



Statlig program for forurensningsovervåking

Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge

KYSTOVERVÅKINGSPROGRAMMET ÅRSRAPPORT FOR 2008

1048

2009



NIVA



Statlig program for forurensningsovervåking
Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge

SPFO-rapport: 1048/2009
TA-2513/2009
ISBN 978-82-577-5531-7

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

: Årsrapport for 2008

**Rapport
1048/09**

Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2008.



Utførende institusjoner:
Norsk Institutt for Vannforskning NIVA
Havforskningsinstituttet HI

Prosjektansvarlig: NIVA
NIVA-prosjektnr.: O-28050
NIVA-rapport: 5796-2009

Forord

Kystovervåkingsprogrammet - "Langtidsovervåking av miljøkvalitet i kystområdene av Norge" ble startet 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), samt Havforskningsinstituttets forskningsstasjon Flødevigen 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 2008 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 Lømsland

Dyreplankton: Tone Falkenhaus (HI) og Lena Omli (HI)

Bløtbunn: Brage Rygg og Hilde Cecilie Trannum

Hardbunn: Frithjof Moy og Kjell Magnus Norderhaug

Redaktør for rapporten: Kjell Magnus Norderhaug

Mange mennesker har vært med og gjennomføringen av Kystovervåkingsprogrammet hadde ikke vært mulig uten deres medvirkning. En spesiell takk rettes tidligere programleder Frithjof Moy for bistand i gjennomføringen av 2008-programmet og prosjektsekretær Lise Tveiten for uvurderlig organisatorisk bistand. Også følgende personer har vært av stor betydning for gjennomføringen av programmet og alle takkes for innsatsen:

Hydrografi/kjemi/plankton: Einar Dahl (HI), Terje Jåvold (HI), Kai Sørensen og Are Folkestad.

Hardbunn: Norman W. Green, Janne Gitmark, Mats Walday, Lise Tveiten og Camilla With Fagerli

Bløtbunn: Pirkko Rygg, Jarle Håvardstun, Merete Schøyen, Anders Hobæk, Sigurd Øxnevad, Camilla With Fagerli, Marijana Brkljacic og Liv Marie Gustavson.

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

Kjell Magnus Norderhaug har vært leder av programmet i 2008. Lena Omli er prosjektansvarlig på HI og saksbehandler hos SFT er Karen Fjøsne.

Oslo, 05. mai 2009.

Kjell Magnus Norderhaug
Programleder

Innhold:

Sammendrag	5
Abstract	7
1. Innledning	9
1.1 Bakgrunn for programmet	9
1.2 Målsetting	9
1.3 Faginnhold og stasjonsnett	9
1.4 Metodikk	11
2. Klima og vannmassene i Skagerrak	12
2.1 NAO, lufttemperatur og nedbør	12
2.2 Vannmasser og sjøtemperatur	16
3. Tilførsler av næringsalter til Skagerrak	20
3.1 Langtransporterte tilførsler	20
3.2 Lokale tilførsler	22
4. Vannkvalitet i kystvannet	27
4.1 Vinterverdier i overflatelaget	28
4.2 Somerverdier i overflatelaget	33
4.3 Siktdyp	37
4.4 Vannkvalitet i ulike vannmasser	39
4.5 Geografiske gradienter i næringsalter	45
4.6 Spesielle forhold med betydning for biologien	47
5. Planktonsamfunn i Skagerrak	50
5.1 Planteplankton	50
5.2 Dyreplankton	61
6. Hardbunnssamfunn	68
6.1 Tilstand	68
6.2 Utvikling over tid	72
7. Bløtbunnssamfunn	81
7.1 Bunnfauna	82
7.2 Bunnsedimenter	94
7.3 Tidstrender	95
8. Referanser	96

Sammendrag

Årsrapporten fra Kystovervåkingsprogrammet, 'Langtidsovervåking av miljøkvalitet i kystområdene av Norge' under Statlig program for forurensningsovervåking beskriver miljøstatus i kystvannet av Sør-Norge i 2008 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).

Programmets målsetning er å a) gi oversikt over miljøtilstanden mht. næringssalter og effekter av disse, b) identifisere fra hvilke områder ulike næringssaltmengder kommer til norskekysten, 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.

NAO-klimaindeksen for vinteren 2008 var positiv med mild vinter og varmt klima tidlig på året. Mye nedbør førte til stor avrenning fra land på vinteren og våren, og dette førte til mye ferskvann, økt mengde partikler i overflatevannet og dårlig siktdyp, særlig på Sørlandet. Både overflatevannet og dypvannet var varmere enn normalt, og i vinter-vårperioden var dypvannet preget av mindre Atlantisk vann og mer vann fra det sentrale Nordsjøen. Vannkvaliteten i Skagerrak var likevel generelt i klasse god eller meget god i 2008 med hensyn på nitrogen, fosfor, siktdyp og klorofyll på de fleste stasjoner, unntatt i ytre Oslofjord. En oppwellingsituasjon (oppstrømning av dypere vann) på Sørlandet på våren førte til at tot-P verdiene kom opp i tilstandsklasse mindre god. Oppwelling er ikke uvanlig ved Lista. For hele overvåkingsperioden 1990-2008 er det i Skagerrak avtagende risiko for skadelige algeoppblomstring, selv om måling av næringssalter fra det sørlige Nordsjøen igjen viste en økning i konsentrasjoner av N og P i forhold til året før, etter flere år med nedgang i tilførslene. Partikkelkonsentrasjonen i ytre Oslofjord øker, men det er ikke funnet noen trend for hele overvåkingsperioden på Sørlandet. Derimot har siktdypet forverret seg markant i ytre Oslofjord og ved Arendal og Lista. Til tross for reduserte tilførsler av næringssalter fra tyskebukta de senere årene er oksygenforbruket i bassengvannet i Risørfjorden fortsatt høyt.

Generelt ble det registrert lave forekomster av plante- og dyreplankton i 2008. En begynnende våroppblomstring ble registrert i slutten av februar, men denne ble avbrutt slik at hovedblomstringen fant sted sist i mars. Det ble ikke registrert dinoflagellatoppblomstring på høsten. I første halvdel av september blomstret for første gang i våre farvann raphidophyceen *Chattonella globosa* som er rapportert å forårsake fiskedød fordi den ødelegger fiskens gjeller. Denne blomstringen falt sammen med høstmaksimum både for målt klorofyll a og beregnet cellekarbon. Varmt klima i senere år har ført til at nye, varmekjære planktonarter (både plante- og dyreplankton) opptrer i norske farvann, og varmere klima er sannsynligvis en viktig årsak til at øvre voksegrense for sukkertare gradvis har gått dypere i Skagerrak.

Tilstanden på hardbunn var generelt god, men det ble registrert redusert biomangfold på hardbunn langs kysten av Sør- og Sørvestlandet i 2008 i forhold til 2007. Det var først og fremst antall arter og forekomster av rødalger som var redusert i forhold til tidligere år. Sannsynligvis er dårlig siktdyp en viktig årsak til dårligere forhold for makroalger. Biomangfoldet av hardbunnssfauna var god, og det har også tidligere vært registrert mye dyr i år hvor det har blitt registrert lavere forekomster av alger. Dette gjenspeiler antagelig at konkurranse om plass er viktig mellom ulike grupper av bunnlevende organismer.

Tilstanden på bløtbunn var generelt god eller meget god, unntatt på stasjon A36 i ytre Oslofjord der tilstanden var mindre god. Indikatorarter viste beste tilstand på stasjon C38 (Lista) og D20 (Sotra). Utviklingen over tid viste en generell bedring av tilstanden i ytre og dype del av Oslofjorden (område A) og i ytre område på Sørlandet (område B), med mindre individmengder av opportunistiske arter, spesielt mangebørstemarken *Heteromastus*. Dette kan sees i sammenheng med nedgang i mengde planteplankton og næringsalter. Det har imidlertid vært en svak forverring på Sørvestlandet (område C).

Abstract

The present report for 2008 in the Coastal Long-term monitoring of environmental quality in the coastal regions of Norway describes the environmental status in South Norway coastal waters, and the development from 1990 and until today. Topics described in report include climate, nutrients, water quality and biodiversity in the plankton, and on hard (macroalgae and fauna) and soft bottom (fauna).

The aims of the program are to a) give an overview of the environmental status with regard to nutrients and their effects, b) identify important nutrient inputs to Norwegian coastal areas, c) describe temporal changes in nutrient concentrations, d) describe effects of nutrients on the status and development in plankton, hard bottom and soft bottom communities and e) describe the biodiversity and eventual biodiversity changes.

In 2008, the NAO clima index was positive and the winter was warm. A large precipitation resulted in large land run-off during winter and spring. This, in turn, resulted in large inputs of freshwater to coastal areas, increased amounts of particles in the surface water and poor Secchi depth, in particular on the South coast. Surface waters as well as deeper water masses were warmer than normal, and during winter and spring, the deep water was less influenced by Atlantic water than normally, and more influenced by water from central parts of the North Sea. Still, the water quality regarding nitrogen, phosphorus, visibility, chlorophyll a was classified as “Good” or “High” in Skagerrak in 2008, except for the Outer Oslofjord area. Due to an upwelling event (vertical transport of deeper water to the surface) on the South coast, tot P concentrations were classified as “Moderate”. Upwelling events are not uncommon in the Lista area. Throughout the monitoring period 1990-2008, the risk of harmful algal blooms is reduced and the nutrient inputs from the southern North Sea have decreased, although the nutrient values increased in 2008 compared to 2007. The particle concentration in the outer Oslofjord area increases, but no such trend is observed on the South Norway coast. However, the Secchi depth is markedly reduced in the outer Oslofjord and in the Arendal and Lista area. Although transports of nutrients from the southern North Sea have been reduced in later years, the oxygen consumption in the Risør fjord is still high.

Generally, low levels of phyto- and zooplankton were recorded in 2008. A starting spring bloom in late February was abrupt, and the main spring bloom occurred in late March. No dinoflagellate bloom occurred in the autumn. For the first time in Norwegian waters, *Chattonella globosa* bloomed in early September. This raphidophyceae has been reported to harm fish gills and cause fish death. This bloom coincided with the autumn peak chlorophyll a and cell carbon peak. With warm climate in later years, southerly distributed species have been introduced to Norwegian waters, and warmer climate is also an important reason for the downward displacement of the upper growth limit of sugar kelp in Skagerrak.

The status on hard bottom was generally “good”, but reduced biodiversity was observed on the South and South-West coast in 2008, compared to 2007. Primarily, occurrences and number of species of red algae were reduced. Reduced Secchi depth is probably an important reason for poorer conditions for macroalgae. Faunal diversity showed a good status, and years with high occurrences of fauna have also earlier coincided with low occurrences of algae, suggesting that competition for space is important for occurrences of benthic organisms.

The condition on soft bottom was generally "Good" or "High", except at station A36 in the outer Oslofjord area, where the status was "Poor". Indicator species showed "High" status at station C38 (Lista) and D20 (Sotra). Temporally, the development is positive in the outer and deeper part of the Oslofjord (Area A) and in the outer parts of the South Norway coast (Area B), with fewer opportunistic species, especially of polychaetes in the genus *Heteromastus*. This finding is probably a result of reduced levels of phytoplankton and nutrients. On the South-West coast (Area C), poorer conditions on soft bottoms have been recorded

1. Innledning

1.1 Bakgrunn for programmet

Kystområdene er sentrale som matkammer, oppvekst- og tilholdssted for marine arter og arter på land i kystsonen. 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, bidrar til store forurensningstilførsler via elver, luft og direkteutslipp, samt tiltagende interessekonflikter i kystsonen.

Den store algeoppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* våren 1988 medførte dramatiske konsekvenser av tidligere ukjent omfang 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 eutrofiproblematikken i Skagerrak. Kystovervåkingsprogrammet fikk som målsetning å overvåke miljøtilstanden mht. næringssalter og de biologiske samfunn.

Kystovervåkingsprogrammet ble startet i 1990 og er administrert og finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) gjennom Statlig program for forurensningsovervåking. Programmet ledes av Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) og utføres av NIVA i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI). Resultater fra Kystovervåkingsprogrammet rapporteres til ICES som del av Norges forpliktelser innen OSPAR.

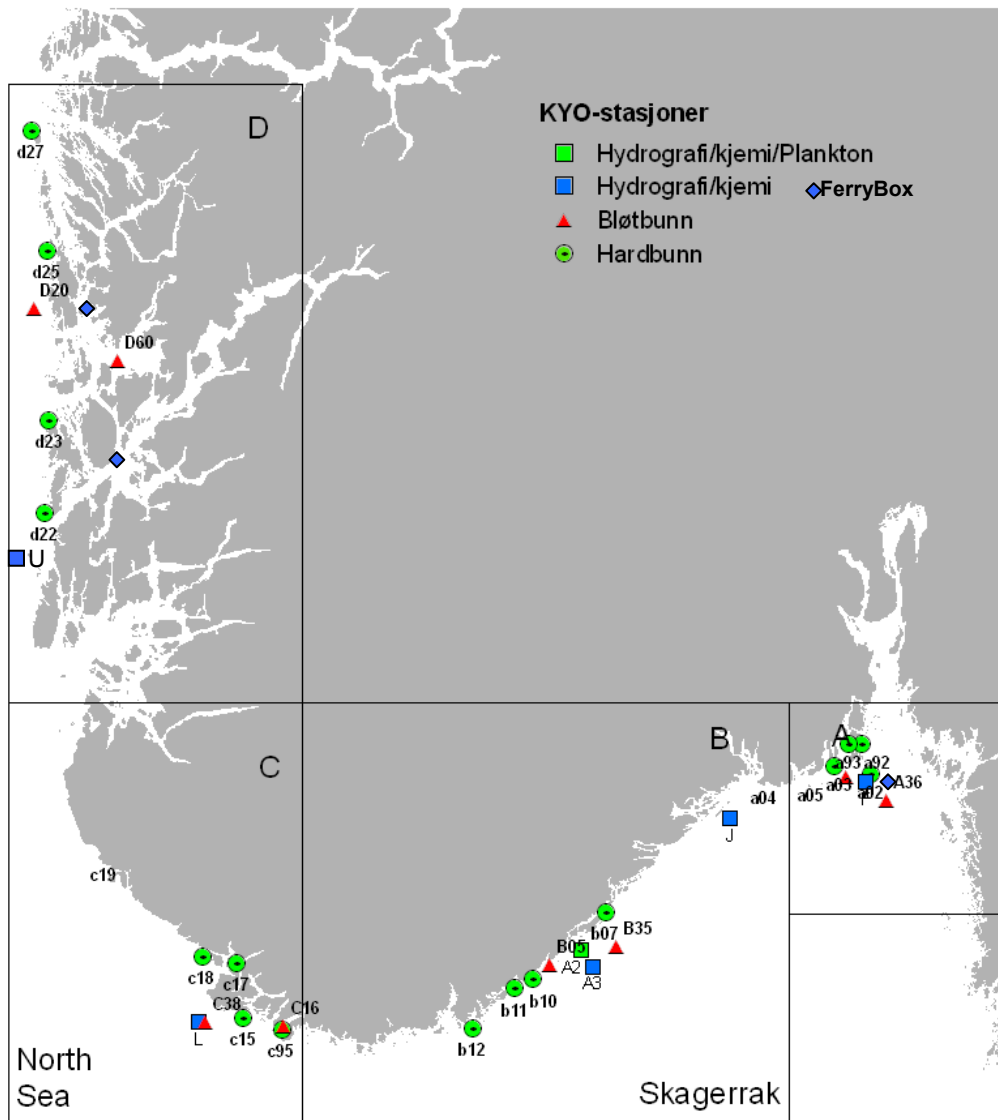
1.2 Målsetting

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 plankton-, 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, og det er også gjennomført årlige 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, med spesiell fokus på Skagerrak. Stasjonsvalget (Figur 1.1.) ble foretatt med sikte på å overvåke tilstanden i kystvannet langs den ytre kystlinjen, og stasjonene skulle fungere som referanser ("referansetilstand") for lokale undersøkelser.



Figur 1.1. Kystovervåkingsprogrammet i 2008 dekket de 4 områdene A: Ytre Oslofjord, B: Sørlandet, C: Sør-vestlandet og D: Vestlandet. Stasjonsposisjoner er gitt i tabeller under. FerryBox er automatisert prøvetaking fra 4 m dyp.

Vannmasser

Tabell 1.1. Oseanografistasjoner overvåket i 2008 (EUREF89-WGS84).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Frekvens
A	Torbjørnskjær – OF1*	10.77	59.03	0-150	7 ggr. pr. år
	CF Færder*	10.6800	58.3000	4	ca hver 14 dag Ferrybox
B	Jomfruland – J	09.6667	58.8500	0-125	14 ggr. pr. år
B	Arendal St. 2 - A2	08.8167	58.3833	0-75	21 ggr. pr. år
B	Arendal St. 3 - A3	08.9000	58.3333	100-240	12 ggr pr. år
C	Lista – L	06.5333	58.08	0-300	12 ggr. pr. år
D	Y. Utsira - U	04.7333	59.3166	0-250	12 ggr. pr. år
	FN 13	05.3666	59.6566	4	ca hver 14 dag Ferrybox
	FN 16	05.1666	60.2216	4	ca hver 14 dag Ferrybox

* Hovedstasjonen er nå Torbjørnskjær (koordinering med overvåkingen av ytre Oslofjord). Ferrybox-stasjonen (CF Færder) ligger nær Torbjørnskjær og i denne rapporten kalles den også for ytre Oslofjord.

Utenfor Arendal er det to stasjoner; A2 og A3 henholdsvis 1 og 2 nautiske mil fra land, for å kunne overvåke endringer i hele vannsøylen fra 0-240 m dyp. Vanddyppet på A2 er ca. 105 og på A3 ca. 260 m.

Bløtbunn

Tabell 1.2. Bløtbunnstasjoner overvåket i 2008. 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 2008 (EUREF89-WGS84). Prøvetakingsfrekvens er 1 gang pr. år, i juni måned (E=eksponert. M=moderat eksponert).

Region	Stasjon	Lengdegrad	Breddegrad	Dyp (m)	Himmelretn (°)	Eksposering	Periode (år)
A	a02 Færder fyr	10.5268	59.0267	0-26	89	E	1990, 94-2008
A	a03 Lyngholm.	10.2963	59.0432	0-30	160	E	1990-2008
A	a92 Kongshlm	10.4549	59.1219	0-30	80	M	2002-2008
A	a93 Vakerholm	10.3754	59.1169	0-30	100	M	2002-2008
B	b07 Tromøy N.	8.9443	58.5132	0-30	360	M	1990-2008
B	b10 Prestholm.	8.5372	58.2732	0-30	140	E	1990-2008
B	b11 Humleøy	8.4289	58.2382	0-30	85	M	1990-2008
B	b12 Meholmen	8.1980	58.0961	0-30	10	E	1990-91,95-2008
C	c95 Launes	7.0406	58.0239	0-30	270	M	2002-2008
C	c15 Revø	6.7960	58.0480	0-25	190	E	1990-2008
C	c17 Stolen	6.7147	58.2216	0-30	240	M	1990-2008
C	c18 Rosø	6.5011	58.2280	0-26	170	E	1990-2008
D	d22 Marholm	5.14426	59.5805	0-30	116	M	1990-99+2005-08
D	d23 Ylvesoy	5.08530	59.8800	0-30	340	E	1990-99+2005-08
D	d25 Arebrot	4.90816	60.4210	0-30	25	M	1990-99+2005-08
D	d27 Mageoy	4.68393	60.7965	0-30	30	E	1990-99+2005-08

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 Oddefluei	5.8305	58.4797	0-30	165	E	1995-2001

*)Stasjonenes lokalisering er vist med stasjonsnummer i figur 1.1 og aktive stasjoner er merket med grønn sirkel.

1.4 Metodikk

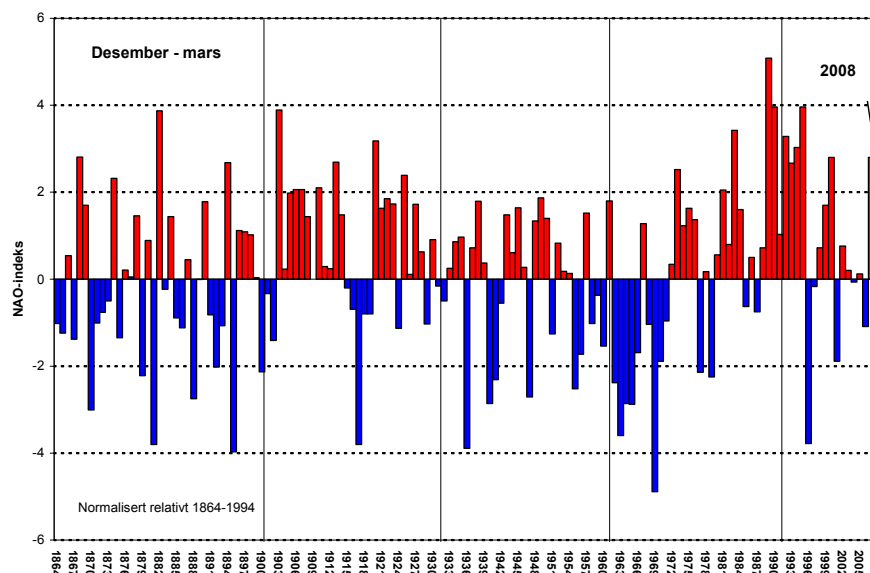
Innsamling, opparbeiding og analyser følger standard og akkrediterte metoder (hvor dette finnes, ISO-90001, NIVA-M5, EN45000, NS9420, NS9423, NS9424). Metodikken er fylldig beskrevet i Moy m.fl. (2002, 10-årsrapporten for Kystovervåkningen) og er ikke gjentatt her.

2. Klima og vannmassene i Skagerrak

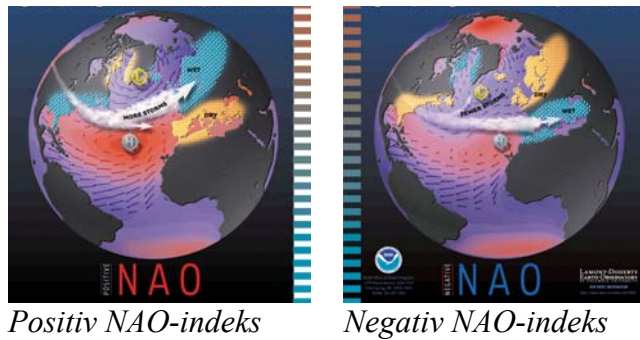
NAO-klimaindeksen for vinteren 2008 var positiv. Vinteren var betydelig varmere enn normalt og med mer nedbør. Utover året var både vår og sommer varmere enn normalt på Østlandet og Vestlandet. Sommeren var også nedbørrik på Sørlandet og Østlandet. Overflatetemperaturen i havet var varmere enn normalt (1961-90) omtrent hele året. I ytre Oslofjord var temperaturen over 20° C i 16 døgn i månedskiftet juli/august og i 8 døgn ved Flødevigen. Overflatevannmassene var preget av mer brakkvann i april/mars enn normalt som en følge av den milde og nedbørrike vinteren. Sjøtemperaturen i de dypere vannmassene (ned til 75 m dyp) var også høyere enn normalt i 2008 og dypvannet (under 100 m) var i februar-mars preget av mindre innslag av Atlantisk vann og mer vann fra sentrale deler av Nordsjøen.

2.1 NAO, lufttemperatur og nedbør.

Siden overvåkingsprogrammet startet i 1990 har klimaforholdene generelt vært milde vinterstid. Dette illustreres i figur 2.1 som viser NAO-indeksen for desember til mars fra 1864 til 2008. NAO-indeksen viser normalisert lufttrykksforskjell mellom Lisboa i Portugal og Island (Figur 2.2). Positiv verdi viser at lavtrykk har en bane mot Sør-Skandinavia, som gir relativt høy frekvens av sørvestlige vinder og en mild værtype med mye nedbør. Negative verdier betyr lavere frekvens av lavtrykk inn mot Nordsjøen og Skagerrak og større frekvens av nordlige vinder og et kaldere klima i Sør-Norge. I perioden fra 1988 til 2001 har det generelt vært milde vintre og høy frekvens av sørlige vinder som følge av positiv NAO-indeks. Det har siden kystovervåkingsprogrammet startet bare vært tre kalde vintre; 1996, 2001 og 2006, dvs. 3 av 19 vintre.

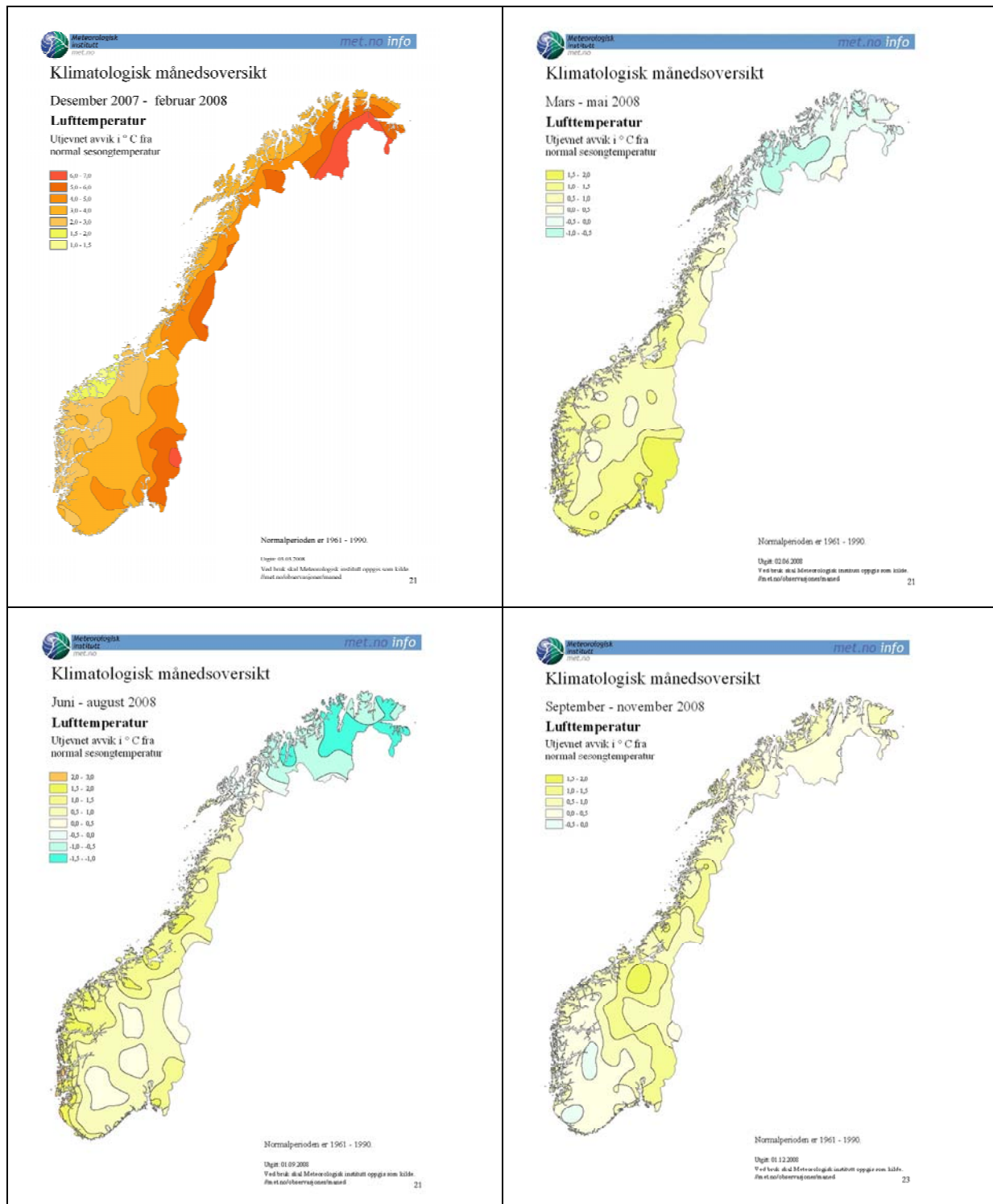


Figur 2.1 NAO-indeks (desember – mars) 1864-2008 (Hurrell (1995) og oppdateringer fra Hurrell).

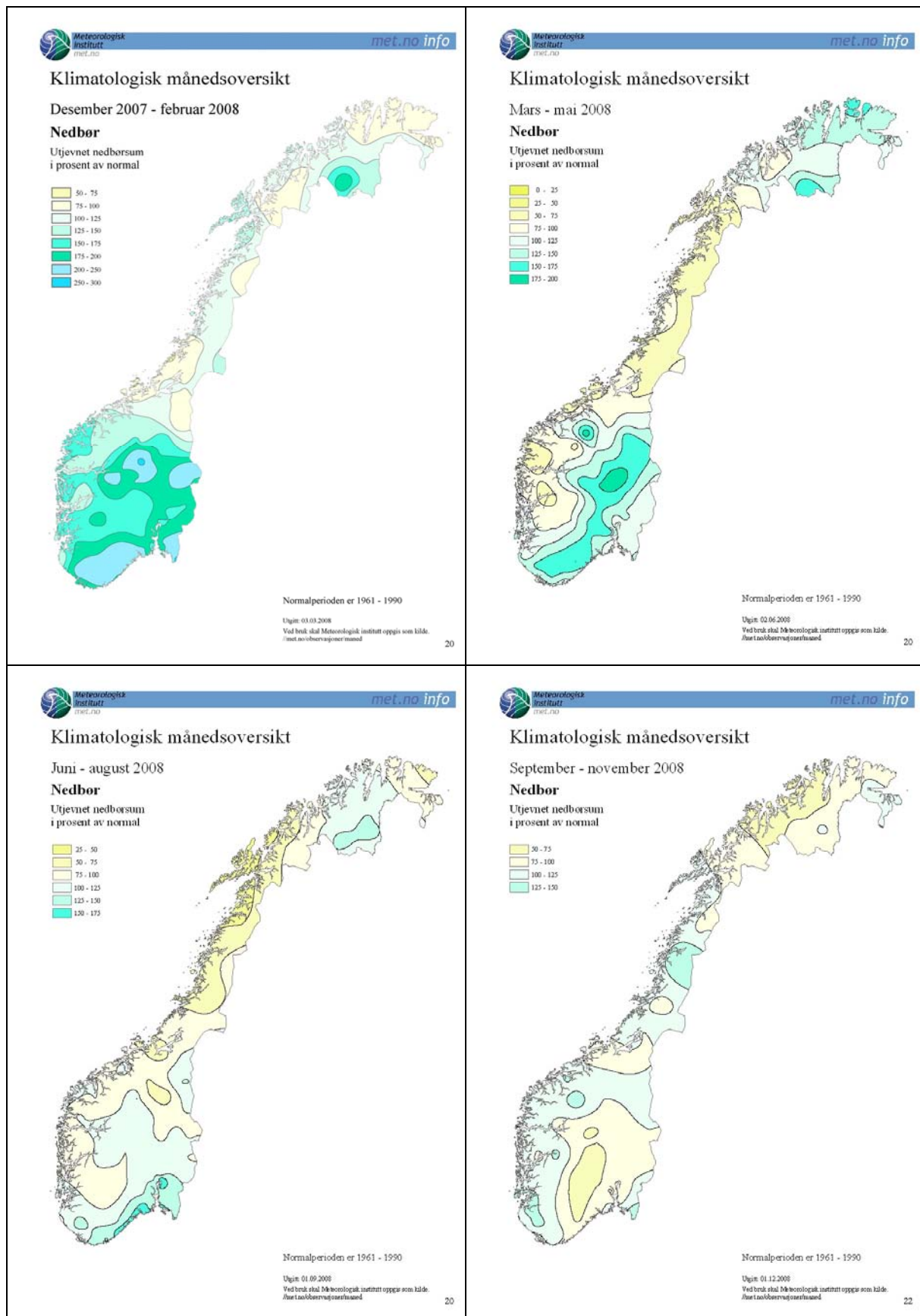


Figur 2.2. Den Nord-Atlantiske svingningen (NAO-indeksen), er variasjonen i forskjellen mellom lufttrykket over Island, Azorene og Portugal. Positiv indeks fører mild og fuktig luft inn over Sør-Norge og motsatt gir negativ indeks kald og tørr luft. (Kilde: <http://www.ideo.columbia.edu/NAO> av Martin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

I 2008 var indeksen høy og vinteren var mild. 2008 ble et varmt og nedbørrikt år (figur 2.3-2.4). Vintertemperaturene var høyere enn normalt i hele Norge, spesielt på Østlandet (figur 2.3). Våren ble mild og nedbørrik på Østlandet og Sørlandet, mens sommeren ble varm på Østlandet og Vestlandet, og mer normal på Sørlandet. Både Østlandet og spesielt Sørlandet fikk mer nedbør enn normalt. Utover høsten ble forholdene mer normale, men fortsatt mildere enn normalt på Østlandet.



