnet i gjennomsnitt. Område A = st. 02 og 03, B = st. 07, 10, 11 og 12, C = st. 15, 17 og 18 og D = st. 22, 23, 25, 27.
I A-området er året 1999 utelatt i pga manglende data for samfunnsanalyse dette året.
D-området ikke undersøkt i 2000-04.

Variasjonene i algesamfunnene samvarierer delvis med svingninger i klimaet. Klimaet uttrykket ved vinter-NOA-indeksen (jfr. Figur 2.1) var sterkt positiv i 1995 (varm vinter), sterkt negativ i 1996 (kald vinter), nøytral i 1997, sterkt positiv i 2000 og 2002, mens 2001 var negativ. Sommeren 2004 var svært varm og kan være årsak til redusert tilstand i hardbunnssamfunnene sommeren 2005. 2005 var imidlertid temperaturmessig relativt normalt og vinter-NOA-indeksen var også nær null i 2006 og begge forhold har bidratt til gode forhold i 2006.

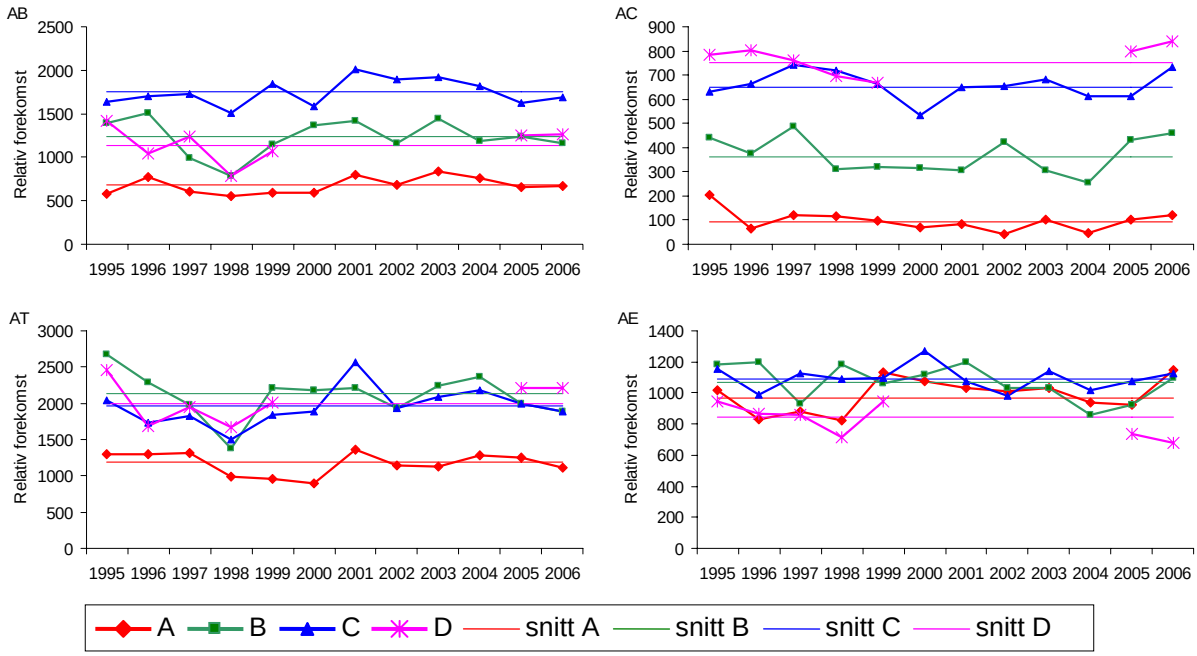
Partikkelinnholdet i vannmassene varierer også med klimatiske forhold. Partikkelinnholdet har generelt økt sterkt de siste årene fram til 2004. Det er sannsynlig at dette har hatt negativ innvirkning på både artsantall og artsforekomst i Skagerrak, spesielt for hardbunnfaunaen. Oppgang i faunaen kan være en følge av lav partikkelkonsentrasjon både i 2005 og 2006 etter høye konsentrasjoner i 2002 og 2003. Tilførsler av næringsrikt vann fra Tyskebukta og sørlige Nordsjøen (Figur 3.2) henger også sammen med klima og påvirker i stor grad algevegetasjonen langs kysten i B-området, spesielt fordi dette næringsrike vannet tilføres vårt kystvann tidlig vår og sommer. Innstrømmingen av Tyskebuktvann var særlig sterk i flomårene 1994 og 1995 og siden i 1999, 2002 og 2003. Transporten av Tyskebuktvann i 2006 var liten.

6.2.2 Endringer på artsnivå

Endringer på samfunnsnivå er resultat av mange små endringer på artsnivå. Det vil ikke være mulig å omtale alle, men i det følgende presenteres noen av de viktigste endringene på artsnivå.

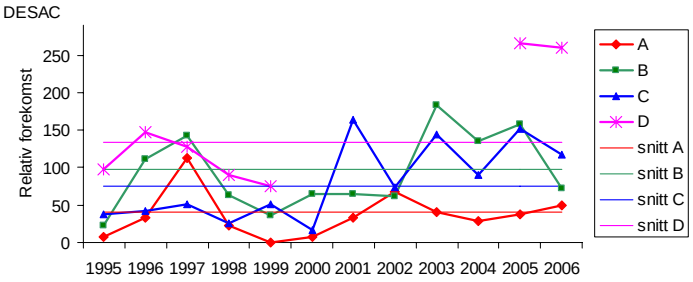
Makroalger

I henhold til kap. 6.1 var forekomsten av rød-, grønn- og brunalger generelt som gjennomsnittet for perioden 1995-2005, både med hensyn til antall arter og total forekomst av arter. Figur 6.6 viser også at det i 2006 var liten endring i funksjonelle makroalgeformer som bladformede arter (AB) og trådformede arter (AT). Gruppen trådformede arter inneholder mange opportunister som responderer positivt på overgjødsling. Mengden av skogbyggende arter (AC) som tang og tare, økte i alle regioner i 2006 og mengden av skorpeformede arter (AE) økte også, unntatt i område D hvor det ble registrert en liten nedgang. D-området har imidlertid høy forekomst av både alger og dyr, inklusiv tareskog, og vekst i forekomsten av disse vil naturlig føre til redusert ledig plass for de skorpeformede artene som kler primærsubstratet.



Figur 6.6. Endring over tid i gjennomsnittlig forekomst av makroalgetyper.
AB=bladformede alger, AC=tarearter, AT=trådformede alger, AE=skorpeformede alger. Snittverdi er over perioden 1995-2005.

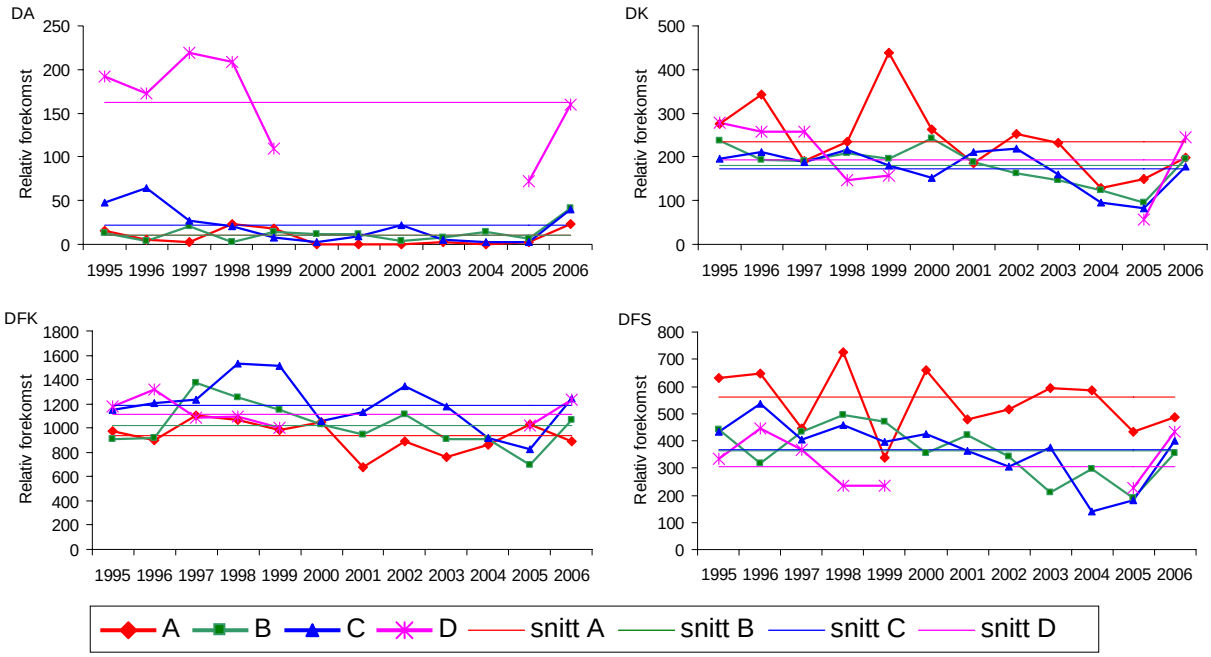
I fjor ble det rapportert at den litt opportunistiske trådformede brunalgen stivt kjerringhår (DESAC) hadde hatt en sterkt økende forekomst i B-, C- og D-området. I 2006 var mengden av denne arten igjen redusert ned mot gjennomsnittlig forekomst, bortsett fra i D-området hvor forekomsten er det dobbelte av tidligere (Figur 6.7). Vi har ikke så mye kunnskap om artens miljøkrav, men ser at den fortrenger andre arter og kan danne undersjøiske enger hvor få andre arter trives. Økt forekomst av stivt kjerringhår kan derfor redusere forekomsten av andre arter.



Figur 6.7 Forekomst av stivt kjerringhår (brunalge) i perioden 1995-2006.

Makrofauna

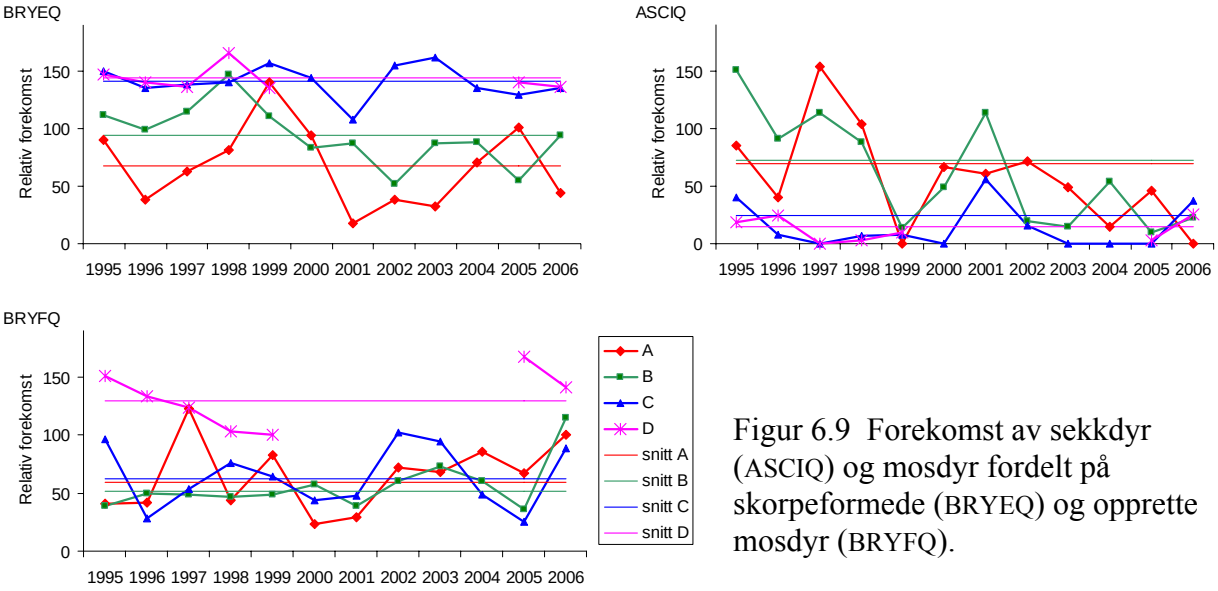
Vannfiltrerende dyr er den klart dominerende kategorien av fastsittende dyr på samtlige Kystovervåkingsstasjoner og er en viktig gruppe i hardbunnssamfunnet. Studier fra tareskog i Sør-Afrika viste at 72% av den samlede biomassen av tilstedeværende dyr var filterspisere og at disse sto for 77% av den biologiske produksjonen (Newell et al. 1982). På kystovervåkingsstasjonene er forekomsten av vannfiltrerende dyr, både kolonilevende (DFK) og solitære (DFS), tilbake på normalt nivå etter en 5-års periode med redusert forekomst (fra ca 2000 til 2005) (Figur 6.8).



DA=Algeetende dyr (beitere), DK=Rovdyr/altetende dyr, DFK=vannfiltrerende kolonidannende dyr, DFS=vannfiltrerende solitære dyr.

Figur 6.8. Endringer i forekomst på overordnet artsnivå (funksjonelle grupper) for områdene A, B, C og D. Gjennomsnitt er beregnet for perioden 1995-2005.

På kystovervåkingsstasjonene er det de filtrerende dyregruppene sekkdyr (Ascidiacea) og mosdyr (Bryozoa) som dominerer faunaen. Det har vært spekulert på en mulig sammenheng mellom økt nedslamming og redusert forekomst av de vannfiltrerende dyrene. Utviklingen fra 2005 til 2006 med økt forekomst indikerer i så fall forbedret miljøtilstand (Figur 6.9). Som vist i kap. 4 sammenfaller dette med lav partikkelkonsentrasjon i kystvannet de siste to år. Også forekomsten av beitere og rovdyr/altetende dyr er tilbake på normalt nivå i 2006 etter en periode med redusert forekomst (Figur 6.8).

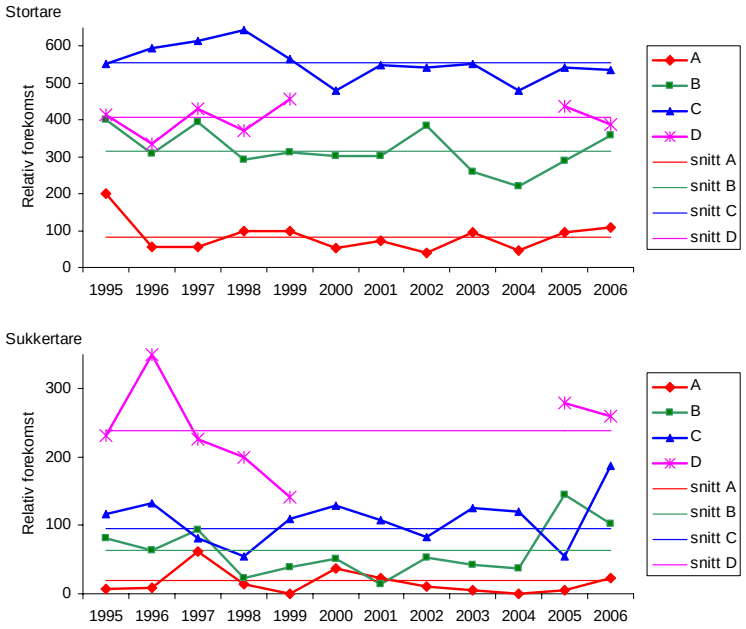


Figur 6.9 Forekomst av sekkdyr (ASCIQ) og mosdyr fordelt på skorpeformede (BRYEQ) og opprette mosdyr (BRYFQ).

6.2.3 Endringer i tareskog

Regional endring over tid i forekomst av stortare og sukkertare på Kystovervåkingsstasjonene er vist i Figur 6.10. Tareskogen i ytre Oslofjord (område A) er marginal, men har vært stabil med små år til år variasjoner. I 2006 økte forekomsten av både stortare og sukkertare noe. Forekomsten av stortare på Sørlandet (område B) er igjen på normalt nivå etter markert lav forekomst i årene 2003-2004. For sukkertare ble det funnet en sterk tilvekst i 2005 etter en periode med lav forekomst fra 1998 til 2004. I 2006 gikk forekomsten av sukkertare noe ned sammenliknet med 2005, men det er trolig som følge av økt tilvekst av stortare (som konkurrerer ut sukkertare på eksponert kyst). Observasjonene indikerer at miljøforholdene for den kystøkologiske viktige tareskogen har vært god på ytre kyst både i 2005 og første halvdel av 2006 (målingene er utført i juni). Det gir håp for bedrede miljøforhold også på indre skjærgårdsområder hvor bortfall av sukkertare de siste årene har vært indikasjon på forringet miljøkvalitet i kystsonen. Kystovervåkingsprogrammet bidrar med data til Sukkertare-prosjektet og analyser så langt tyder på at bortfallet av sukkertare sannsynlig er en kombinasjon av eutrofi (næringssalter) og klima (sjøtemperatur) (Moy et al. 2007).

Stortareskogen i C-området har endret seg lite og er i 2006 på gjennomsnittlig nivå, men det ble registrert en tilvekst av sukkertare på stasjonene i C-området. Tarevegetasjonen i D-området er god både mht stortare og sukkertare. (D-området ble ikke overvåket i perioden 2000-2004.)



Figur 6.10. Årlig og gjennomsnittlig forekomst (relativ mengde) av stortare og sukkertare over perioden 1995-2006. (Stasjon a92, a93 og c95 er utelatt. Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004).

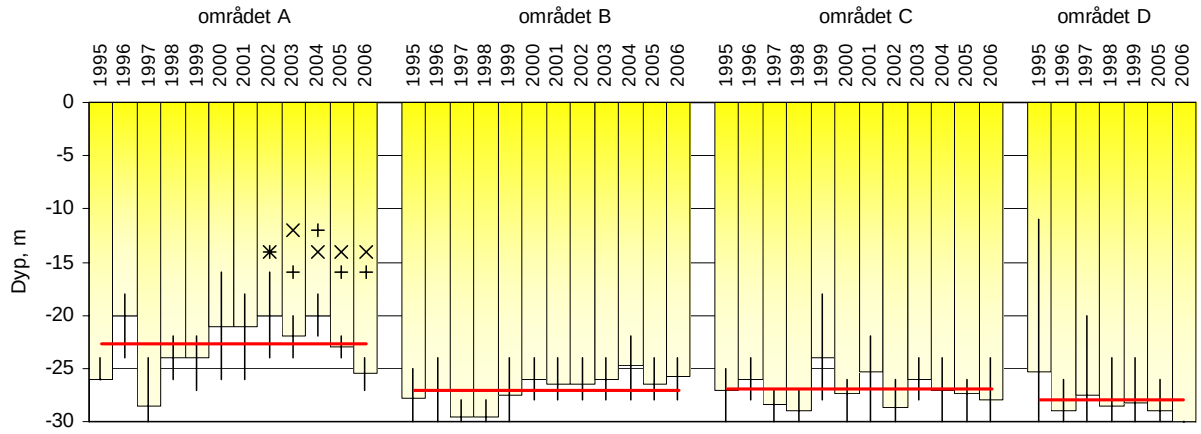
6.2.4 Endringer i nedre voksegrense for alger

Hvor langt lyset trenger ned i vannmassene er et godt mål på vannkvalitet. Siktdyp gir et øyeblikksbilde, mens nedre voksegrense for alger gir et akkumulert alternativt mål. Jo dypere lyset trenger ned, jo dypere kan algene vokse. Men det gjøres oppmerksom på at andre faktorer også kan begrense nedre voksegrense.



Fagerving (*Delesseria sanguinea*) er en flerårig, bladformet alge vel egnet som indikatoralge for nedre voksegrense. Den vokser på alle stasjonene og har et typisk utseende som gjør den 'lett' å identifisere i felt. Algens verdi som økologisk indikator er imidlertid mer usikker da fagerving (som en bladformet rødalge) i flere kvalitets-evalueringssystem er kategorisert som en indikator på god økologisk tilstand, samtidig som økt forekomst av fagerving på bølge-eksponerte lokaliteter i Skagerrak, er blitt knyttet til økt eutrofiering (Johansson m. fl. 1998). Det er også kjent at fagerving misliker eller taper i konkurransen med andre arter i områder hvor eutrofieringen fører til økt nedslamming og redusert lystilgang og av den grunn er ført opp som sensitiv overfor eutrofiering (som fører til nedslamming). Nedre voksegrense for fagerving er en kombinasjon av mange påvirkningsfaktorer. Kystovervåkingsprogrammet måler nedre voksegrense hvert år i juni og voksegrensen vil være bestemt av vannkvalitet og andre påvirkningsfaktorer i forutgående sesonger (vår, vinter og høst og sommer året før) for måletidspunktet. I Kystovervåkingsprogrammet er nedre voksegrense satt til det dypeste dyp hvor fagerving observeres med 'spredt' forekomst. Enkeltindivider av fagerving kan finnes under denne beregnede voksegrensen.

Gjennomsnittlig nedre voksegrense for fagerving (*D. sanguinea*) i hvert av områdene A, B, C og D er vist i Figur 6.11 som søyler for hvert år i perioden 1995-2006 og til hjelp for sammenlikning er gjennomsnittet for perioden 1995-2005 markert med en rød horisontal linje.



Figur 6.11. Nedre voksegrense for rødalgen fagerving (med minimum spredt forekomst). A) viser gjennomsnittlig nedre voksedyp (søyler) i hvert område med variasjon (vertikal linje for grunneste og dypeste måling). Rød, horisontal linje viser gjennomsnittlig dyp for perioden 1995-2005. Utfasede stasjoner er ikke tatt med i snittberegninger. Nye stasjoner i A-området er vist med egne symbol: a92= + og a93= ×. Stasjon c15 i C-området er utelatt fordi den er grunnere enn 25 m.