Figur 2.3 Sesongmessig oversikt over avvik fra normal lufttemperatur i Norge i 2008 (Kilde: Met.no). Rød farge = varmere, blå farge = kaldere og hvit farge = som normalt



Figur 2.4. Sesongmessig oversikt over nedbør i Norge i 2008 som utjevnet nedbørsom i prosent av normalen (Kilde: Met.no). Gult = mindre enn normalt. Blått = mer enn normalt.

2.2 Vannmasser og sjøtemperatur

Vannmasser deles inn etter saltholdighet og temperatur, og tradisjonelt i oseanografi deles vannmassene langs Skagerrakkysten inn i fem hovedvannmasser som reflekterer hvor vannet kommer fra og hvor influert det er av ulike kilder (Tabell 2.1). Denne inndelingen skiller seg fra inndelingen som ligger til grunn i Vanddirektivet, hvor saltvannet deles i 4 klasser etter saltholdighet: oligohalin (0,5-5), mesohalin (5-18), polyhalin (18-30) og euhalin (>30). Ferskvann regnes som vann med saltholdighet lavere enn 0,5. Sjøvann ble tradisjonelt definert som vann med saltholdighet høyere enn 30 (euhalin) og brakkvann er en blanding av sjøvann og ferskvann. Forskjell i inndeling av vannmasser medfører ingen problemer mht. utnyttelse av Kystovervåkingsdata i Vanddirektivsammenheng. Saltholdighet er en viktig økologisk faktor som påvirker og bestemmer hvilke organismer som lever i en vannmasse og Kystovervåkings inndeling gir større informasjonsverdi mht. programmets målsetning.

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

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

Brakkvann 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.

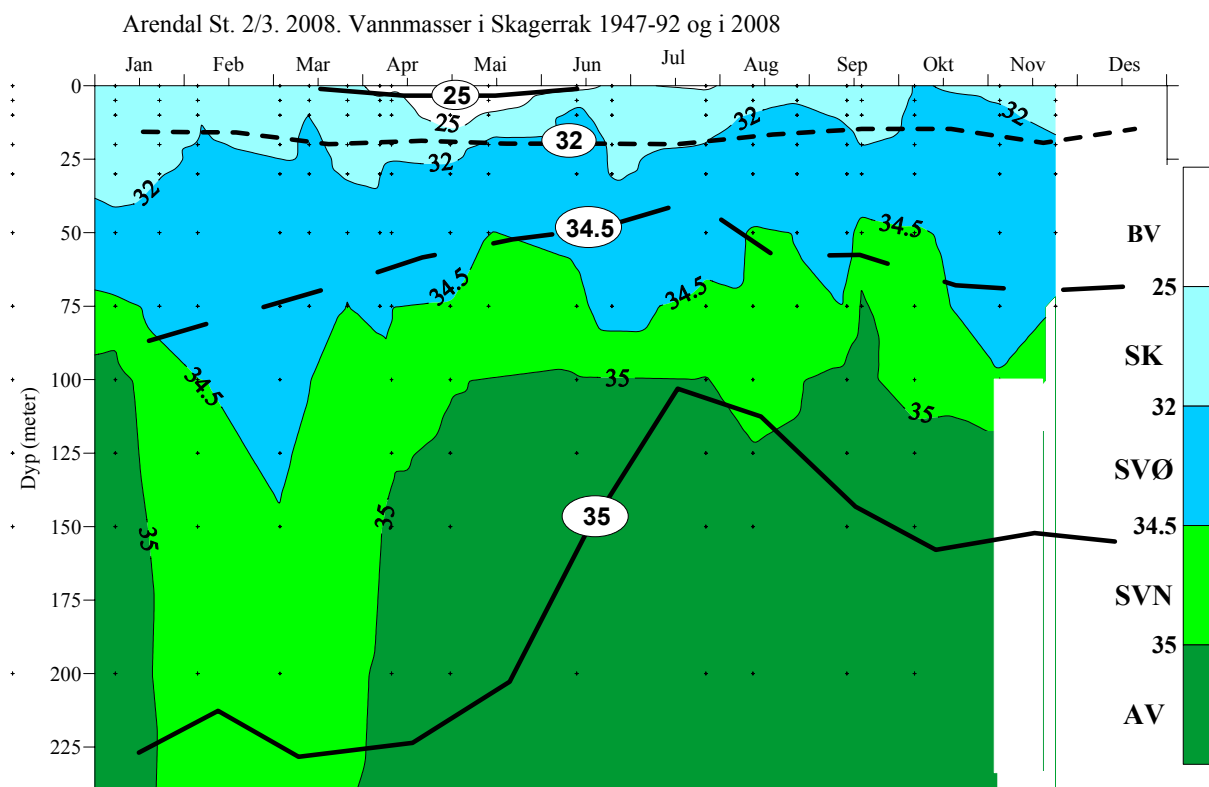
Skagerrak kystvann består hovedsakelig av en blanding mellom Østersjøvann/overflatevann fra Kattegat, lokalt ellevann og vann med opprinnelse i sørlige og sentrale deler av Nordsjøen. Vannmassene ligger mellom overflaten og ned til ca. 15-20 m dyp.

Skagerrakvann øvre har sin opprinnelse i sørlige Nordsjøen, og blandes med vann fra Østersjøen/Kattegat og 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.

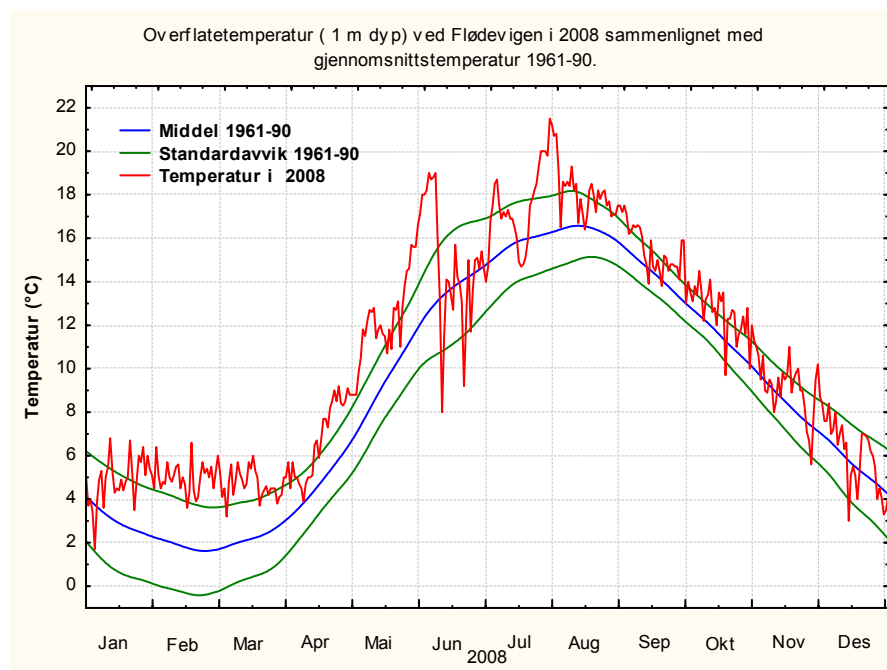
Den vertikale fordelingen av vannmassene i 2008 sammenliknet med en 'normalfordeling' (beregnet ut fra en sammenhengende måleperiode fra 1947 til 1992) er vist i Figur 2.5. Karakteristisk for vannmassene i kystområdene av Skagerrak i 2008, var et større innslag av brakkvann enn normalt for april/mai. Det var mindre forekomst av Atlantisk vann i dypvannet (under 100 m dyp) i februar og mars og større innslag av vann fra de sentrale deler av Nordsjøen (Skagerrakvann nedre). Forekomsten av Skagerrak kystvann var omtrent som normal i store deler av året, unntatt i januar og oktober hvor det var hhv. mindre og mer.



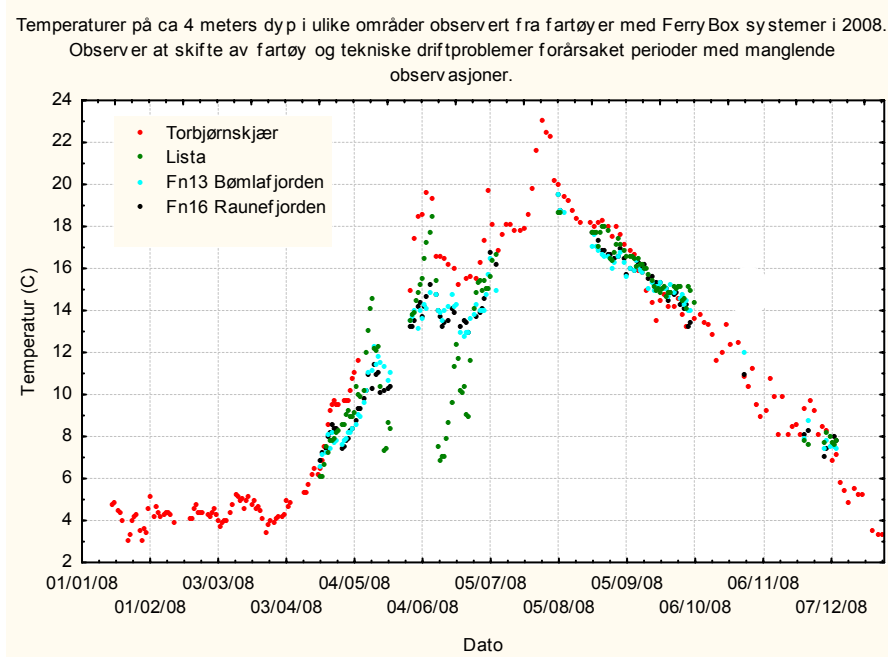
Figur 2.5. Midlere vannmassedistribusjon ved Arendal (st 2 og 3) over perioden 1947-92 (svarte linjer) og i 2008 (farget felt, BV=Brakkvann, SK= Skagerrak kystvann, SVØ= Skagerrakvann øvre, SVN= Skagerrakvann nedre og AV= Atlantisk vann).

Overflatetemperaturen i Skagerrak var i 2008 betydelig over gjennomsnittlig sjøtemperatur (1961-90) for vintermånedene (Figur 2.6 og 2.8) og med unntak fra noen kortere perioder også noe varmere enn normalt i resten av året. Det var to perioder med temperaturer over 20 °C – en i begynnelsen av juni i ytre Oslofjord (8 sammenhengende døgn) og en i juli/august (16 døgn i ytre Oslofjord og 8 døgn ved Flødevigen på Sørlandet). I de dypere vannmassene var månedsmiddeltemperaturen over det normale (figur 2.8). Sjøtemperaturen i overflatevannet langs kysten samvarierer på de ulike stasjonene (Jomfruland til Lista), men ofte er årssamplituden større ved Jomfruland enn ved Arendal, og minst ved Lista. I 2008 ble det registrert en periode med kaldt vann ved Lista (figur 2.7) i juni, noe som tyder på en oppstrømming av dypere vann (upwelling). Upwelling er ikke uvanlig ved Lista.

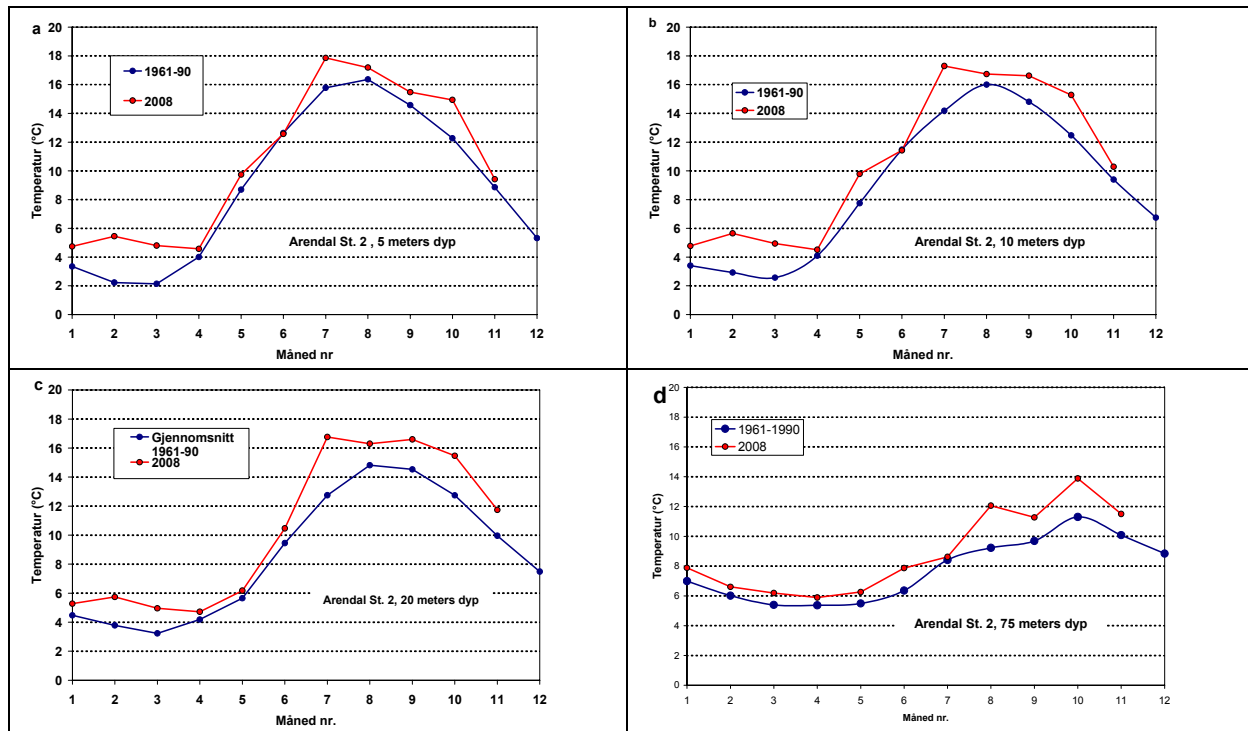
I Flødevigen hadde den meget varme sommeren i 2006, 53 (33) dager med temperaturer over 18 (20) grader, hvorav 45 (30) sammenhengende dager i juli/august. I 2008 var det 34 dager med temperatur over 18 grader, hvorav 25 var i en periode i juli/august, og 7 dager med temperaturer over 20°C. Sommeren 2008 var dermed blant de varmeste i overvåkingsperioden og betydelig varmere enn 2007. Overflatetemperaturene på Vestlandet (Raunefjorden og Bømlafjorden, figur 2.7) var generelt lavere enn i Skagerrak om sommeren, men ofte høyere om vinteren. Figuren viser at augusttemperaturer ligger noe lavere enn ved Lista og Torbjørnskjær.



Figur 2.6. Temperaturen på 1 meters dyp ved Flødevigen (Hisøy, Arendal) fra januar – desember 2008, sammenlignet med middelværdi og standardavvik 1961-90 (Data fra Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen).



Figur 2.7. Temperaturen på ca 4 meters dyp ved Torbjørnskjær/Færder, Lista, Bømlafjorden (Fn13) og Raunefjorden (Fn16) i 2008. Observasjoner fra fartøy med FerryBox-system. Avbrudd i prøvetakingen i juli skyldes driftstekniske problemer.



Figur 2.8. Månedsmiddeltemperaturen 2008 på 5 (a), 10 (b), 20 (c) og 75 (d) meters dyp ved Arendal St. 2, sammenlignet med observasjoner fra 1961-90. 1961-90 observasjoner er fra Havforskningsinstituttet og 2008 observasjoner er fra Kystovervåkingsprogrammet. Merk, ulik skala på y-aksen.

3. Tilførsler av næringsalter til Skagerrak

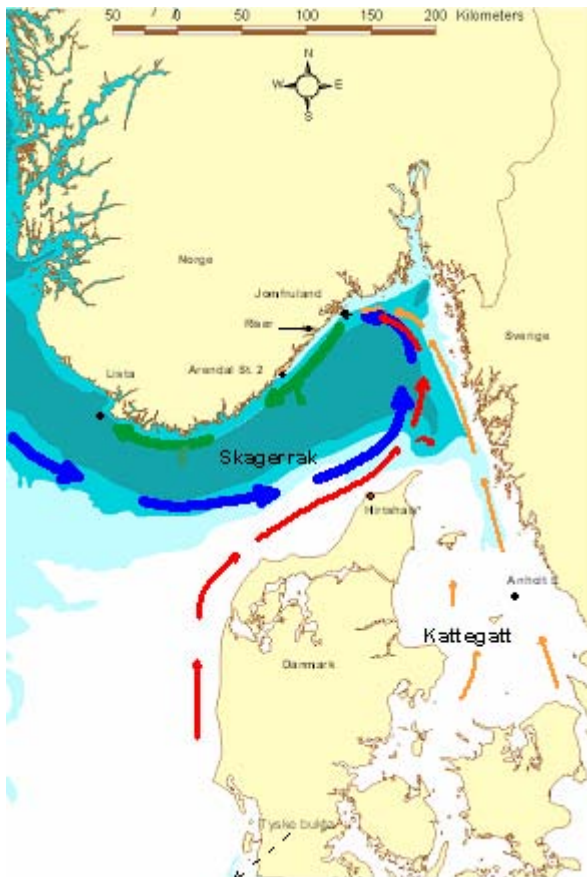
Etter negativ eutrofiutvikling med dobling i nitratkonsentrasjonene i kystvannet på Sørlandet fra perioden 1975-80 til 1990-95, har utviklingen vært positiv etter 1999-2002.

Langtransporterte tilførsler av næringsalter til den norske kyststrømmen fra sydlige deler av Nordsjøen er redusert i perioden 2000-2007. Årsaken er nedgang i næringssaltutslipp til Tyskebukta og mindre transport av vann fra sørlige Nordsjøen til vår kyststrøm. Våren 2008 ble det igjen funnet signaler i kyststrømmen på økte tilførsler av langtransportert nitrat fra sørlige Nordsjøen og Tyskebukta, men fortsatt mindre enn i 1990-95. Vannføringen i Glomma var stor i 2008, særlig tidlig på året. Lokale tilførsler av næringsalter og organisk stoff fra norske elver var generelt stor i første halvår, og økte fra 2007 til 2008 på Østlandet og til dels Sørlandet, mens de avtok på Vestlandet etter flere års økning.

3.1 Langtransporterte tilførsler

Forurensning fra Tyskebukta, sørlige Nordsjøen og Kattegat, føres med havstrømmer mot den norske Skagerrakkysten (

Figur 3.1). Transporten av vann fra sørlige Nordsjøen med Jyllandstrømmen til Skagerrak er vindavhengig, og størst i år med sterke sørlige vinder. Det er beregnet at overflatekystvannet (0-30 m) utenfor Arendal er en blanding av vann fra sørlige og sentrale Nordsjøen (ca. 55 %), overflatevann fra Kattegat (ca. 25 %) og vann fra Tyskebukta (ca. 20 %, Aure og Magnusson 2008). Det er vist at denne transporten av vann med næringsalter og forurensninger, har ført til økte næringssaltkonsentrasjoner, spesielt

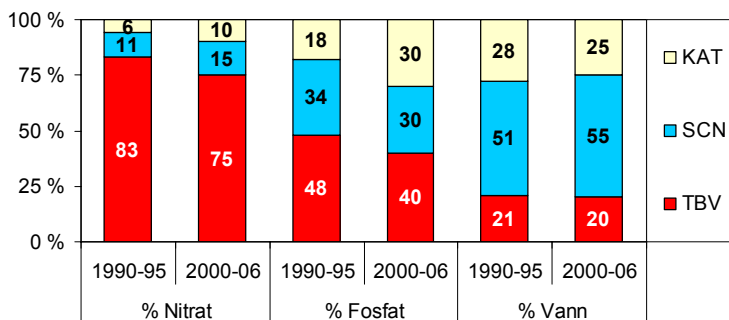


av nitrat, i vårt kystvann. For en periode fra 1980 til 1995, var en ca 100 % økning i nitratverdiene målt i kystvannet (0-30 m dyp) om våren utenfor Arendal (Moy et al. 2007, Aure og Magnusson 2008).

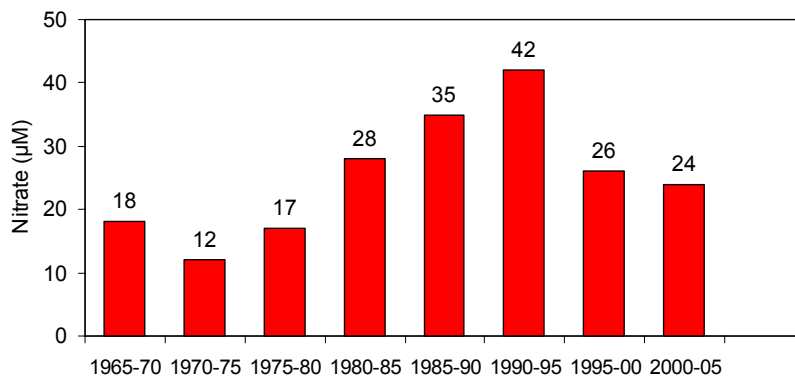
Figur 3.1. Forenklet bilde over strømmene i Skagerrak. Jyllandstrømmen (rød piler) fører vann fra sydlige del av Nordsjøen inn i Skagerrak hvor Jyllandstrømmen blandes med ferskere vann fra Kattegat (oransje piler) og salt Atlanterhavsvann (blå piler). Den norske kyststrømmen (grønne piler) er en lagdelt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

Aure og Magnusson (2008) beregnet at tilførslene av vann fra Tyskebukta i vårsesongen per i dag utgjør 20 % av overflatevannmassene (0-30 m) i kyststrømmen utenfor Arendal, og at dette vannet bidrar med henholdsvis 75 og 40 % av nitraten og fosfaten i kyststrømmen (Figur 3.2). Det er noe lavere enn henholdsvis 83 og 48 % for nitrat og fosfat som Aure et al. (1998) beregnet for perioden 1990-1995. Det var i denne perioden utslippene fra de kontinentale elvene var størst (

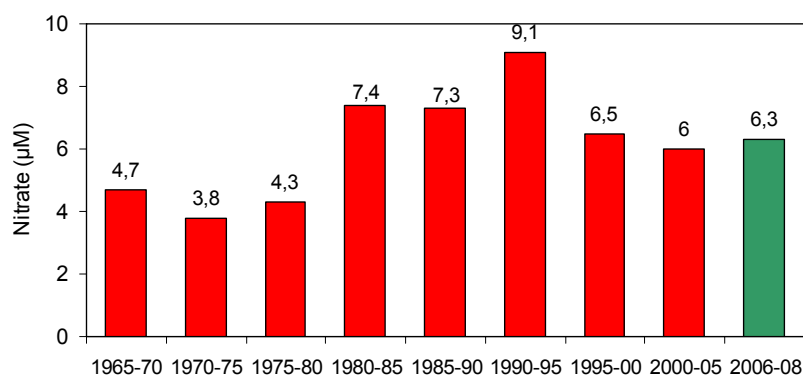
Figur 3.3). På grunn av høye konsentrasjoner av løste næringssalter i Tyskebukta i vinterhalvåret har transport fra Tyskebukta størst betydning for vårt kystvann i vinter/vårsesongen. Sammenlikning av vannmålinger i Tyskebukta og Arendal St. 2 indikerer at vannet fra Tyskebukta har stor innflytelse på vannkvaliteten i vår kyststrøm (Figur 3.3 og 3.4). I 2006-2008 lå konsentrasjonene ved Arendal St. 2 omtrent som for 1995-2005. Det ser dermed ut til at situasjonen har stabilisert seg på et nytt nivå som ligger under 1980-95 nivåene, men fortsatt klart over tidligere perioder som 1965-80. Langtransporterte tilførsler var temakapittel i 2006-årsrapporten fra Kystovervåkingsprogrammet, og endringer over tid er videre utredet der (Moy et al. 2007).



Figur 3.2. Andelen nitrat, fosfat og vannmengde fra Tyskebukta (TBV), Nordsjøen (SCN) og Kattegat (KAT) i kystvannet utenfor Arendal beregnet for 0-30 m dyp i mai måned (etter Aure et al. 1998 og Aure og Magnusson 2008).

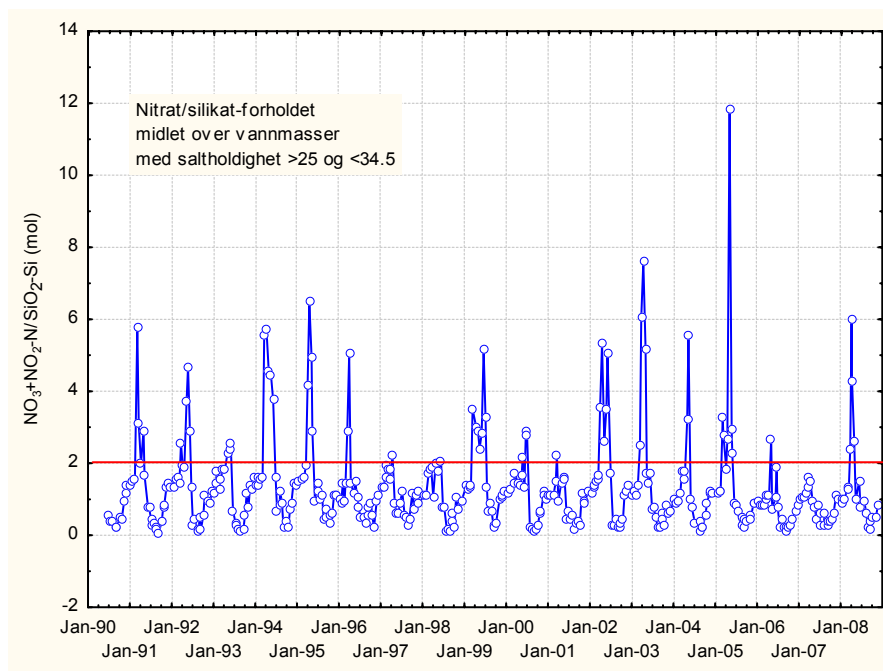


Figur 3.3. Nitratkonsentrasjoner ved Helgoland (Tyskebukta) i januar-april beregnet for 5-årsperioder (gjennomsnitt) (Kilde: AWI).



Figur 3.4. Nitratkonsentrasjoner på Arendal St. 2 i januar-april beregnet for 5-årsperioder, samt 2006-2008 (middelverdi, 0-30m dyp).

I Figur 3.5 er nitrat/silikat-forholdet på stasjon Arendal 2 vist for perioden 1990-2008. Vann med forholdstall større enn 2 mol indikerer tilførsler av nitratrikt vann fra Tyskebukta. Vann med forholdstall lavere enn 2 indikerer andre vannmasser (se figur 2.5). Beregningene viser at det ikke ble påvist vann fra Tyskebukta i 2007, men igjen et noe sterkere signal av dette vannet i 2008. Etter flomårene 1994-95 var det lave langtransporterte tilførsler i årene fram til flomåret 1999. Tilførslene var lave også i 2000 og 2001, men har vært høye i perioden 2002-2005.



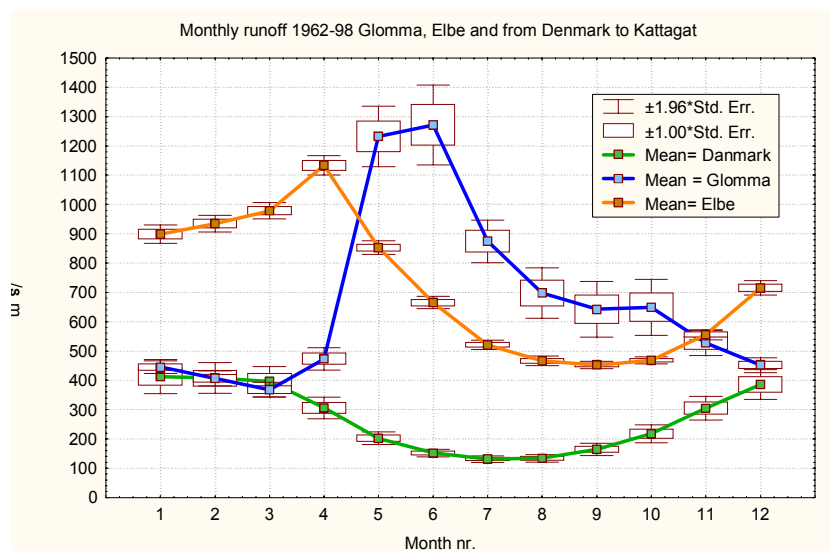
Figur 3.5. Nitrat / silikat-forholdet (atomer) ved Arendal St. 2 fra 1990-2008. Forholdstall over 2 indikerer vann fra Tyskebukta.

3.2 Lokale tilførsler

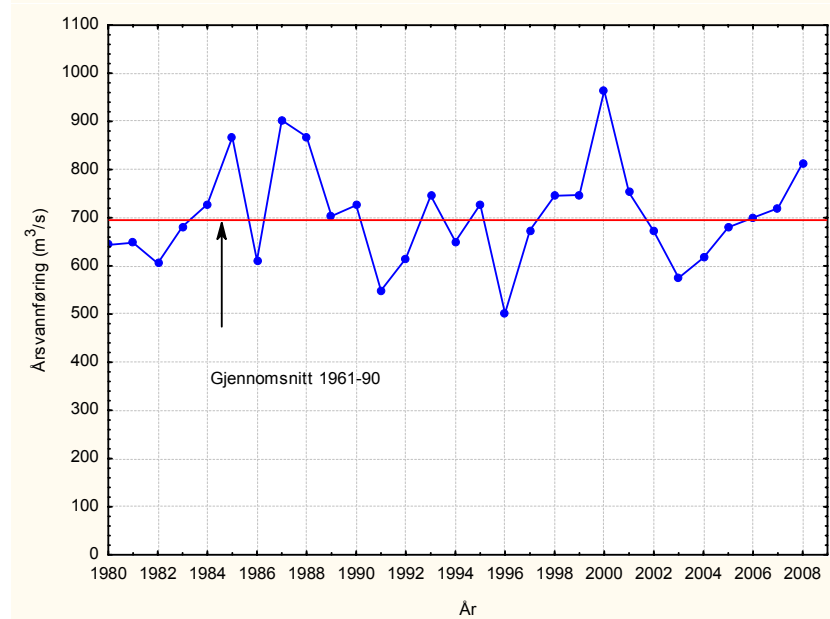
Tilførsler fra de store norske elvene som Glomma, Drammenselva og Numedalslågen starter vanligvis med vårfloppen i mai og strekker seg ut i juni for Glommas del. I de kontinentale elvene (som for eksempel Elbe) er vannføringen derimot størst i desember til mai og kulminerer i april før vår lokale vårflopp starter (Figur 3.6). Avrenningen fra Danmark til Kattegat er til sammenlikning lav.

Sommerstid har normalt lokale tilførsler fra Norge en relativt større innflytelse på kystvannet enn langtransporterte tilførsler. De lokale tilførslene av bl.a. nitrogen og fosfor har nær sammenheng med vannføringen i elvene. Undersøkelser i Numedalslågen viste at mer enn 90 % av årstilførselen av næringsalter og partikler fra elva gikk ut med flomepisoder. Spesielt partikkeltransport, fosfor og andre stoffer som er knyttet til partikler, samvarierer med variasjon i vannføringen.

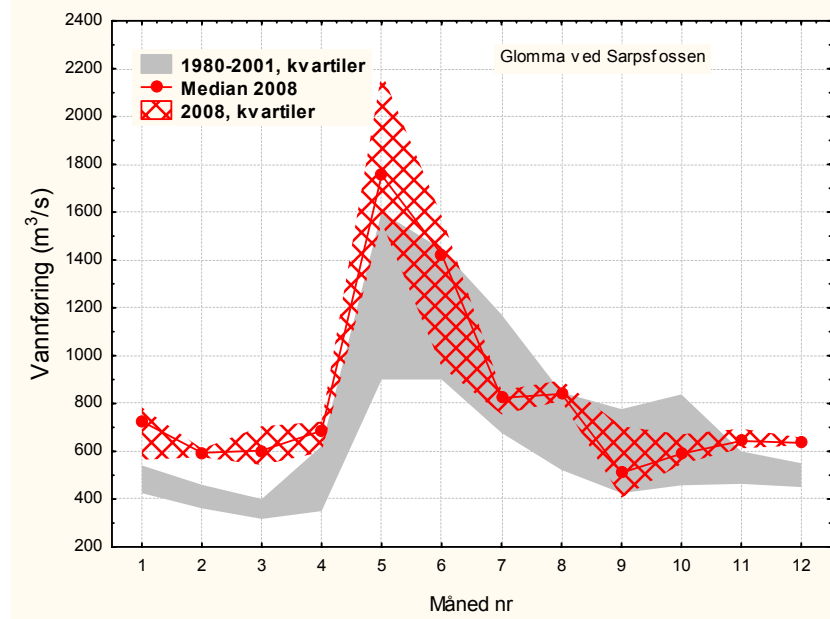
Den totale vannføringen i Glomma var i 2008 større enn normalt (Figur 3.7), noe som skyldtes den varme og nedbørrike vinteren. Vintervannføringen var vesentlig høyere enn normalt og vårfloppen i mai/juni større enn normalt, mens vannføringen på høsten var som normalt (Figur 3.8).



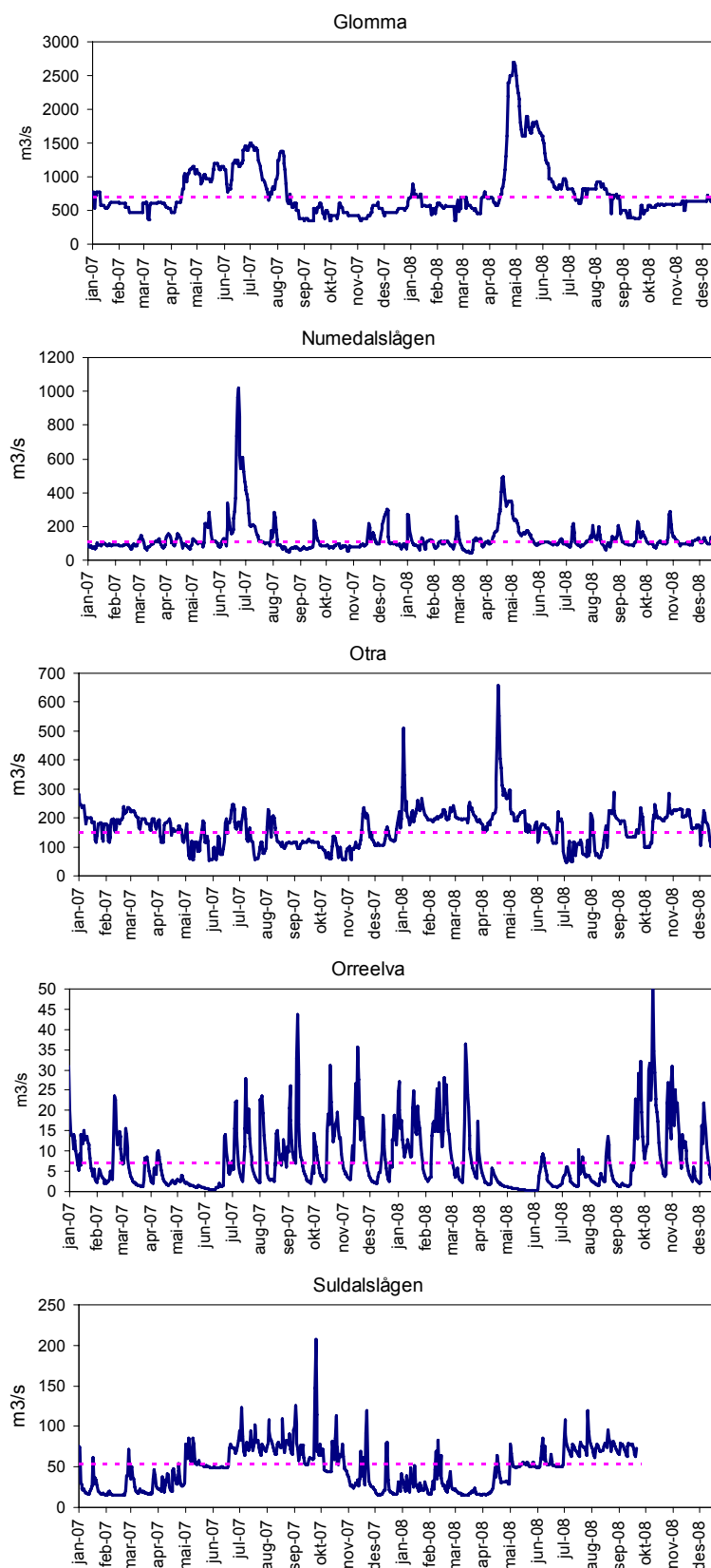
Figur 3.6 Ferskvannsvannrensning fra Elben og Glomma, og beregnet vannrensning fra Danmark til Kattogat



Figur 3.7 Midlere årsvannføring i Glomma fra 1980 til 2008 og gjennomsnitt for 30-årsnormalen 1961-90. (Data fra NVE og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB)).



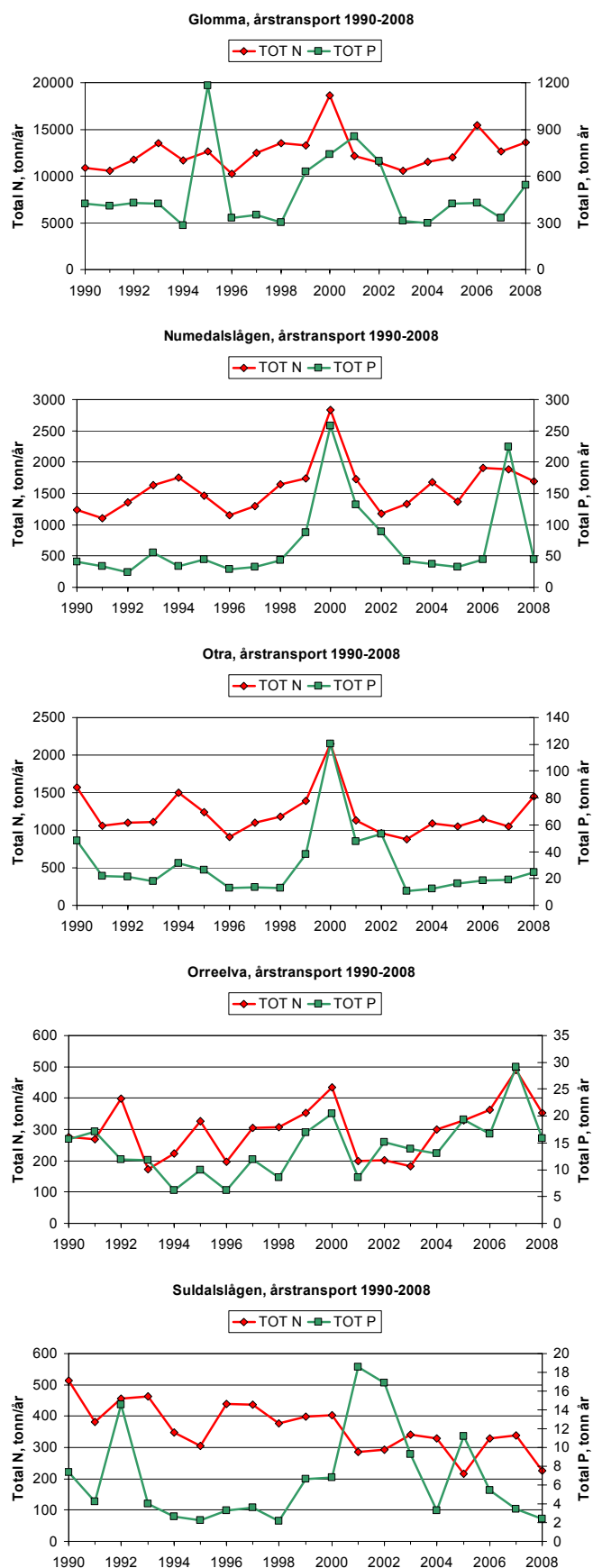
Figur 3.8 Månedsvannføring i Glomma i 2008 sammenlignet med gjennomsnittlig vannføring fra 1980-2001 (Data fra NVE og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB)).



Figur 3.9. Vannføring (døgnmiddel i m³/s for 2007-2008) i elvene Glomma, Numedalslågen, Otra, Orreelva og Suldalslågen (Snitt 1990-2008) (Kilde: NVE).

Vannføringen i utvalgte elver på Østlandet, Sørlandet og Vestlandet (Figur 3.9) viser at vannføringen var høy tidlig på året til Østlandsområdet, og at vårflommen var stor. Generelt drenerer Glomma et stort nedbørsfelt med mange bassenger. Dette resulterer i lange perioder med høy vannføring, mens vannføringen i Numedalslågen generelt er mindre og med kortere flomtopper. Vannføringen i Otra på Sørlandet er generelt lavere enn vassdragene på Østlandet. I 2008 ble det i likhet med Østlandet registrert høy vannføring tidlig på året med to, korte flomtopper (i januar og mai). Vannføringen var da høyere enn det som ble målt i 2007. Også vannføringen i elvene på vestlandet var høy vintertid og på våren (spesielt Orreelva), men den var lav sommerstid og høstflommen kom senere enn i 2007.

Beregninger viser at de årlige tilførselene av næringsalter fra elver domineres av Glomma på Østlandet (Figur 3.10). I perioden 2003-2006 økte tilførselene, og gikk deretter ned i 2007. I 2008 økte de igjen. På Sørlandet (Otra) har også tilførselene økt noe etter 2001, mens tilførselene på Vestlandet (Orreelva og Suldalslågen) i 2008 gikk ned etter flere år med økninger (Orreelva).



Figur 3.10. Beregnede elvetilførsler av nitrogen (TOT N) og fosfor (TOT P) i tonn pr år for elvene Glomma, Numedalslågen, Otra, Orreelva og Suldalslågen (Kilde: RID).

Østlandet

Glomma har stor påvirkning på Ytre Oslofjord og stasjonene i A-området. Tilførslene av nitrogen og fosfor økte i 2008 sammenlignet med året før, og vannføringen var høy tidlig på året, også før hard- og bløtbunnsundersøkelsene ble gjennomført. Det er generelt store år-til-år variasjoner i transporten av næringssalter til Ytre Oslofjord og det kan være med på å forklare relativt store endringer hardbunns- og grunne bløtbunnsfunn i A-området. Spesielt tydelige var flommene i 1995 og 2000. Tilførslene fra Numedalslågen gikk ned i 2008 sammenlignet med året før.

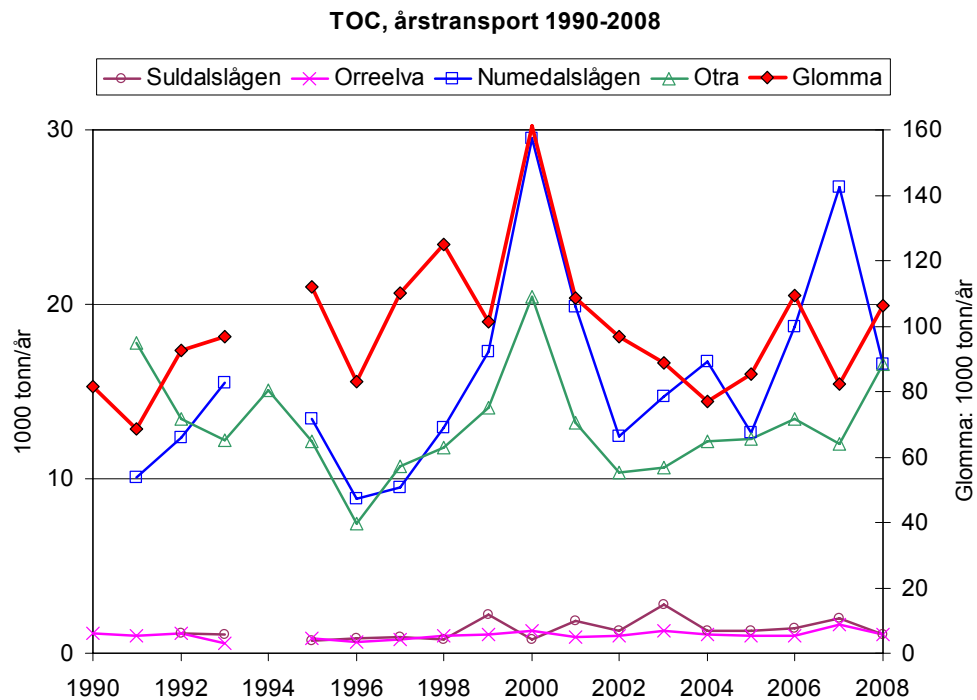
Sørlandet

Elvetilførslene til Sørlandet (område B) representert ved tilførselsberegninger fra Otra gikk noe opp i 2008 sammenlignet med året før, og det ble også registrert høy vannføring tidlig på året. Også på Sørlandet ble høyeste tilførsler beregnet for 2000.

Vestlandet

Tilførsler av nitrogen og fosfor fra Orreelva viser nedgang i 2008 etter flere år med økte tilførsler. Orreelva representerer tilførsler fra jordbruksområder. Også tilførslene fra Suldalselva gikk ned i 2008 sammenlignet med årene før. Suldalselva er, i likhet med mange andre Vestlandselver, regulert fra Vestlandsheier.

Totalt gjennom 2008 ble store mengder organisk karbon tilført ytre Oslofjord via Glomma (figur 3.11), og etter en nedgang i tilførsler i 2007, økte de i 2008. Også på Sørlandet (Otra) økte tilførslene av organisk karbon i 2008, mens de var relativt lave på Vestlandet (Orreelva og Suldalslågen).



Figur 3.11. Beregnede elvetilførsler av organisk karbon (TOC) i 1 000 tonn pr år for elvene Glomma, Numedalslågen, Otra, Orreelva og Suldalslågen (Kilde: RID). Merk at verdier for Glomma er gitt langs høyre y-akse.

4. Vannkvalitet i kystvannet

Vannkvaliteten i Skagerrak var i 2008 i klasse god (II) eller meget god (I) med hensyn til nitrogen, fosfor, siktdyp og klorofyll på de fleste stasjoner, unntatt i ytre Oslofjord (Torbjørnskjær, siktdypet sommeren 2008 var i klasse dårlig). Vinterverdier av tot-P på Jomfruland og sommerverdiene for nitrat ved Lista var i klasse mindre god på grunn av upwellingsituasjon i området. Forholdstallet mellom nitrat og fosfat var under Redfield-ratio=16:1, unntatt ved Torbjørnskjær i ytre Oslofjord, og det var også positivt at forholdet nitrat/silikat og fosfat/silikat var klart under det nivå som OSPAR bedømmer å gi økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. For hele perioden 1991-2008 er det i Skagerrak en tendens til avtakende risiko for oppblomstring av skadelige alger, med unntak av stasjonen Jomfruland hvor det har vært år med høye næringssaltnivåer og lite silikat.

Partikkelkonsentrasjonen (TSM) ved Torbjørnskjær var klart større i 2007 og 2008 enn i tidligere år (men har bare vært overvåket 5 år tidligere). TSM på Jomfruland økte i perioden 1991-2003, men siden har TSM vært lav og det er ikke noen trend for hele perioden 1991-2008. Partikkelkonsentrasjonen ved Arendal avtok 2002-2006, men har økt igjen i 2007 og 2008. Partikkelbundet organisk karbon og nitrogen var ved Jomfruland og Arendal mindre i 2007-2008 enn de foregående årene (2002-2006), men det er fortsatt en klar økning vinterstid over perioden 1991-2008. Økningen i TSM og POC de siste to årene og POC/PON-forholdet indikerer at mesteparten av de organiske partiklene har marin opprinnelse, men med et økende innslag av terrestrisk materiale.

På stasjon Arendal og spesielt på Lista har siktdypet avtatt i perioden 1991-2008, både sommerstid og over hele 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 bremsset opp. Oksygenforholdene er fortsatt meget gode. Økende oksygenforbruk i bassengvannet i Risørfjorden og avtagende oksygenkonsentrasjoner i kystvannet, gjenspeiler økt organisk belastning langs kysten. Ut fra POC-observasjoner er belastningen størst i Jomfrulandsområdet og avtar både mot øst (ytre Oslofjord) og vest (Arendal-Lista og Utsira). For de fleste parametre var det generelt liten forskjell mellom Lista og Utsira i 2008.

Saltholdighet i overflatevannet øker fra Arendal til Vestlandet. Lavere saltholdighet ble målt fra Arendal til Vestlandet om vinteren 2008 sammenlignet med vinteren 2007, og lavere saltholdighet ble målt fra ytre Oslofjord (Torbjørnskjær) til Jomfruland om sommeren 2008 sammenlignet med sommeren 2007. Næringssaltskonsentrasjonene og planteplanktonbiomassen følger samme mønster med minkende verdier fra øst til vest. I 2008 var vinterkonsentrasjonene av nitrogenforbindelsene markert høyere enn i 2007 på Skagerrakkysten. Næringssaltskonsentrasjoner var lave på Vestlandet. Sommerstid var det bare tot-N som viser noe høyere verdier langs Skagerrakkysten i 2008 sammenlignet med 2007.

Siktdypet på Skagerrakkysten var lavere i vinter- og vår-perioden i 2008 sammenlignet med tidligere år. Dårlige lysforhold i Skagerrak har trolig sammenheng med stor avrenning fra land. Stort innsalg av brakkvann kan ha betydning for tidspunktet for våroppblomstringen av planktonalger, og grumsete vann kan redusere vertikalutbredelsen for makroalger på hardbunn.

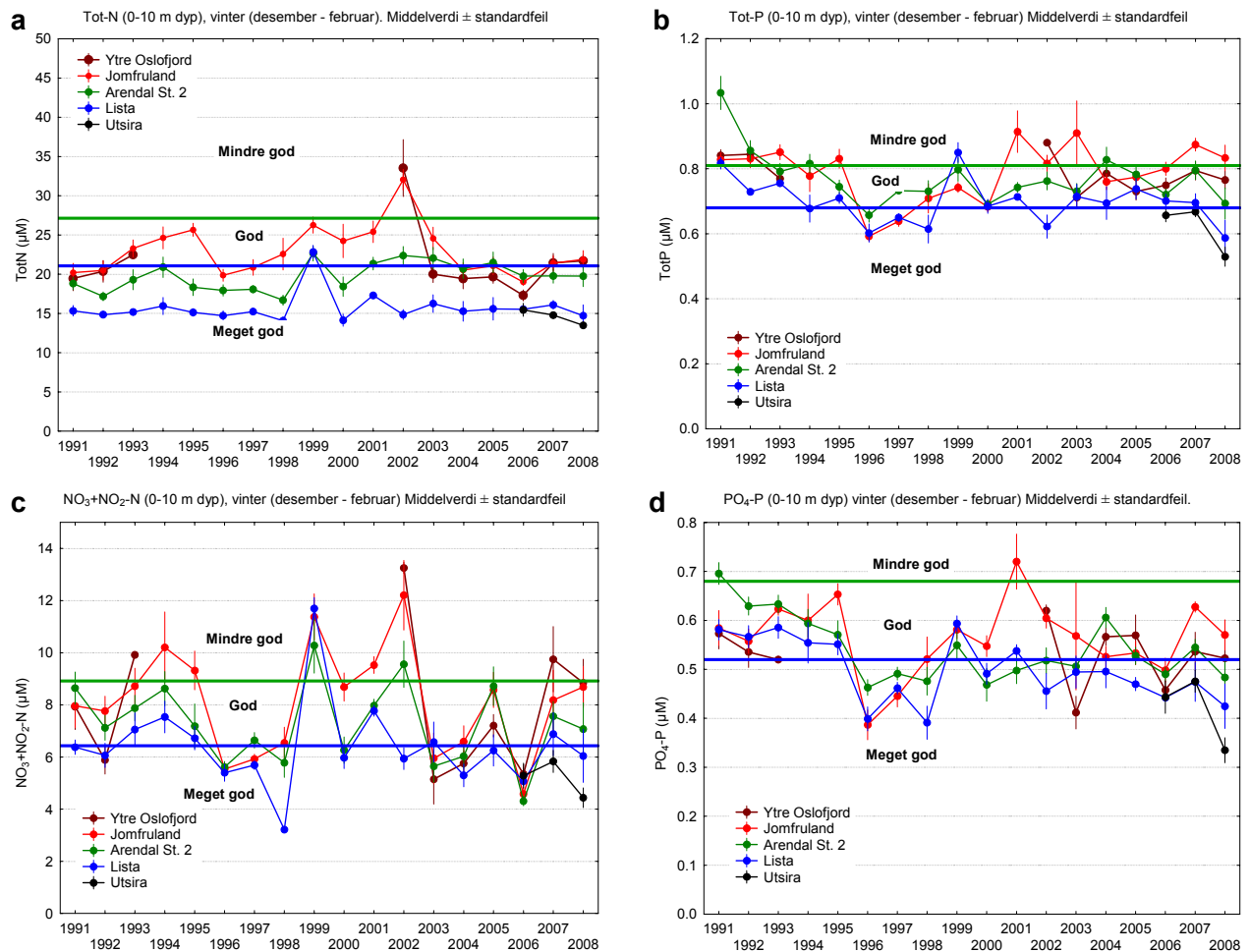
4.1 Vinterverdier i overflatelaget

Vintersituasjonen for de stasjoner som regelmessig er blitt overvåket i perioden 1991-2008, er presentert i Figur 4.1- Figur 4.6. I tillegg er også resultater fra to stasjoner som har vært overvåket enkelte år (Færder/Torbjørnskjær i ytre Oslofjord (hhv. 1991-1993 og 2002-2008) samt Utsira (2006) tatt med. Fra 2005 er antall observasjoner fra overflaten i ytre Oslofjord økt betydelig ved innsamling og analyse av vann med FerryBox. For de variable hvor det finnes kriterier for klassifisering etter SFTs miljøkvalitetskriterier (SFT 1997), er aktuelle grenser markert.

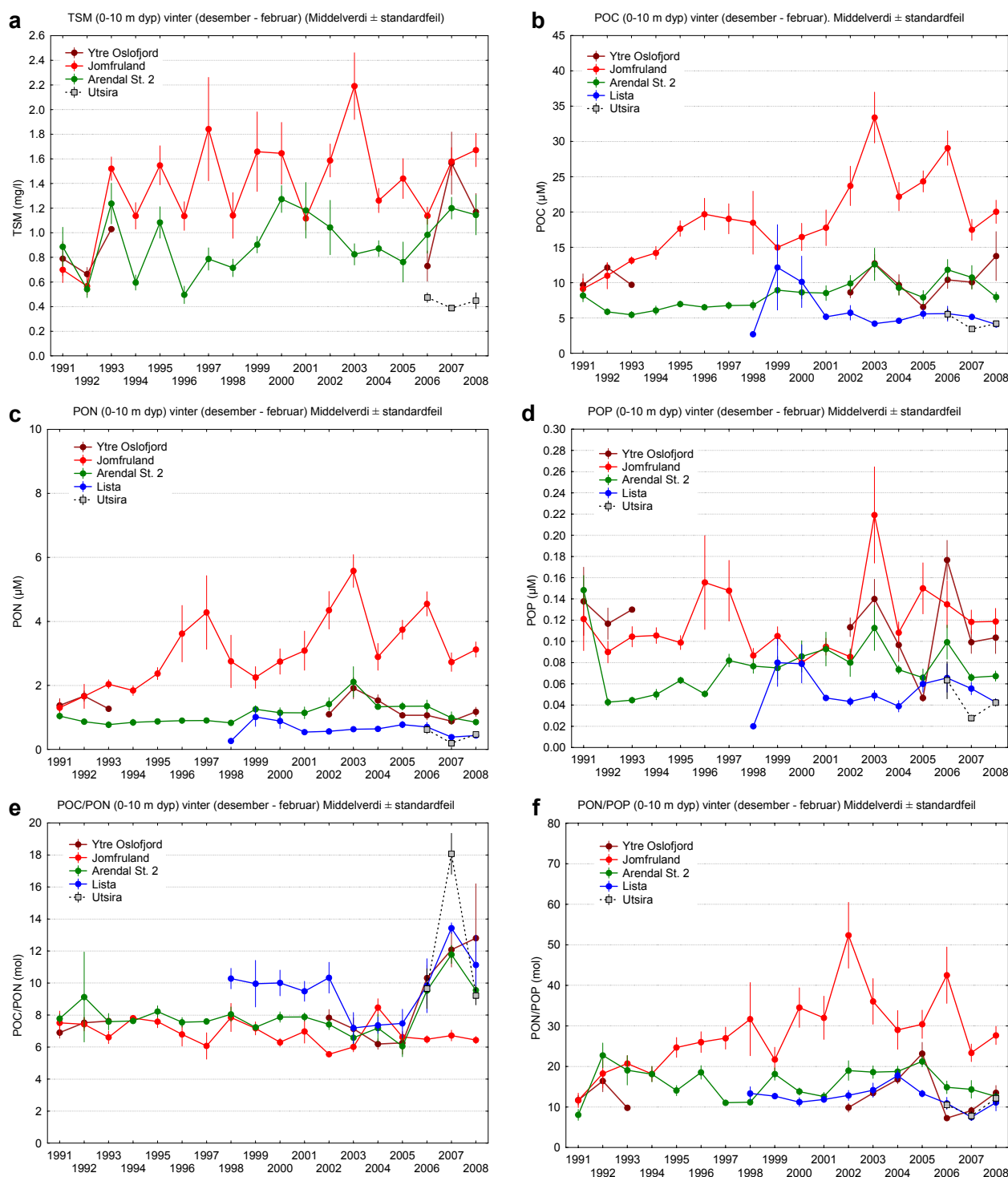
For samtlige variable i Figur 4.1 ligger konsentrasjonene i hovedsak i klasse I-II i 2008, dvs. meget god til god tilstand, med unntak for Jomfruland (tot-P) som havner i tilstandsklasse mindre god. Bare i enkelte år har det tidligere vært observert tilstandsklasse mindre god for tot-P. Tidligere i overvåkingsperioden har økning av næringsalter (spesielt nitrogen) langs sørlandskysten i stor grad skyldes transport fra sørlige Nordsjøen (Aure og Johannessen, 1997, Aure og Magnusson 2008), *men de milde vintrene i 2007 og 2008 kan bety en større lokal tilførsel av nitrat fra elvene til kystvannet enn tidligere.*

Næringssaltkonsentrasjonene avtar generelt fra øst (ytre Oslofjord/Jomfruland) til vest (Lista/Utsira), men det har ibland vært høyere verdier ved Jomfruland enn i ytre Oslofjord. Antall observasjoner fra ytre Oslofjord er imidlertid betydelig lavere og dette kan være en del av forklaringen.

Partikkelkonsentrasjonen i overflatelaget har normalt vært høyest vinterstid og sommerstid, mens karbonkonsentrasjonen når sitt maksimum om sommeren. Vinterstid i 2007 og 2008 var partikkelkonsentrasjonen (TSM) høyere enn vinterstid i 2004-2006 på alle stasjoner, unntatt Utsira (figur 4.2). Det er ikke lengre noen signifikant økning gjennom hele overvåkingsperioden, men i perioden 1993-2003 har det vært flere år med store partikkelmengder ved Jomfruland. Ved Arendal St. 2 er det ikke noen signifikant trend. Konsentrasjonen av partikulært organisk karbon (POC, middelverdier) er signifikant økende på Jomfruland ($p < 0.001$) og Arendal St 2 ($p < 0.001$). Samme utvikling viser også PON (partikulært organisk nitrogen), mens POP (partikulært organisk fosfor) bare øker ved Arendal St. 2 etter 1991 (1992-2008).

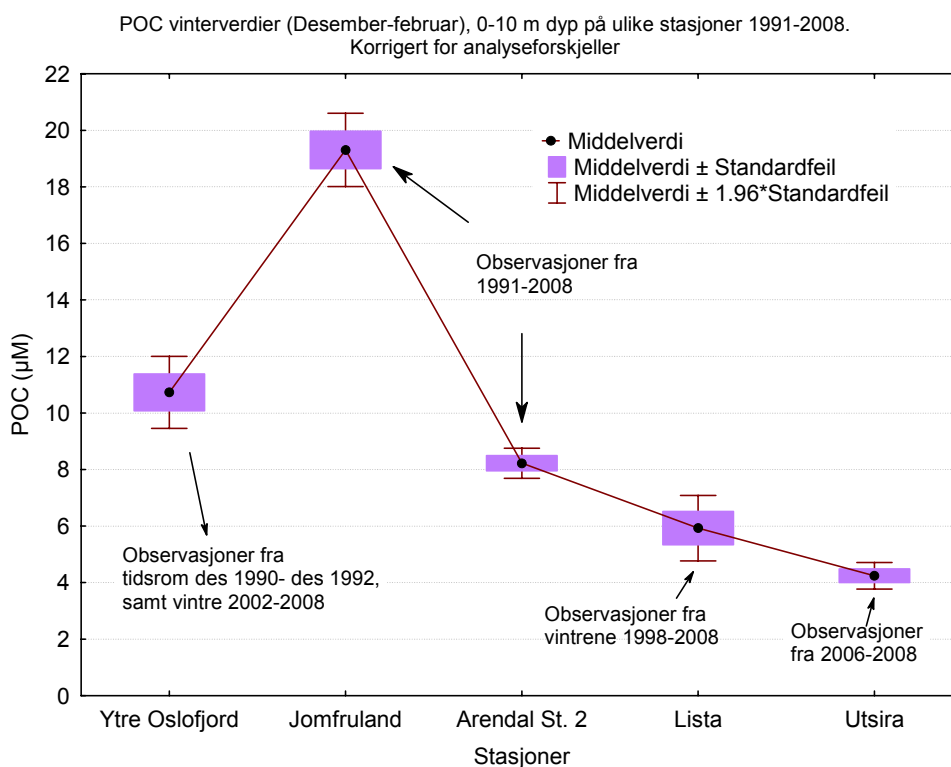


Figur 4.1. a) Tot-N, b) Tot-P, c) $\text{NO}_3 + \text{NO}_2\text{-N}$ og d) $\text{PO}_4\text{-P}$ (μM) i 0-10 m dyp, desember-februar 1991-2008. SFTs grenser for miljøtilstand er markert (SFT 1997).

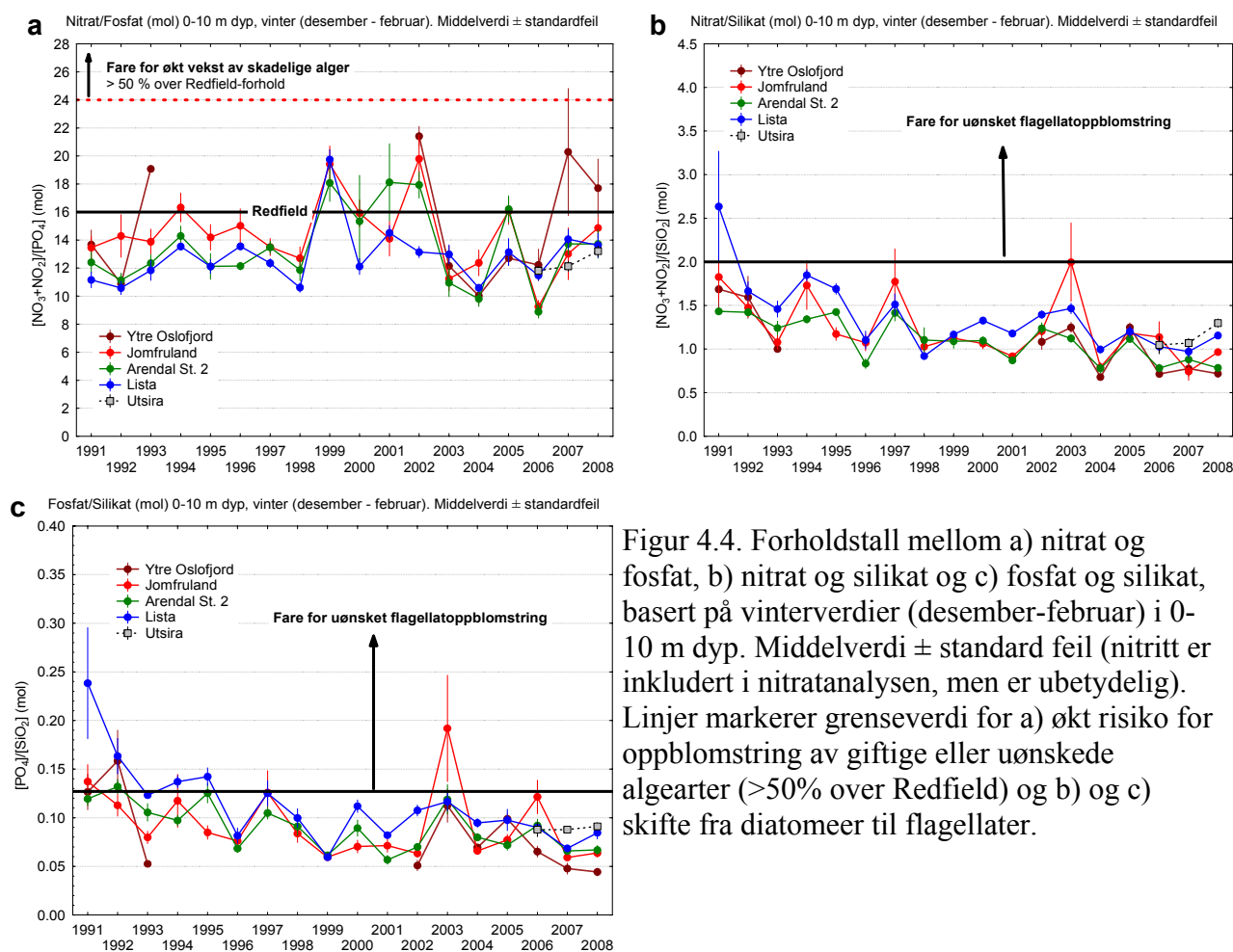


Figur 4.2. Partikkelmålinger i overflatevann (0-10 m dyp). a) Partikler (TSM), b) POC*, c) PON* og d) POP vinterstid 1991-2008 i Ytre Oslofjord, Jomfruland, Arendal St. 2, Lista og Utsira, samt forholdstallene e) POC/PON og f) PON/POP. *= Det er en systematisk forskjell mellom Jomfruland og øvrige stasjoner i analysen av POC og PON. Parallellanalyser har vist god korrelasjon mellom de ulike laboratoriene (HI og NIVA), men at NIVAs analyser gir høyere konsentrasjoner. I denne rapporten er alle POC og PON analyser fra NIVA korrigeret iht. resultatet fra parallellanalysene.