Etter noen år med redusert voksedyp i A-området, økte voksedypet for fagerving både i 2005 og 2006 og fagerving ble 2006 registrert ned til 26 m dyp (med minimum spredt forekomst). Dette indikerer bedre lysforhold og livsvilkår for fagerving i ytre Oslofjord. I A-området varierer nedre voksegrense relativt mye fra år til år og samvarierer med skiftende vannkvaliteter influert av langtransporterte tilførsler og tilførsler fra Glomma. Største voksedyp i A-området ble målt til 30 m i 1997 og er sannsynlig et resultat av det tørre året 1996 hvor lav avrenning fra land ga lave næringssaltkonsentrasjoner, lite partikler og lite planktonbiomasse i 1997. Det er sannsynlig at fagerving ved god vannkvalitet kan vokse helt ned til 30 m dyp i ytre Oslofjord. Gjennomsnittlig voksedyp (1995-2005) er beregnet til 23 m dyp. Nedre voksedyp for de beskyttede skjærgårdsstasjonene a92 og a93, som ble tatt inn i programmet i 2002, er plottet med egne symboler og er ikke med i beregning av største voksedyp. Voksedypet på disse to beskyttede stasjonene er klart grunnere enn de to bølgeeksponerte stasjonene på ytre kyst (a02 Færder og a03 Lyngholmen).

I B og C-området har nedre voksegrense for fagerving vært nokså stabilt rundt 26-28m dyp med enkelte dårlige år. I 2006 var nedre voksedyp hhv. 25,5 m og 28 m, som er hhv. en liten reduksjon og økning i forhold til 2005. Stasjonene i D-området har ikke vært undersøkt i perioden 2000-2004, men 2005 og 2006 resultatene tyder på samme eller bedre kvalitet på stasjonene sammenliknet med perioden forut. Variasjonen mellom minste og største voksedyp, markert med små vertikale linjer rundt nedre voksedyp, viser variasjonen mellom stasjonene i hvert område, og en ser at denne også varierer mellom år. God vekst av fagerving til vanndybder dypere enn gjennomsnittet for perioden 1995-2005, i alle områder unntatt B-området, indikerer god vannkvaliteten siste år (2005-2006).

7. Bløtbunnssamfunn

Tilstanden i bløtbunnssamfunnene i Skagerrak i 1990-2006 og på Vestlandet i 2005-2006 var stort sett meget god eller god (etter SFTs miljøkvalitetskriterier), bortsett fra på stasjon A36 i ytre Oslofjord og B35 utenfor Arendal, der artsmangfoldet i noen av årene viste mindre god tilstand.

I undersøkelsesområdet som helhet gjennom perioden 1990-2006, var det en uforandret eller svak tendens til forbedret faunatilstand. På den dype stasjonen i havet utenfor Lista (C38) var det imidlertid en svak forverring. Resultatene viser at det kunne skje fluktuasjoner innenfor kortere tidsrom på flere av stasjonene.

I perioden var det en signifikant stigning i artsmangfoldet på noen av stasjonene i Skagerrak, men ikke på stasjonen ved Lista (C38). Der har artsmangfoldet gått jevnt nedover i undersøkelsesperioden, selv om tilstanden fremdeles er meget god. På stasjonene på Vestlandet var artsmangfoldet høyt, og spesielt høyt på stasjonen i åpent hav vest for Sotra (D20).

Indeksen som er basert på forekomsten av indikatorarter som viser gode miljøforhold, var høyest (viste best tilstand) på stasjon C38 ved Lista og D20 utenfor Sotra. Lavest indeks viste skjærgårdsstasjonen B05 utenfor Grimstad. På stasjon B35 utenfor Arendal og C16 i Grønsfjorden ved Farsund var det en svak økning i indikatorartsindeksen fra 1990 til 2006.

*Individtetthetene på de undersøkte stasjonene var ikke unormalt høye eller lave. De var høyere på de dype enn på de grunne stasjonene i Skagerrak. På B35 hadde individtettheten gått ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene (*Heteromastus*), noe som kan tyde på redusert næringstilførsel. På stasjon C38 hadde individtettheten gått opp, noe som kan tyde på økt næringstilførsel der.*

Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet var lavt til moderat (meget god til god tilstand) gjennom hele perioden på alle stasjonene, bortsett fra på B05 (mindre god tilstand og enkelte prøver viste dårlig tilstand). Dette var ikke ledsaget av mindre god faunatilstand på B05.

- -

7.1 Bunnfauna

Det er lagt vekt på å beskrive de karaktertrekk ved faunaen som antas å kunne bli påvirket av endringer i næringssalter og biologisk produksjon som tilføres bløtbunnen i form av organiske partikler. De karaktertrekkene som er valgt er: artsmangfold, artssammensetning (indikator-arter), artstall, individtetthet, og forekomst av enkelte dominerende arter. Tidsplott for perioden 1990-2006 av parametre i faunasamfunnet og individtettheter av enkeltarter er vist i Figur 7.2-Figur 7.9. Signifikante trender er vist i Tabell 7.1. Stasjonskart for 2006 er vist i Figur 7.1.

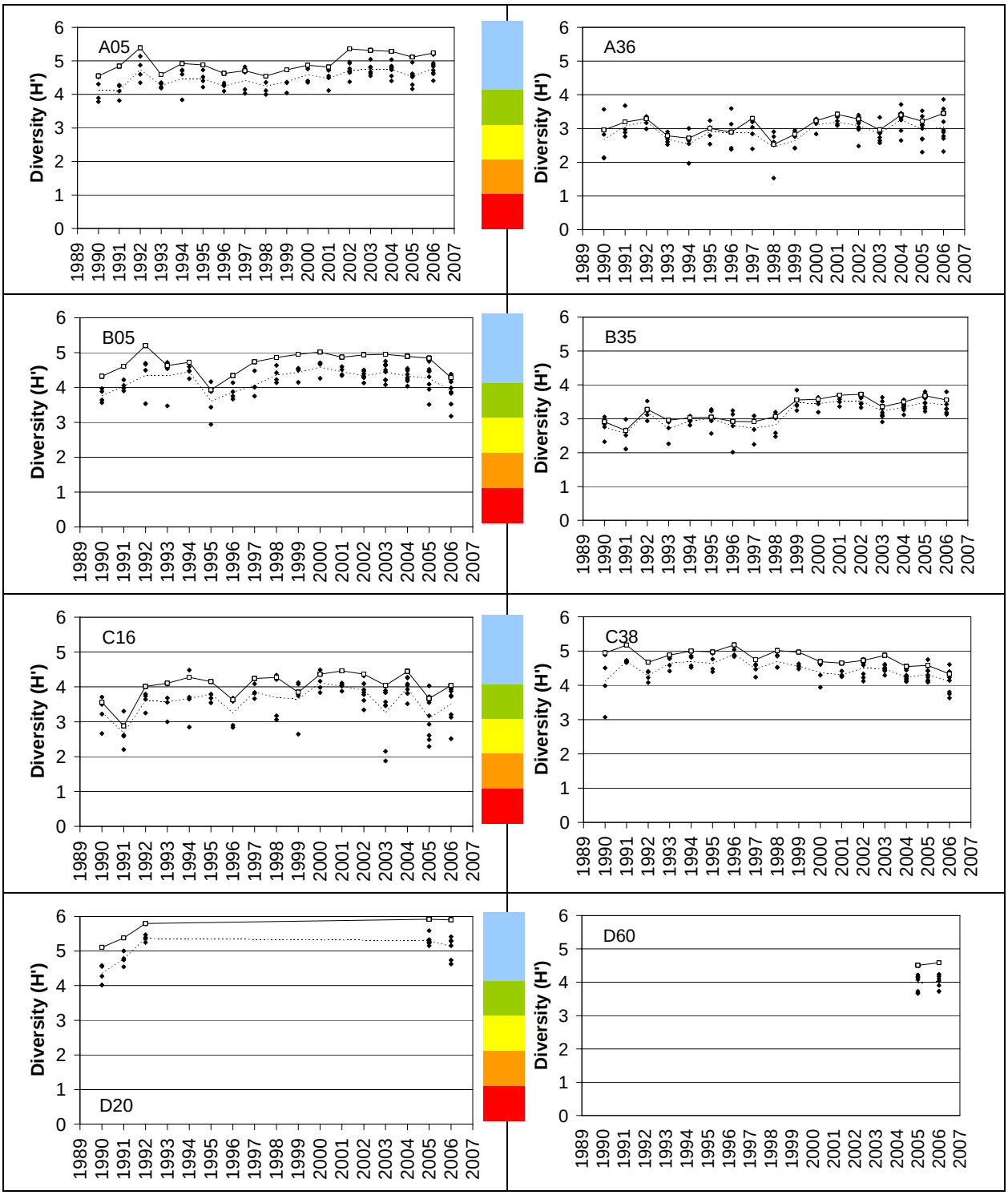


Figur 7.1 Kart over bløtbunnsstasjonene i 2006. (Stasjonskodene på kartet er utvidet med endelsen 0, slik at tallkodene samsvarer med dypene. I rapporten for øvrig er endelsen 0 sløyfet.)

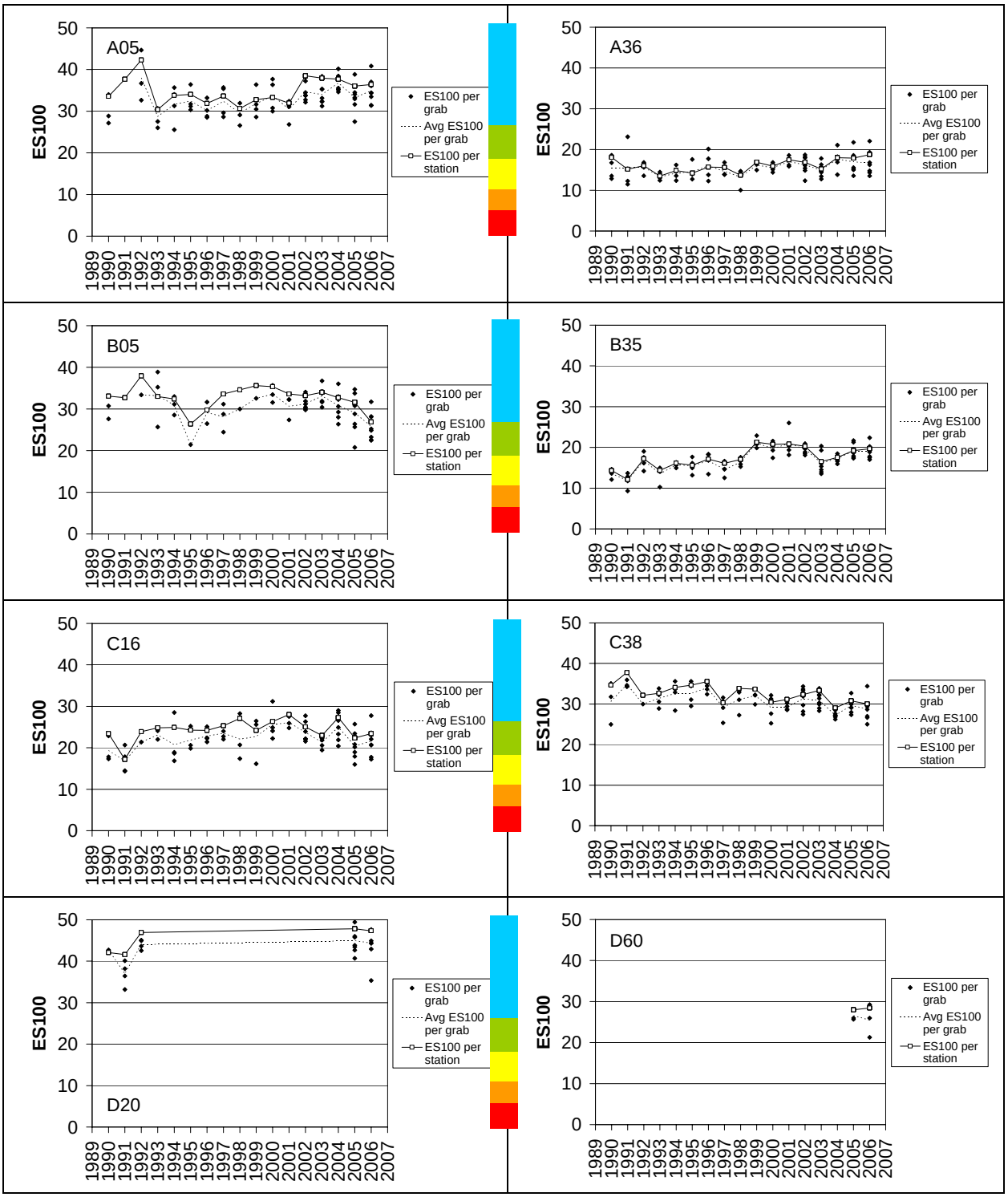
Artsmangfold

To indekser for artsmangfold er benyttet: H' (Shannon-Wiener, Figur 7.2) og ES_{100} (artstall pr. 100 individer, Figur 7.3). Verdier av H' over 3 kan betraktes som høye (god eller meget god tilstand). I de fleste årene lå artsmangfoldet H' på alle stasjonene, med unntak for A36 i ytre Oslofjord og B35 utenfor Arendal, i tilstandsklasse I eller II (meget god eller god tilstand) etter SFTs miljøkvalitetskriterier. På stasjon A36 og B35 lå artsmangfoldet i noen av årene i klasse III (mindre god tilstand), hovedsakelig på grunn av den høye individtettheten hos noen dominerende arter. På stasjon A05 har artsmangfoldet vært litt høyere i de siste fem årene, noe som indikerer forbedret tilstand. Artsmangfoldet på en stasjon i B-området (B35) har også vært noe høyere i de siste årene enn i første del av overvåkingsperioden. Av de dype stasjonene viste D20 utenfor Sotra på Vestlandet og C38 i havet utenfor Lista høyest artsmangfold, men på C38 har det vært en signifikant nedgang i perioden.

Verdier av ES_{100} over 18 kan betraktes som høye (god eller meget god tilstand). ES_{100} på kystovervåkingsstasjonene var innenfor det normale for fjorder og kystvann i Sør-Norge, men var lavere på A36 og B35 og til dels på C16 enn på de andre stasjonene. Antall arter pr. 100 individer var spesielt høyt på stasjon D20.



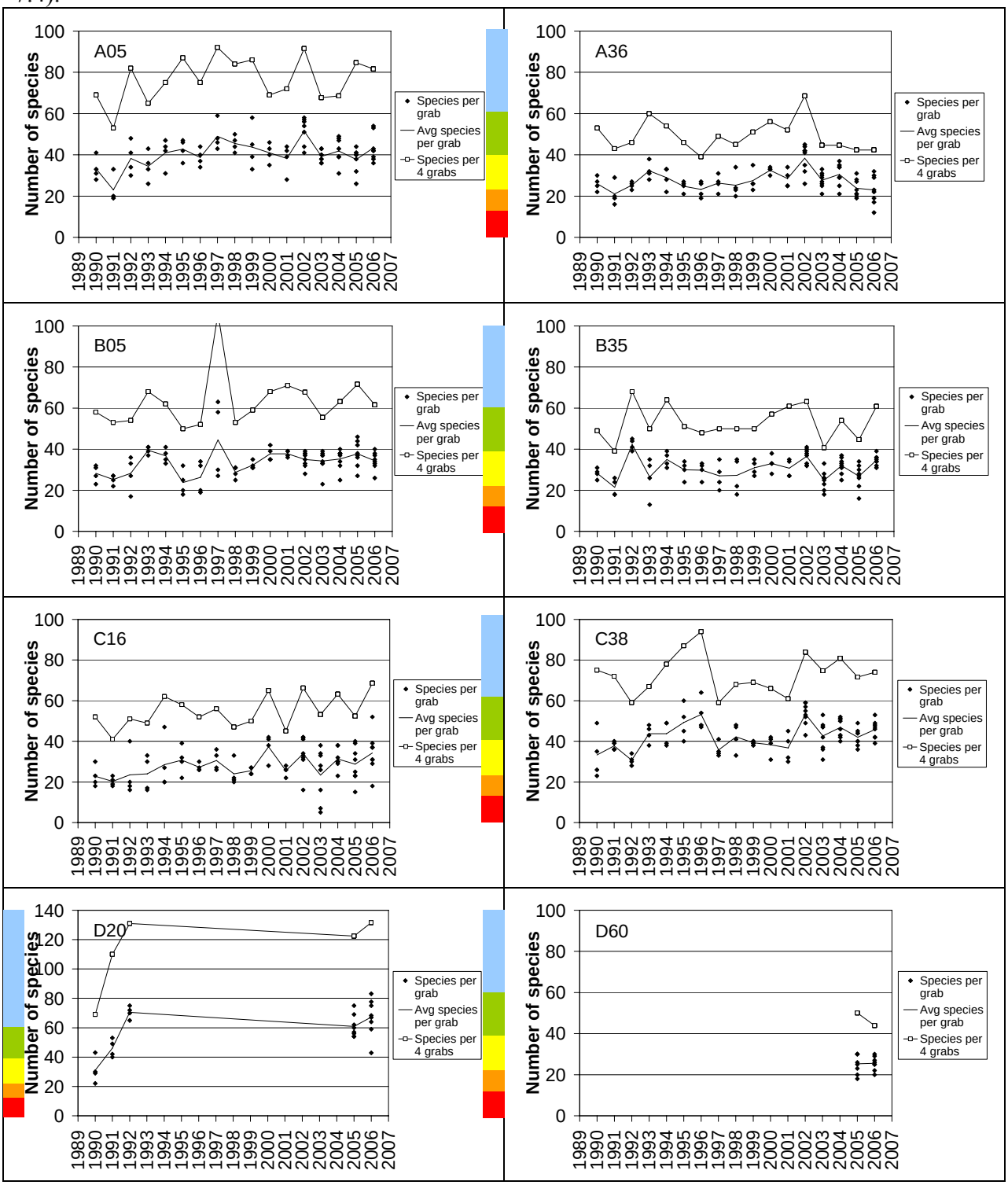
Figur 7.2 Artsmangfold (H') for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2006. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). (Klassifisering etter SFT 1997.)



Figur 7.3 Artstall pr. 100 individer (ES_{100}) i 1990-2006. Fargene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2).

Artstetthet

Artstetthet på stasjonene i perioden 1990-2006 er uttrykt ved artstall pr. 0.1 og 0.4 m2 (Figur 7.4).



S04	Tilstandsklasse
> 60	Meget god
40 - 60	God
23 - 39	Mindre god
13 - 22	Dårlig
0 - 12	Meget dårlig

Figur 7.4 Artstetthet (artstall pr. 0.1 og 0.4 m^2) i 1990-2006. (Merk utvidet skala for stasjon D20.) Tilstandsklassene for artstetthet gjelder for artstall pr. 0.4 m^2 (species per 4 grabs).

Artstetthet på over ca. 40 arter pr. 0.4 m^2 kan betraktes som høy (god tilstand), over ca. 60 som meget høy (meget god tilstand). På alle stasjonene i Skagerrak, bortsett fra B35, var det en økning i artstetthet i undersøkelsesperioden (Tabell 7.1).

Det høye artstallet på stasjon B05 i 1997 kommer av at to av prøvene var veldig individrike og dermed må forventes å inneholde flere arter (Figur 7.6).

Indikatorarter
Forekomst av indikatorarter (arter som indikerer god miljøtilstand) viste lite endring i perioden på de fleste av stasjonene (Figur 7.5). Det var en liten økning på stasjon C16 og B35. Høyest indikatorartsindeks (best tilstand) viste stasjon D20 og C38. Lavest indikatorarts-indeks viste stasjon B05.

Individtetthet
Individtetthetene var innenfor det normale for fjorder og kystvann i Sør-Norge, men var høyere på de dype enn på de grunne stasjonene i Skagerrak (Figur 7.6). Generelt i fjorder og kystvann finner vi ellers ingen slik trend. Dette kan indikere større sedimentering av nærings-partikler et stykke ut fra Skagerrakkysten enn nærmere kysten. Endringene i individtettheter på de enkelte stasjonene viste betydelig og tildels usystematisk variasjon fra år til år, og ingen konsistent trend gjennom hele perioden. Også mellom parallelle prøver tatt på samme tids-punkt var det ofte stor variasjon.

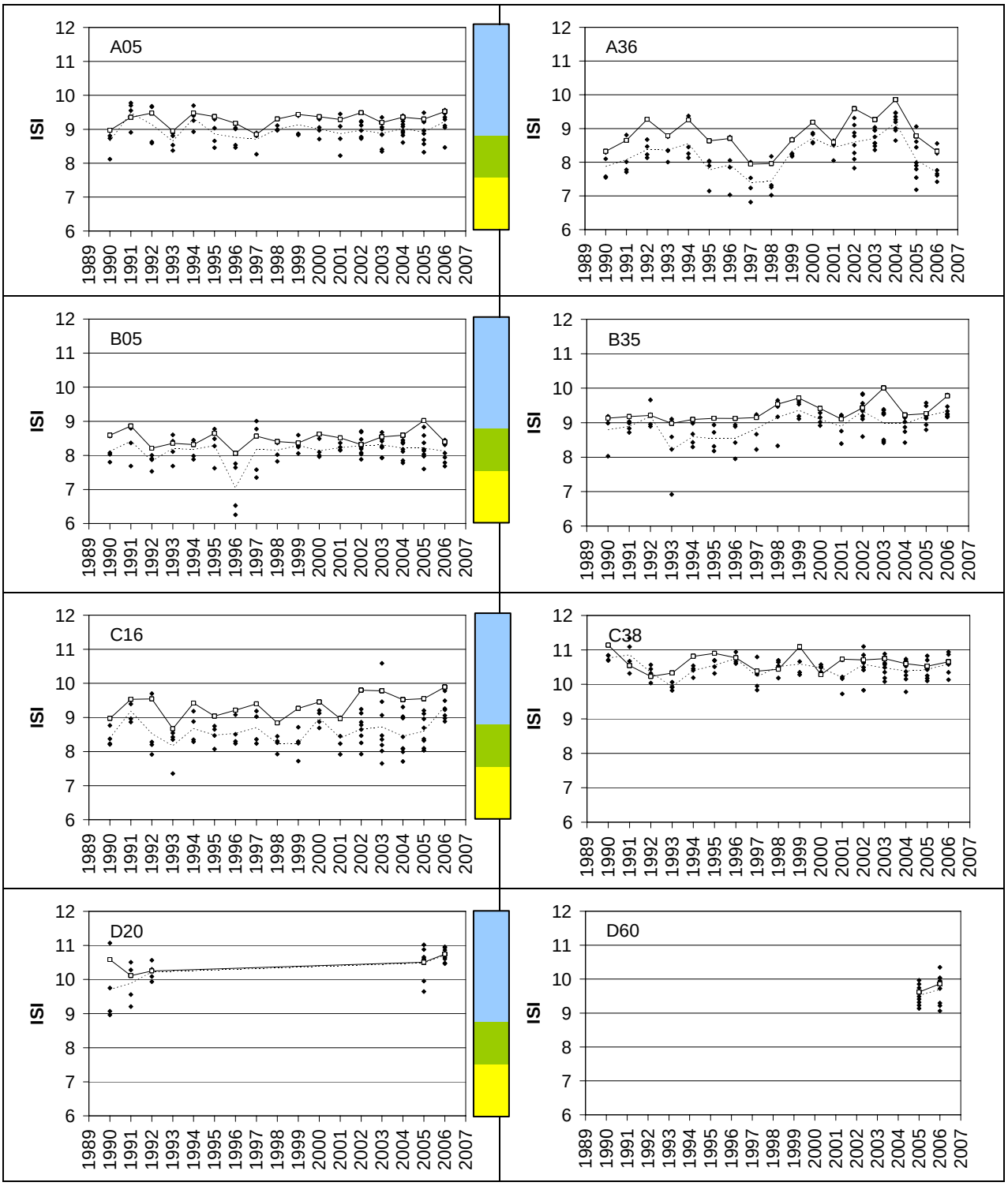
Individmengden på B35 har gått tydelig ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene (*Heteromastus*), noe som kan tyde på redusert næringstilførsel. På C38 var det en økning i individmengden.

De vanligste artene
Individtall for de vanligste artene er vist i Figur 7.7 (grunne stasjoner i Skagerrak), i Figur 7.8 (dype stasjoner i Skagerrak) og i Figur 7.9 (dype stasjoner på Vestlandet).

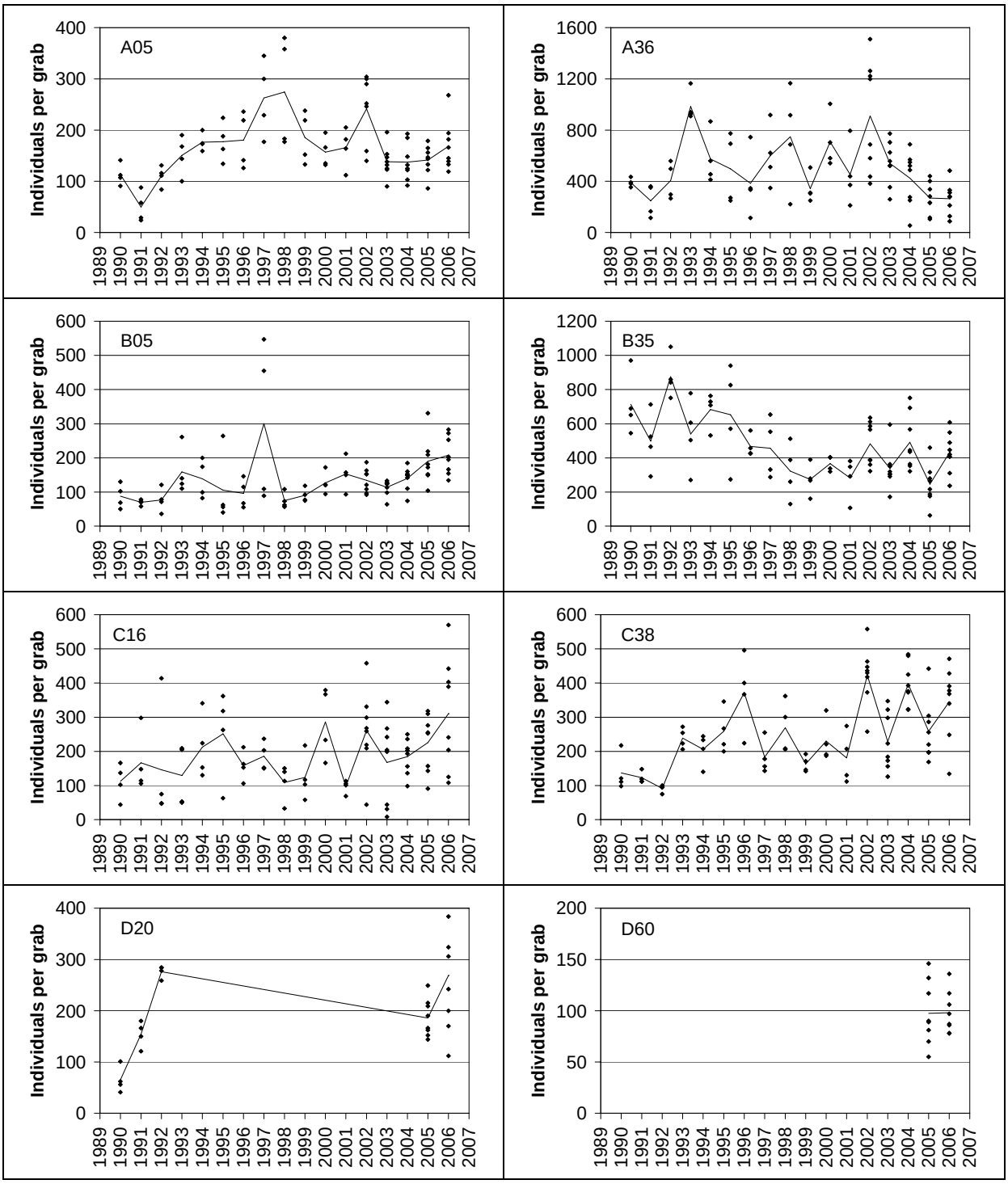
Individtettheten av de enkelte vanligste slektene viste svært høy variasjon fra år til år og også mellom prøver fra samme stasjon samme år. Mye av den sterke variasjonen antas å være intern biologisk variasjon som har liten sammenheng med de målte miljøfaktorene.

Av artene i Figur 7.7og Figur 7.8 er det særlig mangebørstemarkene *Chaetozone*, *Hetero-mastus* og *Paramphinome* som er kjent for å være opportunistiske og tolerante arter (Rygg, 1995), ofte dominerende på organisk belastete lokaliteter. Mangebørstemarken *Prionospio* og i noen grad *Tharyx* kan også være vanlige på organisk belastete lokaliteter (NIVA database). Men alle disse artene kan være vanlige på uforurensete lokaliteter også. Det er derfor ikke bare forekomsten, men først og fremt endringer over tid i individtettheten av artene, som kan indikere økt eller minsket næringstilgang.

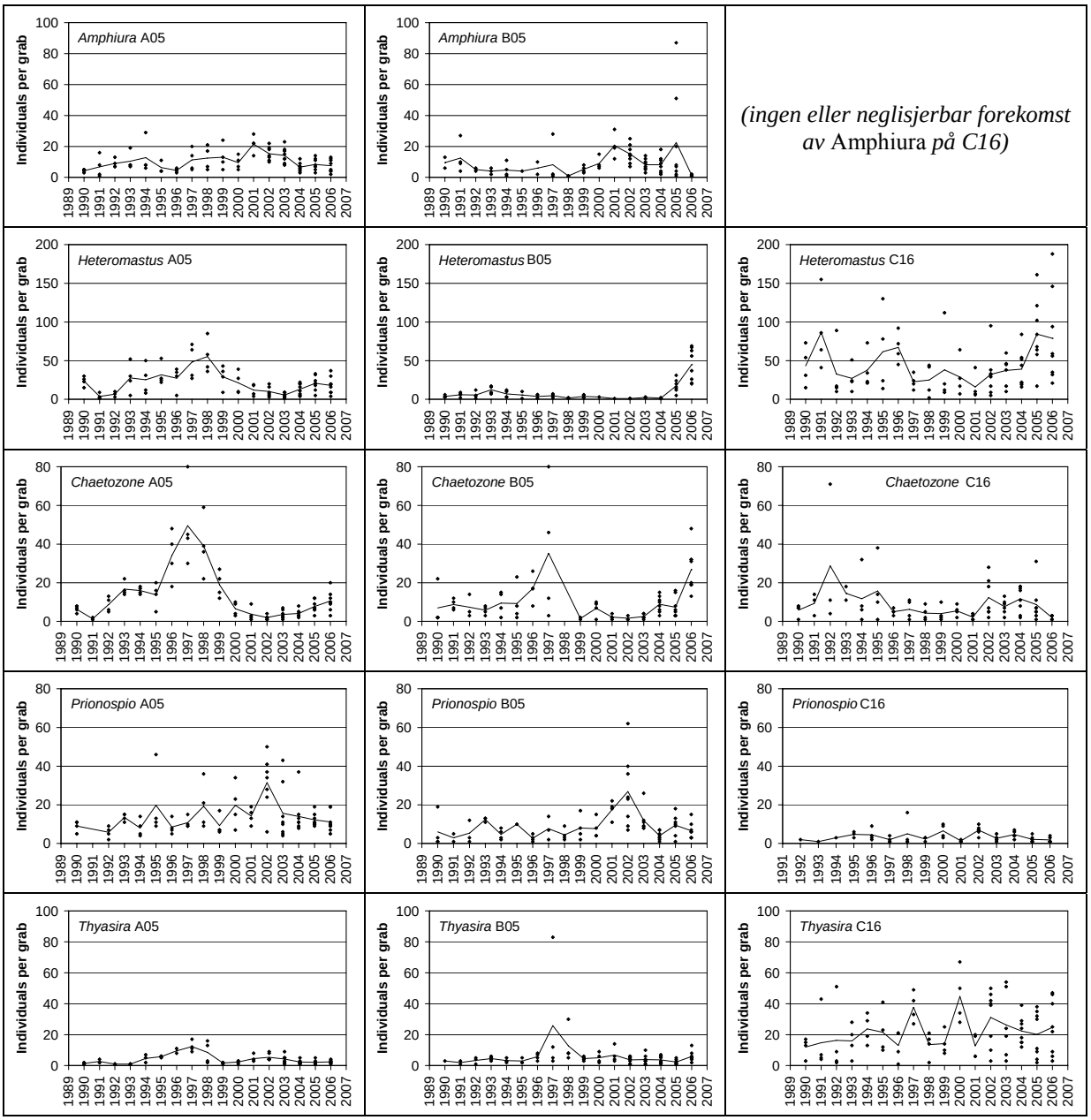
På stasjon B35 var det en tilbakegang av børstemarken *Heteromastus*, noe som kan tyde på redusert næringstilførsel.



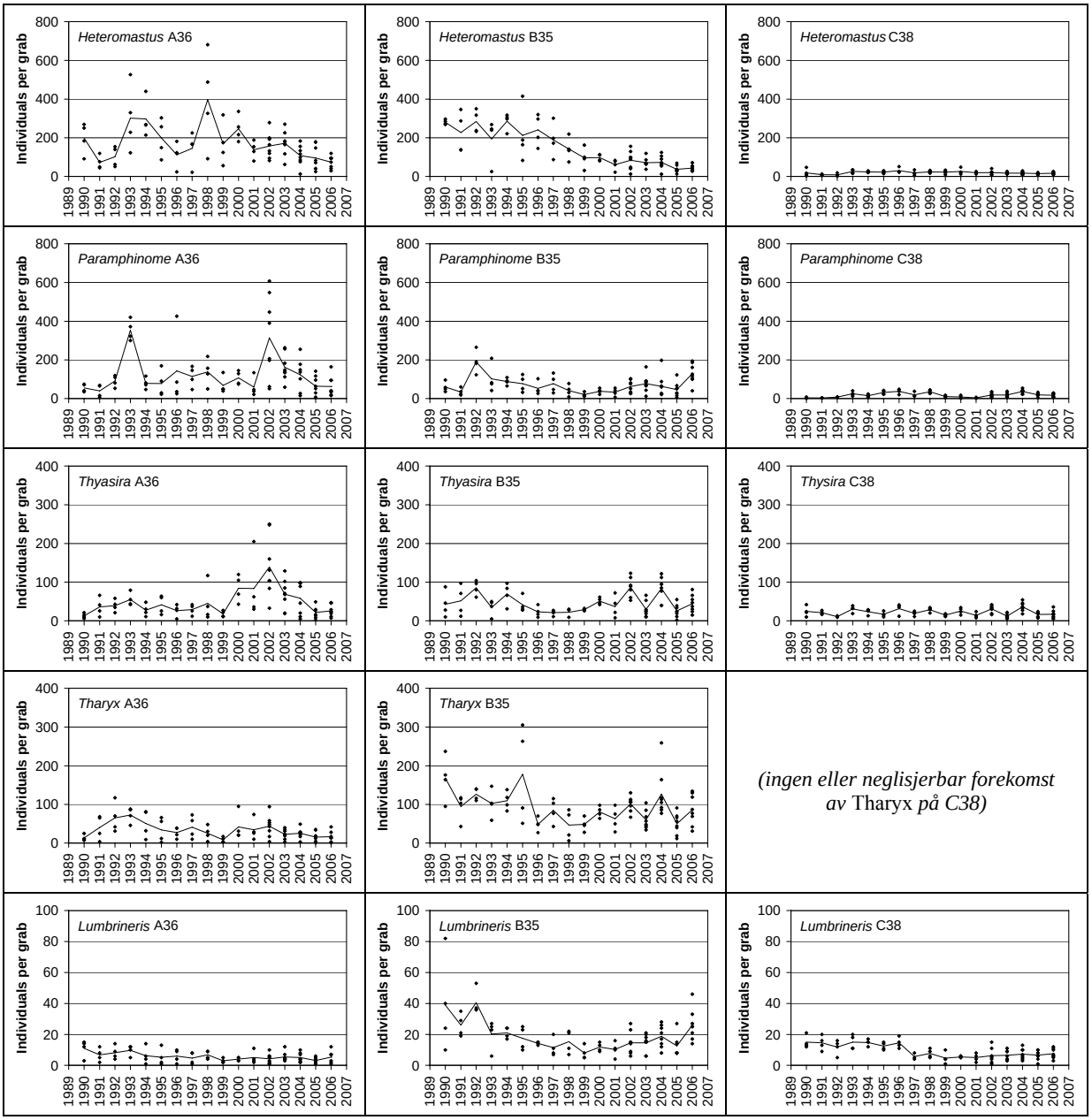
Figur 7.5 Indikatorartsindeks (ISI) for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2006. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). Fargene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2).



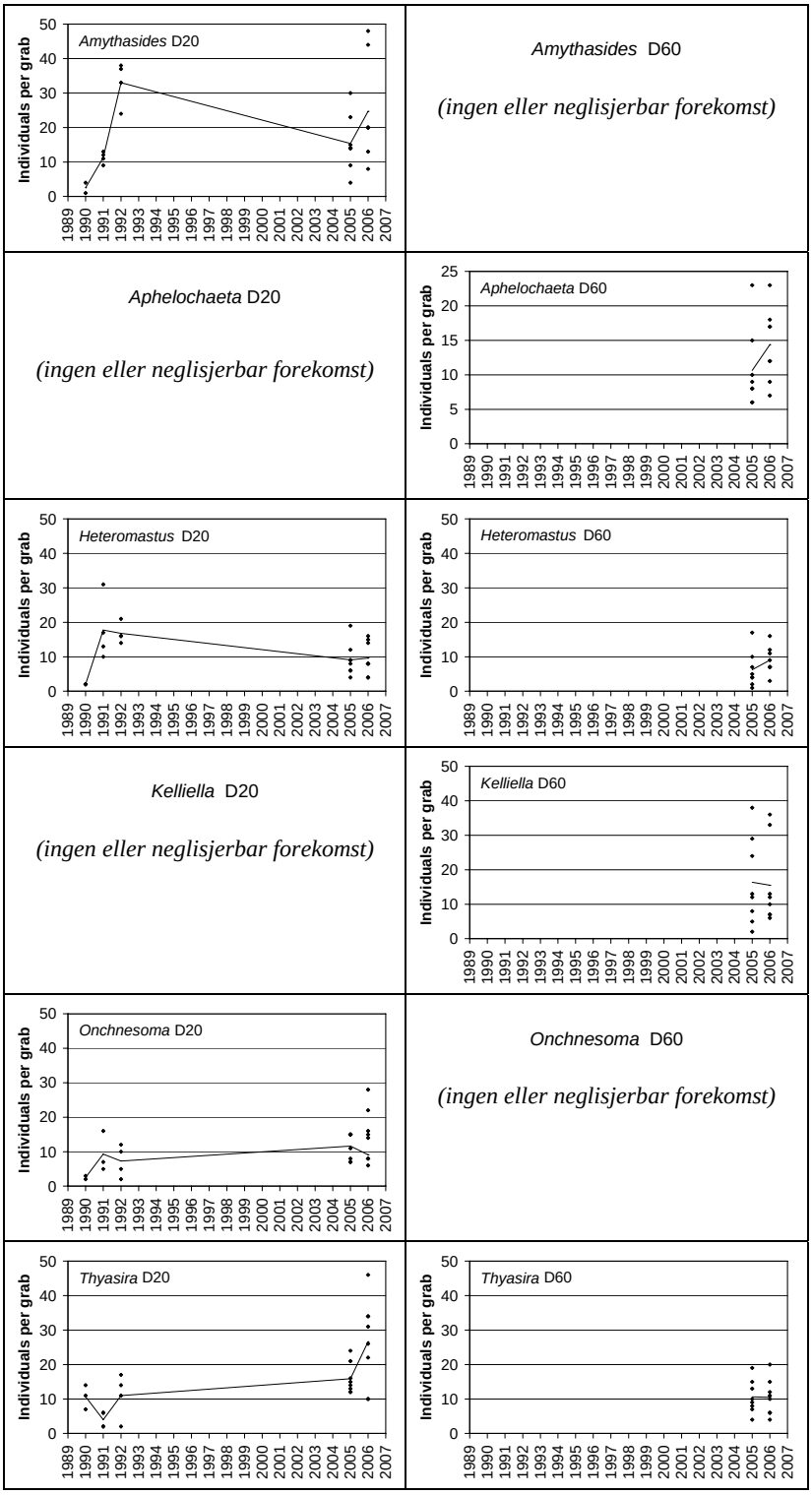
Figur 7.6 Individantall for bløtbunnsfauna pr. grabb (0.1 m^2) (punkter) og gjennomsnitt pr. år (linjer) i 1990-2006. Etter 2001 er det tatt åtte grabber pr. stasjon, mot fire grabber pr. stasjon 1990-2001. Merk ulik skala i plottene.



Figur 7.7 Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de grunne stasjonene A05 (Færder, 50m), B05 (Grimstad, 50m) og den middels dype fjordstasjonen C16 (Farsund, 160m). Merk ulik skala for forskjellige slekter.