Forholdet POC/PON har ligget relativt nær 7/1 (som er forholdet for marint materiale) på Jomfruland og Arendal St. 2 fra 1991-2005. Forholdet er noe høyere ved Lista i 1999-2002, men skiller seg ikke fra øvrige stasjoner i 2003-2005 (figur 4.2e), men i 2006-2008 økte forholdet betydelig i ytre Oslofjord, og ved Arendal, Lista og Utsira. Økningen tyder på et noe større innslag av terrestrisk materiale i hele kystvannet unntatt ved Jomfruland. Det er ikke noen enkel forklaring på at forholdet skiller seg akkurat ved Jomfruland de siste tre årene. Ved Jomfruland har POC-konsentrasjonene alltid vært høyere enn på de andre stasjonene. Forklaringen på at Jomfruland har en høyere POC-konsentrasjon enn ytre Oslofjord (Torbjørnskjær) kan ligge i strømforholdene (langtransportert organisk stoff) eller/og lokale tilførsler fra Frierfjorden. Langs kysten minker mengden partikulært karbon (POC) fra ytre Oslofjord til Utsira, men Jomfruland avviker og ligger høyere (figur 4.3). PON/POP-forholdet har økt over tid, noe som tyder på økende fosforbegrensning i planteplanktonveksten ved Jomfruland i perioden 1991-2008. Ved Arendal St 2 er det ikke funnet noen trend, og de øvrige stasjoner har kortere tidsserier uten at det er funnet noen trend.



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

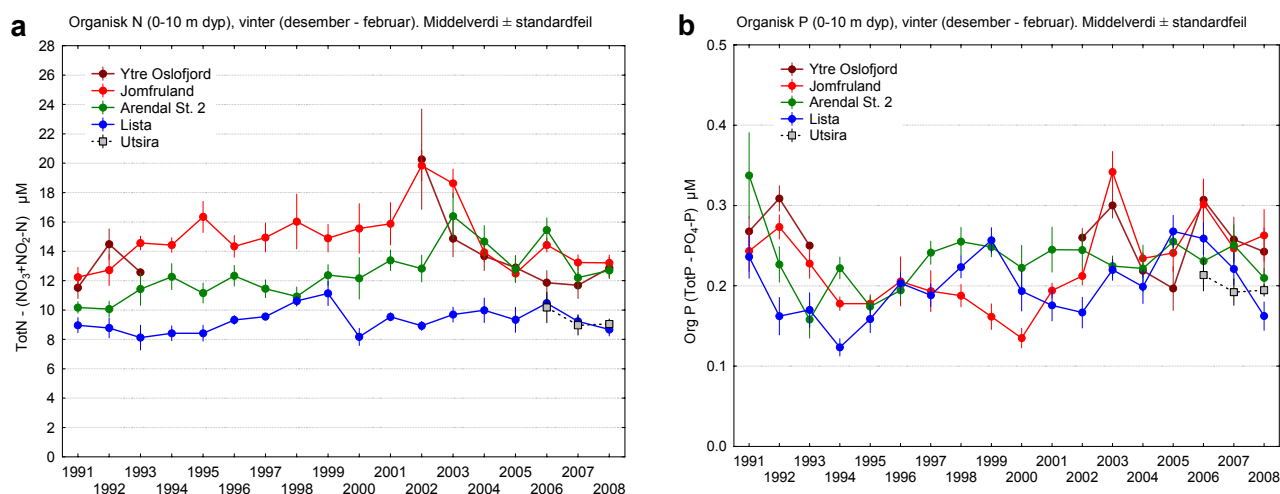


Figur 4.4. Forholdstall mellom a) nitrat og fosfat, b) nitrat og silikat og c) fosfat og silikat, basert på vinterverdier (desember-februar) i 0-10 m dyp. Middelerverdi ± standard feil (nitritt er inkludert i nitratanalysen, men er ubetydelig). Linjer markerer grenseverdi for a) økt risiko for oppblomstring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

OSPAR (Oslo-Paris kommisjonen) opererer med et sett kriterier for næringsalter vinterstid som kommisjonen mener kan være kritiske for utvikling av giftige eller uønskede algearter. I Figur 4.4 er tre forhold mellom næringsalter vinterstid sammenlignet med forholdstall som ifølge 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 lavt forhold fra vinteren 2003 gjør at det ikke lenger er noen slik tendens. For $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}/\text{SiO}_3$ og $\text{PO}_4\text{-P}/\text{SiO}_3$ er det i perioden 1990-2008 signifikant avtakende middelerverdi på stasjon Arendal 2 og Lista, det vil si avtakende risiko for oppblomstring av skadelige alger ut fra OSPARs kriterier. På Jomfruland er også risikoen avtakende ($\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}/\text{SiO}_3$), unntatt for $\text{PO}_4\text{-P}/\text{SiO}_3$. Det ble observert forhøyet risiko i 2003 og 2006. Høye vinterkonsentrasjoner av nitrat og fosfat på Jomfruland, spesielt i 2003, kan ha sammenheng med langtransporterte tilførsler.

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 1991-2008, spesielt fra og med 2001, mens det ikke er en slik endring ved Lista. Det er en klar gradient fra øst til vest med de største konsentrasjonene ved Jomfruland og de laveste ved Lista (og Utsira), men

bortsett fra Lista viser de 4 siste årene ikke noen større forskjell mellom ytre Oslofjord, Jomfruland og Arendal St. 2. For organisk fosfor (figur 4.5) er det ikke noen klar utvikling i perioden.

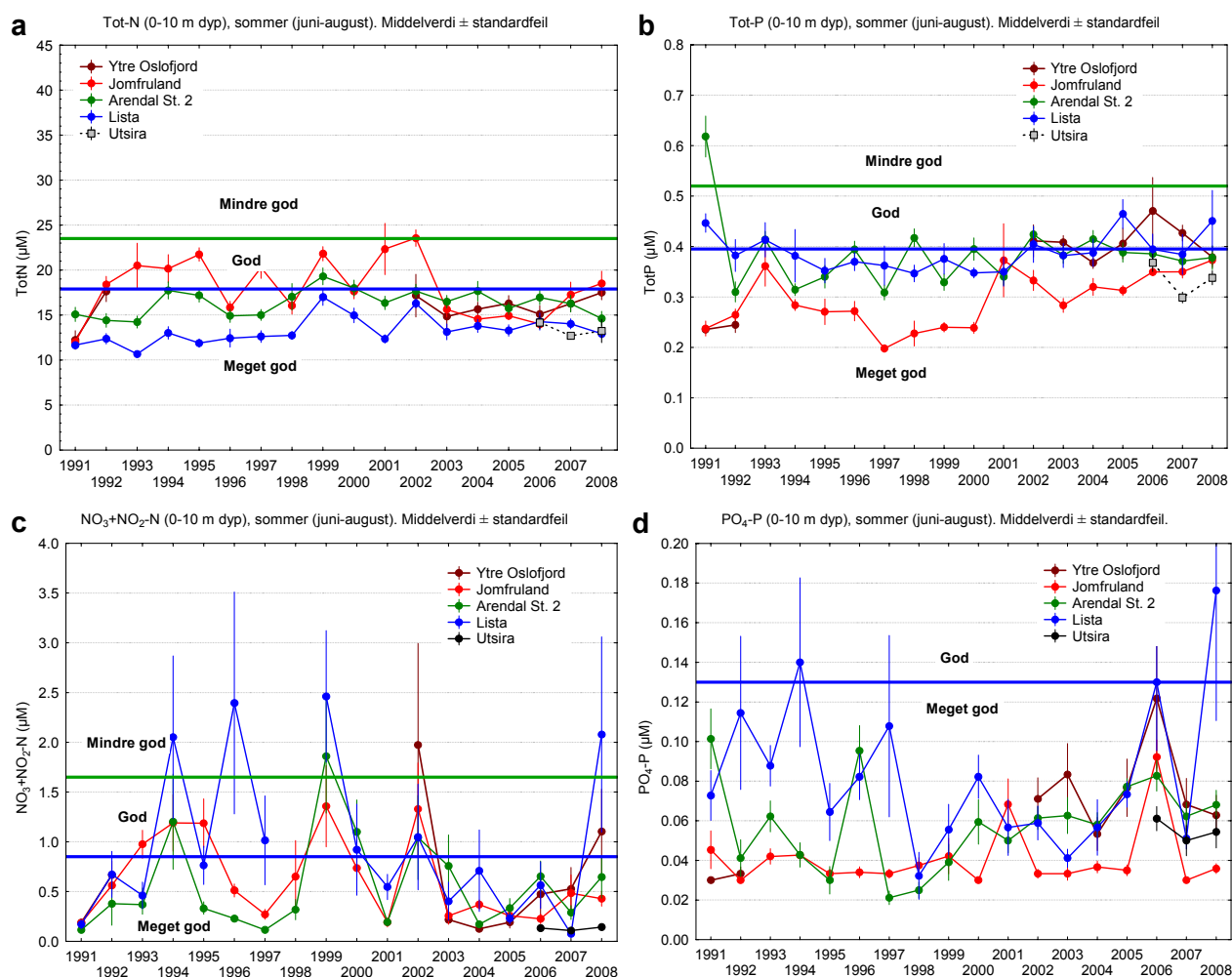


Figur 4.5. Organisk nitrogen (a) og fosfor (b) i Ytre Oslofjord, Jomfruland, Arendal St.2, Lista og Utsira vinterstid 1991-2008.

4.2 Sommerverdier i overflatelaget

I Figur 4.6 er sommerkonsentrasjoner i overflatelaget (vannprøver fra 0, 5 og 10 m dyp) sammenlignet med SFTs miljøkvalitetskriterier for kystvann (SFT 1997). Vannkvaliteten for alle parametere sommeren 2008 er i tilstandsklassen meget god (klasse I), med unntak for total-fosfor og fosfat (klasse II-god) samt nitrat (klasse III-mindre god) ved Lista. Høye konsentrasjoner ved Lista skyldtes sannsynligvis en upwelling-situasjon i området. Sommerstid er innholdet av løste næringssalter ofte nær eller under den 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.

Over hele overvåkingsperioden er det ingen signifikant økning av nitrogen (Tot-N) på Lista, Jomfruland og Arendal St. 2. For fosfor (Tot-P), fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) og nitrat+nitritt ($\text{NO}_3\text{+NO}_2\text{-N}$), er det ikke noen signifikant forandring i perioden 1991-2008. Konsentrasjonen ligger med få unntak i beste tilstandsklassen - meget god. I tidsrommet 1991-2008 skiller 1999 og 2002 seg ut med samtidig forhøyede nitrogenkonsentrasjoner på de tre stasjonene nevnt over.



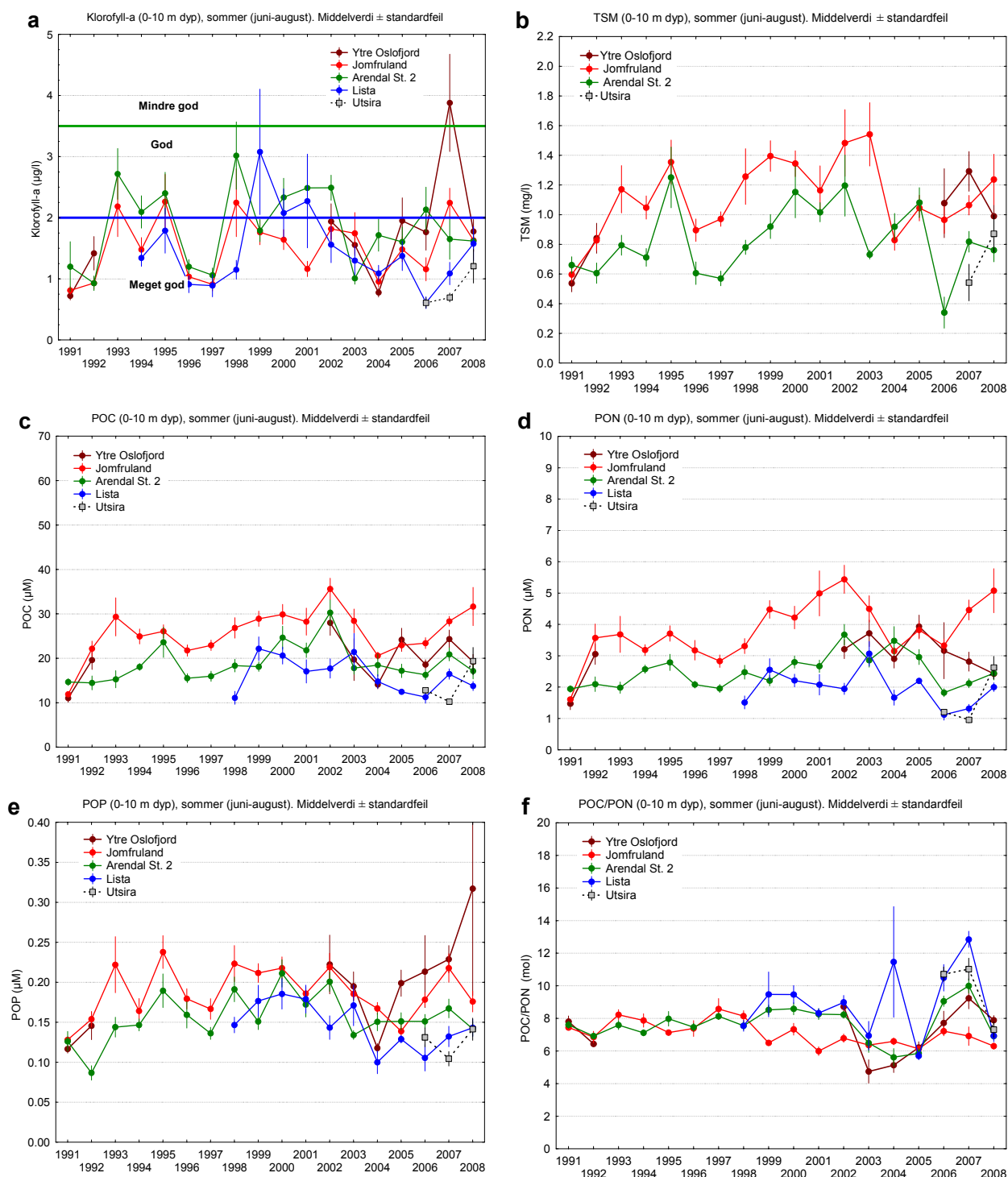
Figur 4.6. Næringssalter i overflatevann (0-10m dyp) sommerstid (juni-august). a) Tot-N, b) Tot-P, c) $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ og d) $\text{PO}_4\text{-P}$ (μM). SFTs klassifiseringsgrenser er markert.

Figur 4.7 viser overflatekonsentrasjoner (middelerverdier) 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 2008 i tilstandsklasse meget god (ytre Oslofjord, Jomfruland, Arendal, Lista og Utsira). Det er ikke noen signifikant trend i observasjonene for perioden 1991-2008.

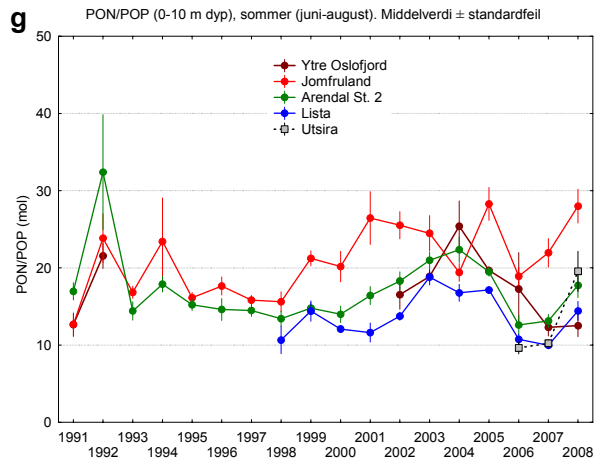
Partikkelkonsentrasjonen (TSM) økte på Jomfruland gjennom observasjonsperioden frem til 2003, men de siste fem årene har den blitt betydelig lavere og det er ikke noen trend over hele perioden lengre. Det kan se ut som at tidsrommet 1998-2003 var spesielt med høyere partikkelkonsentrasjoner og at de siste årenes observasjoner antyder mer normale forhold.

For partikulært karbon (POC) og nitrogen (PON), var det en signifikant økning for middelerverdien på Jomfruland og Arendal St. 2 i perioden 1992-2003, og lavere konsentrasjoner i 2004-2006. Fra 2007 økte POC og PON igjen (PON på Jomfruland) og det er en stigende trend for POC og PON gjennom overvåkingsperioden 1990-2008. Det er ikke noen langtidstrend for partikulært fosfor (POP), men etter en nedgang i perioden 2002-2004, økte POP i Skagerrak (dog ikke ved Arendal St. 2). POC/PON-forholdet ligger nær 7:1, dvs. at det partikulære materialet domineres av marine organismer. Imidlertid kan økningen av forholdet i 2006/2007 tyde på et større innslag av terrestrisk materiale. PON/POP-forholdet var

betydelig lavere i 2006 og 2007 enn i 2005, men igjen økende i 2008 noe som gir statistisk signifikant økning ved Jomfruland i perioden 1990-2008 (dvs. økende tendens til fosforbegrenset algevekst).



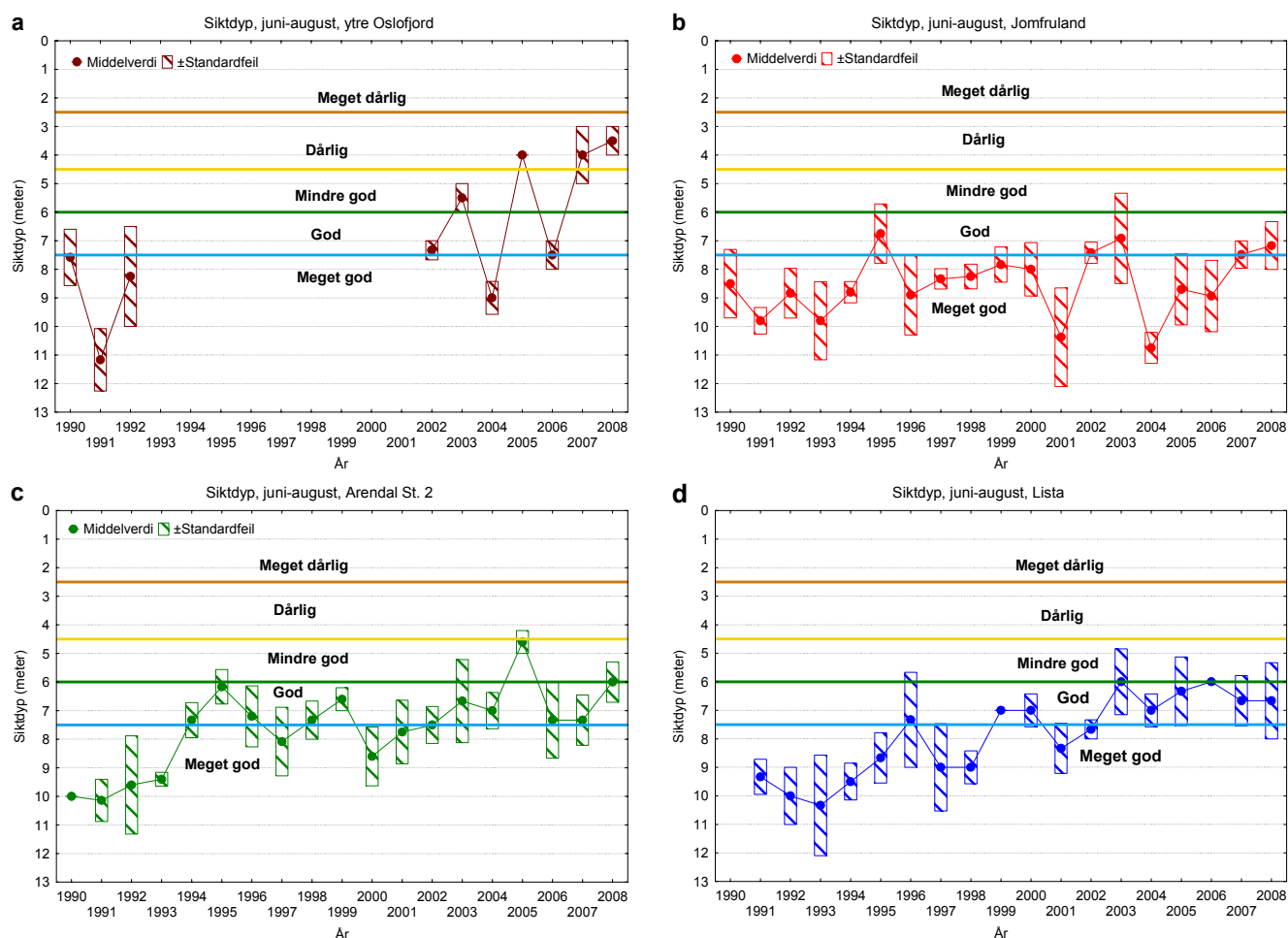
Figur 4.7. Sommerverdier i overflatelaget (0-10 m dyp) 1991-2008 av a) klorofyll *a*, b) totalt suspendert materialet (TSM), c) partikulært organisk karbon (POC), d) nitrogen (PON), e) fosfor (POP), f) karbon /nitrogen (POC/ PON). Observasjoner fra Lista og Ytre Oslofjord i deler av perioden.



Figur 4.7 g). Sommerverdier i overflatelaget (0-10 m dyp) 1991-2008 av nitrogen/fosfor (PON/POP). Observasjoner fra Lista og Ytre Oslofjord i deler av perioden.

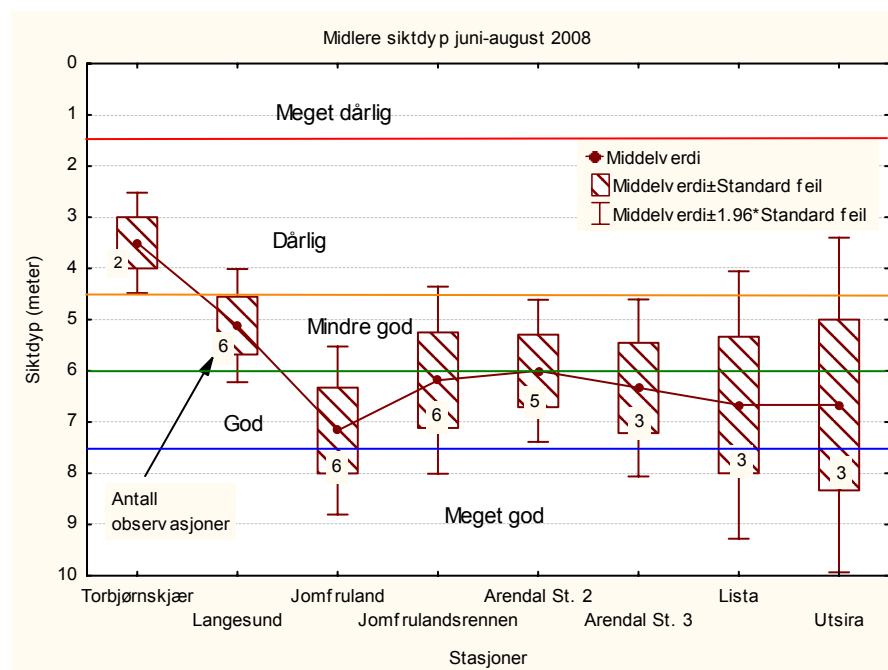
4.3 Siktdyp

Siktdypet sommeren 2008 tilfredstilte tilstandsklasse god (SFTs miljøkvalitetskriterier) på stasjonene Jomfruland og Lista, men ikke på stasjonen i ytre Oslofjord (Torbjørnskjær, Figur 4.8 og 4.9) hvor tilstanden var i klasse dårlig. Stasjon Arendal St. 2 lå på grensen mellom mindre god/god. Generelt for perioden 1991-2008 har det vært signifikant avtagende (dårligere) siktdyp på stasjonene Arendal og Lista, både for sommerobservasjoner og for hele året sett under ett (Tabell 4.1). Avtagende siktdyp i perioden betyr at vannet blir mer grumsete. Det stemmer med økende mengde partikulært organisk karbon (POC) i vannmassene, *men samtidig viser målingene at gjennomsnittlig algeplanktonbiomasse har gått ned (jfr. kapittel 5). Høye POC-verdier kan derfor være resultat av stor avrenning fra land som følge av mye nedbør.* Dette støttes av høye verdier av POC/PON (Figur 4.2 e), men resultatet skal brukes med forsiktighet på grunn av usikkerhet i analysetekniske forhold. 2003-2006 bedret siktdypet på Jomfruland seg, men i 2007 og 2008 ble siktdypet igjen dårligere, noe som også kan ha sammenheng med nedbørrike somre. I 2008 var også vinter- og vårperioden spesiell, med dårlig siktdyp og store mengder partikler, spesielt ved Arendal St. 2. At forverringen var spesielt stor her kan komme av at denne stasjonen er mindre påvirket av brakkvann enn for eksempel ytre Oslofjord og Jomfruland, og at ferskvann derfor gir en relativ sterkere påvirkning enn stasjoner som er mer ferskvannspåvirket.



Figur 4.8 Siktdyp målt i kystvannet i Skagerrak i sommerperioden juni-august. a) Siktdypskvalitet fra Torbjørnskjær (ytre Oslofjord), b) Jomfruland, c) Arendal, d) Lista. Siktdypskvaliteten er iht. SFTs kvalitetskriterier.

Figur 4.9. viser at siktdypet sommeren 2008 var god fra Jomfruland til Utsira (Arendal St. 2 på grensen til mindre god), mindre god i Langesundsfjorden utenfor Langesund og dårlig i ytre Oslofjord (Torbjørnskjær). Langesundstasjonen ligger innenskjærs og er direkte påvirket av brakkvann fra Frierfjorden. Det dårligste siktdypet ble observert ved Torbjørnskjær (merk bare 2 observasjoner) og skyldes sannsynligvis store partikkeltilførsler fra Glomma i juni.



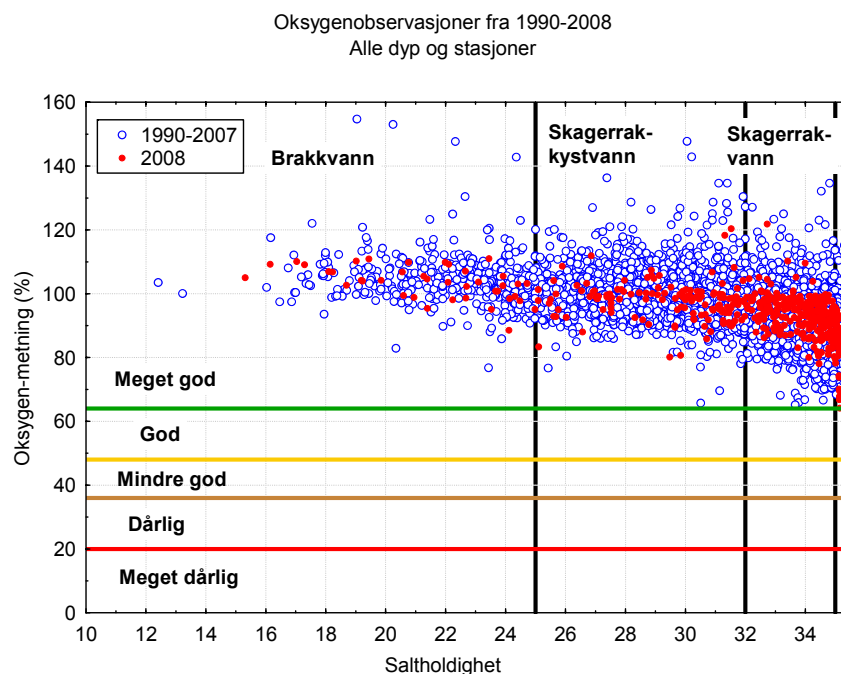
Figur 4.9. Midlere siktdyp juni-august 2008 fra alle stasjoner i Kystovervåkingen.

Tabell 4.1. Regresjonsanalyse av siktdypsmålinger ved Jomfruland, Arendal og Lista. Negativ trend betyr signifikant nedgang i siktdyp i perioden 1991-2008.

Periode	Stasjon	r^2	Signifikans P	Trend
Hele året 1991-2007	Jomfruland	0.05	0.21	Ingen
	Arendal St. 2	0.48	0.002	Negativ
	Lista	0.46	0.002	Negativ
Sommer- verdier juni-august	Jomfruland	0.05	0.37	Ingen (negativ tendens)
	Arendal St. 2	0.41	0.004	Negativ
	Lista	0.74	0.00	Negativ

4.4 Vannkvalitet i ulike vannmasser

Oksygenmetningen i de dypere vannmassene i kyststrømmen er i 2008 i tilstandsklasse ”meget god” i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier (Figur 4.10).

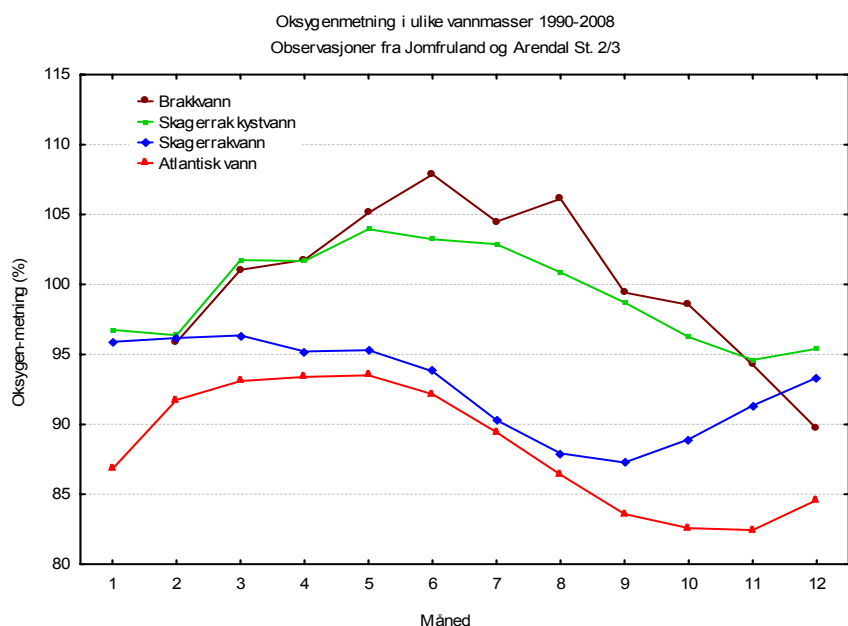


Figur 4.10 Oksygenmetning (%) i kystvannet målt over perioden 1990-2008. Observasjoner fra Færder, Jomfruland, og Arendal. Resultater fra 2008 er markert med røde punkter.