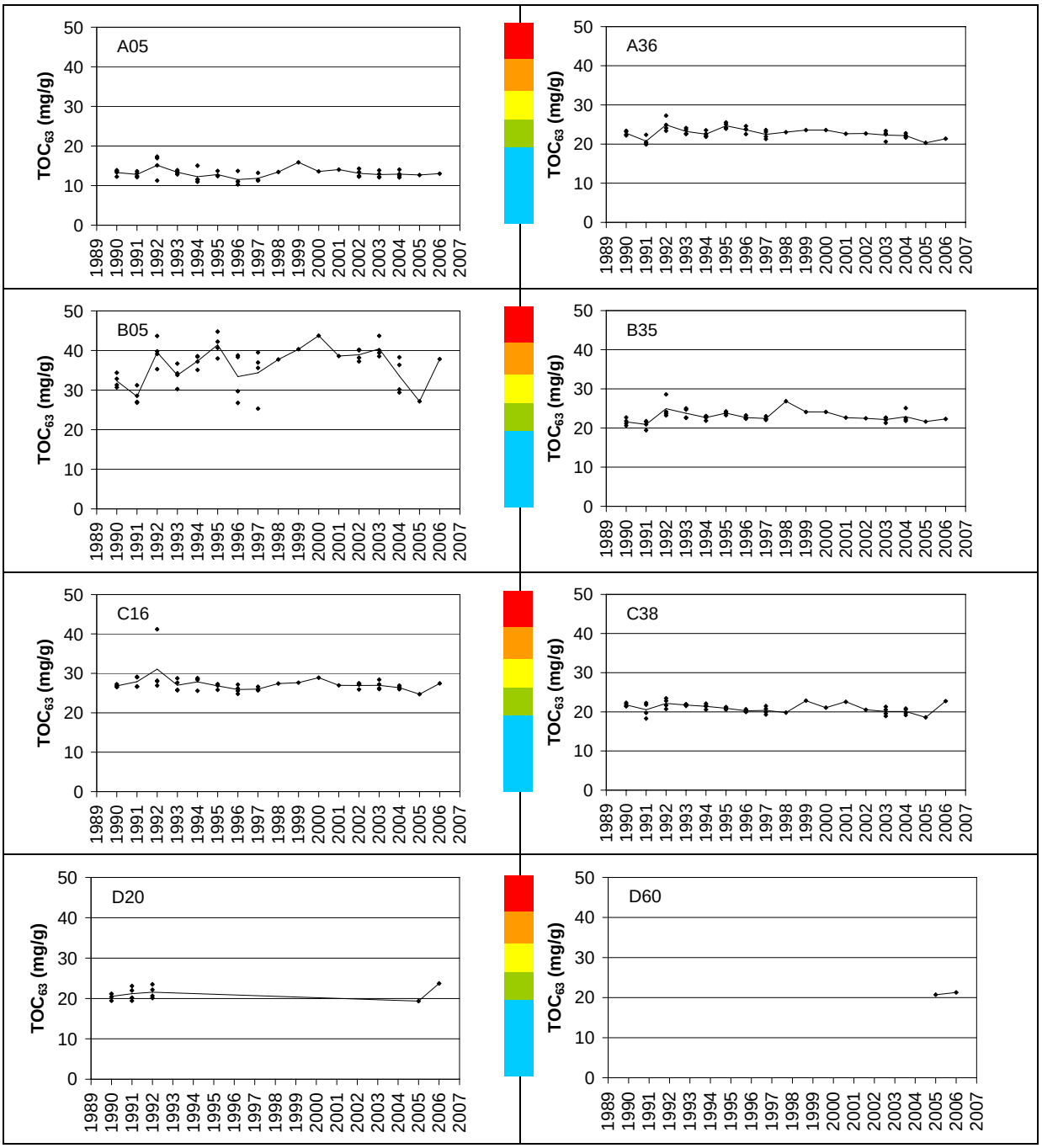
Figur 7.8 Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de dype stasjonene A36 (ytre Oslofjord, 360m), B35 (Arendal, 350m) og C38 (Lista, 380m). Merk ulik skala for forskjellige slekter.



Figur 7.9 Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de dype stasjonene på Vestlandet, D20 (utenfor Sotra, 200 m) og D60 (Bjørnafjorden, 600 m).

7.2 Bunnsedimenter

Tidsserier for totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet på stasjonene er vist i Figur 7.10. Det ble ikke påvist noen tydelige tidstrender i innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet på noen av stasjonene. TOC var også nokså stabilt fra år til år på alle stasjonene, bortsett fra på B05.



Figur 7.10 Innhold av totalt organisk karbon (TOC_{63}, mg/g), korrigert for sedimentets innhold av silt og leire i enkeltprøver (punkter) og som gjennomsnitt (linjer) pr. år 1990-2006. Fargekodene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2).

Organisk innhold (TOC) var lavt til moderat, og var høyest i de mest finpartikulære sedimentene. Gjennomsnittlig TOC_{63}-innhold (TOC korrigert for innholdet av silt og leire i sedimentet) i overvåkingsperioden på alle stasjonene, med unntak av B05 ved Grimstad og fjordstasjonen C16, lå i tilstandsklasse I eller II (meget god tilstand/god tilstand) etter SFTs miljøkvalitetskriterier.

Stasjon B05 hadde forhøyd organisk innhold (i gjennomsnitt klasse III, mindre god tilstand). Det var en økning i totalt organisk karbon fra tilstandsklasse III (mindre god) i 1990 og 1991 til tilstandsklasse IV (dårlig) senere i perioden. Stasjon B05 ligger nær ved kysten og mottar trolig organisk materiale fra nærliggende terrestriske kilder og fragmenter av marine makroalger fra strendene i nærheten. Dette kan også forklare den større variasjonen mellom enkeltprøver. Økningen i TOC på B05 kan også representere en generell økning i organiske partikler over en lengre kyststrekning. Resultater fra de andre delundersøkelsene kan tyde på dette. Imidlertid var det en nedgang i TOC etter 2003 på B05.

Fjordstasjonen C16 viste stort sett klasse III (mindre god tilstand) i hele perioden.

Signifikante endringer er vist i Tabell 7.1 i kapittel 7.3.

7.3 Tidstrender

I Tabell 7.1 vises resultater fra en trendanalyse av de enkelte parametrene for hver stasjon (lineær trend 1990-2006). + eller - betyr signifikant stigende eller synkende verdier, mens fargen grønn eller rød indikerer en positiv eller negativ utvikling i miljøtilstanden på de 6 stasjonene.

Tabell 7.1 Signifikanstest av endringer (lineær modell, $P < 0.05$) for perioden 1990-2006. Vestlandsstasjonene D20 og D60 er ikke tatt med på grunn av få observasjoner.

Parameter / Stasjon	A05	A36	B05	B35	C16	C38
TOC_{63}	0	0	0	0	0	0
H'	+	+	0	+	0	-
ISI	0	0	0	+	+	0
Artstall pr.grabb	+	0	+	0	+	+
Artstall pr.100 individer (ES_{100})	+	+	0	+	+	-
Individtetthet	0	0	+	-	+	+

+	= stigende verdier
-	= synkende verdier
0	= ikke signifikant
	= tilstandsforbedring
	= tilstandsforverring

8. Temakapittel

8.1 Endringer i langtransporterte tilførsler til vår kyststrøm

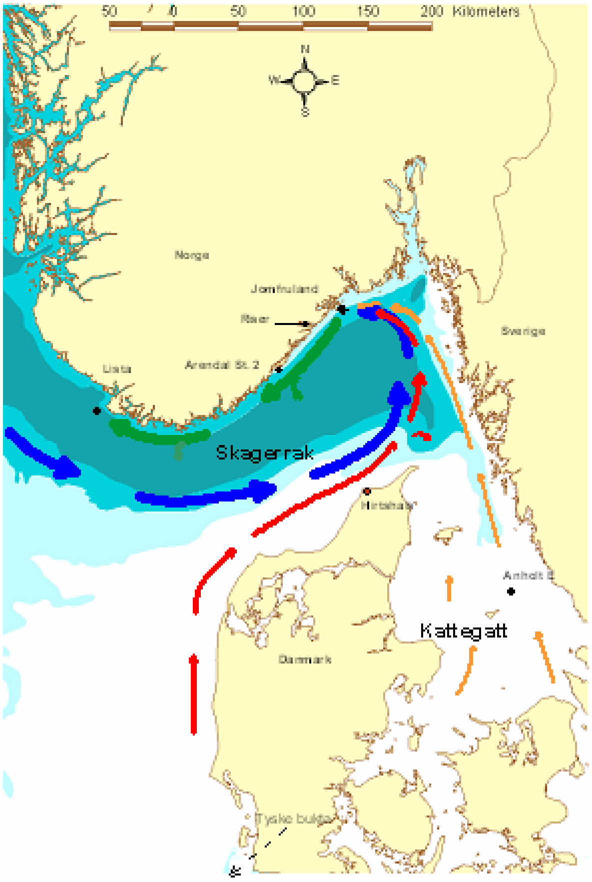
Eutrofiutviklingen med økte næringssalter i kystvannet på Sørlandet synes å ha snudd etter en dobling i nitratkonsentrasjonen fra perioden 1975-80 til 1990-95. Langtransporterte tilførsler av næringssalter til den norske kyststrømmen fra sydlige del av Nordsjøen, er også sannsynlig betydelig redusert i siste periode 2000-2006 sammenliknet med perioden 1990-95, basert på det forhold at konsentrasjonen av nitrat i overflatevannet ved Helgoland nå omtrent er tilbake på 1975-80-nivå. Det gir grunn til optimisme for utviklingen i kystmiljøet.

Konsentrasjonen av organisk bundet nitrogen har imidlertid økt i forhold til begge periodene 1975-80 og 1990-95. Det kan bety at det transporteres mer organisk stoff i kyststrømmen i dag enn tidligere. Hvilke konsekvenser det kan ha er ukjent.

- -

8.1.1 Litt historikk

Strømmene i Skagerrak har mesteparten av året en moturs sirkulasjon, som legger den Norske Skagerrakkysten nedstrøms (figur 8.1). Strømmønsteret kan variere betydelig i løpet av dager og uker, eksempelvis kan den Norske kyststrømmen langs sørlandskysten snu og gå mot nord. Imidlertid skulle de midlere forhold med moturs sirkulasjon være det normale over tid.



Figur 8.1 Midlere strømbilde i Skagerrak samt hydrografiske/hydrokjemiske stasjoner.

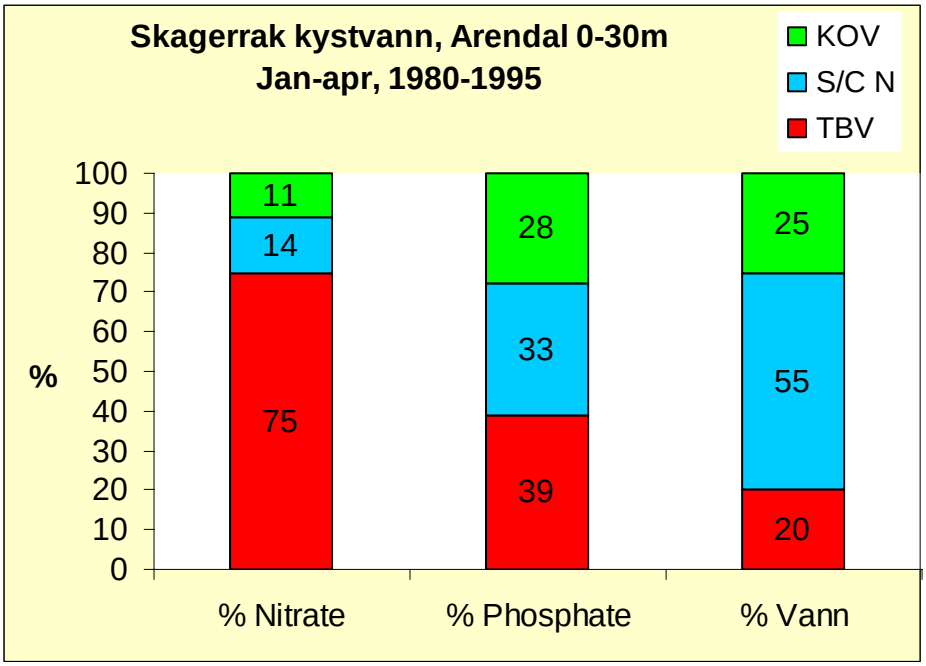
Den Norske kyststrømmen består således av en blanding av vann som tilføres med den Atlantiske strømmen langs Norske rennen, vann fra Tyskebukta som tilføres Skagerrak via Jyllandsstrømmen samt vann fra Kattegat (Østersjøen). Blandingen av de ulike vannmassene kan variere avhengig av bl.a. vindforholdene. Blandingen er både horisontal og vertikal og avhengig av saltholdighet og vind.

For vannkvaliteten i den Norske kyststrømmen er kvaliteten på de ulike vannmassene som tilføres avgjørende. Den Atlantiske strømmen forutsettes å ha en bra vannkvalitet, men både Kattegat og Tyskebukta er områder som er belastet med forurensninger. De er således – sammen med lokale norske forurensningstilførsler – viktige i bedømmelsen av vannkvaliteten langs Sørlandskysten.

Aure m.fl.(1998) har vist at influensen av vann fra spesielt den sørlige Nordsjøen er stor (fig. 8.2). Den er størst vinter og vår hvor Kystvannet mellom 0-30 m dyp utenfor Arendal er en blanding av vann fra Jyllandsstrømmen (snitt 75%) og overflate-vann fra Kattegat (snitt 25%).

Jyllandstrømmen består i sin tur av vann fra Tyskebukta (snitt 55%) og sentrale deler av sørlige Nordsjøen (20 %).

Uorganiske næringssaltskonsentrasjoner i disse vannmasser vil derfor kunne ha en betydelig påvirkning på konsentrasjonen i vannet langs sørlandskysten. Nitratkonsentrasjonen og N/P-forholdet i vannmassene utenfor Arendal ble omtrent fordoblet i 1990-95 sammenlignet med observasjoner fra 1980-tallet. Denne økningen kunne forklares med økningen i spesielt nitratkonsentrasjonen i Tyskebukta (Aure m.fl, op.cit).



Figur 8.2. Prosentuelt bidrag av næringssaltskonsentrasjoner og vann fra Kattegat overflatevann (KOV), sørlige/sentrale Nordsjøen (S/CN) og Tyskebukta (TBV) beregnet fra observasjoner i 0-30 meters dyp utenfor Arendal i januar-april for perioden 1980-1995.

8.1.2 Langtransporterte tilførsler av nitrat til Skagerrak kystvann etter 1995

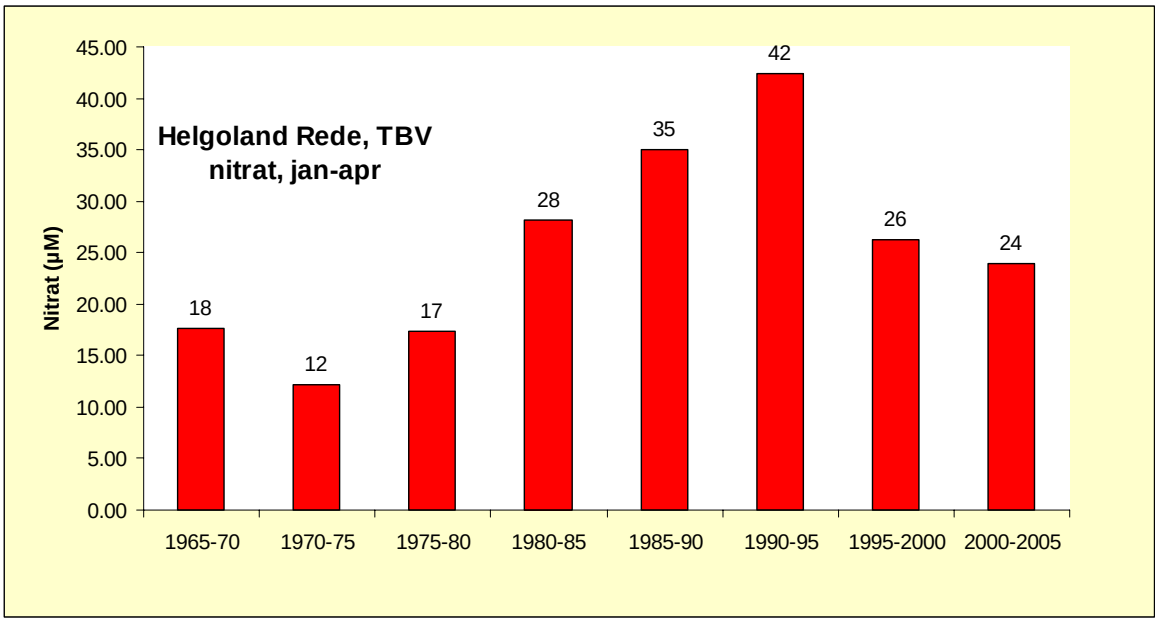
Det store innholdet av nitrat til Skagerrak kystvann (SKV) etter 1980 skyldes en betydelig økning i langtransporterte tilførsler fra Tyskebukta som en følge av økte tilførsler av nitrat til Tyskebukta etter 1980. I Tyskebuktvann (TBV) økte konsentrasjon av nitrat i vinter-vår-sesongen (januar-april) fra gjennomsnittlig ca. 12µM i 1970-75 til et maksimum i 1990-95 på 42 µM, dvs en økning på 250 % (Figur 8.3). Etter 1995 er det en gradvis reduksjon i konsentrasjonene av nitrat i Tyskebukta (TBV) og midlere vinter/vår-konsentrasjon i 2000-2005 var redusert til ca 20 µM. Følgelig er det langtransporterte bidraget av nitrat med vann fra Tyskebukta blitt omtrent halvert etter 1995.

Figur 8.4 viser at det er en god sammenheng mellom midlere nitrat i SKV (0-30 m, jan-apr) ved Arendal og i TBV ved Helgoland (R2=0.8) i perioden fra 1975-2005. Denne sammenhengen kan uttrykkes som følger:

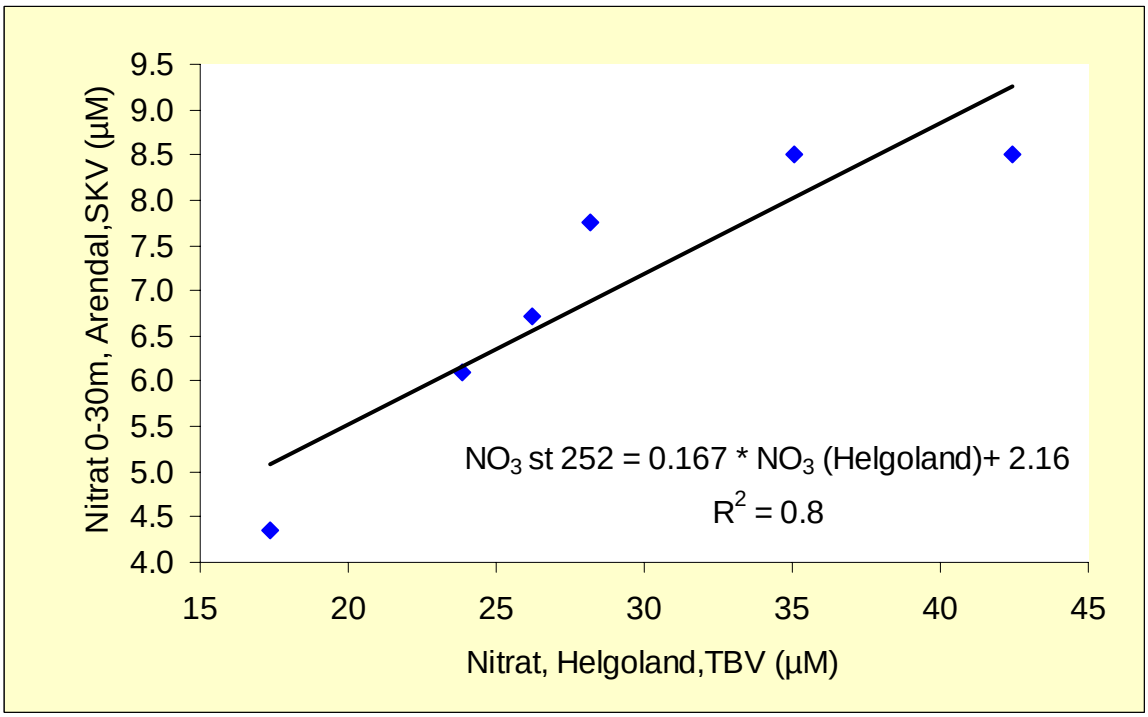
$$NO_{3\ (SKV,\ 0\text{-}30m)} = 0{,}17 * NO_{3\ (TBV)} + 2{,}16$$

Hovedsaklig som følge av endringene i Tyskebuktvann (TBV) økte nitratkonsentrasjonene i Skagerrak kystvann (SKV) ved Arendal fra 4.4 µM i 1975-80 til et maksimum på 8.5 µM i perioden 1985-1995 (figur 8.5), dvs. en om lag dobling av midlere nitratkonsentrasjon i vinter/vårsesongen. Som i Tyskebukta, ble det etter 1995 målt en gradvis reduksjon i nitrat-

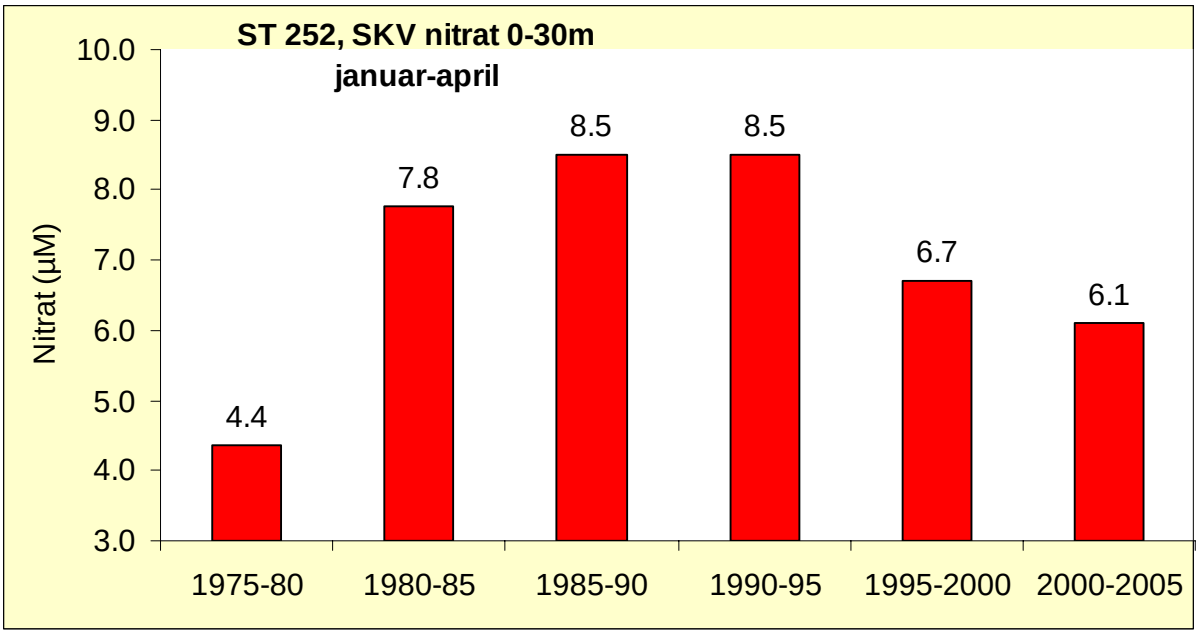
konsentrasjonene og i perioden 2000-2005 var midlere nitratverdi (0-30m, vinter/vår) redusert til ca. 6 µM, dvs. en reduksjon på ca. 30 %. Hvis nitratkonsentrasjonene i Tyskebukta i årene framover reduseres ytterligere, er det forventet ut fra Figur 8.3 og 8.4 at nitratkonsentrasjonen SKV (0-30m, jan - apr) kan nærme seg nivået før 1975-80, på 4-5 µM. Det betyr også at lokale næringssalttilførsler blir relativt sett viktigere for vannkvaliteten langs vår kyst.



Figur 8.3 Nitratkonsentrasjoner i januar-april ved Helgoland (Tyskebukta) beregnet for 5-års-perioder (gjennomsnitt).



Figur 8.4 Nitratkonsentrasjonen ved Arendal St. 2 og i Tyskebukta (Helgoland Reede) 1975-2005.



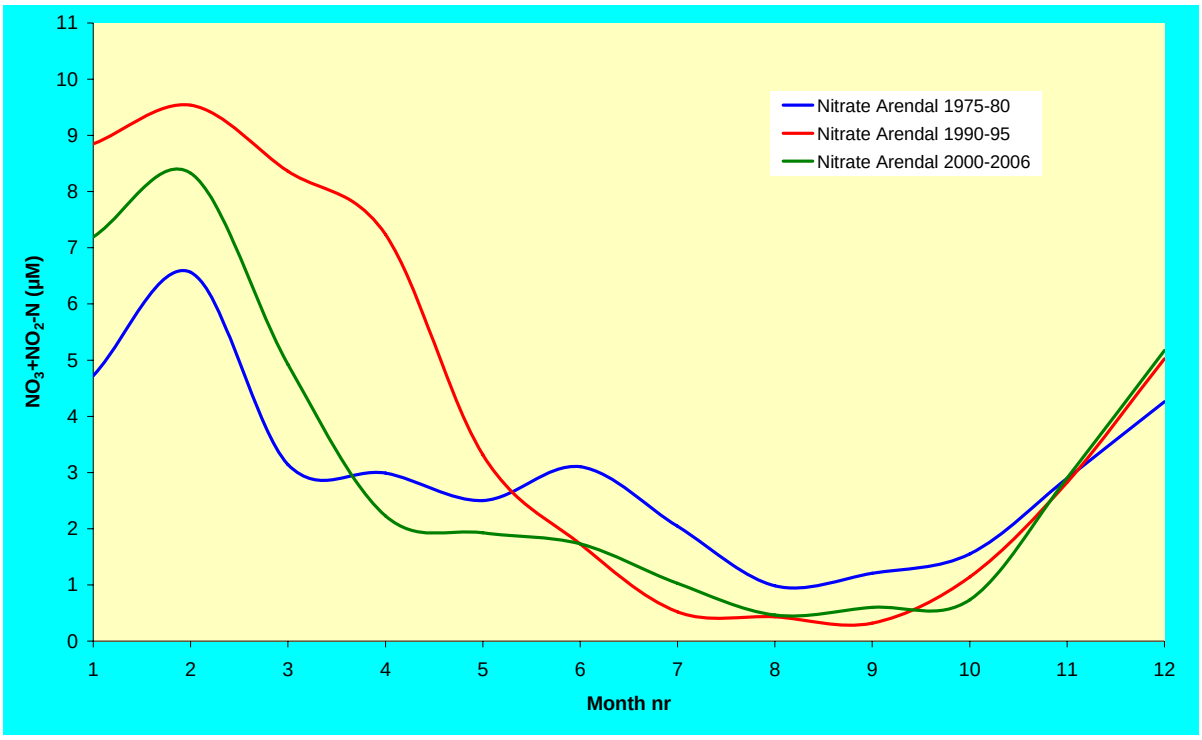
Figur 8.5 Nitratkonsentrasjonen ved Arendal (0-30 m) januar-april i ulike perioder.

8.1.3 Forandringer over året

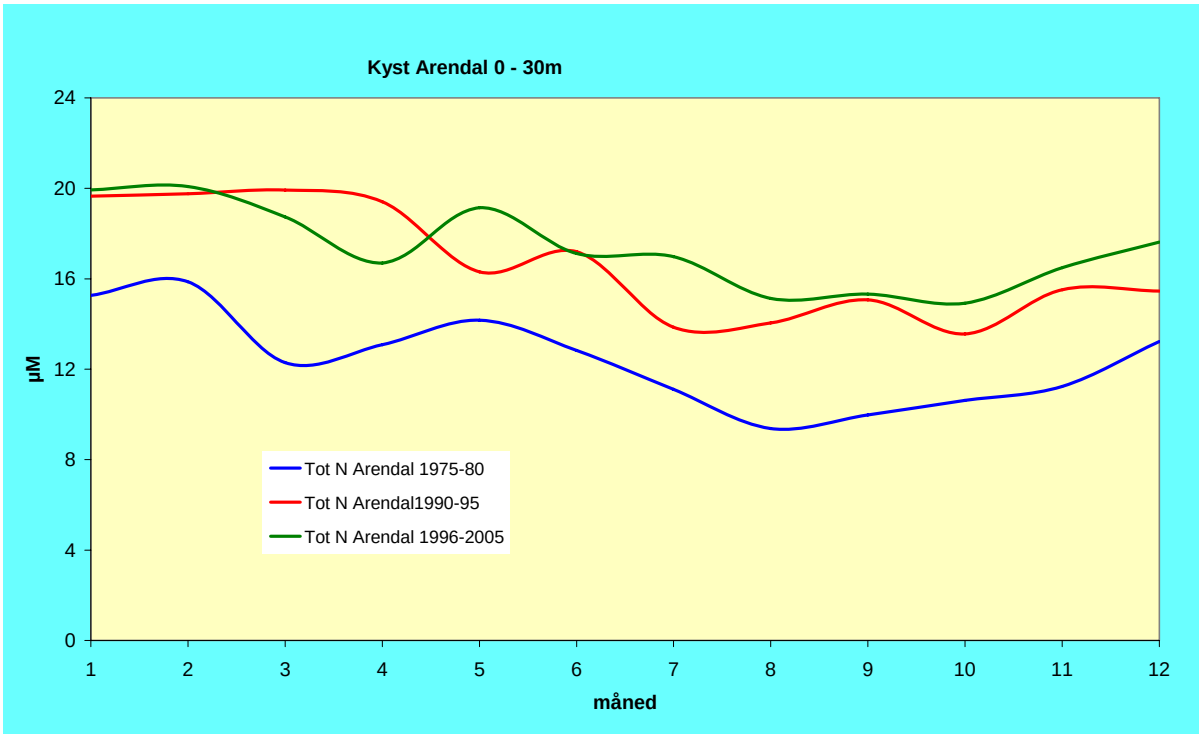
Reduksjonen av nitrat i kystvannet vinter og vår utenfor Arendal kan forklares ut fra reduksjon i langtransporterte tilførsler fra sydlige Nordsjøen. I Figur 8.6 er midlere konsentrasjoner pr. måned vist for de 3 tidsperiodene: 1975-80, 1990-95 og 2000-05. Figuren viser en klar reduksjon i nitrat for månedene januar-april i siste periode sammenliknet med 1990-95.

Imidlertid viser ikke Tot-N konsentrasjonen utenfor Arendal (figur 8.7) noen reduksjon. Her ligger konsentrasjonene i 1996-2006 omtrent som i 1990-95 og klart over 1975-80 nivået hele året. For organisk nitrogen (figur 8.8) er det t.o.m. en økning siden 1990-95. Dette betyr at nitrogen bundet til partikler eller andre løste former for nitrogen (ammonium, nitritt etc.) øker. Dette kan være i form av biomasse (planteplankton), detritus, humus eller lignende. Videre viser figur 8.9 at også totalfosforkonsentrasjonen er redusert siden 1990-95, det samme har fosfatkonsentrasjonen vinterstid gjort (figur 8.10). Dette innebærer at N/P-forholdet avtar, spesielt i mars- april måned (figur 8.11), men at det fortsatt er betydelig høyere enn i 1975-80.

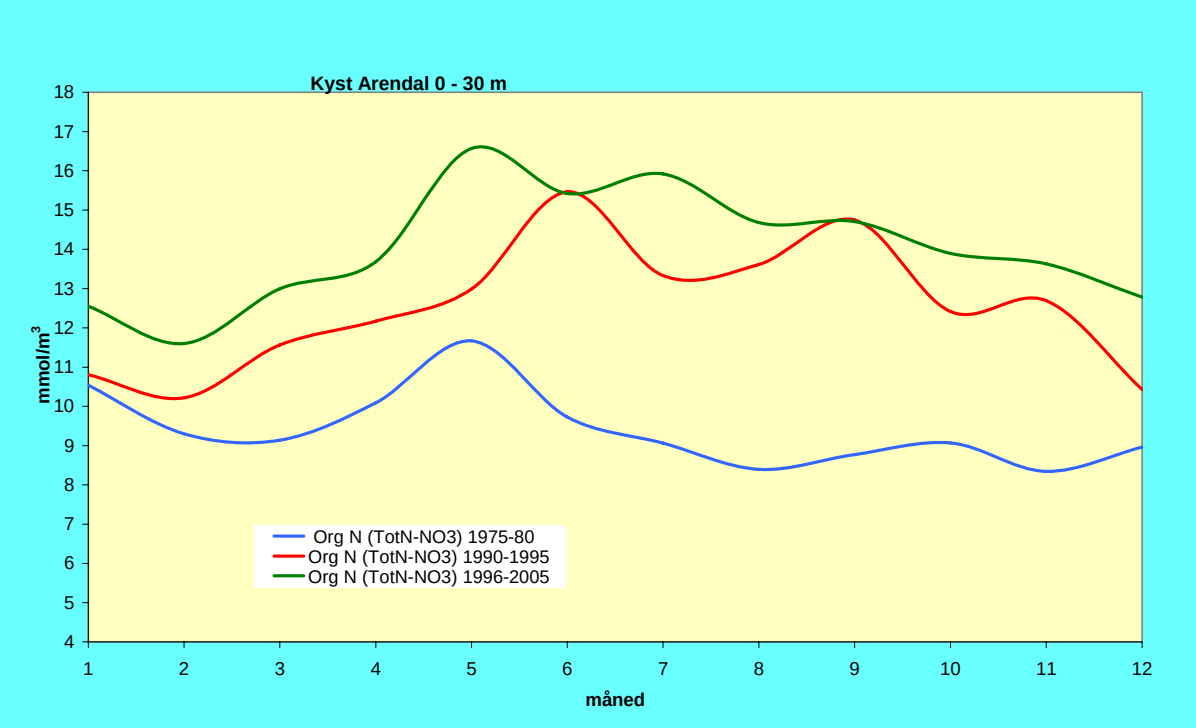
At konsentrasjonen av organisk bundet nitrogen fortsatt er like stor eller større i 2000-2006, sammenlignet med 1990-95 kan bety at det transporteres mer organisk stoff i kyststrømmen i dag, noe som også kan ses i konsentrasjonene av POC og PON i ulike vannmasser i kap. 4. Men beregnet biomassen av planteplankton her vært lav siden 2002 (sammenliknet med 1994-2001, jfr. Figur 5.6) slik at økningen i organisk bundet nitrogen ikke kan forklares med økt mengde plankton. (Vannet filtreres gjennom en zooplanktonduk før kjemisk analyse.)



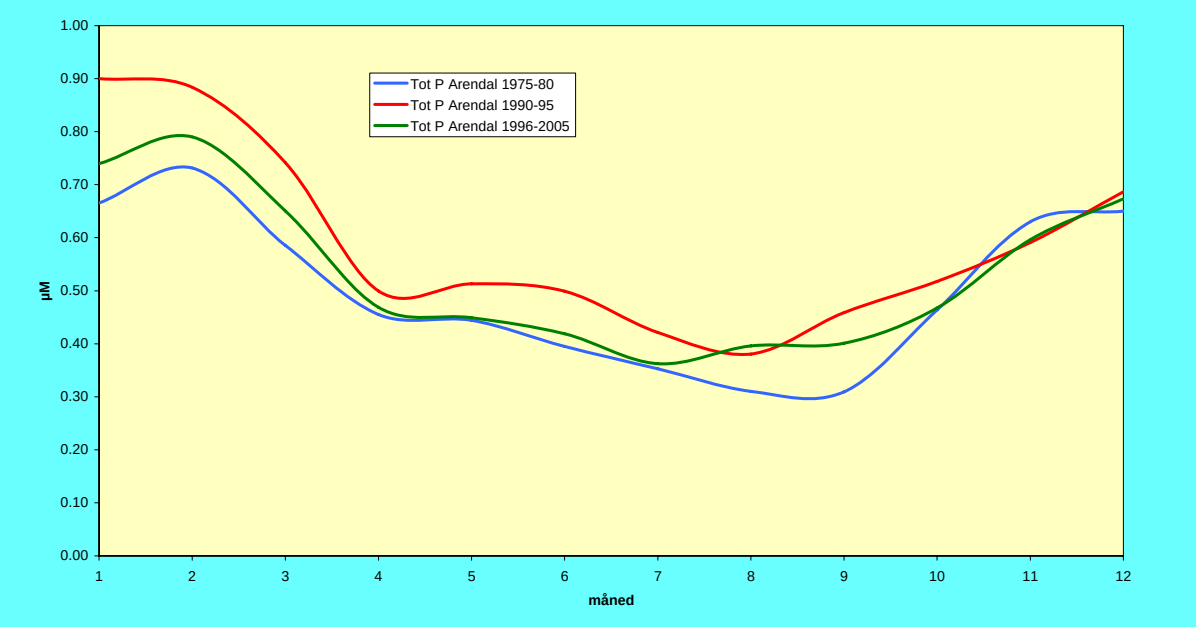
Figur 8.6 Nitratkonsentrasjonen i ulike perioder pr. måned utenfor Arendal (0-30 m dyp).



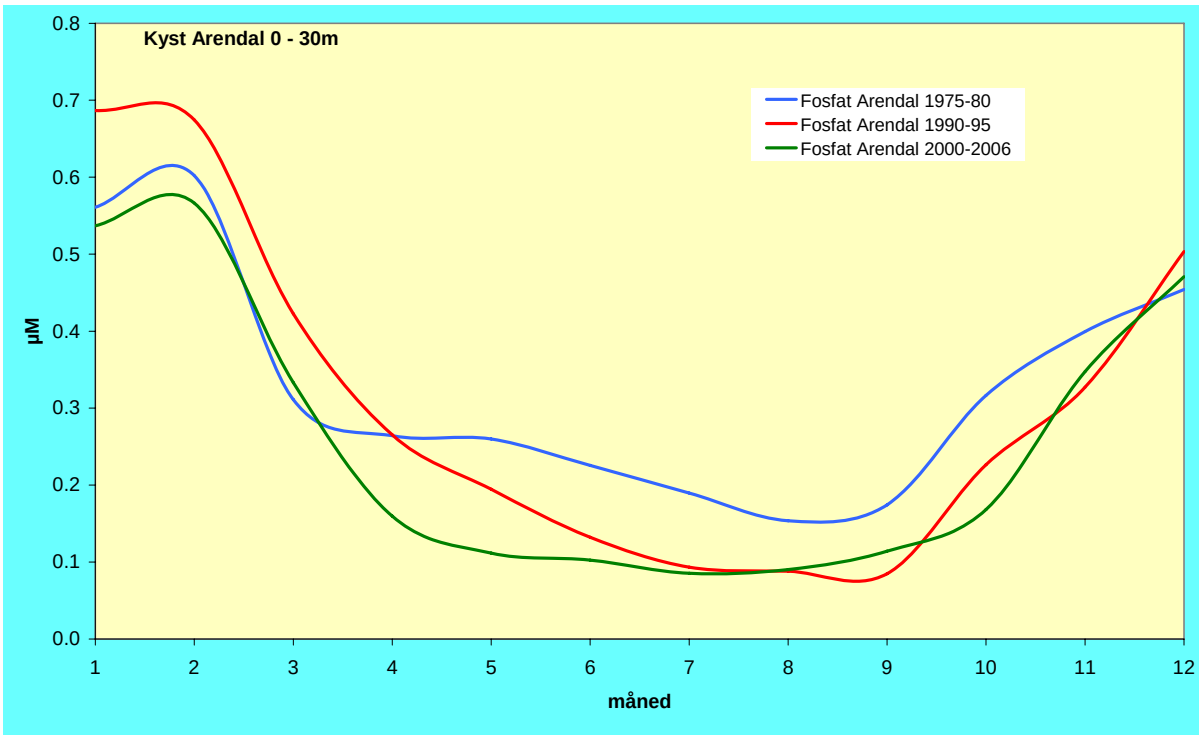
Figur 8.7 Tot-N konsentrasjonen i ulike perioder pr. måned utenfor Arendal (0-30 m dyp).



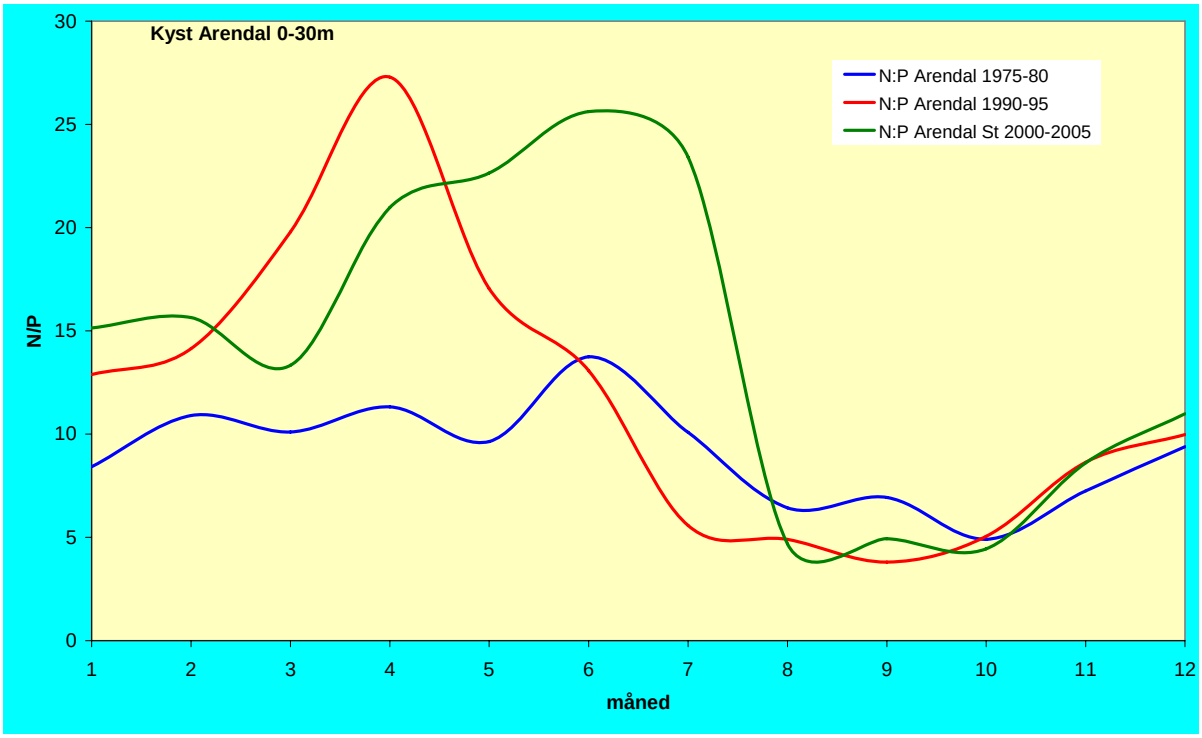
Figur 8.8 Organisk nitrogen (totalnitrogen – nitrat) i ulike perioder utenfor Arendal (0-30 m dyp).



Figur 8.9 Totalfosfor i ulike perioder utenfor Arendal (0-30 meters dyp).



Figur 8.10 Fosfat i ulike perioder utenfor Arendal (0-30 meters dyp)

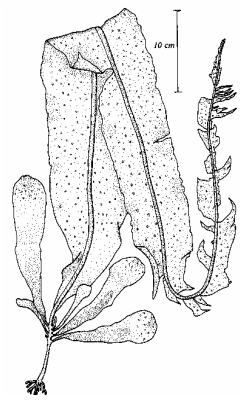


Figur 8.11 Nitrat/fosfat-forholdet i ulike perioder utenfor Arendal (0-30 m dyp).