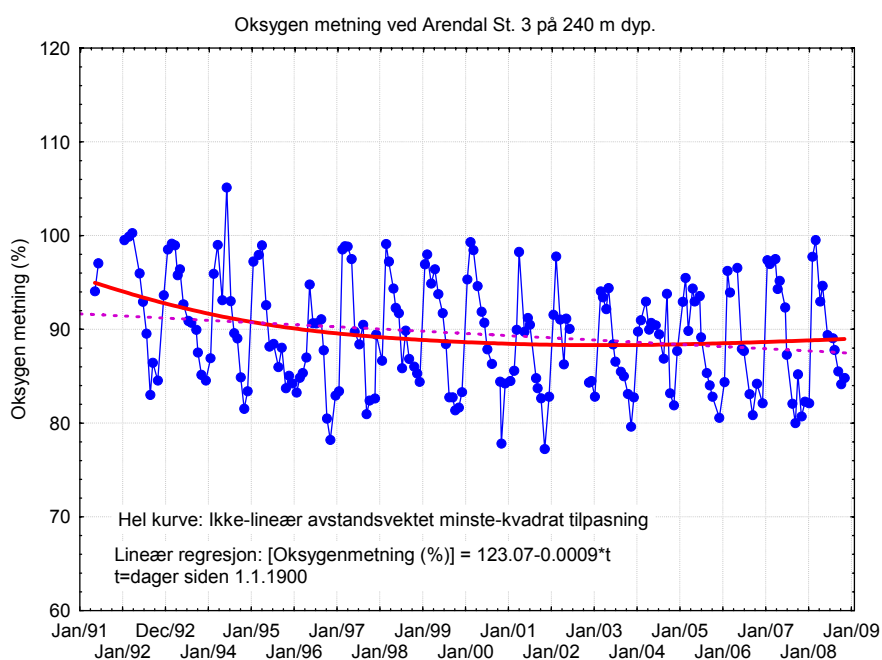
Kystvannets oksygeninnhold varierer gjennom året og mellom de ulike vannmassene i Skagerrak (Figur 4.11). I det brakke overflatevannet måles det en overmetning i de varme sommermånedene juni-august og lavest metningsprosent utover høsten (lite brakkevann om høsten gjør at få målinger ligger til grunn for dette resultatet som dermed må brukes med forsiktighet). Overmetning betyr at oksygenkonsentrasjonen overstiger 100% av det vannmassen etter temperatur og saltholdighet *normalt* klarer å holde på. I overflatelaget er overmetning ofte et resultat av høy planteplanktonproduksjon (som gir oksygen).

I Skagerrak-kystvann er det gode oksygenforhold gjennom hele året. I Skagerrakvann (vann fra 25 til 100-150 m dyp) er det lavest oksygeninnhold på sensommeren (august-september), mens det i Atlantisk vann (dypere enn 100 m, jfr. Figur 2.4) er lavest i oktober-november (Figur 4.11).

Gode oksygenforhold i kyststrømmen er å forvente siden vannet har kort oppholdstid. Stor planteplanktonproduksjon og stor mengde organisk materiale som gir stort oksygenforbruk i dypere vannmasser, vil normalt ikke føre til kritisk lave oksygenkonsentrasjoner i vannmasser 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 4.12 viser at både maksimum- og minimumverdiene har samme tendens, og avtar gjennom perioden, men at denne negative tendensen har bremsset opp de siste årene (fra 2005). 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 Kystovervåkingsprogrammet synes å bekrefte at denne negative trenden har fortsatt.



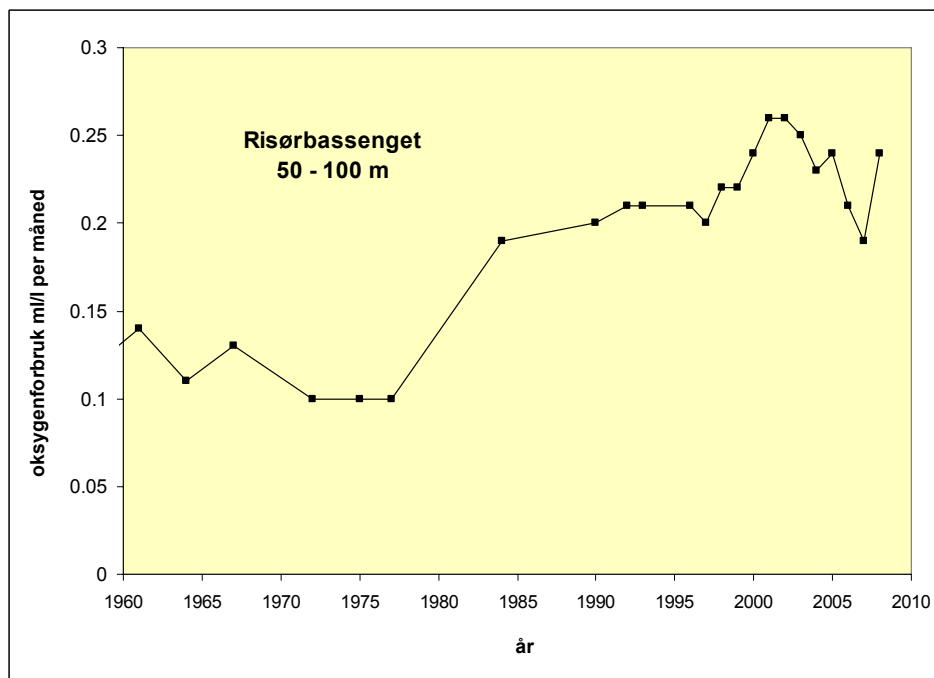
Figur 4.11. Oksygen i kystvannmasser plottet som oksygenmetning (%) pr. måned i 1990-2008. Vanntypene er definert i kap. 2.



Figur 4.12. Oksygenmetning (%) på 240 meters dyp på stasjon Arendal St. 3 i perioden 1991-2008.

Selv om oksygenforholdene i Kyststrømmen er gode, vil avtakende konsentrasjoner i Kyststrømmen ha betydning for fjorder og estuarier langs Skagerrakkysten siden disse stadig forsynes med, og er avhengige av, oksygenrikt vann fra Kyststrømmen. En moderat lavere oksygenkonsentrasjon i det innstrømmende vannet kan få alvorlige konsekvenser for oksygenkonsentrasjonen i fjordbassenget, avhengig av oppholdstiden på bassengvannet. Økt organisk belastning på fjorder og kystbasseng gir økt oksygenforbruk, og til sammen med lavere oksygeninnhold i innstrømmende vann fører det til dårlig vannkvalitet i dypvannet. Figur 4.13 illustrerer en klar økning i oksygenforbruket fra 1980 til i dag, - omlag 70 % større forbruk i perioden 1984-2005 enn i 1930-77 (målinger fra Risørbassenget utført av Havforskningsinstituttet, Forskningsstasjonen i Flødevigen). Resultatene betyr at den organiske belastningen på Risørbassenget har økt tilsvarende. Dette har sammenheng med økt tilførsler av næringssalter fra Tyskebukta i samme periode (Figur 3.3 og 3.4). I 2006 og 2007 var

oksygenforbruket lavere, før det økte igjen i 2008. Det økte oksygenforbruket de siste 15 år har ført til dårligere oksygenforhold i en rekke fjord- og kystbasseng langs Skagerrakkysten, med klart negative konsekvenser for bl.a. faunaen i bassengene (Buhl-Mortensen m.fl. 2006).



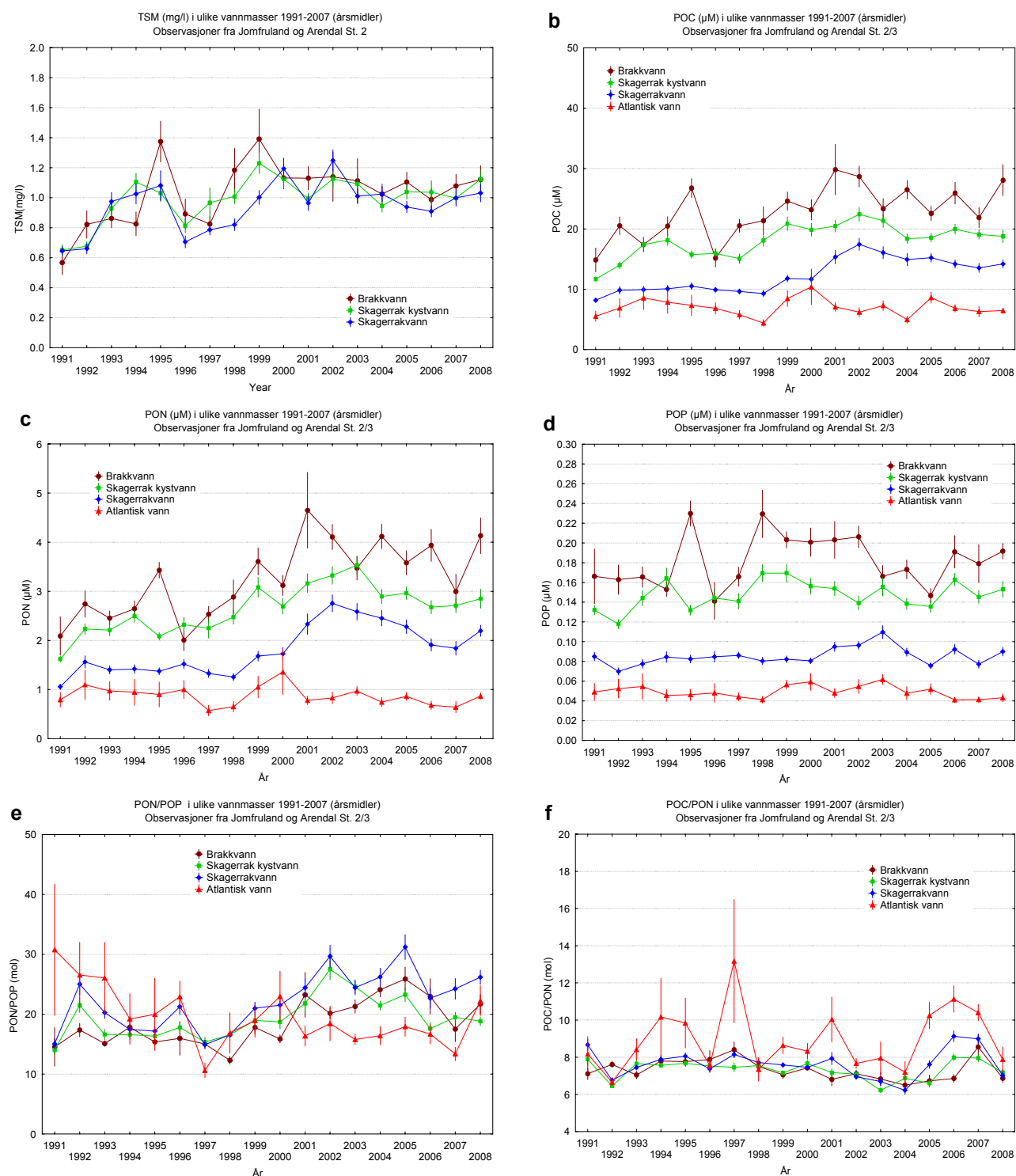
Figur 4.13.
Oksygenforbruket
i Risørbassenget
fra 1930 til 2008
(Kilde: HI).

Årsmiddelverdiene av partikkelkonsentrasjonen (TSM) viser samme utvikling for de tre vannmassene Brakkvann, Kystvann og Skagerrakvann, generelt med den høyeste konsentrasjonen i brakkvannslaget (spesielt i 1995, storflommen i Glomma, og i 1999) og den laveste i Skagerrakvann (Figur 4.14 a, Tabell 4.2). Med resultatene fra 2008 er det nå bare i Skagerrak Kystvann det er en signifikant økning, på grunn av lave konsentrasjoner målt i 1991 og 1992. Samme fordeling, med høyest konsentrasjon i brakkvann og lavest i Skagerrakvann (og Atlantisk vann), gjelder også for organisk materiale (jfr. POC, PON og POP, hhv. karbon, nitrogen og fosfor, i Figur 4.14 b-d).

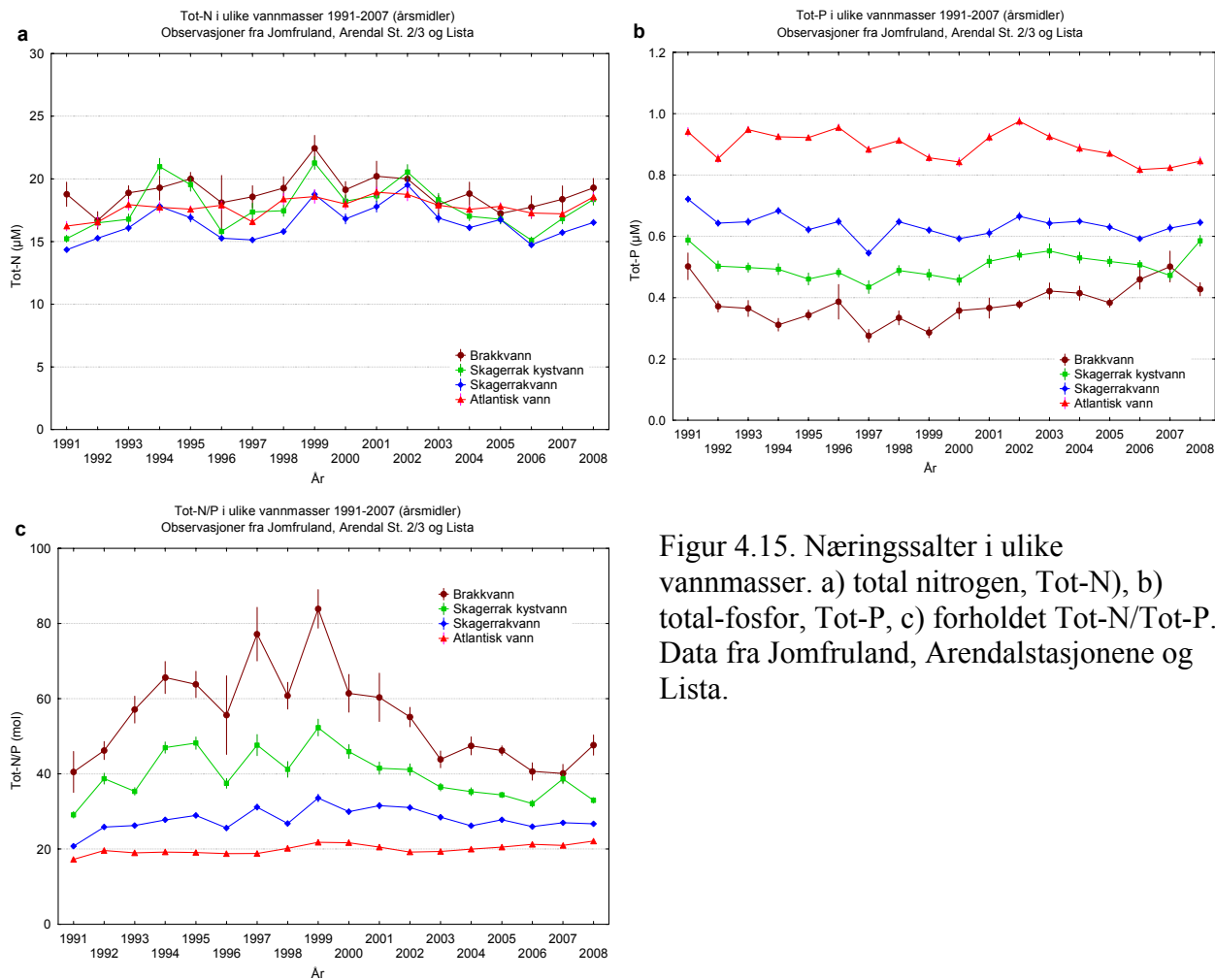
Det er en signifikant økning av POC og PON i perioden 1990-2008 for brakkvann, kystvann og spesielt Skagerrakvann, men ikke i Atlantisk vann (Tabell 4.2). For POP er det ingen signifikant endring. PON/POP-forholdet (Figur 4.14 e) øker derfor i alle vannmasser (skyldes økende PON), unntatt i Atlantisk vann hvor det avtar gjennom observasjonsperioden (Figur 4.14 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.). Imidlertid viser POC/PON-forholdet ved Jomfruland at det noen år er noe større innslag av terrestrisk materiale her. Det marine signalet avtar med dyppet når det brytes ned under sedimentasjon (terrestrisk materiale som lignin brytes svært langsomt ned).

Konsentrasjonen av total nitrogen (Tot-N, Figur 4.15a) er vanligvis størst i Brakkvann, deretter i Skagerrak kystvann. Atlantisk vann har ofte høyere konsentrasjoner enn Skagerrakvann. For total fosfor (Tot-P, Figur 4.15b) er konsentrasjonen gjennomgående høyere i de dypere liggende 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 4.15c. For Tot-P og Tot-N er det ikke noen signifikant utvikling i perioden (Tabell 4.2), med unntak for

avtakende Tot-P i Atlantisk vann. Brakkvann og Kystvann har variert; økning fram til 1999 og reduksjon senere. N/P-forholdet er størst i brakkvann og lavest i Atlantisk vann, og viser ikke noen utvikling over perioden 1991-2008. For brakkvann øker N/P-forholdet frem til 1999 og avtar deretter.



Figur 4.14. Partikulært materiale i ulike vannmasser. a) partikler TSM, b) partikulært organisk karbon, POC, c) nitrogen, PON, d) fosfor, POP, e) forholdet nitrogen og fosfor, PON/POP, f) forholdet karbon og nitrogen POC/PON. 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.



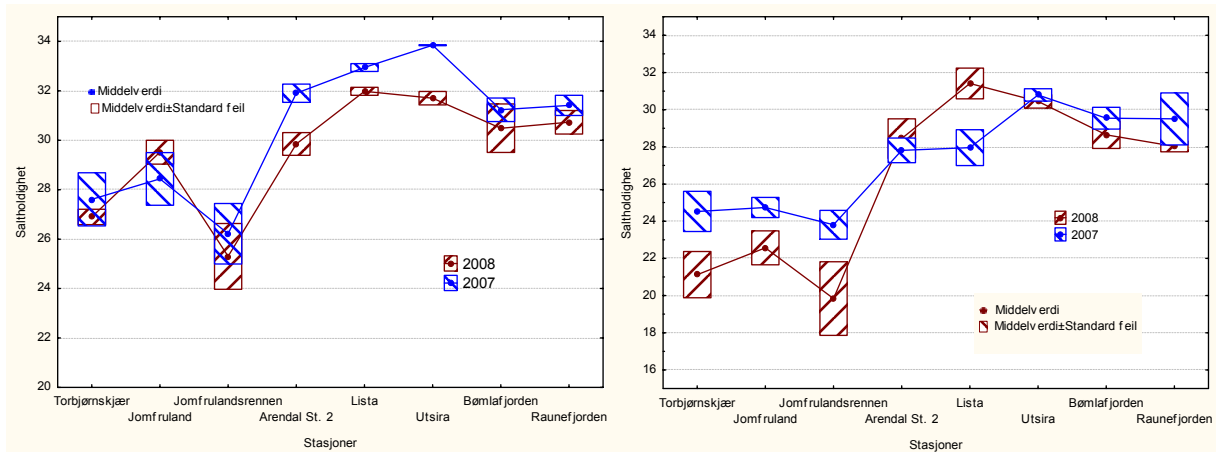
Figur 4.15. Næringsstoffer i ulike vannmasser. a) total nitrogen, Tot-N), b) total-fosfor, Tot-P, c) forholdet Tot-N/Tot-P. Data fra Jomfruland, Arendalstasjonene og Lista.

Tabell 4.2. Resultater av regresjonsanalyse på middelerverdier av TSM, POC, PON, POP, PON/POP, POC/PON, Tot-N, Tot-P og Tot-(N/P). Trend = Signifikant økende eller minkende i perioden. – angir ingen trend. p angir signifikansnivået.

Periode	Stasjoner	Parameter	Vannmasse	r ²	p	Trend
1991-2008	Jomfruland+Arendal St. 2	TSM	BV	0.22	0.05	(Økende)
		TSM	SK	0.31	0.02	Økende
		TSM	SV	0.23	0.05	(Økende)
1991-2008	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POC	BV	0.40	0.005	Økende
		POC	SK	0.46	0.002	Økende
		POC	SV	0.65	0.000	Økende
		POC	AV	0.00	0.84	-
1991-2008	Jomfruland+Arendal St. 2/3.	PON	BV	0.49	0.001	Økende
		PON	SK	0.50	0.000	Økende
		PON	SV	0.54	0.000	Økende
		PON	AV	0.08	0.25	-
1991-2008	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POP	BV	0.02	0.55	-
		POP	SK	0.09	0.23	-
		POP	SV	0.14	0.13	-
		POP	AV	0.03	0.50	-
1991-2008	Jomfruland+Arendal St. 2/3	PON/POP	BV	0.48	0.001	Økende
		PON/POP	SK	0.23	0.044	Økende
		PON/POP	SV	0.43	0.003	Økende
		PON/POP	AV	0.33	0.013	Minkende
1991-2008	Jomfruland+Arendal St. 2/3	POC/PON	BV	0.09	0.23	-
		POC/PON	SK	0.02	0.53	-
		POC/PON	SV	0.00	0.93	-
		POC/PON	AV	0.02	0.55	-
1991-2008	Jomfruland+Arendal +Lista	Tot-N, Tot-P	BV, SK, SV,	0.0-0.1	0.1-0.8	-
1991-2008	Jomfruland+Arendal +Lista	Tot-P	AV	0.26	0.03	Økende
1991-2008	Jomfruland+Arendal +Lista	Tot-N	AV	0.14	0.12	-
1991-2008	Jomfruland+Arendal+Lista	Tot-(N/P)	BV, SK, SV, AV	0.0-0.1	0.2-0.8	-

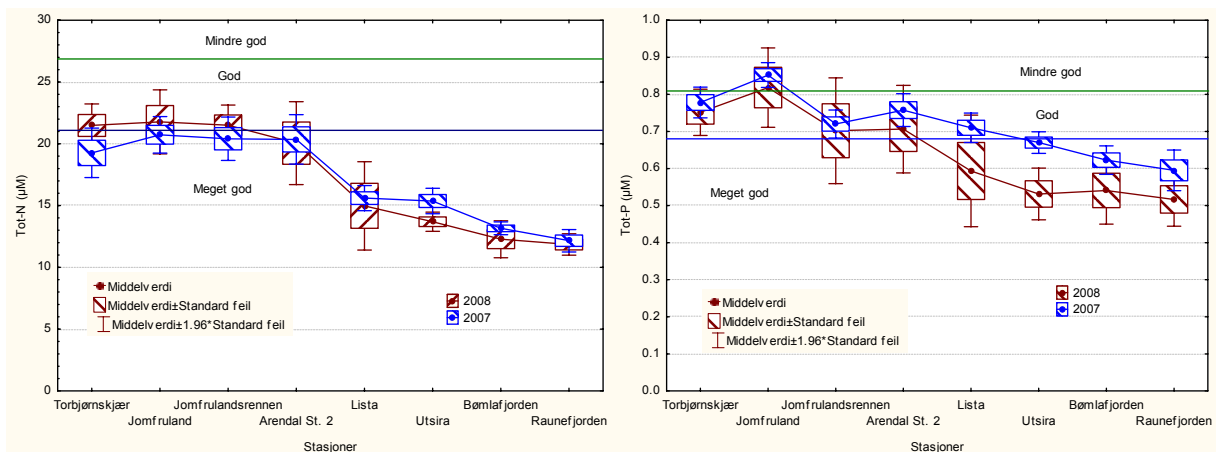
4.5 Geografiske gradienter i næringsalter

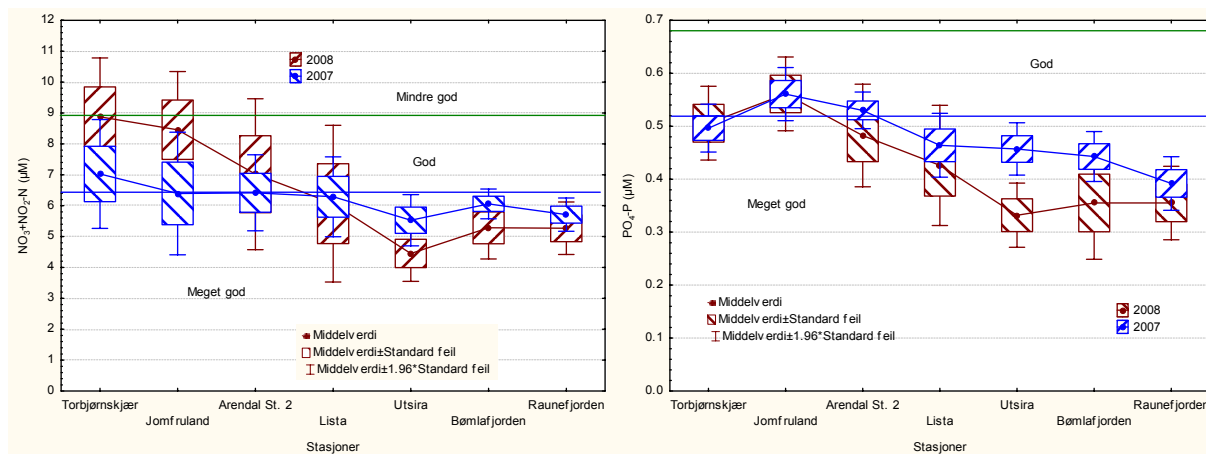
Det er generelt en saltholdighetsgradient i overflatevannet langs Skagerrakkysten med den laveste saltholdigheten i øst (Figur 4.16). Overflatevannet bar preg av mye nedbør i 2008. Saltholdigheten i området fra Arendal til Vestlandet var markert lavere om vinteren 2008 sammenlignet med vinteren 2007. Om sommeren 2008 ble det målt lavere saltholdighet i området ytre Oslofjord (Torbjørnskjær) til Jomfruland enn det ble som sommeren 2007.



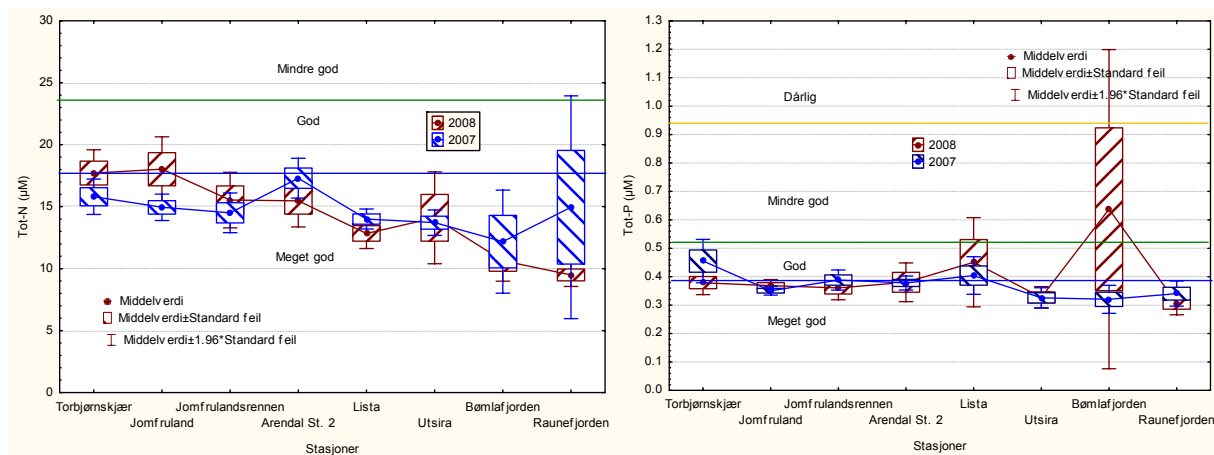
Figur 4.16. Saltholdighet i overflatevann (0-5 m) vinter (venstre figur) og sommer (høyre figur) 2007 og 2008.

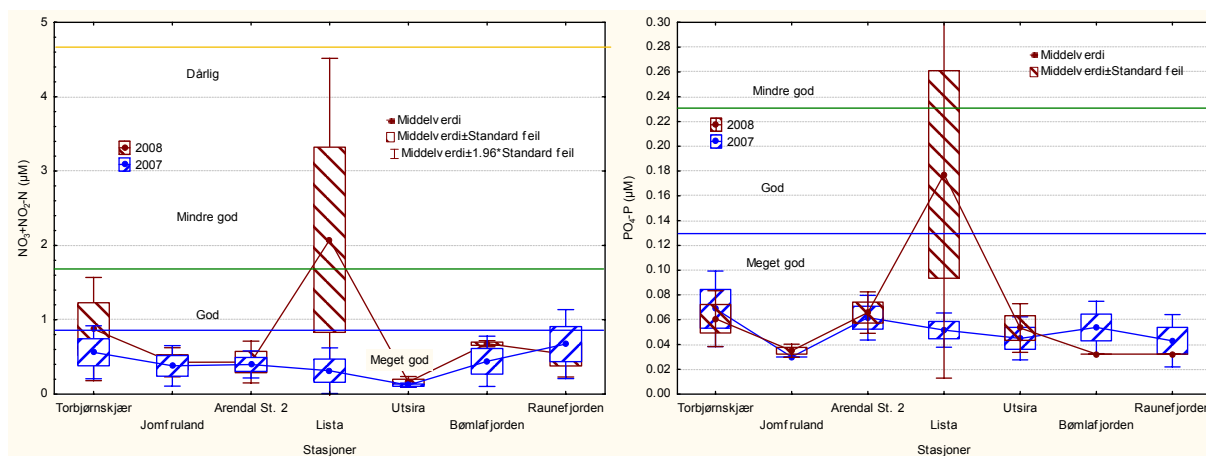
Vintermålinger av næringsalter i overflatevannet (0-5 m dyp) i 2007-2008 (år med målinger fra alle stasjonene) viser at det er en klar geografisk gradient fra ytre Oslofjord til Vestlandet med de høyeste verdiene i østlige deler av Skagerrak (Figur 4.17). Som vist i kapittel 3 har det sammenheng med store langtransporterte tilførsler til kyststrømmen som starter i østre deler av Skagerrak, men også på grunn av stor lokal tilførsel til i de øverste meterne. På Vestlandstasjonene var næringsaltskonsentrasjonene noe lavere i 2008 enn i 2007, spesielt når det gjelder fosfat. Sommerobservasjonene viser avtakende Tot-N konsentrasjoner fra øst til vest, og noe høyere konsentrasjoner i 2008 enn i 2007 i ytre Oslofjord (Torbjørnskjær) og ved Jomfruland (Figur 4.18). Øvrige næringsalter viser små forskjeller, unntatt Lista hvor en upwelling-situasjon i juni bidro til høyere konsentrasjoner. Konsentrasjonene tilsvarer tilstandsklasse I-II (meget god til god tilstand) på alle stasjonene, unntatt Lista.





Figur 4.17. Vinterverdier av total nitrogen (Tot-N), total fosfor (Tot-P), nitrat (NO_3+NO_2) og fosfat (PO_4) i overflatevann (0-5 m) i 2007-2008 på stasjonene Torbjørniskjær, Jomfruland, Arendal st 2, Lista, Utsira, Bømlafjorden* og Raunefjorden*. * = FerryBox-målinger (vannprøver).





Figur 4.18. Sommerverdier av total nitrogen (Tot-N), total fosfor (Tot-P), nitrat (NO₃+NO₂) og fosfat (PO₄) i overflatevann (0-5 m) i 2007-2008 på stasjonene Torbjørnskjær, Jomfruland, Arendal st 2, Lista, Utsira, Bømlafjorden* og Raunefjorden*. * = FerryBox-målinger.