8.2 Endringer i miljø og makroalgevegetasjonen

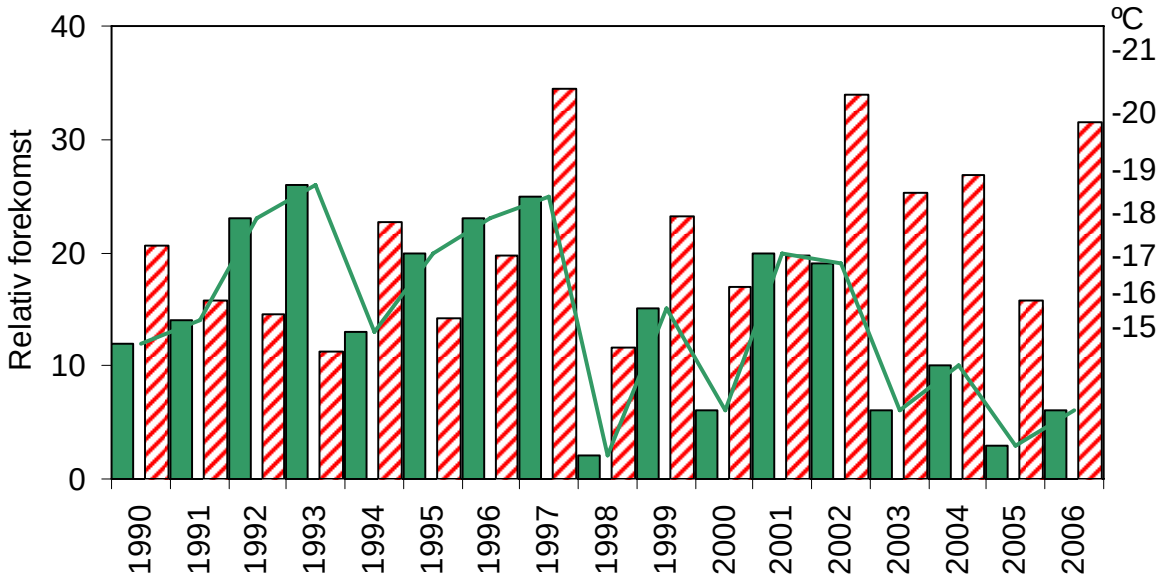
Butare sin forekomst er begrenset av sommertemperaturen i sjøen i Skagerrak og dens forekomst og utbredelse har respondert tydelig på varme somre. Hyppig forekomst av varme somre i siste periode har desimert bestanden betydelig. Klimatiske hendelser synes også å reflekteres gjennom variasjon i forekomst og vertikalutbredelse av tareskogen på Sørlandet. Kystmiljøet har ut fra en indeks basert på nedre voksegrense til 8 utvalgte makroalger, vært gjennom en lang periode med dårlig tilstand siden 1997-98, men de to siste år peker i positiv retning.

Tap av sukkertareskog på indre kyst av Sør-Norge er blitt knyttet til både langvarig eutrofiering av kystvannet og til klimatiske hendelser med økt sjøtemperatur og økt avrenning fra land (Moy et al. 2007 og Moy & Stålnacke 2007). Sukkertare er sammen med flere andre brunalger, en kaldtvannsart som taper sin konkurranseevne eller dør når sjøtemperaturen kommer over deres toleransegrenser.



Figur 8.12 Butare, *Alaria esculenta*. Illustrasjon av Åsen 1980

Butare (Figur 8.12) er et eksempel på en stor brunalge hvor det er kjent at sommertemperaturen kontrollerer dens utbredelse i Skagerrak (Sundene 1962 og Munda & Lüning 1977). Butare har en lavere temperaturtoleranse enn sukkertare (hhv. 16 og 23 °C) og butare vokser også på mer bølgeeksponerte lokaliteter enn sukkertare. Butare har sin østlige (sørlige) utbredelsesgrense i Skagerrak i Vest-Agder omtrent ved Mandal. Søk etter butare i 2006 viste at den hadde forsvunnet fra mange av sine tidligere kjente voksesteder og at artens østgrense (sørgrense) i Skagerrak var kraftig forskjøvet vestover (Åsen 2006). Kystovervåkingsprogrammet overvåker årlig forekomsten av butare på stasjon c15 Revø utenfor Farsund (vest i Vest-Agder og vest for artens østlige utbredelsesgrense). Forekomsten av butare på c15 har variert fra år til år, men har tydelig hatt lav forekomst i år etter en varm sommer (Figur 8.13).



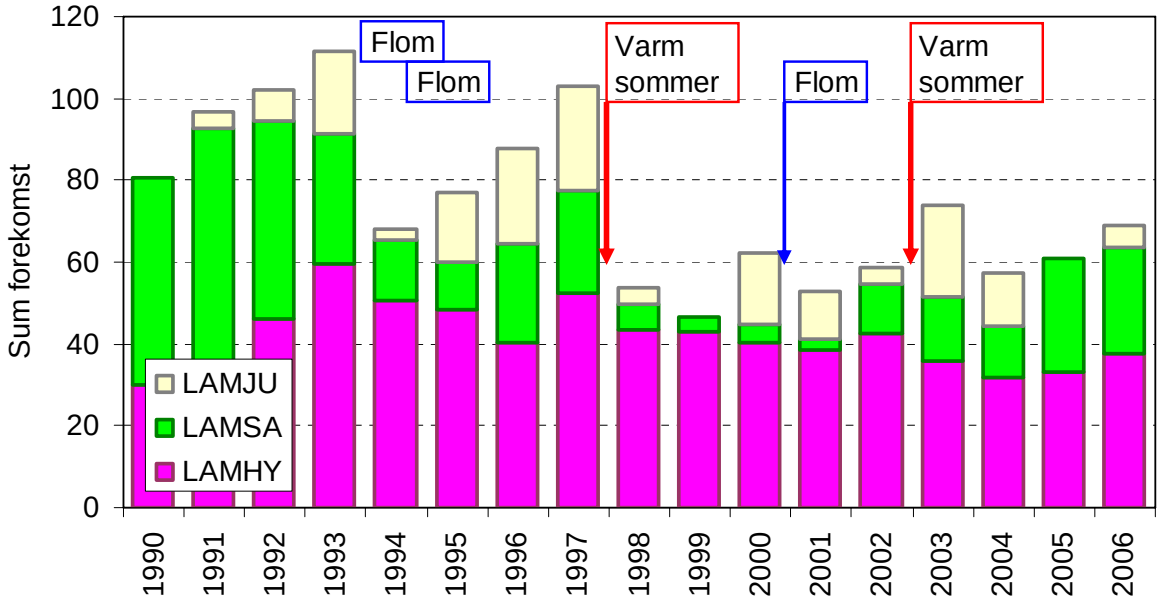
Figur 8.13 Forekomst av butare i juni på stasjon c15 Revø utenfor Farsund (grønne søyler) og sjøtemperaturen målt i august i Flødevigen, Arendal (skraverte røde søyler).

Sommeren 1997 var svært varm (juli, august og september) og bestanden av butare som ble funnet var svært lav i det påfølgende året 1998. Figuren viser også at forekomsten av butare har variert tidligere i perioden og at bestanden i 1999 igjen er tilbake opp mot gjennomsnittet av tidligere år (1990-1997). En varm sommer i 1999 gir bestanden en ny knekk (jfr. forekomst i 2000, Figur 8.13), men i 2001 og 2002 er bestanden tilbake igjen på normalt nivå. Siste del av perioden, fra 2002 til 2006, har vært unormal med flere påfølgende varme somre (2002, 2003 og 2004). Det kan synes som butaren av den grunn ikke har klart å restituere seg tilbake til opprinnelig bestandsnivå, men er blitt gradvis desimert.

Endringen i forekomst og utbredelse av butare synes å være en naturlig følge av endringer i sjøtemperatur. Den svært varme sommeren i 2006 og butarens lave bestandsmessige utgangspunkt, setter forventninger til Kystovervåkingens hardbunnsundersøkelser i 2007.

Gradvis desimering av bestanden som følge av flere påfølgende varme somre kan være et utviklingstrekk som også er gyldig for sukkertare, det vil si at flere påfølgende varme somre i denne siste perioden har skapt spesielt ugunstige forhold for sukkertaren og svekket dens evne til gjenvekst som normalt ville ha funnet sted etter en fatal hendelse med sterk bestands-desimering.

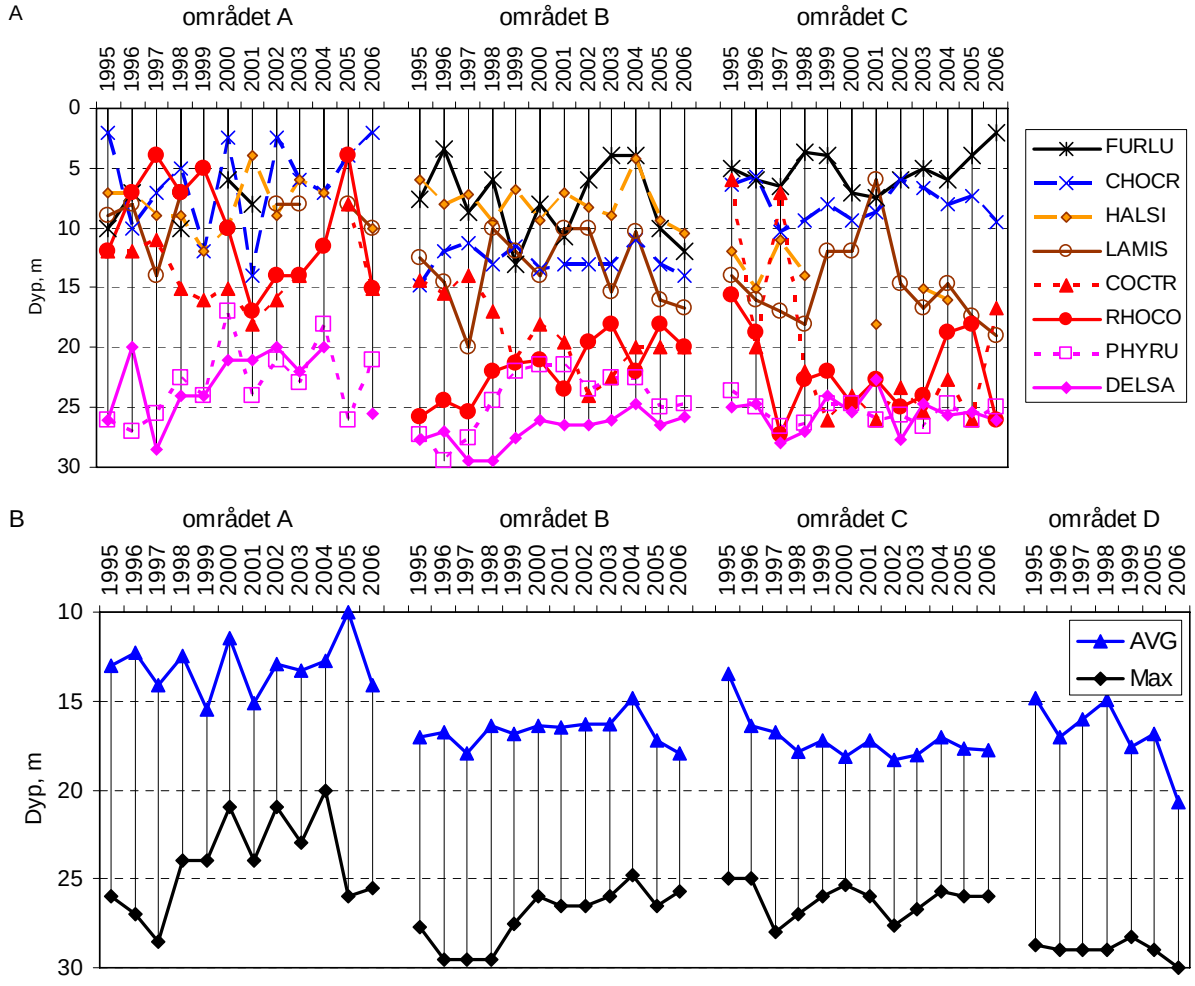
Uten at det er foretatt vurdering av årsakssammenhenger, synes den totale tareskogen på Sørlandskysten å respondere eller variere med større klimatiske hendelser i perioden (Figur 8.14). Økningen i tarebestanden de første årene av Kystovervåkingsprogrammet (1990-92) er trolig en følge av gjenvekst av tareskogen etter en negativ respons på miljøforholdene og opp-blomstringen av *Chrysochromulina* i 1988. I 1994 og 1995 var det hendelser som førte til storflom på kontinentet og samtidig ble det registrert bestandsdesimering av spesielt sukkertare og ung tare. Overvåkingen viser at tarebestanden igjen bygger seg opp og er i juni 1997 på nivå med tidligere, gode år. Sensommeren 1997 var spesielt varm og i 1998 var tarebestanden på et lavmål. Spesielt forekomsten av sukkertare og små tareplanter (rekrutter) var kraftig redusert.



Figur 8.14 Forekomst av tare i B-området og markering av betydelige hendelser i perioden. LAMJU=ung tare, LAMSA=sukkertare, LAMHY=stortare. Søylene viser summert forekomst på stasjonene b07, b10 og b11.

Tarebestanden var også lav sommeren 2001, etter en ekstrem høst/vinterflom på Øst- og Sørlandet i 2000. Imidlertid ga den varme sommeren i 2002 ikke reduksjon i tarebestanden. En skal derfor være forsiktig med å trekke alt for enkle slutninger om årsakssammenhenger hvor også andre faktorer spiller inn i et komplekst kystøkosystem. Datasammenstillingen kan imidlertid tyde på at bestanden av sukkertare på ytre kyst har økt etter markert tilbakegang i 1997, mens bestanden av stortare gradvis har avtatt fram til 2005. 2005-06 viser en svak økning.

I Vannforskriftens internasjonale veileder for interkalibrering er det for Skagerrakvanntyper blant annet foreslått å bruke nedre voksegrense for 8 utvalgte makroalger som indikator på vannkvalitet. I Figur 8.15 er nedre voksegrense for de 6 rødalgene: svartkluft, krusflik, hummerblekke, teinebusk, eikeving og fagerving og de to brunalgene skolmetang og sukkertare plottet fra Kystovervåkingsdata fra perioden 1995-2006. Fagerving er allerede benyttet som en kvalitetsindikator i Kystovervåkingsprogrammet, jfr. Figur 6.11. Figur 8.15 A viser et svært komplekst bilde om alle arter plottes sammen. Plottet viser også at arter har høyst ulikt voksedyp og at ikke alle arter er tilstede alle år på de relativt eksponerte Kystovervåkingsstasjonene. Nedre voksedyp må brukes med faglig skjønn.



Figur 8.15 (A) Gjennomsnittlig nedre voksedyp for hver av 8 utvalgte makroalger i området A, B og C og (B) gjennomsnittlig og maksimum nedre voksedyp av alle 8 utvalgte makroalger, inkludert i området D. Artskodene er:
FURLU=svartkluft, CHOCR=krusflik, HALSI=skolmetang, LAMIS=sukkertare, COCTR=hummerblekke, RHOCO=teinebusk, PHYRU=eikeving, DELSA=fagerving.

Ved å bruke gjennomsnittet av alle artene utnyttes informasjonen om nedre voksedyp for alle artene og synes å være en enkel og god måte å bruke interkalibreringsmatriksen (Figur 8.15 B). Maksimaldyp synes også å gi utfyllende informasjon som ikke fanges opp i gjennomsnittlig nedre voksedyp. Av figuren synes det tydelig å framgå at makimalt nedre voksedyp er redusert i B-området, mens gjennomsnittlig nedre voksedyp i langt mindre grad reflekterer denne endringen. Reduksjon i maks. nedre voksedyp skyldes i hovedsak forekomst av fagerving.

I tillegg til at det er vanskelig å fastsette nedre voksedyp (her er valgt minimum spredt forekomst) er nedre voksedyp for mange av artene avhengig av konkurranse med andre arter. Det kan derfor være mange lokale forhold som kan gi utslag i artenes utbredelse. Fastsettelse av nedre voksedyp vil trolig bli bedre når dette nå implementeres i overvåkingsprogrammene og både veileder i og erfaring med å sette voksedypgrense utvikles.

Utviklingen i vannkvalitet i de 4 områdene dekket av Kystovervåkingsprogrammet er forskjellig. I A- og B-området synes noe å ha inntruffet rundt 1997 som har gitt gradvis dårligere vannkvalitet, men at dette snur i 2004-05. I C-området synes tilstanden relativt konstant bortsett fra første årene i perioden. Sukkertare viser imidlertid stor variasjon i perioden (Figur 8.15 A) med et minimum i 2001 som i gjennomsnittsverdien er kompensert av skolmetang ned på 18 m dyp. Skolmetang forekommer relativt sporadisk på stasjonene i C-området og kan således medføre støy i overvåkingsmaterialet.

D-området viser en klart økt vannkvalitet i 2005-06 med hensyn til nedre voksegrense sammenliknet med 1995-99. Indeksartene er foreslått for Skagerrak og gjelder forsåvidt ikke for Vestlandet. Endringen i nedre voksedyp i område D synes først og fremst å skyldes økt voksedyp for sukkertare og teinebusk.

Umiddelbart synes ikke variasjon i nedre voksedyp direkte å kunne kobles til enkelthendelser som tidligere påpekt. Men det kan være at en matriks med 8 arter gir et mer robust bilde som reflekterer flere forhold som utvikles over tid og jevner ut store enkeltendringer.

Med utgangpunkt i klart lavere langtransporterte tilførsler av næringssalter (Figur 8.6 og følgende), redusert nitratkonsentrasjon i kystvannet målt utenfor Arendal og bedre siktdyp i 2006 (Figur 4.2), er det håp om bedrede tilstander som vil gi seg utslag i økt artsrikdom, økt forekomst av stabile arter (flerårige arter) og økt nedre voksegrenseindeks.

8.3 Evaluering av likhet mellom to observatører i registreringer av fauna på Kystovervåkningsstasjonene

Overvåkingsresultater av hardbunnsflora og -fauna er avhengig av metodikk og personell. NIVA har kjørt en egenfinansiert flerårig opplæring for å sikre videreføring av dataseriene i Kystovervåkingsprogrammet i forbindelse med overlapping og skifte av personell. En evaluering viser at vi har lyktes i kompetanseoverføringen for registrering av hardbunnsfauna og at nytt personell kan videreføre overvåkingen uten at det påvirker resultatene til Kystovervåkningsprogrammet vesentlig (signifikant). Resultatene antydet mindre systematiske forskjeller i registreringene mellom de to observatørene spesielt med hensyn til mengdeangivelse av dominerende og vanlige arter. Men forskjellen er mindre enn forskjellene mellom dyp, stasjoner og regioner som er Kystovervåkingsprogrammets målsetning å avdekke.

Analysene tyder på at forskjellene i registreringen er størst på de dypeste stasjonene. Forklaringen til dette kan være at det er lite lys ned mot 30 m og at dykkerne her også arbeider under større tidspress fordi dykkertiden blir kortere jo lengre dykkeren har vært dypt. De dypeste stasjonene har også en større geografisk variasjon i transekttrasé fordi enden av transektet er lengst unna startpunktet og små avvik i svømmeretning kan gi et avvik.

Analyser av overvåkingsprogram viser at resultatet tydelig er farget av metodikk og det personell som utfører arbeidet. Dette er spesielt avgjørende når metoden inneholder stor grad av personlige tolkning eller vurderinger som for eksempel artsbestemmelse av arter og bedømming av deres forekomst direkte i felt. (Krause-Jensen et al. 2000, Laursen et al. 2000, Petersen et al 2006).

Hensikt
Hensikten med evalueringen var å analysere (u)likhetene mellom registreringene til to observatører; Norman Green (NOG), som har utført registreringer siden KYO startet opp, og Kjell Magnus Norderhaug (KMN), som de siste tre år har bygget opp kompetanse for å overta funksjonen til Green. 2006 er det første året Norderhaugs registreringer inngår i KYOs årsrapport.

Feltarbeid
Faunatransekter på 9 stasjoner (stasjon 7, 11, 12, 15, 17, 18, 95, 23, 25) i KYO region B, C og D ble undersøkt av de to observatørene. Registreringer av faunadata (forekomst 0-4) til analysen ble gjort av begge observatører som dykket hvert sitt transekt på samme stasjon samme dag. Arter som ikke kan bestemmes *in situ* samles inn og bestemmes på laboratoriet. Hver dykker samlet egne prøver som ble opparbeidet på laboratoriet og som ble brukt i analysene. Analysene er dermed basert på uavhengige data. Det betyr at selv om observatørene hadde gjort registreringene identisk, ville det likevel ha blitt forskjeller på grunn av at dataene baseres på ulike dykk og ulike prøver.

Databehandling
Gjennomsnittlig antall arter som ble registrert på hver stasjon ble beregnet og sammenlignet. Det samme ble den akkumulerte forekomsten på hver stasjon, som er summen av registrert forekomst for alle arter over alle dyp. På hver stasjon ble dessuten differansen mellom observatørenes registrerte antall arter og akkumulert abundans beregnet, sammen med det 95 % konfidensintervallet for å se om differansen var signifikant forskjellig fra 0.

Multivariate analyser er kjørt på utransformerte data. Registreringer av substratet (sediment, helning osv.) er ikke sammenlignbare med artregistreringer og er fjernet fra datasettet. Sjeldne arter (total registrering <4, dvs. 4 enkeltregistreringer eller totalt 2 registreringer som spredt osv.) er også fjernet (til sammen 69 av 214 arter/taxa). Det er ikke tatt hensyn til varianter av lik registrering. Dette betyr at de tilfeller observatørene har registrert samme art i forskjellig kategori (f. eks. hhv. variantene *Metridium senile* og *Metridium senile* variant *pallidus*) vil disse registreringene bidra til å skille registreringene, ikke samle dem, og analysene straffer dermed alle former for variasjon i registreringen. Dersom antall mulige kategorier som ble brukt i registreringen hadde blitt redusert (analyse på høyere taksonomisk nivå, sammenslåing av varianter av samme taksa, f eks. adulte og juvenile) ville forskjellene mellom observatørene blitt mindre.

Det ble kjørt MDS analyse i programpakken PRIMER for å visualisere gruppering av data for stasjoner. Både plot med alle data, og plot med data for hver enkelt region (B, C, D) er vist. MDS ble etterfulgt av SIMPER for hele datasettet (data fra begge observatører fra alle dyp og fra stasjoner i regionene B, C og D) for å identifisere forskjeller i registreringene mellom observatørene.

Resultater

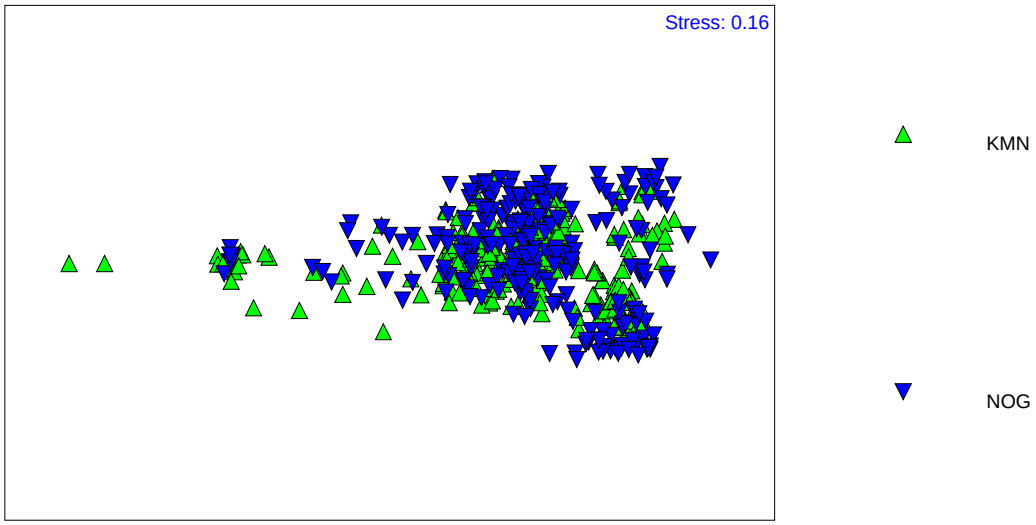
Tabell 8.1 summerer gjennomsnittlig antall arter og gjennomsnitt av akkumulert abundans for alle arter over alle dyp, som ble registrert for de to observatørene på hver stasjon. Den stasjonsvise gjennomsnittlige differansen, er mindre enn 95%-konfidensintervallet, både for antall arter og akkumulert abundans. Det er dermed ikke signifikante forskjeller i antall arter og abundans som er registrert av de to observatørene. Differansen for den akkumulerte abundansen antyder imidlertid en (ikke-signifikant) tendens til at KMN i gjennomsnitt anslår høyere abundansverdier enn NOG.

Tabell 8.1. Gjennomsnittlig antall arter (±S.E.) og akkumulert abundans (sum av mengder 0-4 ±S.E.) per stasjon, beregnet over alle dyp for de to observatørene (KMN og NOG). Region B (n=3), C (n=4) og D (n=2) er vist. Gjennomsnittlig differanse per stasjon og 95%-konfidenseintervall er også vist.

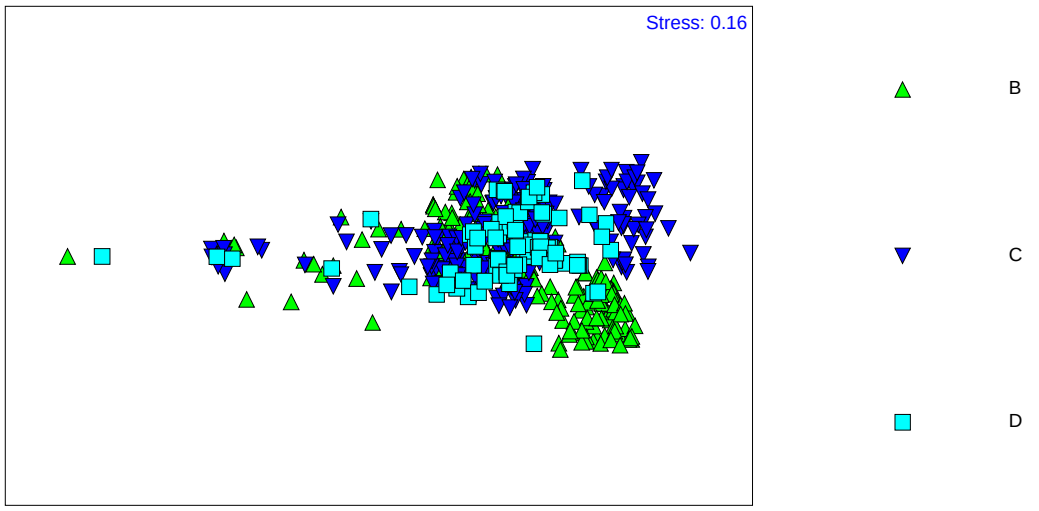
Observatør	KMN			NOG			Diff. (KMN-NOG)	95% C.I.
Region	B	C	D	B	C	D		
Antall arter	68(1.5)	68(3)	82(-)	72(2.5)	70(6.4)	65(-)	1.4	7.4
Akkum. abund.	823(66)	739(75)	1069(-)	720(56)	741(51)	693(-)	78	110

Alle regioner

Figur 8.16 og 8.17 viser det samme MDS-plottet, der alle data fra alle regioner er inkludert. Dataene er uttrykt som hhv, observatør, region. De største forskjellene i faunasammensetningen mellom stasjonene skyldes dyp (horisontalt i plottet, figur 8.19). Spesielt tre grupperinger skiller seg ut: disse faller sammen med samfunn tilknyttet de dype områdene under den algebevokste sonen, samfunn tilknyttet alge-/tareskogsbeltet, og litoralsonesamfunn. Det er også grupperinger vertikalt i regioner (stasjoner). Det er også en mindre tydelig gruppering som skiller observatørene på dype registreringer.



Figur 8.16. Likhet i artssammensetning mellom alle registrerte dyp fra alle stasjoner og regioner for begge observatører. Punktenes plassering i plottet uttrykker likheter i arts-sammensetningen i registreringene mellom de to observatørene (KMN og NOG).



Figur 8.17. Den samme figuren som i figur 8.16, men fargene uttrykker likheter i artssammensetningen mellom regionene B, C og D.

Hvilke arter bestemmes ulikt?

Ifølge en SIMPER-analyse som inkluderer alle dataene er det vanlige og mengdemessig, dominerende arter som i størst grad forklarer forskjellene mellom observatørene. Kun tre arter på den nedre halvdel av listen (Tabell. 8.2) er arter som bare har blitt registrert av en observatør; *Cribrilina punctata,* en skorpeformet bryozo og cf. *Aplidium glabrum*, kolonidannende sekkdyr (c.f. indikerer at bestemmelsen ikke er sikker) og *Gibbula tumida*, en snegl som bare er registrert av KMN. Dette betyr at de systematiske forskjellene som kan registreres mellom observatørene primært skyldes ulik mengdeangivelse for vanlige, dominerende arter (f. eks. *Electra pilosa*, ELEPI), og i mindre grad skyldes at ulike arter

registreres (Tabell 8.2). Flere arter som er vanlige ned mot 30 m har også høy forklaringsverdi for å forklare forskjellene mellom observatørene (f. eks. *Corella parallelogramma* (CORPA) og *Parismitina trispinosa* (PARTR)).

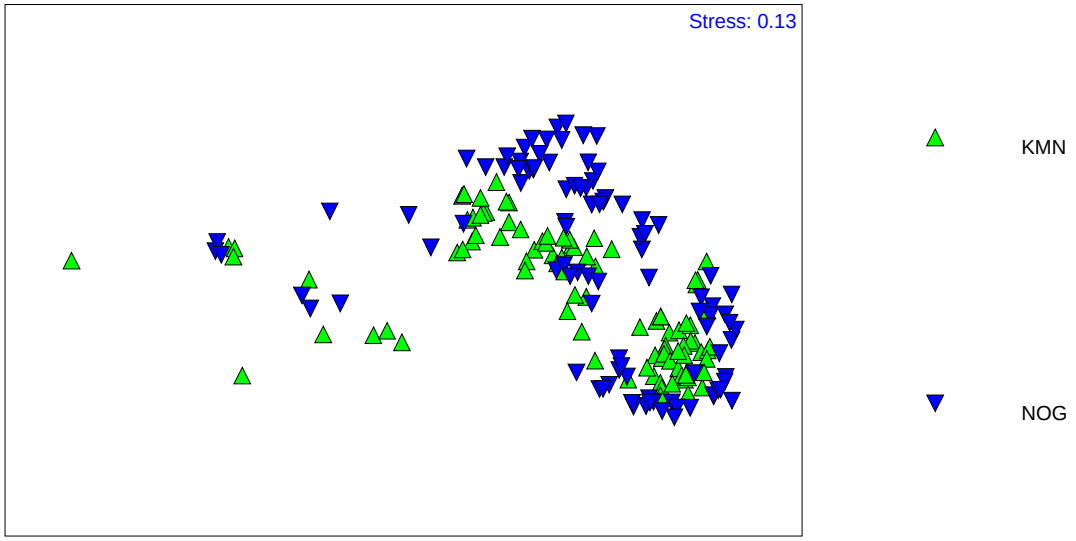
Tabell 8.2. Liste over de arter (kodet i den første kolonnen) som forklarer 90 % av ulikheter i registreringer mellom de to observatørene (KMN og NOG). Tabellen viser gjennomsnittlig angitt forekomst (Avg Abund 0-4) for hver observatør, gjennomsnittlig ulikhet (Diss), ulikhet delt på standardavviket (Diss/SD), bidrag til ulikhet (%) og kumulativ ulikhet.

	Group KMN	Group NOG				
Species	Avg Abund	Avg Abund	Avg Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
ELEPI	0.99	1.33	2.21	0.94	2.85	2.85
MEMME	1.14	1.29	2.14	0.91	2.76	5.61
PARTR	1.08	0.87	2.12	0.93	2.74	8.34
CORPA	1.14	1.15	2.11	0.92	2.73	11.07
SPISP	0.85	0.68	2.02	0.87	2.61	13.68
MARGL	0.99	0.54	2.00	0.97	2.58	16.27
ALCDI	0.87	0.83	1.99	0.93	2.56	18.83
LEPMU	0.62	0.87	1.91	0.90	2.47	21.30
LAOGC	0.76	0.74	1.87	0.87	2.42	23.71
CRIEB	0.74	0.75	1.86	0.86	2.40	26.12
SCCRT	0.60	0.78	1.80	0.85	2.33	28.45
LAOLO	0.79	0.42	1.78	0.83	2.30	30.74
SYCCI	0.84	0.45	1.73	0.88	2.23	32.98
LEUCM	0.73	0.48	1.68	0.82	2.17	35.14
CELHY	0.30	0.82	1.64	0.83	2.12	37.26
HALPA	0.52	0.57	1.64	0.74	2.11	39.37
HALHA	0.48	0.44	1.40	0.70	1.81	41.18
CAMJO	0.50	0.36	1.33	0.68	1.72	42.90
MYTED	0.32	0.29	1.33	0.48	1.71	44.61
HYMMA	0.36	0.43	1.26	0.65	1.63	46.23
POMTR	0.46	0.30	1.23	0.65	1.58	47.82
SCCSP	0.52	0.26	1.21	0.66	1.56	49.38
UMBLI	0.39	0.43	1.19	0.66	1.54	50.92
ASTRU	0.39	0.21	1.07	0.57	1.38	52.30
ASCME	0.45	0.20	1.04	0.60	1.34	53.64
BALBO	0.22	0.19	1.04	0.39	1.34	54.98
BRYXE	0.02	0.51	1.02	0.56	1.31	56.29
MICCI	0.14	0.45	0.98	0.57	1.27	57.56
BOTSC	0.37	0.25	0.93	0.59	1.20	58.76
CALLI	0.10	0.40	0.84	0.53	1.09	59.85
CARSM	0.20	0.24	0.82	0.48	1.06	60.91
PORXY	0.29	0.17	0.80	0.49	1.03	61.95
SIDTU	0.31	0.19	0.75	0.52	0.97	62.92
KIRPI	0.23	0.21	0.75	0.48	0.97	63.88
CELHA	0.10	0.36	0.72	0.50	0.93	64.81
POLMA	0.24	0.14	0.69	0.45	0.89	65.71
DENGR	0.17	0.23	0.67	0.45	0.87	66.58
HYDNO	0.11	0.25	0.67	0.42	0.86	67.44
ASCVI	0.29	0.10	0.66	0.46	0.86	68.30
GIBTU	0.37	0.00	0.66	0.46	0.85	69.14
BOLEC	0.20	0.14	0.60	0.43	0.77	69.92
METSP	0.17	0.14	0.59	0.37	0.76	70.68
POLAU	0.19	0.20	0.57	0.46	0.74	71.42
DIPLI	0.21	0.17	0.57	0.45	0.73	72.15
HALMU	0.15	0.18	0.56	0.41	0.72	72.87
SECSF	0.16	0.14	0.55	0.38	0.71	73.58
SCCSB	0.12	0.18	0.55	0.37	0.71	74.29
GIBCI	0.17	0.11	0.51	0.39	0.66	74.95
PATEZ	0.12	0.08	0.51	0.30	0.66	75.61
SRTPO	0.04	0.22	0.51	0.36	0.65	76.26

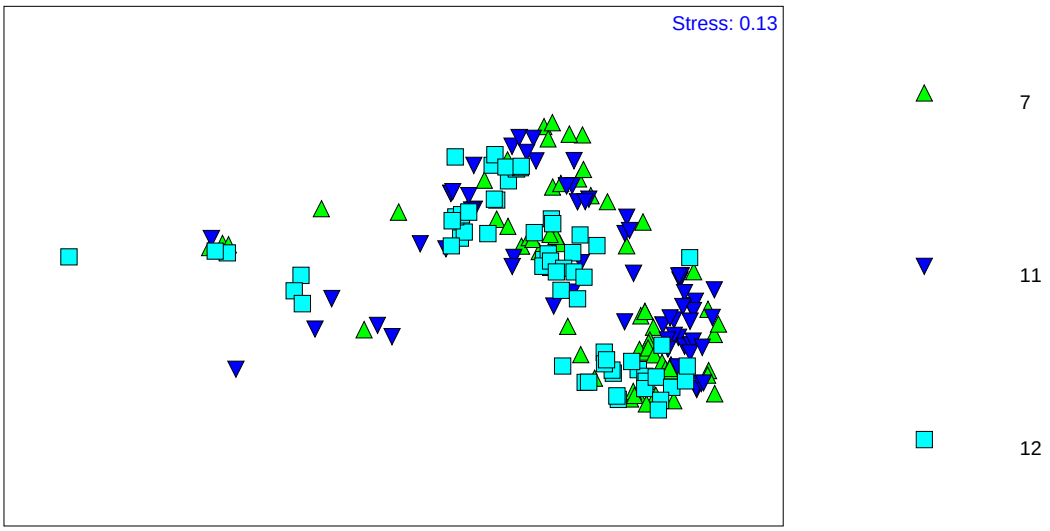
SPIBO	0.12	0.15	0.50	0.36	0.65	76.91
DENMU	0.12	0.12	0.50	0.34	0.65	77.56
BOTLE	0.13	0.17	0.48	0.40	0.62	78.18
GONPR	0.19	0.07	0.48	0.36	0.62	78.80
CRAAN	0.14	0.12	0.46	0.34	0.59	79.40
FLUFO	0.09	0.17	0.46	0.34	0.59	79.99
URTFE	0.21	0.06	0.46	0.40	0.59	80.58
PORXO	0.06	0.17	0.44	0.34	0.57	81.15
CELPU	0.14	0.13	0.44	0.37	0.56	81.71
ACTIX	0.15	0.08	0.42	0.34	0.54	82.25
APLGL	0.00	0.23	0.41	0.35	0.52	82.78
HLCUR	0.09	0.10	0.40	0.32	0.51	83.29
TERRE	0.12	0.10	0.39	0.33	0.51	83.80
HYDFA	0.17	0.08	0.38	0.35	0.49	84.29
NUCLA	0.08	0.06	0.37	0.26	0.47	84.76
ESCCO	0.09	0.14	0.36	0.34	0.47	85.23
TRITN	0.04	0.16	0.35	0.32	0.45	85.69
CRIPR	0.01	0.16	0.35	0.31	0.45	86.14
EGGBA	0.14	0.05	0.34	0.32	0.44	86.58
SRTRU	0.12	0.09	0.34	0.32	0.44	87.03
PORXW	0.06	0.14	0.34	0.32	0.44	87.47
CRICO	0.16	0.08	0.33	0.35	0.43	87.90
BUGPU	0.10	0.03	0.31	0.25	0.40	88.30
LITSA	0.05	0.06	0.30	0.22	0.39	88.69
ECHES	0.04	0.12	0.29	0.28	0.38	89.07
EUDRE	0.06	0.07	0.29	0.26	0.38	89.44
PORPU	0.11	0.03	0.28	0.28	0.37	89.81
CRIPU	0.00	0.14	0.27	0.26	0.35	90.16

Regionsvis fordeling

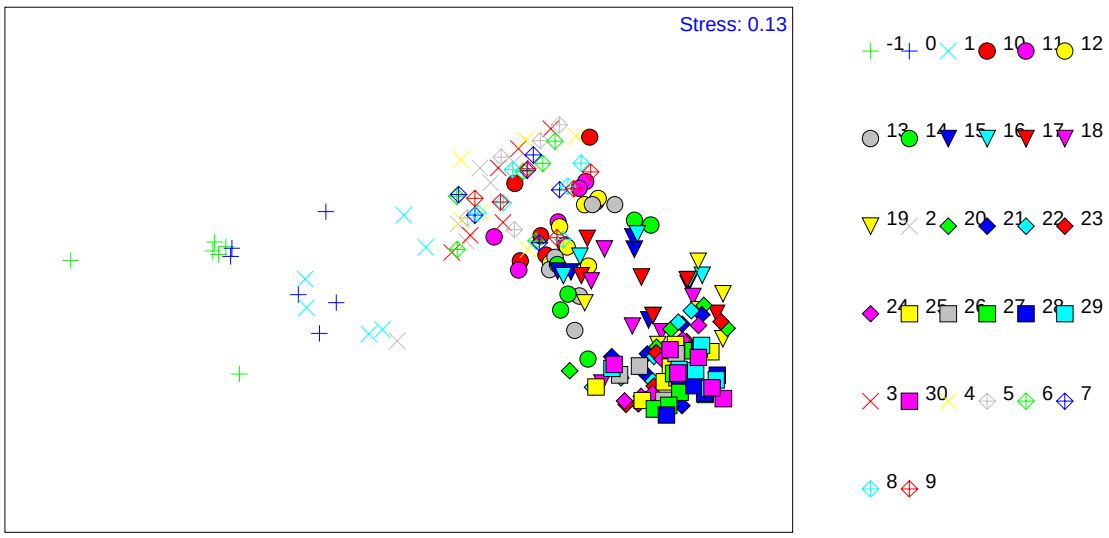
Mønsteret var relativt likt i alle de tre regionene. Figur 8.18-8.20 viser fordelingen av registreringer i region B. Det samme plottet er uttrykt med farger for hhv. observatør, stasjon og dyp. De klareste forskjellene er mellom ulike dyp, horisontalt i plottet (Fig. 8.20). Tre grupperinger av dyp gjenspeiler faunasamfunn tilknyttet dypet under algebeltet (20-30 m), fauna tilknyttet alger/tareskog (ca. 2-20 m), og litoralsamfunnet (en meter over/under vannlinjen). Vertikalt skilles stasjoner (Fig. 8.19), og i mindre grad observatør (Fig. 8.18).



Figur 8.18 Fordeling av registreringer i region B, uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom registreringene til observatørene.

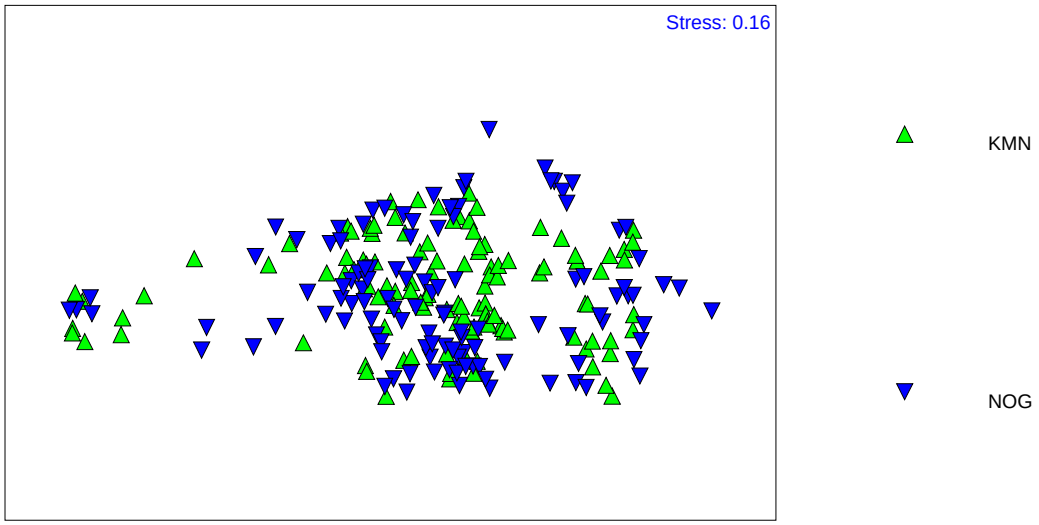


Figur 8.19 Samme plottet som i figur 8.18, men uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom stasjoner (stasjon 7, 11 og 12).