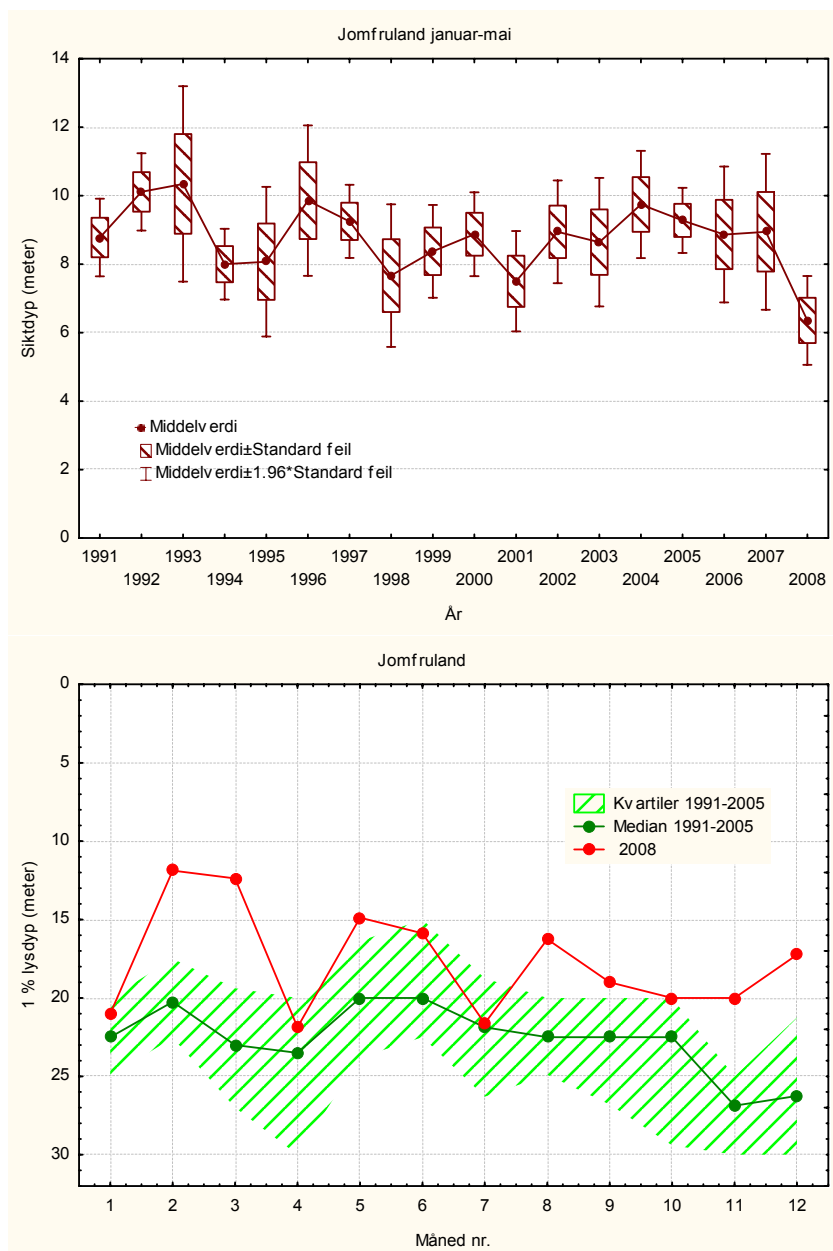
4.6 Spesielle forhold med betydning for biologien

Vinter-vår 2008

Siktdypet på Skagerrakkysten var lavere i vinter- og vår-perioden (januar til mai) i 2008 sammenlignet med tidligere observasjoner (1991-2007). Det framgår av figur 4.8 som viser sommerverdier, og figur 4.19 som viser den markerte reduksjonen som ble målt i vinter- og vår-perioden. Siktdypet kan omregnes til ca. 1 % lysdyp som definerer den generelle nedre grensen for opprette makroalger. Figur 4.20 viser at det var signifikant mørkere i vannet utenfor Jomfruland i 2008 enn det har vært tidligere (en endring i 1% lysdyp fra ca. 23 til 16 m). Ved stasjonene Arendal St. 2 og Lista var 1 % lysdypet tilsvarende redusert med henholdsvis ca 5 og 6 m.

Dårlige lysforhold i Skagerrak har trolig sammenheng med stor avrenning fra land. Klimafiguren 2.4 viser unormalt store nedbørsmengder på vinteren/våren på Sør- og Østlandet i 2008, og det var flere nedbørsrekorder i mars måned (tabell 4.3). Mildt klima (figur 2.3) og mye nedbør, førte det til stor vannføring, spesielt i Sørlandselvene, i vinter- og vår-perioden (se Otra i figur 3.9). I kystvannet ble det målt større innsalg av brakkvann (utenfor Arendal, figur 2.6) og større mengder partikler (TSM) enn det pleier (figur 4.21 og vinter- og sommerverdier i figur 4.2a og 4.7b). Det høye forholdstallet POC/PON (partikulært organisk bundet karbon mot nitrogen) indikerer stort innslag av terrestrisk materiale til kystvannet i Skagerrak. At tilførslene var størst i perioden februar-mars (figur 4.22) gjør at de i liten grad er synlige i figurene 4.2 og 4.7 som i henhold til SFTs vannkvalitetskriterier, viser henholdsvis gjennomsnittlige vinter- (desember-februar) og sommerverdier (juni-august).

Stort innsalg av brakkvann kan ha betydning for tidspunktet for våroppblomstringen av planktonalger (stabilisering av øvre vannmasser og mulig tidlig oppblomstring), og grumsete vann kan redusere vertikalutbredelsen for makroalger på hardbunn.

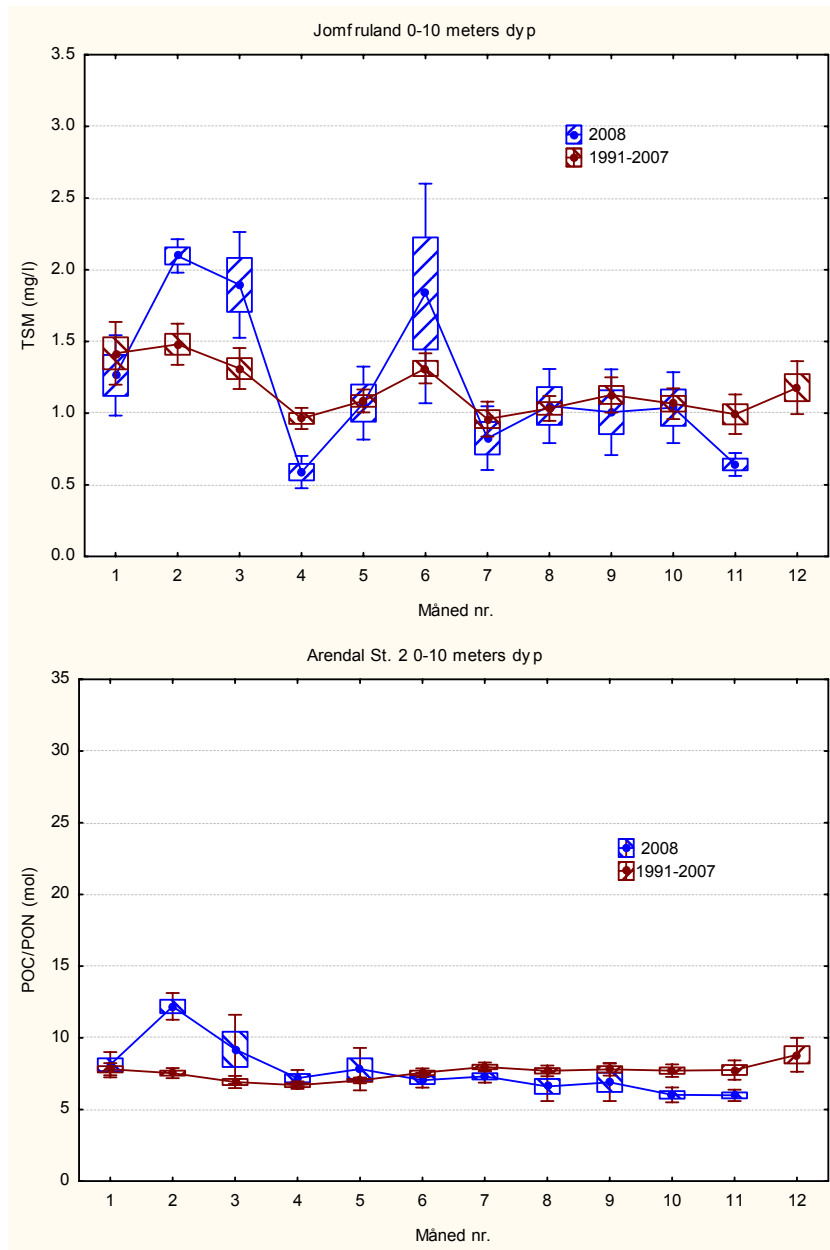


Figur 4.19. Gjennomsnittlig siktdyp per år (januar-mai) utenfor Jomfruland i perioden 1991-2008.

Figur 4.20. Månedlige målinger av siktdyp utenfor Jomfruland i 2008 sammenliknet med gjennomsnittet (median) for perioden 1991-2005. Skravert felt viser kvartiler rundt medianverdiene.

Tabell 4.3. Meteorologistasjoner med ny marsrekord for månedsnedbør (mm).

Stasjon	Sted, kommune (Fylke)	mm	Startår for måleserie	Forrige rekordår	mm
36560	Nelaug Åmli (AA)	259,8	1961	1978	192,6
37230	Tveitsund Nissedal (TE)	135,6	1945	1982	117,6
38421	Senumstad Birkenes (AA)	268,8	1959	1979	216,2
41670	Konsmo Audnedal (VA)	258,9	1952	1990	240,3
43010	Eik Lund (RO)	386,7	1999	2007	299,6
13140	Fåvang Ringebu (OP)	65,1	1997	1999	59,7
24710	Gulsvik Flå (BU)	145,7	1948	1988	112,2
25100	Hemsedal Hemsedal (BU)	109,8	1896	1913	94,0



Figur 4.21 Månedlig partikkelmålinger (TSM - total suspendert materiale, mg/l) i overflatevann (0-10 m) på stasjon Jomfruland i 2008 sammenliknet med perioden 1991-2007.

Figur 4.22 Månedlig POC/PON-forhold (partikulært organisk bundet karbon og -nitrogen) målt i overflatevann (0-10 m) på stasjon Arendal St 2 i 2008 sammenliknet med perioden 1991-2007.

5. Planktonsamfunn i Skagerrak

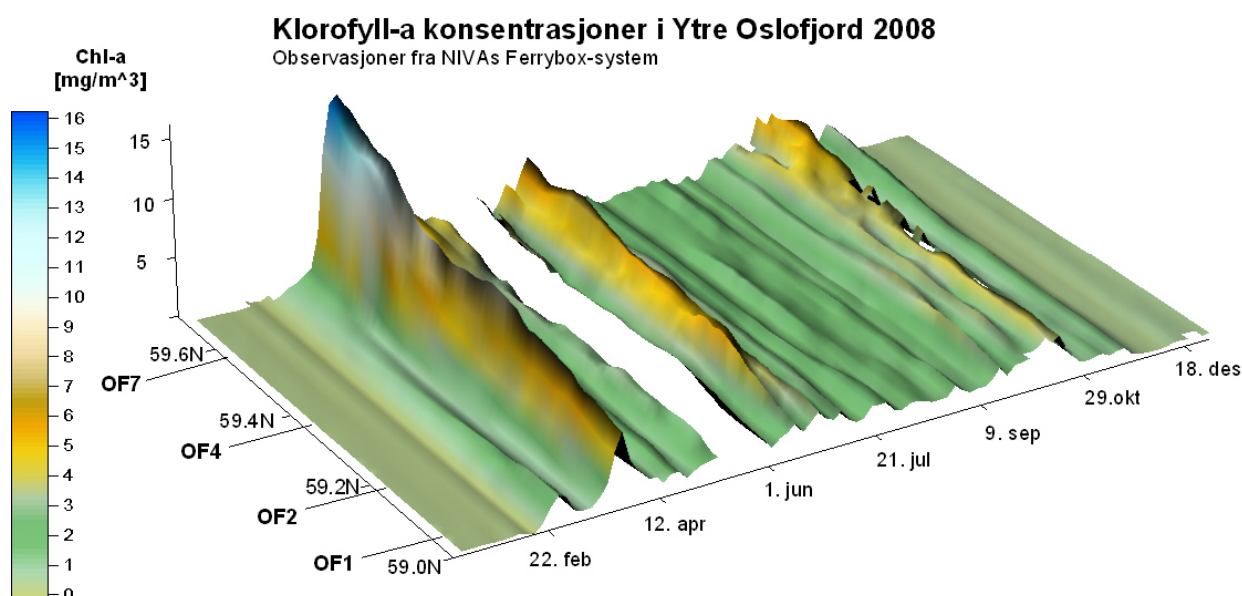
I 2008 var den integrerte algebiomassen 20,9 g C/l/år. De siste 3 årene har den integrerte algebiomassen over året variert mellom 20,7 og 21,0 g C/l/år, og 2008 var det sjuende året med relativt lav total algemengde. Lav total algebiomasse indikerer begrenset tilførsel av næringsalter. En begynnende våroppblomstring helt i slutten av februar med kiselalgen *Skeletonema* som blomstringsart, ble avbrutt slik at vårens hovedoppblomstring først fant sted i perioden fra slutten av mars til begynnelsen av april. I hovedperioden for vårbloomstringen dominerte biomassemessig først *Skeletonema* og deretter *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*. Ingen betydelige sommer- eller høstblomstringer av dinoflagellater ble registrert dette året. I første halvdel av september blomstret for første gang i våre farvann raphidophyceen *Chattonella globosa* som er en alge som sannsynligvis er introdusert med ballastvann og er rapportert å forårsake fiskedød fordi den ødelegger fiskens gjeller. Denne blomstringen falt sammen med høstmaksimum både for målt klorofyll *a* og beregnet cellekarbon.

Dyreplanktonbiomassen var i 2008 noe lavere enn året før, men på høyde med middelet for undersøkelsesperioden 1994-2007. Tettheten av små kopepoder som *Pseudocalanus/Paracalanus spp.* har avtatt kraftig de siste fire årene, særlig i høstperioden. I forbindelse med høyere havtemperaturer er det observert flere varmekjære nykommere i planktonfaunaen de siste årene som den tropiske vannloppen *Penilia avirostris* og den introduserte arten "amerikansk lobemanet" (*Mnemiopsis leidyi*) som i 2008 ble observert i store konsentrasjoner i kystvannet mellom Oslofjorden og Møre i perioden juli-oktober. Endringer i temperatur vil påvirke artssammensetning, størrelsesfordeling og produksjonssykluser som igjen vil ha betydning for høyere ledd i næringskjeden. Forskyving i blomstrings- og gytetidspunkter for planktonarter vil gi et misforhold mellom forekomst av fiskelarver og deres byttedyr med konsekvenser for fiskens oppvekstmuligheter.

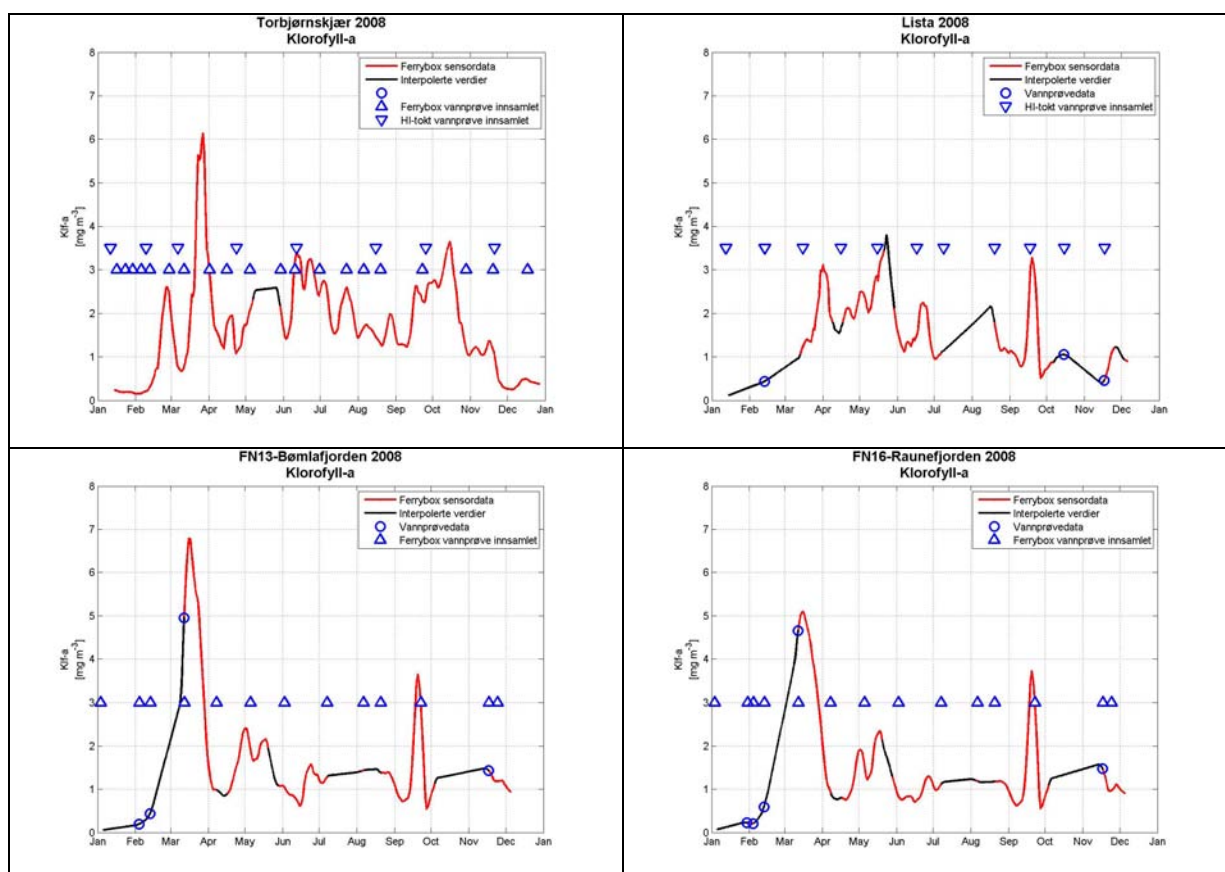
5.1 Planteplankton

KLOROFYLL A

En begynnende, men avbrutt våroppblomstring ble registrert i slutten av februar 2008 både i ytre Oslofjord og i de ytre fjordområdene mellom Bergen og Haugesund (Raunefjorden-Bømlafjorden) (figur 5.1-5.2). Slike avbrudd skjer når sjiktningen i vannmassene destabiliseres av på grunn av uvær eller annet som fører til omrøring i de øvre vannmasser. Selve våroppblomstringen fant sted langs kysten av Sør-Norge helt mot slutten av mars, mens den på Vestlandet sør for Bergen, nådde sitt maksimum 1-2 uker tidligere. Stasjonen utenfor Lista skiller seg fra de andre stasjonene med en mindre markert våroppblomstring. En høstopplomstring ble observert fra Lista til Bergen i midten av september, mens høyeste klorofyll *a*-verdier i ytre Oslofjord først ble målt i midten av oktober.



Figur 5.1. Klorofyll-a ($\mu\text{g/l}$) i ytre Oslofjord fra Breiangen (OF7) til Torbjørnskjær (OF1, FerryBox-data).

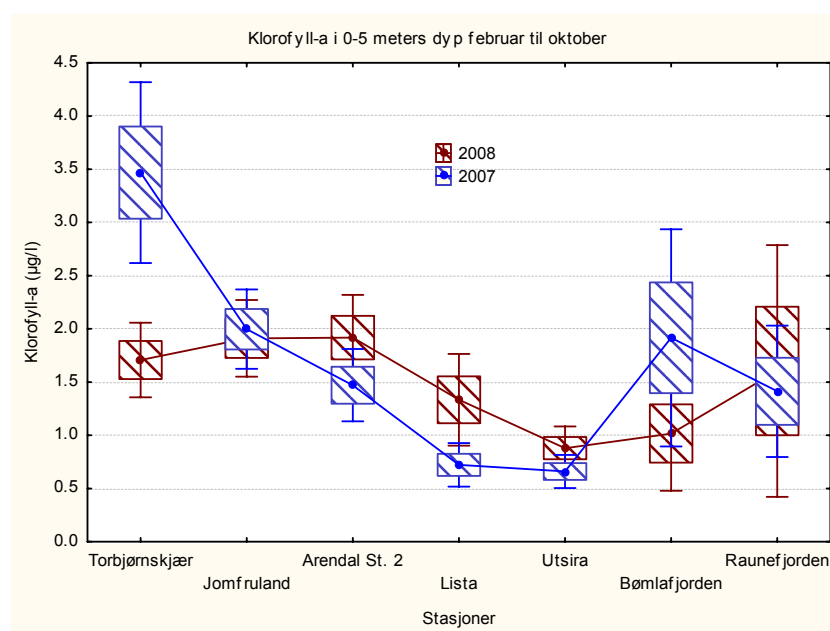


Figur 5.2. Klorofyll-a ($\mu\text{g/l}$) ved Torbjørnskjær (ytre Oslofjord), Lista, Bømlafjorden og Raunefjorden i 2008. De røde linjene illustrerer Ferrybox-observasjoner. Perioder som overstiger 7 dager uten Ferrybox-data er markert med svart. For disse periodene er det brukt vannprøvedata. Tidspunkt for manuell eller hydrografisk prøvetaking er markert.

I Vanddirektivet vil planteplanktonbiomassen under produksjonssesongen inngå som et av de biologiske kvalitetselementene som skal danne grunnlag for klassifisering av vannmassene i ulike vanntyper i våre økoregioner. På grunnlag av FerryBox-observasjonene fra 2007-2008 er det foretatt ulike beregninger for klorofyll *a* (Tabell 5.1) etter metode benyttet i Østersjøen (Fleming og Kaitala, 2006). Beregningsmetoden er avvikende fra metode benyttet i forbindelse med interkalibrering av klorofyll *a* innen NEA-GIG (North-East Atlantic Geographic Intercalibration Group), men ved anvendelse av metoden kan bearbeidelse av flere års data kunne gi informasjon om trender i datamaterialet slik som for eksempel endringer i produksjonsperiode (vekstsesong), produksjonsperiodens varighet osv. Grunnlaget for alle beregninger er 7-døgns glidende middel og interpolering i perioder uten observasjoner og at grenseverdien for oppblomstringer er satt til 0,9 µg klf.*a*/l. Beregningene for 2008 viser at den høyeste klorofyll *a*-indeksen dette året var å finne i ytre Oslofjord (Torbjørniskjær) med en klorofyll-*a* indeks omtrent 43% høyere enn ved Lista, og 13% høyere enn for gjennomsnittet for Bømla- og Raunefjorden. Basert på analyser fra vannprøvetaking for 2007-2008 (figur 5.3) er klorofyll *a*-konsentrasjonene i den nordøstlige delen av Skagerrak høyere enn fra Lista og nordover til Bergen. For de vestlige stasjonene er imidlertid variasjonen i klorofyll *a* betydelig større for de beskyttede ytre fjordstasjonene (Bømlafjorden og Raunefjorden) enn for de kystnære eksponerte stasjonene (Lista, Utsira).

Tabell 5.1. Beregninger av klorofyll *a*-konsentrasjoner ved Torbjørniskjær (ytte Oslofjord), Lista, Bømlafjorden og Raunefjorden i 2008. Beregningene blir usikre på Lista og Vestlandet da det i enkelte perioder om våren og sommeren manglet en del observasjoner (Fig. 4.19). Verdiene er relatert til produksjonsperioden som defineres av klorofyllkonsentrasjon over gitt grenseverdi.

	Torbjørniskjær (ytte Oslofjord)	Lista	FN13- Bømlafjorden	FN16-Raunefjorden
Grenseverdi (µg/l)	0.9	0.9	0.9	0.9
Startdato (Jday)	50	68	46	46
Varighet (d)	253	217	262	240
Klf- <i>a</i> maks (µg/l)	6.1	3.8	7.4	5.1
Klf- <i>a</i> middel (µg/l)	2.1	1.7	2.0	1.8
Klf- <i>a</i> index (d * µg/l)	529	369	515	420

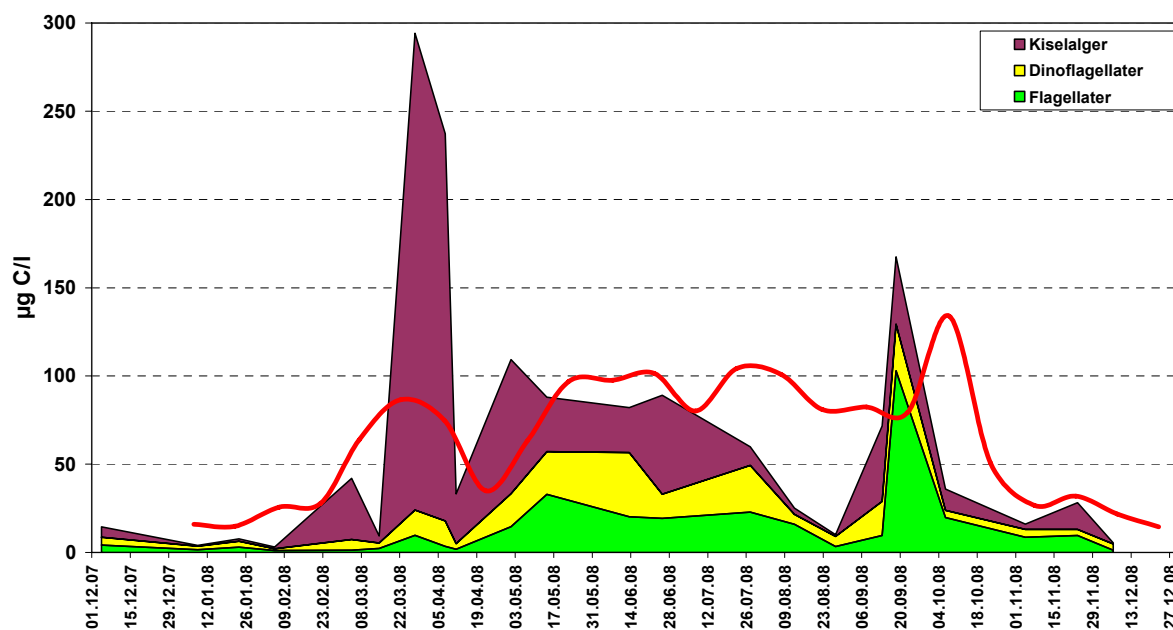


Figur 5.3. Klorofyll-*a* (µg/l) i 0-5 meters dyp i produksjonssesongen februar til oktober. Analyser fra hydrografiske tokt og fra FerryBox.

CELLEKARBON

Beregnet cellekarbon fra plankton tellinger fra Arendal St. 2 viser at den begynnende våroppblomstringen av kiselalger som ble registrert tidlig i mars, ble avbrutt før nærings saltene var brukt opp (Figur 5.4 og 5.5). Våroppblomstringens hovedperiode startet i stedet i siste halvdel av mars og kulminerte tidlig i april. I månedsskiftet april/mai, i slutten av juni og midt i september var det mindre kiselalgeblomstringer. Ingen større dinoflagellatblomstringer ble registrert i 2008. En markert økning i den totale algebiomassen fant sted i slutten av september som følge av en betydelig økning i flagellatbiomassen i midten av september.

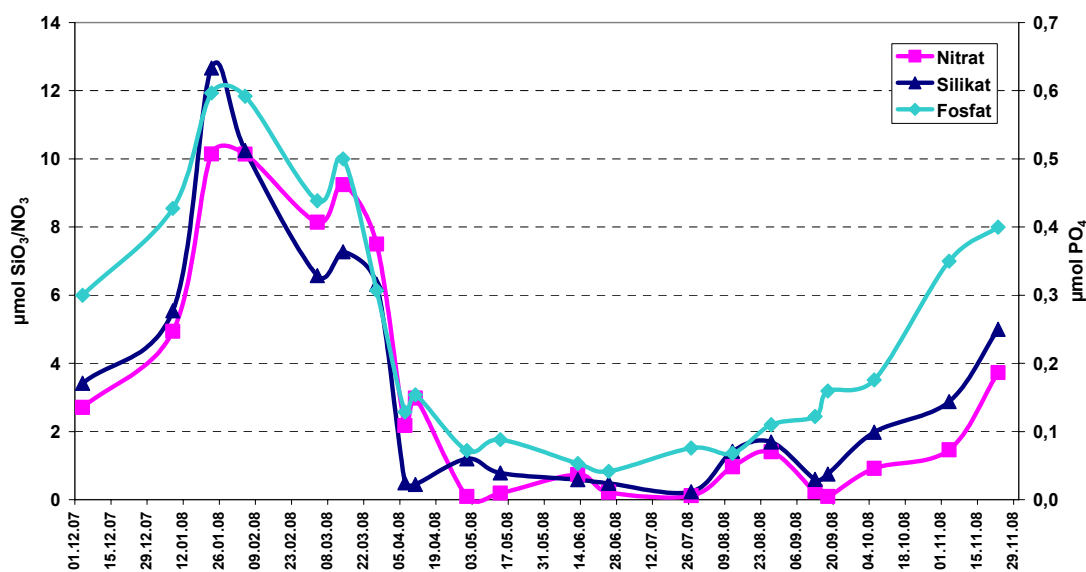
Beregnet cellekarbon, Arendal st.2, 2008



Figur 5.4. Biomassevariasjonen over året i form av beregnet cellekarbon ($\mu\text{g C/l}$) for 2008. Den røde linjen markerer gjennomsnittlig beregnet algekarbon for årene 1992-2007.

Høyeste biomasseverdi under våroppblomstringen i 2008 var $294,2 \mu\text{g C/l}$ som er ca. 50% høyere enn maksimumsverdien registrert i 2007. Etter kollapsen i den begynnende oppblomstringen av kiselalgen *Skeletonema* tidlig i mars, kom det en ny kraftig blomstring av *Skeletonema* i siste halvdel av mars. På dette tidspunktet var imidlertid det biomassemessige bidraget fra den store kiselalgen *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* nesten like viktig. Tidlig i april hadde konsentrasjonen av denne algen økt til det dobbelte og sto for over 90% av den totale algebiomassen, mens *Skeletonema*-blomstringen var kulminert. På dette tidspunktet var kiselalgenes vekst silikatbegrenset (jfr. figur 5.5) – noe som resulterte i et sammenbrudd i våroppblomstringen.

2008

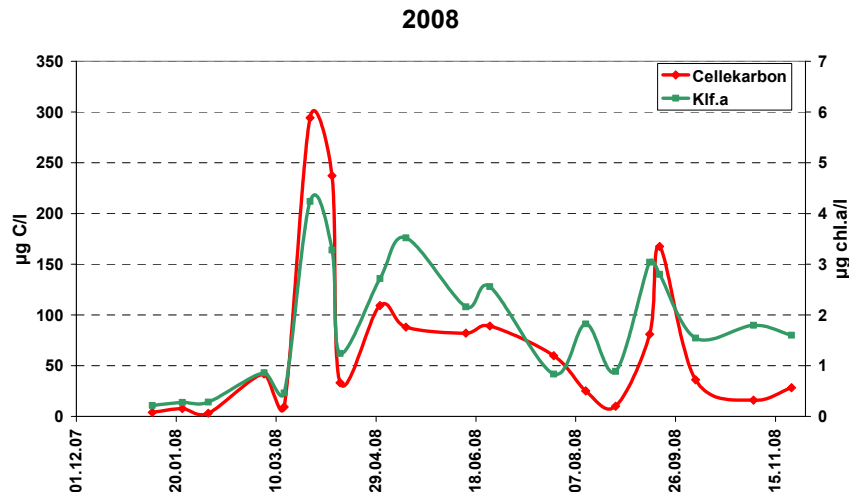


Figur 5.5. Tidsutviklingen for næringssaltene silikat, nitrat og fosfat på 5 meters dyp ved Arendal (st.2) gjennom året 2008.

I mai og juni holdt algebiomassen seg relativt jevn og varierte mellom 82 og 109 µg C/l med kiselalgene som viktigste bidragsyter i denne perioden. Biomassemessig var de viktigste kiselalgene i denne perioden *Cerataulina pelagica*, *Proboscia alata* og *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*. Blant dinoflagellatene var *Ceratium tripos*, *C. lineatum* og ubestemte nakne (athecate) dinoflagellater de som bidro mest til algebiomassen sommeren 2008.

I midten av september økte algebiomassen betydelig – først som følge av at flere arter innen kiselalgeslekten *Chaetoceros* hadde en blomstringsperiode med *C. contortus* og *C. affinis* som de viktigste bidragsyterne til algebiomassen. Deretter hadde raphidophycéen *Chattonella globosa* sin første blomstring i våre farvann. Dette er en alge som blir ansett som skadelig og har blitt assosiert med fiskedød.

Dersom en sammenligner algebiomasse i form av beregnet cellekarbon på bakgrunn av algetellinger med målt klorofyll a, faller kurvenes form ganske godt sammen (Figur 5.6). Mengden klorofyll a i en og samme algecelle vil variere og blant annet være avhengig av faktorer som mengden innstrålt lys, næringssalttilgang og temperatur. Det er derfor naturlig at kurvene for beregnet cellekarbon og klorofyll a ikke er helt sammenfallende.



Figur 5.6. Beregnet cellekarbon versus målt klorofyll a på 5 meters dyp ved Arendal (st.2).