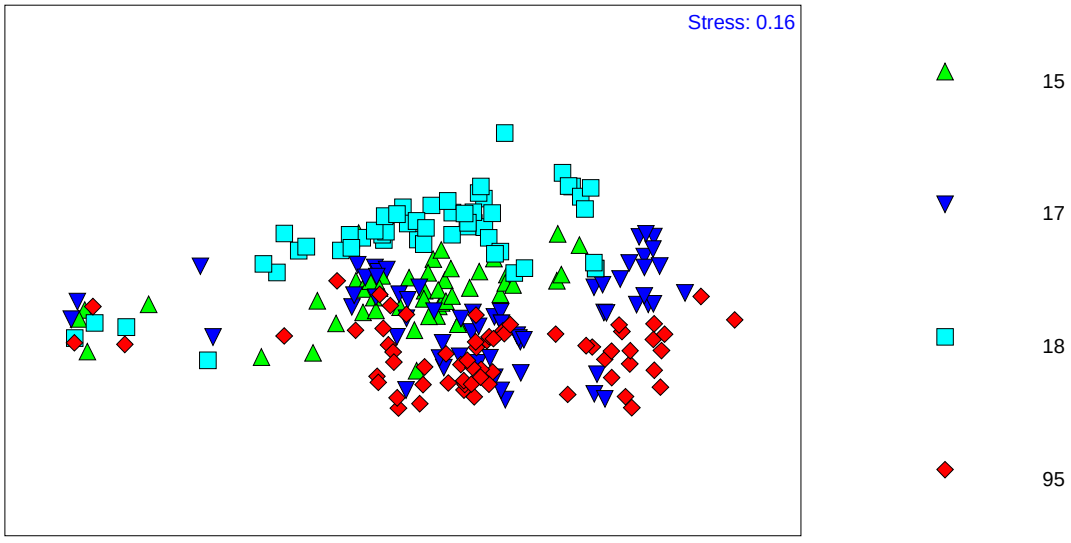


Figur 8.20. Samme plottet som i figur 8.18, men uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom dyp. Symbol og farge angir registreringsdyp i meter.

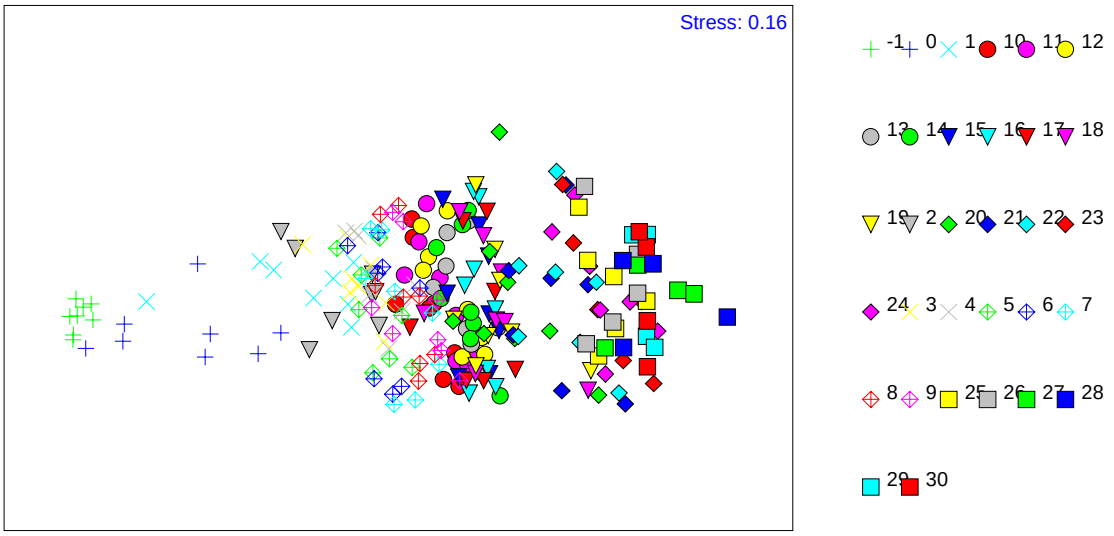
Figur 8.21-8.23 viser fordelingen av registreringer i region C. Det samme plottet er uttrykt med farger for hhv. observatør, stasjon og dyp. De klareste forskjellene er mellom ulike dyp horisontalt i plottet (Fig. 8.23). I likhet med region B finnes tre grupperinger av dyp som gjenspeiler faunasamfunn tilknyttet dypet under algebeltet (20-30 m), fauna tilknyttet alger/tareskog, og litoralsamfunnet (en meter over/under vannlinjen). Vertikalt skilles stasjoner av (Fig. 8.22) mens observatør (Fig. 8.21) i stor grad overlapper (Fig. 8.21).



Figur 8.21. Fordeling av registreringer i region C, uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom observatørene (KMN og NOG).

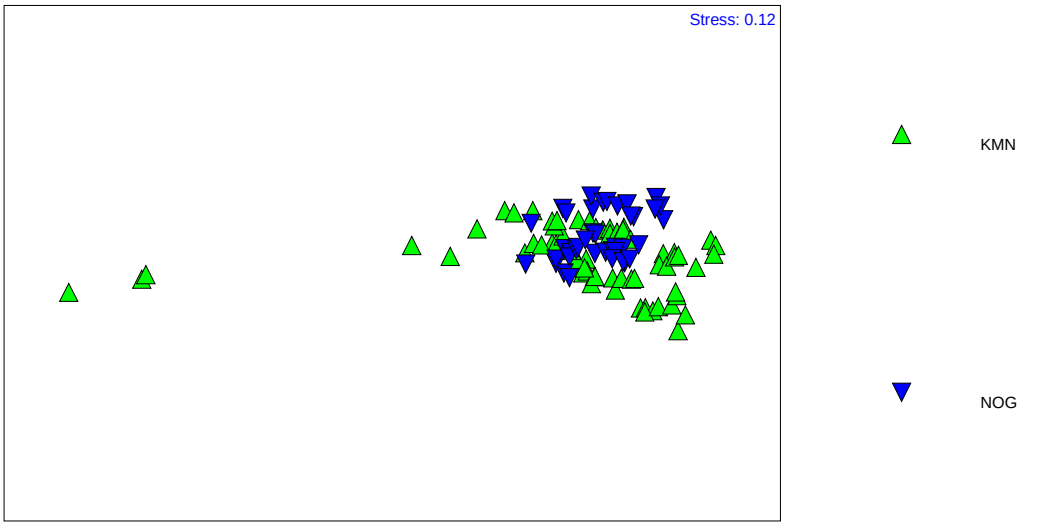


Figur 8.22 Samme plottet som i figur 8.21, men uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom stasjon 15, 17, 18 og 95.

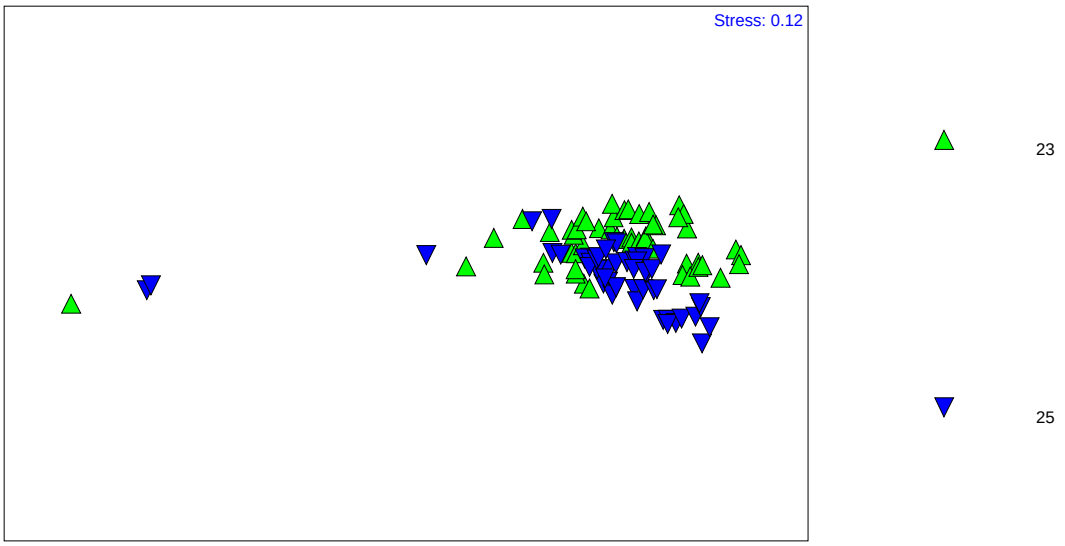


Figur 8.23 Samme plottet som i figur 8.21, men uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom dyp (Symbolene angir registreringsdyp i meter).

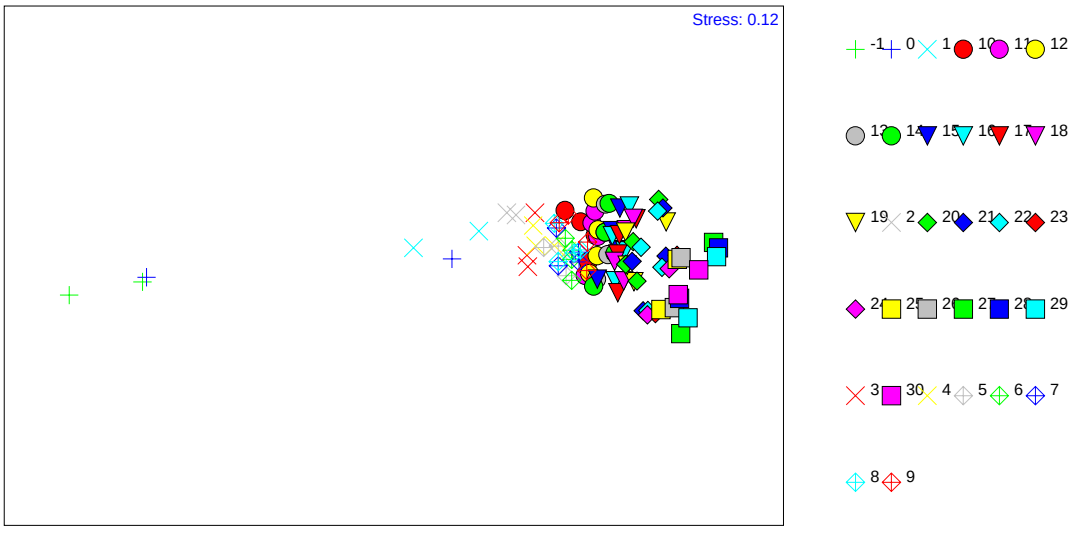
Figur 8.24-8.26 viser fordelingen av registreringer i region D. I likhet med i de andre regionene skilles dyp horisontalt. Tre grupperinger av dyp kan også identifiseres i region D, men tareskogen strekker seg over et større dybdeintervall (både dypere og grunnere), og dette gjenspeiles i grupperingene. Vertikalt skilles stasjoner (Fig. 8.25) og i mindre grad observatør (Fig. 8.24). Det samme plottet er uttrykt med farger for hhv. observatør, stasjon og dyp.



Figur 8.24 Fordeling av registreringer i region D, uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom observatørene (KMN og NOG).



Figur 8.25 Samme plottet som i figur 8.24, uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom stasjoner 23 og 25.



Figur 8.26 Samme plottet som i figur 8.24, uttrykt som likheter i artssammensetningen mellom dyp (Symbol angir dyp i meter).

Konklusjoner
Resultatene antydet systematiske forskjeller i registreringene mellom de to observatørene. Forskjellene skyldes primært ulik mengdeangivelse av dominerende og vanlige arter. Resultatene viser også at variasjonen er mindre enn forskjellene mellom dyp, stasjoner og regioner, forskjeller som undersøkelsene er ment å fange opp. Kompetanseoverføringen ser dermed ut til å skje uten at resultatene påvirkes så mye at de påvirker resultatene fra Kystovervåkningsprogrammet vesentlig (signifikant).

Å angi dekningsgrad for ulike organismegrupper bygger i stor grad på skjønn, og hvordan observatøren oppfatter dekningen av organismer av ulik størrelse, organismer står oppreist eller er skorpeformet, organismer som bevokser alge-canopy eller dekker bunnen osv. I tillegg forventes det at selv om observatørene dykker det samme transektet vil få meters avvik i transektet gi utslag i resultatene, fordi hardbunnsamfunn typisk har flekkvis fordeling. Denne variasjonen vil også virke mellom årene.

Analysene tyder også på at forskjellene i registreringen er størst på de dypeste stasjonene. Forklaringen til dette kan være at det er lite lys på de dype stasjonene og dykkerne også arbeider under størst tidspress på registreringer ned mot 30 m, fordi dykkertiden blir kortere jo lengre dykkeren er dypt.

9. Referanser

Andersson, L., 1996. Trends in nutrient and oxygen concentrations int the Skagerrak-Kattegat. Journal of Sea Research 35 (1-3): 63-71

Aure, A., Danielssen, D., Svendsen, E., 1998. The origin of Skagerrak coastal water off Arendal in relation to variations in nutrient concentrations. ICES Journal of Marine Science 55: 610-619.

Aure, J., Johannessen, T., 1997. Næringssalter og klorofyll-a fra Skagerrak til Vestlandet. Fisken og Havet 2, 1997.

Birkett, D.A., Maggs, C.A., Dring, M.J., Boaden, P.J.S., 1998. Infralittoral reef biotopes with kelp species: an overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Natura 2000 report prepared by Scottish Association of Marine Science (SAMS) for the UK Marine SACs Project.

Borgvang, S., Stålnacke, P., Skarbøvik, E., Beldring, S., Selvik, J., Tjomsland, T., Harsten, S., 2006. Riverine inputs and direct discharges to Norwegian coastal waters - 2004. OSPAR Commission. TA-2147, NIVA-5135. 159s

Buhl-Mortensen, L., Aure, J., Alve, E., Husum, K., Oug, E., 2006. Effekter av oksygensvikt på fjordfauna: Bunnfauna og miljø i fjorder på Skagerrakkysten. Fisken og havet 3, 2006.

Christie, H., 1995. Kartlegging av faunaen knyttet til tareskogen i Froan; variasjon i en eksponerings-gradient. NINA Oppdragsmelding 368: 1-22

Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1994 . Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 1st edition: Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK, 144pp.

Holtan, G. m.fl., 1992-2000. Annual reports on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters. Paris Convention. Data reports.

Hurell, J.W., 1995. Decadal trend in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science,* 269**,** 676–679

Johannessen, T., Dahl, E., 1996. Declines in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1927-1993: A signal of ecosystem changes due to eutophication ? Limology and Oceanography 41 (4)

Johansson, G., Eriksson, B.K., Pedersén, M., Snoeijs, P., 1998. Long-term changes of macroalgal vegetation in the Skagerrak area. Hydrobiologia 385, 121-138.

Krause-Jensen, D., Laursen, J.S., Middelboe, A.L., Dahl, K., Hansen, J., Larsen, S.E., 2000. Test af metoder til marine vegetationsundersøgelser. Danmarks Miljøundersøgelser. 118 s. Faglig rapport fra DMU nr. 323.

Laursen, J.S., Krause-Jensen, D., Larsen, S.E., 2000. Interkalibrering af metode til undersøgelser af bundvegetation i marine områder. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 329. 25 s.

Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T.M., Løsland, E.R., Magnusson, J., Omli, L. Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M., 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge.10-årsrapport 1990-1999 SFT-rapport 848/02. TA-1883/2002. NIVA-rapport 4543. 136s.

Moy, F., Alve, E., Christie, H., Helland, A., Magnusson, J., Steen, H., Tveiten, L., Åsen, P.A., 2007. Statusrapport nr.2 fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport 2232/2007, NIVA-rapport 5344. s 60.

Moy, F., Stålnacke, P. (eds) 2007. Sukkertareprosjektet: Analyse av miljøovervåkings- og klimadata i Skagerrak regionen. SFT-rapport (in press)

Munda, I.M. & Luning, K., 1977. Growth performance of *Alaria esculenta* off Helgoland. Helgolander Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 29:311-314.

Newell, R.C., Field, J.G., Griffiths, C.L., 1982. Energy balance and significance of micro-organisms in a kelp bed community. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. 8: 103-113.

Petersen, J. K., Andersen, J.H., Dahl, K., Hansen, O.S., Josefsson, A.B., Karlsson, J., Loo, L.-O., Magnusson, J., Moy, F., Nilsson, P., 2006. Reference conditions and EQOs for aquatic vegetation and macrozoobenthos. Nordic Council of Ministers. TN2006510

Rygg, B. 1995. Indikatorer for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. NIVA-rapport 3347-1995. 68 s.

SFT, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning . Forfattere: Molvær,J., Knutzen,J., Magnusson,J., Rygg,B., Skei,J. og Sørensen, J. SFT-veiledning nr. 97:03, TA 1467/97. 36 s.

Sundene O. 1962. The implication of transplant and culture experiments on the growth and distribution of *Alaria esculenta*. Nytt magasin for Botanikk **9**:155-174.

Weideborg, m.fl., 2001-2004. Annaual report on direct and riverine inputs to Norwegian Coastal Waters. Paris Convention. Data report.

Åsen, P.A. 1980. Illustrert algeflora. Oslo, J. W. Cappelens Forlag

Åsen, P.A. 2006. Trekk fra den marine benthosalgevegetasjon fra Kristiansandsfjorden (VA) til Jøssingfjorden (Ro) - med spesiell referanse til sukkertare (Laminaria saccharina) og butare (Alaria esculenta). Agder naturmuseums rapportserie 2006-4. 35s.

Statlig program for forurensningsovervåking
Kystovervåkingsprogrammet

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96
Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no - Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning - NIVA	ISBN-nummer 82-577-5190-6

Oppdragstakers prosjektansvarlig Frithjof Moy	Kontaktperson SFT Karen Fjøsne	TA-nummer 2286/2007

	År 2007	Sidetall 95	SFTs kontraktnummer 5007087

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5455	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn

Forfattere
Frithjof Moy, Jan Aure (HI), Tone Falkenhaug (HI), Torbjørn Johnsen, Evy Lømsland, Jan Magnusson, Kjell Magnus Norderhaug, Are Pedersen, Brage Rygg.

Tittel
Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet.
Årsrapport for 2006.
Long-term monitoring of environmental quality in the coastal regions of Norway.
Report for 2006.

Sammendrag
Rapporten beskriver miljøkvaliteten i kystområdene av Sør-Norge i 2006, med spesiell fokus på tilstand og utvikling i næringssalttilførsler, vannkvalitet og det biologiske mangfoldet i plankton-, bløt- og hardbunns-samfunn i Skagerrak. *Klimaet* var preget av en kjølig vinter og rekordvarm sommer og høst. Langtransporterte *tilførsler* til Skagerrak var lave. Lav vannføring i norske elver ga lave sommertilførsler. *Vannkvaliteten* var god (II) eller meget god (I) med hensyn til nitrogen, fosfor, siktdyp og klorofyll på samtlige stasjoner. Riktig for-holdstall mellom nitrat, fosfat og silikat, likeså nær halvert konsentrasjoner av partikulært materiale, forsterket det gode inntrykket av 2006. Men 25 år med forhøyede verdier vil fortsatt ha betydning for miljøet på indre kyst. Oksygenkonsentrasjonene i dypvannet av kyststrømmen var meget god. *Planteplanktonbiomassen* var lav som for de siste 5 år. Men det ble registrert store mengder detritus i algeprøvene som for de siste årene. Forekomsten av potensielt giftige alger var lav hele året. *Dyreplanktonbiomassen* var omtrent som middels for overvåkings-perioden 1994-2005. Tettheten av Calanus var spesielt lav. Den varme sommeren førte med seg funn av flere varmekjære planktonarter. *Hardbunnssamfunnet* på ytre kyst av Sør-Norge viste god tilstand med normal arts-sammensetning av makroalger og makrofauna. Den negative utvikling de seneste årene med redusert forekomst av dyr, synes å være snudd og tyder på god vannkvalitet de siste årene. Det ble registrert tilvekst av både stortare og sukkertare langs den ytre kyst. Bestanden av butare er betydelig redusert. *Bløtbunnssamfunnene* hadde god eller meget god tilstand på alle stasjoner. Høyest indeksverdi (best tilstand) hadde C38 ved Lista og D20 utenfor Sotra. Færre individer av opportunistiske arter på dypstasjonen utenfor Arendal tyder på redusert næringstilførsel. TOC-innholdet i sedimentet var bra bortsett fra på kystnære B-stasjon.

4 emneord	4 subject words
Langtidsovervåking	Long-term monitoring
Eutrofiering	Eutrophication
Norskekysten	Norwegian Coast
Biologisk mangfold	Bio-diversity