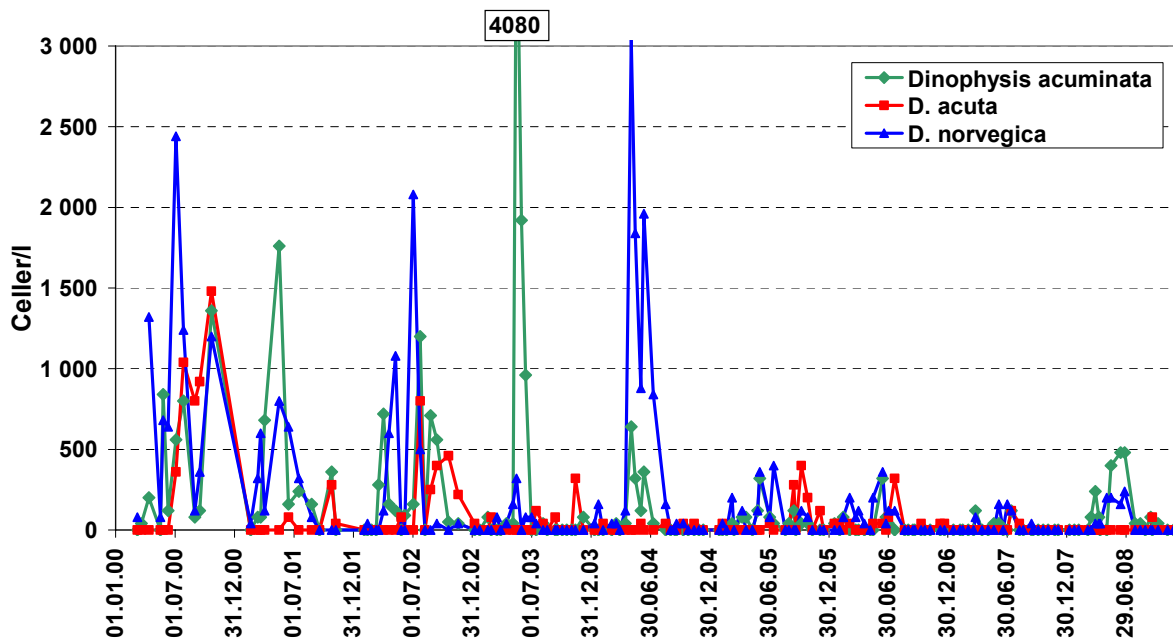
DINOFLAGELLATER (Dinophyceae)

Potensielt toksiske dinoflagellater

Alexandrium, som er en slekt med flere potensielle PSP-produsenter, ble i 2008 registrert med spredte forekomster i perioden fra mars til september, men mengdene lå under faregrensenivå. Maksimumsregistrering (160 celler/l) ble gjort i begynnelsen av april. Faregrensenivå for *Alexandrium* er 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.

Slekten *Dinophysis*, som består av flere ulike arter som er potensielle produsenter av diarégift, ble registrert stort sett hele året, men forekom bare i lave/moderate konsentrasjoner under faregrensenivå (Figur 5.7). Den mest potente arten som er *Dinophysis acuta* og som har et faregrensenivå på 200 celler/l eller 100 celler/l i tre påfølgende uker, ble kun registrert en gang i september i et antall på 80 celler/l. *Dinophysis acuminata*, som i 2008 hadde en faregrense på 1.000 celler/l, hadde maksimumsforekomst i perioden mai-juni da den forekom i et antall på 400-480 celler/l. *D. norvegica* forekom i perioden fra slutten av mars til slutten av juni, men maksimumskonsentrasjonen var bare 240 celler/l som er langt under faregrensenivået for opphoping av diarégift i blåskjell på 4.000 celler/l.

Karenia mikimotoi hadde i 2008 kun forekomster av sporadisk karakter, men ble registrert til alle årstider.

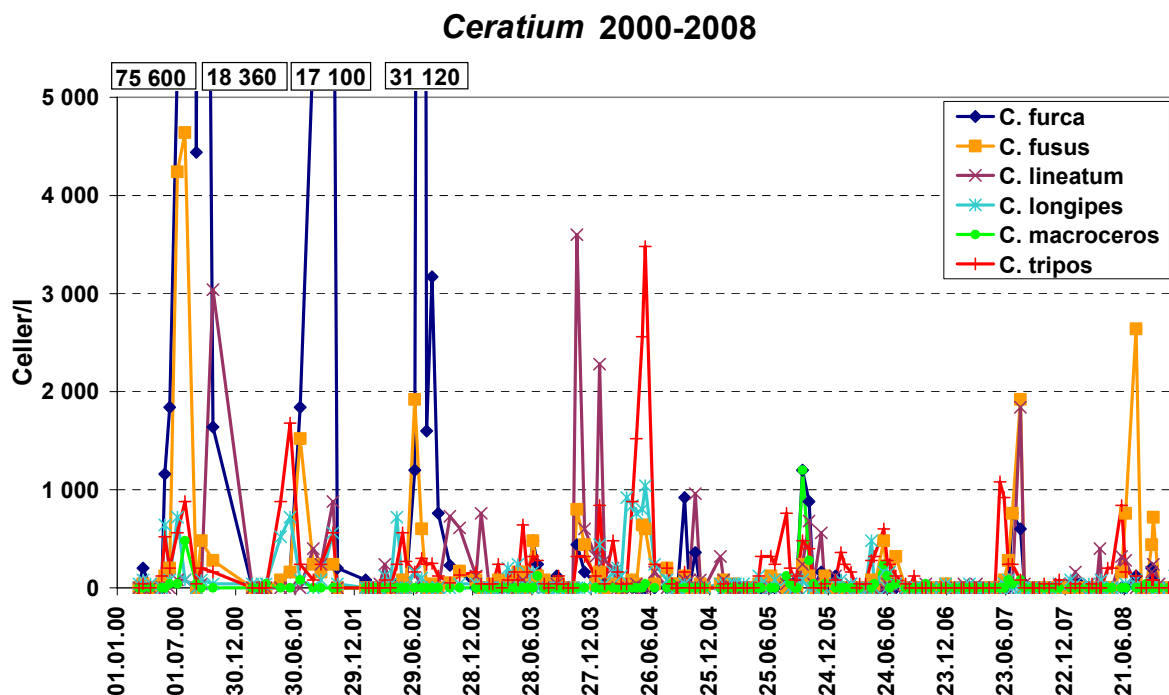
***Dinophysis acuminata/acuta/norvegica* 2000-2008**

Figur 5.7. Forekomstene av *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica* ved Arendal i perioden 2000-2008.

Andre framtrepende dinoflagellater

2008 ble et år uten de helt store dinoflagellatblomstringene. Artsdiversiteten var høy, men det var få arter som enkeltvis bidro i betydelig grad til algebiomassen.

Selv om den helt store *Ceratium*-blomstringen uteble (Figur 5.8), var likevel *Ceratium* den slekten blant dinoflagellatene som bidro mest til algebiomassen. Bare *Ceratium fusus*, som er en art som har økt i antall de senere årene, ble registrert i blomstringskonsentrasjon (>1.000 celler/l). I slutten av juli hadde den maksimumsregistrering på 2.640 celler/l og bidro da til 13,6 % av den totale algebiomassen. På grunn av størrelsen var imidlertid *C. tripos* også dette året den biomassemessig mest framtrepende dinoflagellatarten. På tross av en maksimumsregistrering på bare 840 celler/l i begynnelsen av juni utgjorde den 21,6 % av den totale algebiomassen.



Figur 5.8. Forekomstene av ulike *Ceratium*-arter utenfor Arendal i perioden 2000-2008.

KISELALGER (Bacillariophyceae)

Kiselalgeforekomstene var i 2008 lave fram til begynnelsen av mars da våroppblomstringen startet med en moderat blomstring av *Skeletonema* (1,4 mill. celler/l, Figur 5.9). 10 dager senere var algeforekomstene betydelig redusert, men i slutten av mars ble det registrert en betydelig kiselalgeblomstring der *Skeletonema* (8,3 mill. celler/l) og *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (36.900 celler/l) dominerte biomassemessig og bidro til henholdsvis 49,6 og 36,6% av den totale algebiomassen.

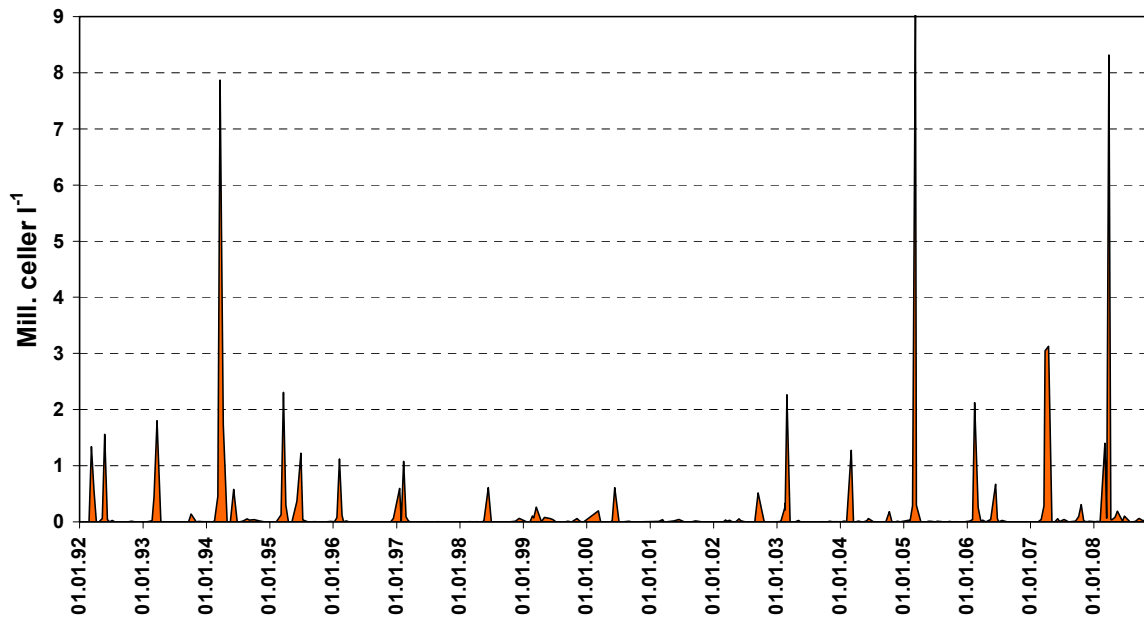
Skeletonema-blomstringen kulminerte raskt etter dette, men kiselalgebiomassen holdt seg høy også i begynnelsen av april på grunn av økte forekomster av *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (73.600 celler/l). Dette er en stor alge som 7. april bidro til 90,4 % av den totale algebiomassen. Allerede 11. april var kiselalgebiomassen betydelig redusert, men den tok seg opp igjen i begynnelsen av mai med dominans av *Proboscia alata* (33.600 celler/l) og *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (15.600 celler/l).

En liten kiselalgeblomstring ble registrert i slutten av juni da *Cerataulina pelagica* (18.400 celler/l) dominerte og hadde sitt årsmaksimum. Den bidro på dette tidspunktet til 34,8 % av den totale algebiomassen.

I juli og august var kiselalgeforekomstene lave, men økte i september uten at det resulterte i noen stor høstoppblomstring. Kiselalgesamfunnet var artsrikt, og i begynnelsen av september ble hele 39 arter registrert med *Chaetoceros contortus* (177.000 celler/l) som den biomassemessig mest framtrepende kiselalgen med et bidrag på 13,9 % til den totale algebiomassen. *Ditylum brightwellii* forekom også, men hadde sitt årsmaksimum (7.800 celler/l) uken etter da den biomassemessig var den viktigste kiselalgen. *Ditylum brightwellii*

er en noe varmekjær art som de senere årene er blitt mer vanlig i våre farvann. Den forekom gjerne tidligere som en litt eksotisk gjest i håvtrekk om høsten da tilsig av mer varmekjære arter fra sør ofte kunne forekomme. Den forekom sjelden i så høy konsentrasjon at den ble registrert i vannprøver. De senere årene har mengden *D. brightwellii* økt og den er også nylig registrert både i håvtrekk og vannprøver i vinter- og vårprøver 2009 fra Vestlandet. Det ser med andre ord ut til at *D. brightwellii* ikke lenger er en eksotisk gjest, men må betraktes et fast medlem av kiselalgesamfunnet vårt.

Skeletonema 1992-2008



Figur 5.9. Forekomst av kiselalgen *Skeletonema* utenfor Arendal i perioden 1992-2008.

FLAGELLATER

Det var bare to flagellatarter som utmerket seg i 2008. Den ene var kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* og den andre var *Chattonella globosa* som er en fisketoksisk art. Forøvrig var flagellatforekomstene gjennomgående lave.

Fisketoksiske (ichthyotoksiske) flagellater

Det ble i år bare registrert lave forekomster av de fisketoksiske flagellatene *Pseudochattonella verruculosa* (synonym *Verrucophora farcimen* og *Chattonella* aff. *verruculosa*) og *Heterosigma akashiwo*. Det ble imidlertid registrert betydelige forekomster av *Chattonella globosa* som i 2008 var en hovedart i høstoppblomstringen. Maksimumsforekomsten på 36.800 celler/l ble registrert 18. september da *C. globosa* bidro med 54,2 % til den totale algebiomassen.

Chattonella globosa er en stor ((40) 30-55 µm) flagellat som er kjent fra eutrofierte kystfarvann i Japan, sørøst Asia, Australia og Canada (Hallegraeff & Hara 2003). Arten ble beskrevet fra japanske farvann i 1994 (Hara et al 1994) og er en HAB-art som gir gjelleskader på fisk og har ført til fiskedød (HAB - Harmful Algal Bloom. Denne betegnelsen benyttes på masseblomstringer av alger som har negative effekter på andre organismer ved at de

produserer toksiner (humantoksiske, ichthyotoksiske eller andre), medfører mekaniske skader på andre organismer eller på andre måter har negative effekter.

Chattonella globosa ble for første gang registrert i Norge i 2007. Den ble først påvist i østre Skagerrak i begynnelsen av september, men spredte seg raskt til Vestlandet der den ble registrert nord til Nordfjord. Den forekom sammen med andre ichthyotoksiske flagellater som *Pseudochattonella verruculosa* og *Heterosigma akashiwo*. Det høyeste celledtallet (15.000 celler/l) som ble registrert i 2007 var i indre Oslofjord og så sent som i november, så arten synes å ha lave lyskrav. Det høyeste celledtallet på Vestlandet var i 2007 relativt moderat, 2.770 celler/l. *Chattonella globosa* ble i 2007 også rapportert fra den svenske vestkysten.

Høsten 2008 ble *Chattonella globosa* på nytt registrert i september. I østre Skagerrak forekom den også denne gangen sammen med *Pseudochattonella verruculosa* and *Heterosigma akashiwo*. Som i 2007 ble den registrert først i Skagerrak i september og spredte seg så videre til Vestlandet der den ble registrert i et antall på 27.000 celler/l ved Bømlo i slutten av oktober og 53.000 celler/l i Karmsundet i slutten av november der ca 100 tonn oppdrettslaks gikk tapt. Det var i tillegg betydelige forekomster av *Pseudochattonella verruculosa* (780.000 celler/l) i Karmsundet.

Forekomstene i november viste skjelett av *Dictyocha fibula* i ulike stadier inne i *Chattonella globosa* flagellaten. Slike registreringer ble gjort både i Rogaland, Hordaland og Sogn og Fjordane. Den nær beslektede skjelettbærende *Dictyocha speculum* har enn livssyklus som involverer en langt mindre skjelettløs flagellat. Denne flagellaten har vært assosiert med fiskedød i danske farvann (Moestrup & Thomsen 1990) og det er mye som tyder på at *Chattonella globosa* er en del av livssyklusen til *Dictyocha fibula*. Koblingen mellom *Chattonella globosa* og *Dictyocha fibula* er antydnet tidligere i litteraturen, men funnene fra Rogaland bekrefter langt på vei denne sammenhengen.

Vi har i løpet av de siste 10 årene fått etablert to nye HAB-arter i våre farvann som begge er skadelige for fisk. *Pseudochattonella verruculosa* som blomstret for første gang i mai 1998, forekommer nå årlig i varierende antall og *Chattonella globosa* har hatt forekomster de to siste årene. Begge har et lavt lyskrav og kan utnytte de høye næringssaltverdiene om vinteren/våren eller sent på høsten da lyset er en begrensende faktor for mange andre arter. *Pseudochattonella verruculosa* hadde for eksempel en blomstring i 2006 som startet i slutten av januar og den forekom i betydelig antall i indre Oslofjord så sent som 19. november 2008. Mye taler for at artene er introdusert til våre farvann via ballastvann.

Andre flagellater

Prymnesiophyceae

Kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* forekom hele året, men det ble ikke registrert noen masseblomstring i 2008. Det ble påvist to moderate blomstringstopper på rundt 1 mill. celler/l i juni og august. Det høyeste relative bidraget til den totale algebiomassen var i august da *E. huxleyi* bidro med 55,3 %.

Ubestemte flagellater/monader

Generelt var forekomsten av gruppen ubestemte nakne flagellater/monader relativt lav, med høyest registrering i mai og juli. I juli utgjorde denne gruppen 22,3 % av den totale

algebiomassen. Dette er en gruppe som ofte har et høyt relativt bidrag når algebiomassen er lav for eksempel sent på høsten og om vinteren, men det relative bidraget fra denne gruppen var i 2008 bare unntaksvis over 20 %.

DETRITUS

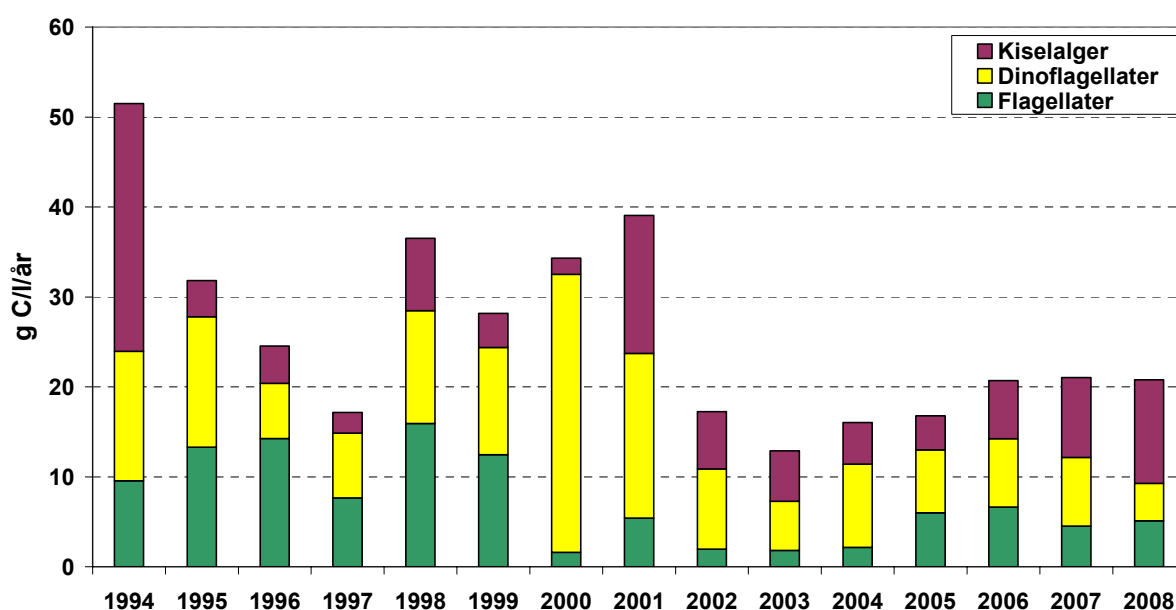
I 2008 ble det under den mikroskopiske opparbeidelsen av planteplankton registrert lite detritus i vannprøvene. Situasjonen var den samme i 2007, mens i perioden 2004-2006 var identifiserings- og kvantifiseringsarbeidet av planteplankton til dels meget vanskelig pga. store mengder detritus i planteplanktonprøvene (Moy et al. 2005, 2006, 2007).

UTVIKLING I PLANTEPLANKTONSAMFUNN OVER TID

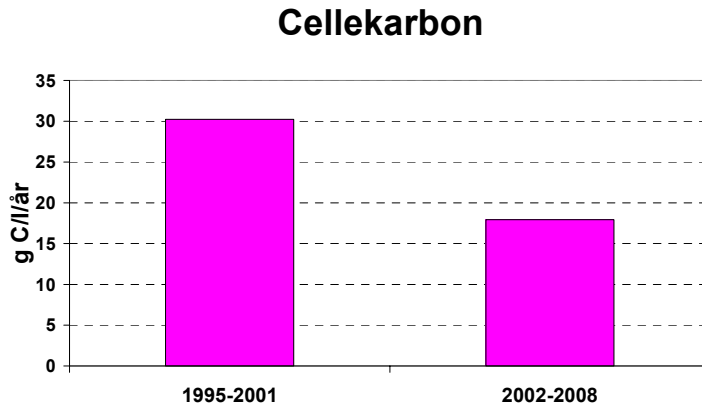
Integrert algekarbonmengde over året 2008 var 20,9 g C/l/år (Figur 5.10), og de siste 3 årene har den integrerte algebiomassen over året variert kun mellom 20,7 og 21,0 g C/l/år. For øvrig er det sjuende året på rad med relativt lav integrert algebiomasse. Totalt sett over året bidro kiselalgene med mer enn halvparten av algebiomassen (55%), mens for dinoflagellatene og flagellatene var bidraget henholdsvis 24 og 20%. Sammenlignet med de to foregående årene har bidraget fra kiselalgene økt, for dinoflagellatene er det en reduksjon, mens bidraget fra flagellatene har holdt seg på 2007-nivå.

2002 representerte et skille når det gjelder integrert mengde cellekarbon pr år, og i perioden før 2002 var det betydelig høyere gjennomsnittlig algebiomasse totalt sett gjennom året enn i de etterfølgende årene. Denne utviklingen synes tidsmessig å falle godt sammen med reduksjonen i de langtransporterte næringssaltene (jfr. kapittel 3). Gjennomsnittlig algemengde for perioden 1994-2001 er 30,2 g C/l/år, mens tilsvarende tall for perioden 2002-2008 er 17,9 g C/l/år (Figur 5.11), dvs. en reduksjon på 41%.

Integrert cellekarbon, Arendal st.2, 1994-2008



Figur 5.10. Total planteplanktonbiomasse ($\mu\text{g C/l/år}$) integrert over året for perioden 1994-2008.



Figur 5.11. Utviklingen av gjennomsnittlig integrert mengde cellekarbon over året for periodene 1995-2001 og 2002-2008 på Arendal st.2.

Ofte har det vært nitrat som har blitt første vekstbegrensende næringssalt for planteplanktonet. I 2008 var det imidlertid silikat som ble begrensende vekstfaktor for våroppblomstringen (jfr. Figur 5.5). I begynnelsen av mai var situasjonen mer lik det normale med både nitrat og fosfat som vekstbegrensende faktorer.

Både våroppblomstringen i 2007 og 2008 fant sted i slutten av mars. På 1990-tallet var dette et vanlig våroppblomstringstidspunkt, mens i første del av 2000-tallet startet våroppblomstringen tidligere.

5.2 Dyreplankton

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 registrert 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.

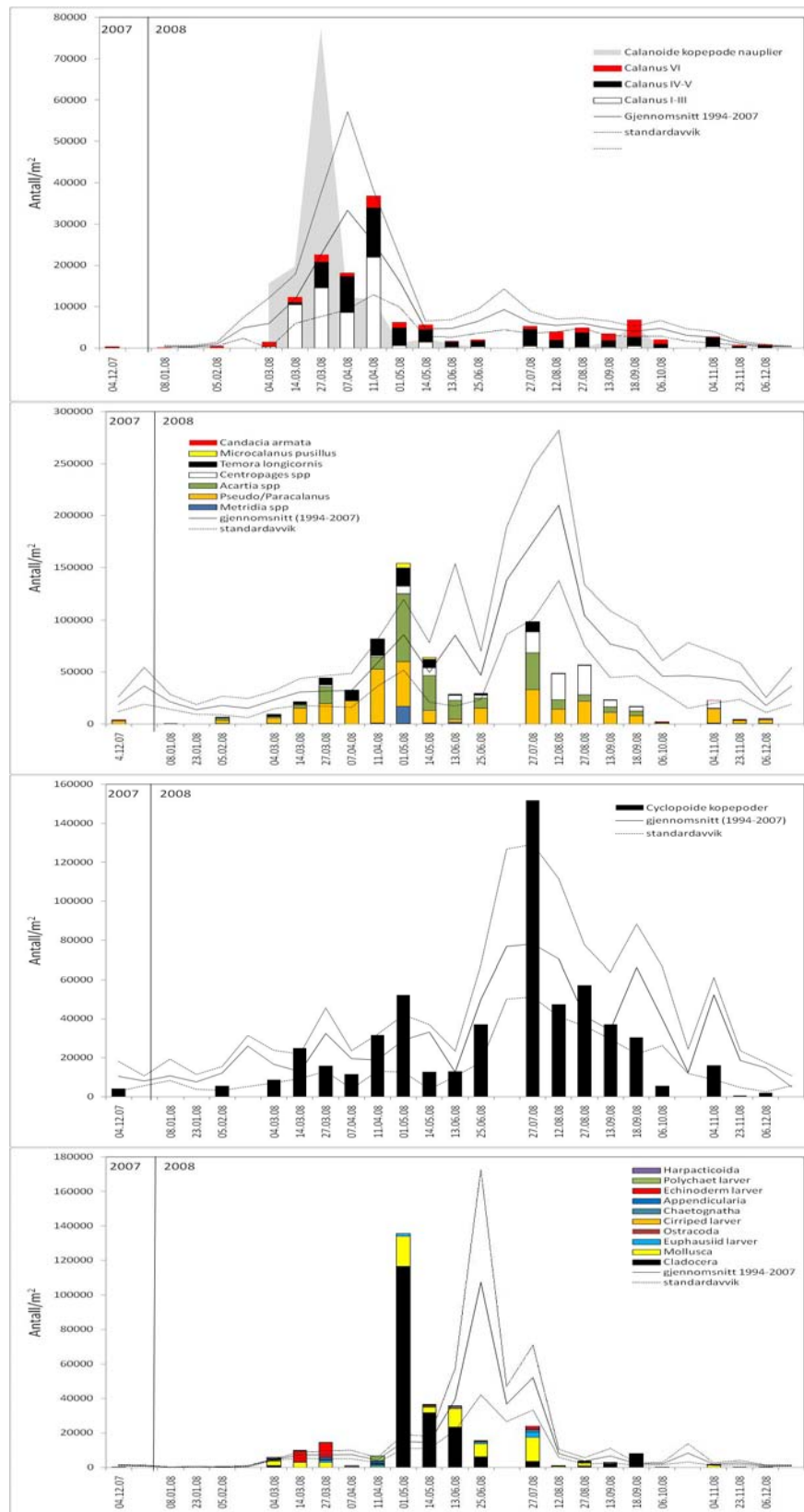
5.2.1 Artssammensetning

Artssammensetningen av dyreplanktonet ved Arendal St. 2 i 2008 viste lignende sesongvariasjon 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 kopepoder og cyclopoide kopepoder 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. Den er en nøkkelart i det pelagiske økosystemet fordi den er føde for fiskelarver og planktonspisende fisk. *Calanus finmarchicus* overvintrer på dypere vannlag (juli-januar) og vandrer opp i øvre vannlag i februar/mars for å gyte. Tettheten av *Calanus* spp. i 2008 var på samme nivå som i 2007 og nær gjennomsnittet for 1994-2007 (Fig 5.12a). De høyeste tetthetene av *Calanus* spp. (37 000 ind./ m²) ble observert i midten av april, og var dominert av små kopepodittstadier (CI-III). Den noe lavere, sekundære toppen av *Calanus* spp. i figuren er sannsynligvis

dominert av *C. helgolandicus*. Dette er en varmekjær art som advekteres fra sørlige Nordsjøen inn mot kysten senere på sesongen.



Figur 5.12 Sesongmessig variasjon og mengdefordeling av dyreplankton i de øvre 50 m i 2008 på Arendal St. 2 fordelt på ulike grupper og på enkelte arter. a) *Calanus*-stadier, b, c og d viser enkeltarter. Gjennomsnitt og standard avvik er vist for perioden 1994-2007.

Andre copepoder

Pseudocalanus/Paracalanus spp. var som normalt tallmessig den dominerende gruppen av calanoide kopepoder ved Arendal St2 med maksimalforekomst i midten av april (52 000 ind./m², Figur 5.12b). På sensommeren 2008 (august-september) var tetthetene lavere enn året før.

De calanoide kopepodene *Metridia* spp., *Centropages* spp., *Acartia* spp, og *Oithona* spp. forekom i noe høyere tettheter i 2008 sammenlignet med året før. *Acartia* spp. hadde sin maksimale forekomst i mai, og *Centropages* spp. i juli-august (Figur 5.12b). Dette er nerittiske (kystnære) arter og indikerer tilstedeværelse av kystvann og liten innvirkning fra atlantisk innstrømming. Blant cyclopoide kopepoder dominerte *Oithona helgolandicus/O. similis* med noe høyere tettheter i 2008 enn året før (Figur 5.12c)

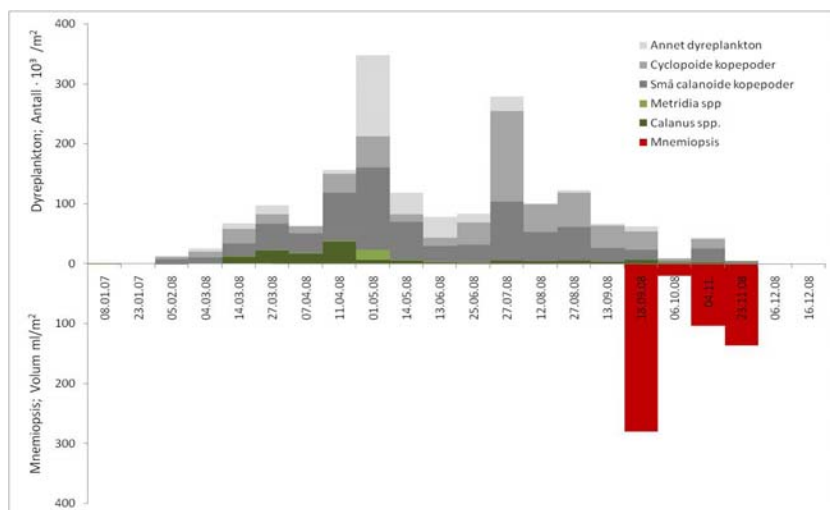
Annet dyreplankton

Cladocera er knyttet til vann med høy temperatur og lav saltholdighet og denne gruppen var mest tallrik på sommeren (Figur 5.12d), da overflatelageret holdt lave saltholdigheter (Figur 2.5). Planktoniske mollusker (*Pteropoda*) forekom i størst mengde i juli. Disse organismene har et kalkskall og vil gi et uforholdsmessig stort bidrag til tørrvekten. Andre grupper av dyreplankton, for eksempel 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. F.eks larver av børstemark (polychaetlarver) i april, rur (cirripedlarver) i juni, og krill (euphausiid larver) i juli. Den mest tallrike gruppen av planktoniske larver var pigghuder (*Echinodermata*) med størst tetthet i mars (Figur 5.12d).

Mnemiopsis leidyi

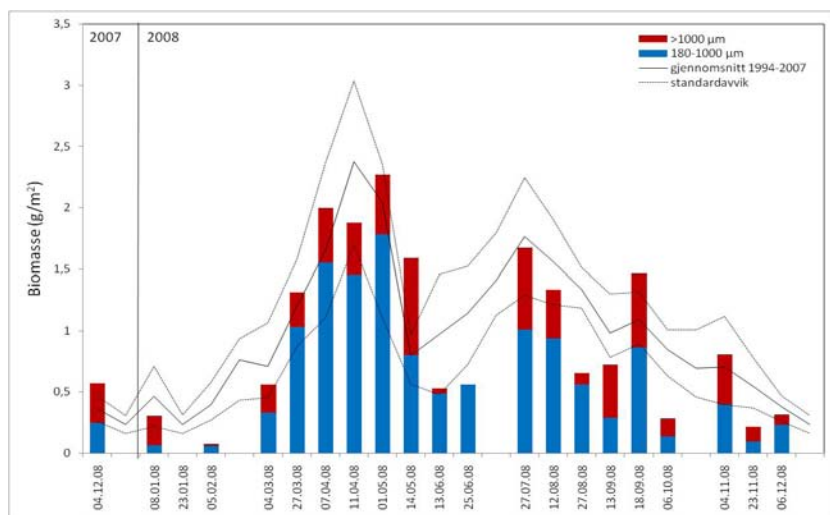
I 2008 ble forekomst (volum) av ribbemaneten ”Amerikansk lobemanet” (*Mnemiopsis leidyi*) registrert i håvtrekkene på Arendal St. 2. Denne prøvetakingsmetoden er ikke egnet for maneter, men vil gi en indikasjon på sesongvariasjonen. Håven vil sannsynligvis underestimere forekomsten av maneter, spesielt ved lave tettheter (< 4 ind./ m²). Lobemaneten viser store sesongsmessige variasjoner (Figur 5.13): Fra lave forekomster vinterstid (januar-april), økte tettheten fra august og utover høsten (basert på andre stasjoner, vises ikke i figur). Maksimumsforekomstene opptrer i en periode der tettheten av dyreplanktonet er lav og dominert av små omnivore hoppekreps med kort generasjonstid. Dette tyder på at lobemaneten livnærer seg av annen føde i tillegg til hoppekreps, f. eks mikrozooplankton.



Figur 5.13
Sesongsvariasjon av
dyreplankton og
Amerikansk lobemanet
(*Mnemiopsis leidyi*) i de
øvre 50 m på Arendal
stasjon 2 i 2008.

5.2.2 Biomasse

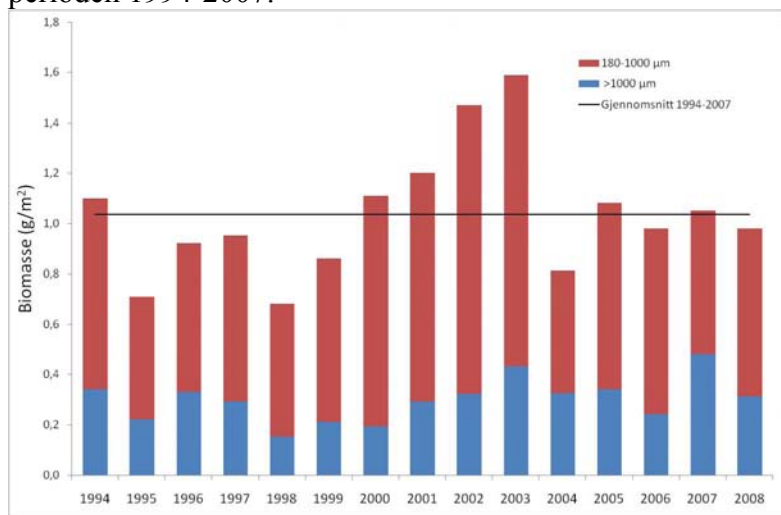
Dyreplanktonbiomassen som tørrvekt (g/m^2) ble målt for to størrelsesfraksjoner: 180-1000 μm og større enn 1000 μm (Figur 5.14). *Calanus* spp. stadiet IV-VI bidrar mest til biomassen i den største størrelsesgruppen ($> 1000 \mu\text{m}$). Den minste størrelsesfraksjonen (180-1000 μm) utgjøres hovedsakelig av små stadier av *Calanus* spp., andre calanoide kopepoder (*Pseudocalanus/Paracalanus* spp., *Acartia* spp.), cyclopoide kopepoder (*Oithona* spp.) og larveplankton. Total biomasse i 2008 varierte mellom 0,1 og 2,3 g tørrvekt/ m^2 , med de største verdiene i april-mai (Figur 5.14). Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse i 2008 var 0,98 g/m^2 , som er noe lavere enn i 2007 (Figur 5.15). Som normalt var biomassen dominert av små kopepoder (fraksjonen 180-1000 μm).



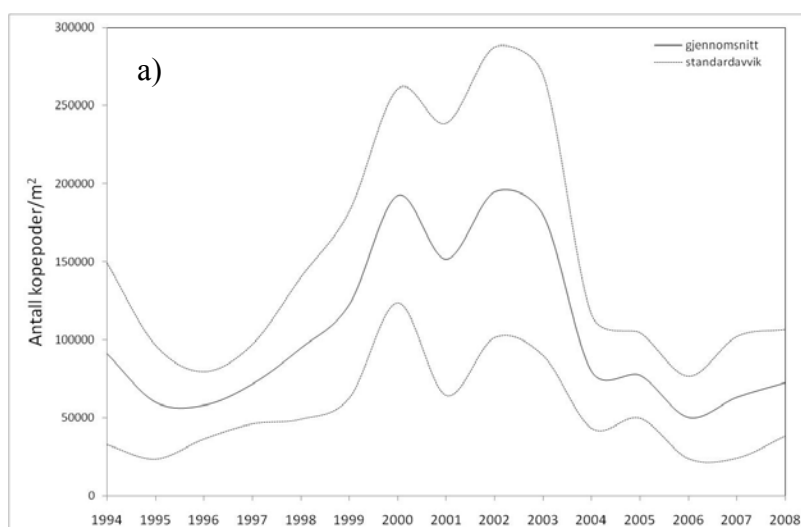
Figur 5.14 Dyreplankton
biomasse som tørrvekt
(g/m^2) for de øvre 50 m
fordelt på to
størrelsesfraksjoner, 180-
1000 μm og 1000 μm , i
2008 på Arendal St.2.
Gjennomsnitt og
standardavvik er vist for
perioden 1994-2007.

5.2.3 Endring i dyreplanktonet over tid

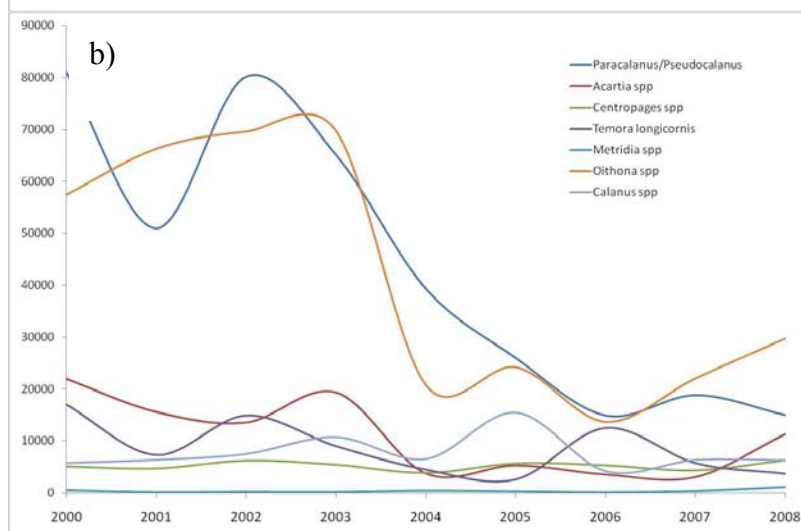
Årlig gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt m^{-2}) for årene 1994 til 2008 har variert fra 0,68 – 1,59 g/m^2 (Figur 5.15, Tabell 5.2). Den laveste dyreplanktonbiomassen ble registrert i 1998 og den høyeste i 2003. Et hovedtrekk i perioden 1998 - 2003 var økt årlig gjennomsnittlig biomasse fra 0,68 til 1,59 g/m^2 , tilsvarende 147 % økning i løpet av 5 år. Etter en nedgang i 2004, er gjennomsnittsverdien for 2008 på høyde med middelet for perioden 1994-2007.



Figur 5.15 Årlig gjennomsnittlig dyreplankton biomasse (g tørrvekt/ m^2) for de øvre 50 m fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180-1000 μm og 1000 μm , 1994-2008 på Arendal St.2. Horisontal linje viser gjennomsnitt for perioden 1994-2007.



Figur 5.16 Variasjon i tetthet av kopepoder på Arendal St.2, 1994-2008. a) Totalt antall kopepoder. Gjennomsnitt og standardavvik er vist for perioden 1994-2008. b) Dominerende arter 1994-2008.



Nedgangen i biomasse siden 2003 skyldes nedgang i tettheten av kopepoder de siste 5 årene (Figur 5.16a). Gruppen av små kopepoder som *Pseudocalanus/Paracalanus* spp., *Acartia* spp., *Temora longicornis* og *Oithona* spp. har dominert i antall gjennom hele undersøkelsesperioden. Lavere dyreplankton-biomasse i perioden 2004 - 2008 skyldes fremfor alt en kraftig reduksjon i tettheten av *Pseudocalanus/Paracalanus* spp. og *Oithona* spp. Fra høye tettheter i 2003, har mengden av disse små kopepodene avtatt med 80 % frem til 2008 (Figur 5.16b og Tabell 5.2).

Tabell 5.2 a) Antall individer (årgjennomsnitt antall*10⁴/m²) og prosentfordeling av dyreplanktongrupper og b) dyreplanktonbiomasse (gjennomsnitt g tørrvekt/m²) og prosentfordeling mellom størrelsesfraksjoner for årene 1994 til 2008 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	2007	2008	Gj.snitt 1994-2007
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	0,63	0,69	0,68
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	3,32	3,64	6,59
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	2,32	2,80	3,39
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	2,48	1,51	3,21
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	8,76	8,64	13,88
% av ant. dyr i gruppene.																
Calanus spp	4	7	12	5	3	2	2	4	3	5	7	17	7	7	8	6
Andre calanoide kop. (< 1,5mm)	79	50	34	43	56	48	47	43	43	47	57	41	54	38	42	49
Cyclopoide kop.	10	14	16	27	27	18	22	37	26	33	23	27	24	27	32	24
Annet dyreplankton	7	29	38	24	15	33	30	17	29	15	13	14	15	28	18	22

b)

Gj.snitt pr. år i 0-50m (g/m ²)	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Gj.snitt 1994-2007
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	0,48	0,31	0,30
180µm< 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	0,57	0,67	0,74
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	0,98	1,04
dyr >1000µm (%)	31	31	36	31	22	24	17	24	22	27	40	31	25	46	32	29,07
180µm< dyr <1000µm (%)	69	69	64	69	78	76	83	76	78	73	60	69	75	54	68	70,93

Nedgangen er spesielt fremtredende på høsten, dvs. at den vanlige sekundære ”oppblomstringen” i august-september er kraftig redusert de siste årene (Figur 5.12b). Årsaken til nedgangen er ikke kjent, men en lignende nedgang i algekarbon er registrert i samme periode på stasjonen siden 2002 (Figur 5.11). Man har dessuten observert reduksjon i høstoppblomstring av dinoflagellater på både dansk og norsk side av Skagerrak (Skogen et al. 2007). Det er derfor nærliggende å tro at nedgangen av små kopepoder er forårsaket av lavere fødetilgang (planteplankton) for disse artene.

Etter 1988 har forekomsten av raudåte (*C. finmarchicus*) avtatt i Nordsjøen, mens *C. helgolandicus* har økt (Edwards et al. 2008). En tilsvarende endring i artsforholdet er også konstatert ved Arendal St 2. Andelen *C. helgolandicus* har økt gjennom hele undersøkelsesperioden. Imidlertid er det særlig utover sensommer/høst (august-oktober) at *C. helgolandicus* dominerer. Forekomsten av *Calanus finmarchicus* i Skagerrak er delvis knyttet til innstrømming av atlantiske vannmasser til området, og variasjonen i den totale mengden av *Calanus* spp viser ikke noen klare trender over tid. Etter rekordhøye forekomster i 2005 er årets gjennomsnittsverdi av *Calanus* spp. på høyde med gjennomsnittet for hele perioden 1994-2007 (Tabell 5.2).

Etter 1999 har utbredelsen av den tropiske vannloppen *Penilia avirostris* økt i sørlige Nordsjøen. Også i Skagerrak har vi registrert *P. avirostris* de siste seks årene, alltid i prøver fra slutten av august. Den introduserte arten ”Amerikansk lobemanet” (*Mnemiopsis leidyi*) ble første gang observert i norske kystvann høsten 2006 (Oslofjord-Bergen). I 2008 ble store konsentrasjoner observert i kystvannet i perioden juli-oktober, og utbredelsen var økt til strekningen Oslofjord-Mørkekysten. Maneten ser ut til å kunne overvintre i sørlige Østersjøen/Kattegat og transporteres til norskekysten med kyststrømmen. Det er sannsynlig at arten også har evne til å overvintre i dypere vannlag i f.eks. fjorder langs kysten. Arten vil sannsynligvis danne tette oppblomstringer i norske kystnære farvann hver sommer.

De store endringene som er observert i både mengde og artssammensetning av dyreplankton i Nordsjøen de siste 20 årene vil også påvirke økosystemene ved kysten av Skagerrak. I forbindelse med høyere havtemperaturer har overlevelsessevnen til mer varmekjære planktonorganismer økt i våre farvann (f. eks. *C. helgolandicus*, *P. avirostris*, *M. leidyi*). Endringer i artssammensetning, størrelsesfordeling og produksjonssykluser i dyreplanktonet vil ha betydning for høyere ledd i næringskjeden. Raudåte (*C. finmarchicus*) gyter tidlig vår slik at maksimumstettheten av kopepoder sammenfaller med tidspunktet for forekomsten av pelagiske fiskelarver, som beiter på disse. En nedgang i forekomsten av raudåte, og en økning i dyreplanktonarter med senere gytetidspunkt (f.eks. *C. helgolandicus*) kan gi et misforhold mellom fiskelarver av vårgytende fisk og deres byttedyr. På den annen side vil en nedgang i mengden dyreplankton i høstperioden (*Pseudocalanus/Paracalanus* spp.) ha negativ innvirkning på høstgytende fiskearter (f. eks. sild). Amerikansk lobemanet har hatt stor innvirkning på sine byttedyr (dyreplankton og fiskelarver) i andre havområder. Vi vet ennå ikke hvilken effekt de årlige tette forekomstene av denne arten vil ha for økosystemene langs Skagerrakkysten.

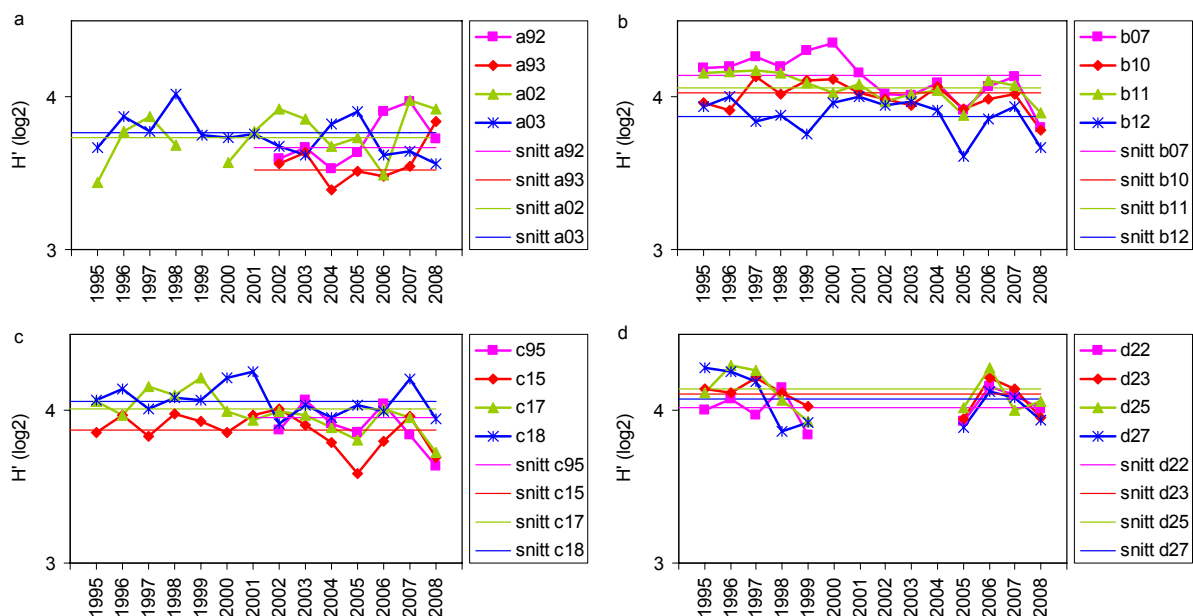
6. Hardbunnssamfunn

Tilstanden i hardbunnssamfunnene langs kysten av Sør-Norge var moderat til god i 2008. Generelt var det biologiske mangfoldet ikke vesentlig endret i ytre Oslofjord i forhold til de siste årene, mens på Sør- og Vestlandet var det biologiske mangfoldet lavere i 2008 sammenlignet med 2007. Dette var først og fremst et resultat av lavere artsantall og lavere forekomster av rødalger. Artsantall og forekomst av dyr var i 2008 som gjennomsnittet for perioden 1995-2007.

Varmt klima og mye regn tidlig på året i 2008 ga stor elveavrenning, og siktdypet i Skagerrak har blitt redusert over tid (spesielt på Sørlandet, område B i 2008). Dette påvirker floraen på hardbunn negativt og er en sannsynlig årsak til redusert artsmangfold av rødalger, og at nedre grense for makroalger (fagerving) og sukkertare er blitt grunnere på sørlandet. Også på vestlandet ble det registrert redusert voksedyp for fagerving og sukkertare. Varmere klima kan ha vært en viktig årsak til at øvre voksegrense for sukkertare har beveget seg nedover (dypere) over tid på Sørlandet.

6.1 Tilstand

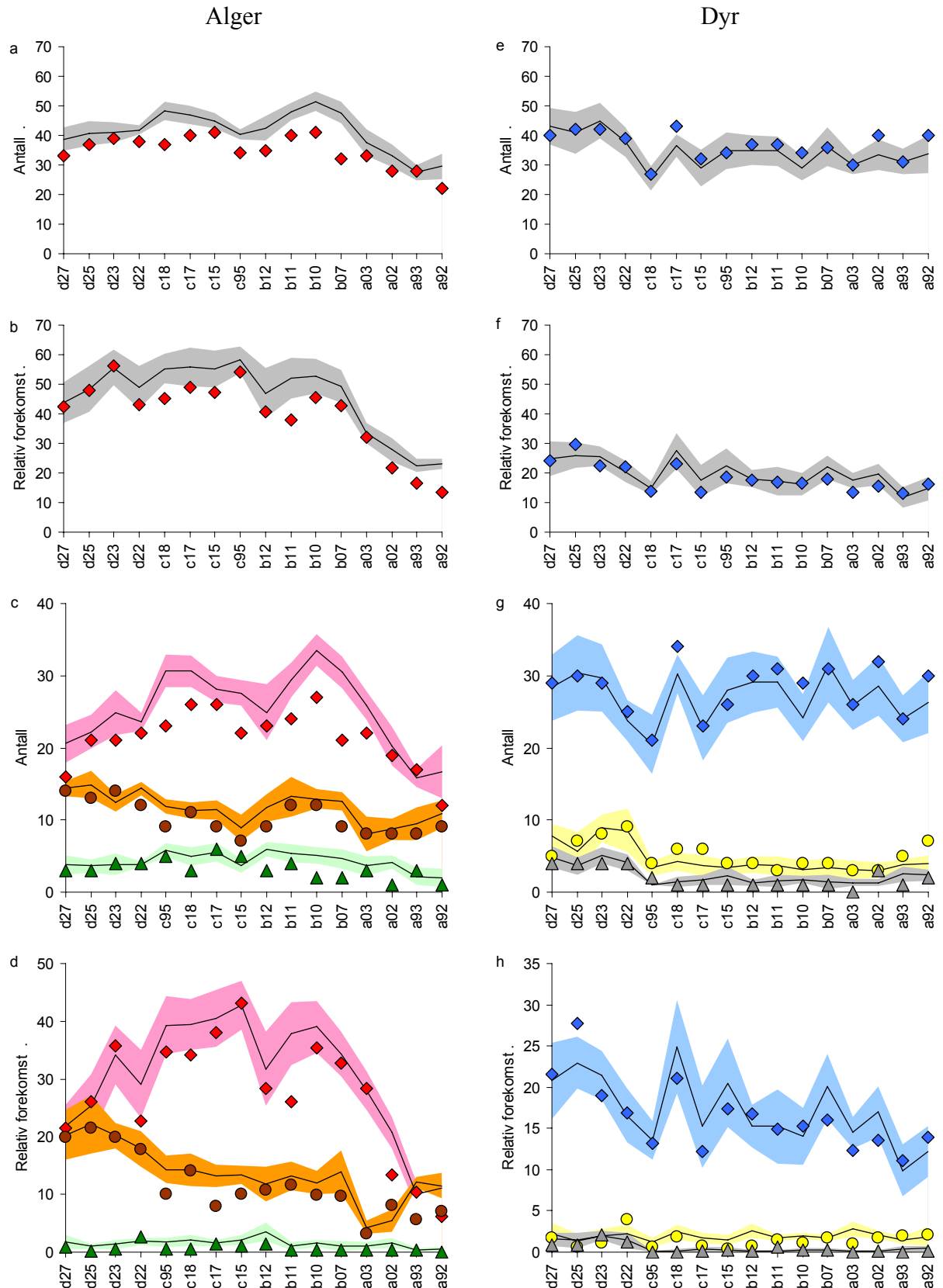
Det er en generell økning i det biologiske mangfoldet fra ytre Oslofjord og vestover (Fig. 6.1). Biomangfoldet var i 2008 omtrent som gjennomsnittet i perioden 1995-2007 i område A, men ned mot 2004-2005-nivå i område B-D og dermed lavere enn i 2007. I 2007 var det biologiske mangfoldet høyt og de siste 5 årene har det totale biologiske mangfoldet vært preget av år-til-år variasjoner.



Figur 6.1. Biologisk mangfold i hardbunnssamfunn på grunt vann langs kysten av Sør-Norge i region A, B, C og D. Biomangfold er basert på Shannon indeks $H'(\log e)$ og forekomst av alger og dyr er gitt som sum over dypet av e^x hvor x er: 1=enkeltpunkt, 2=sjelden, 3=vanlig, 4=dominerende. Gjennomsnitt er beregnet for perioden 1995-2007 (ingen observasjoner 2000-2004 i område D).

Hovedårsaken til at det biologiske mangfoldet var lavere i 2008 enn i 2007 var at antall arter og også forekomster av alger var lavere enn gjennomsnittet 1995-2007 (Fig. 6.2c). Det totale antallet arter og forekomster av brun- og grønnalger var innenfor det normale i forhold til gjennomsnittet fra 1995-2007, og det var antall registrerte arter rødalger som hadde gått ned. Det ble også registrert døde skorpeformede rødalger (*Lithothamnion* sp.) på stasjonene i ytre Oslofjord. Dårlig siktdyp i 2007 og 2008 (kapittel 4.3 og 4.6) er sannsynligvis en direkte årsak til dårlige forhold for rødalger, som er den makroalgegruppen som vokser dypest. Det er også mulig at mindre lys i vårperioden (kap 4.6) førte til forsinket vekst hos rødalgene og at færre arter og individer var synlige i juni (overvåkningstidspunktet).

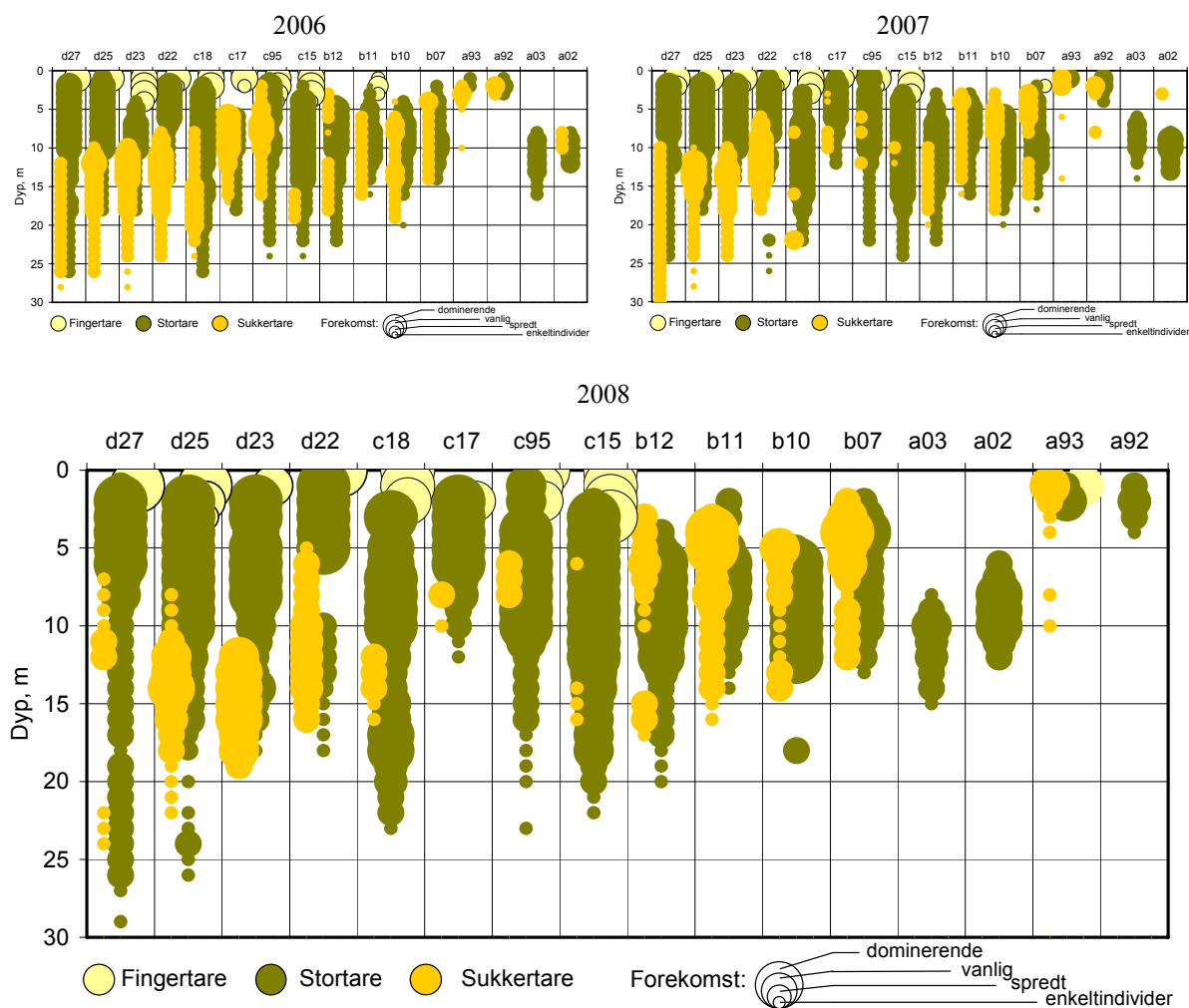
Artsantall og forekomster av ulike dyregrupper var normalt, eller i overkant av normalt. Det har også tidligere vært registrert at år med mye dyr sammenfaller med mindre forekomster av alger og omvendt, og dette gjenspeiler antagelig at konkurranse om plass er viktig mellom ulike grupper av bunnlevende organismer.



Figur 6.2. Antall arter og forekomst av makroalger og dyr i 2008 (registrert fra 4-22 m). Punkter = 2008-observasjoner. Linje m/farget felt = gjennomsnitt og standardavvik (1995-2007). a) antall arter alger, b) forekomst alger, c) antall arter rødalger, d) forekomst rødalger (rød), brunalger (brun) og grønnalger (grønn), e) antall arter dyr, f) forekomst dyr, g) antall arter vannfiltrerere, h) forekomst vannfiltrerere (blå), rovdyr/altetende (gul) og beitere (grå).

Tareskogvegetasjon

Selv om det totale antall arter og forekomster av brunalger i 2008 var nær gjennomsnittet for årene før, økte forekomsten av noen arter og ble redusert for andre. Forekomsten av sukkertare har vært relativt god i senere år, antagelig fordi stortaren har vært glissen, men sukkertare gikk noe tilbake i 2008 sammenlignet med 2007 (Fig. 6.3). Generelt ser tarebestandene ut til å ha blitt mer glisne på dypet selv om enkeltregistreringer av sukkertare ble gjort ned til 24 m 2008. I ytre Oslofjord (A-området) ble ikke stortare registrert på grunt vann på de to bølgeeksponerte stasjonene (A02 og A03) og sukkertare hadde forsvunnet helt. Sukkertare ble derimot registrert på en av de indre stasjonene (A93). Forholdene i Skagerrak med høye sommertemperaturer og tidvis lav saltholdighet gjør at alle de registrerte tareartene (stortare, sukkertare og fingertare) lever nær sine fysiologiske tålegrenser. Det er derfor forventet at forekomstene varierer og at stress i form av høy temperatur, lav saltholdighet, økt sedimentering og reduserte lysforhold, vil få stor effekt i dette området. Redusert siktdyp kan i så måte ha innvirket negativt for taren. I område D var forekomstene av sukkertare lavere i 2008 enn i 2007.



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

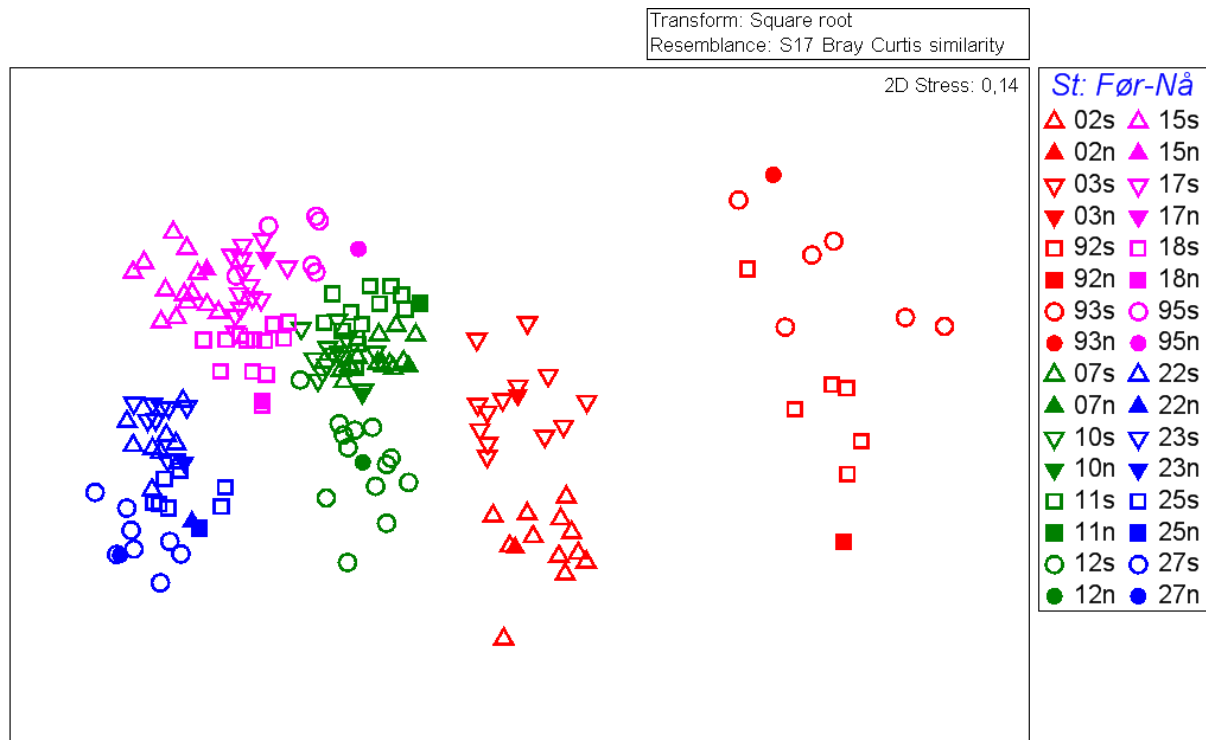
6.2 Utvikling over tid

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 (1990-1994) viste et samfunn i en reetableringsfase med økende artsantall og stor variasjon i artsforekomst (Moy et al. 2002). 'Normalsamfunnet' er derfor beregnet ut fra et gjennomsnitt av perioden fra 1995 og fram til foregående år for å ikke inkludere den dårlige tilstanden i den tidlige perioden.

I kapittel 6.2.1-6.2.4 belyses utvikling over tid; først på samfunnsnivå og så på arts-/gruppennivå for utvalgte indikatorarter og funksjonelle grupper. Utvikling på samfunnsnivå over tid er basert på likhet i artssammensetning mellom stasjoner og områder av kysten beregnet med multivariate analysemetoder spesielt utviklet for slike samfunnsvurderinger (Multi Dimensional Scaling MDS, i PRIMER, Clarke & Warwick 1994). Disse analysene lager en likhetsmatrise basert på artssammensetning og artsforekomst. Ut fra likhetsmatrisen plottes resultatet slik at avstanden mellom punktene i plottet (der hvert punkt representerer en transektregistrering) gjenspeiler graden av likhet mellom observasjonene. Punkter som ligger nær hverandre har en mer lik artssammensetning og individantall enn punkter som ligger langt fra hverandre. Den grafiske fremstillingen i et todimensjonalt plan er en forenklet framstilling for likheter mellom punkter i et mange-dimensjonalt rom. Gjennom prosessen med å vise samfunnslikheter i et to-dimensjonalt plott (som Figur 6.4) beregnes en såkalt stressverdi som viser graden av feil denne forenklingen medfører. En stressverdi på under 0,2 ansees som akseptabel, og at plotet viser et riktig bilde.

6.2.1 Endringer på samfunnsnivå

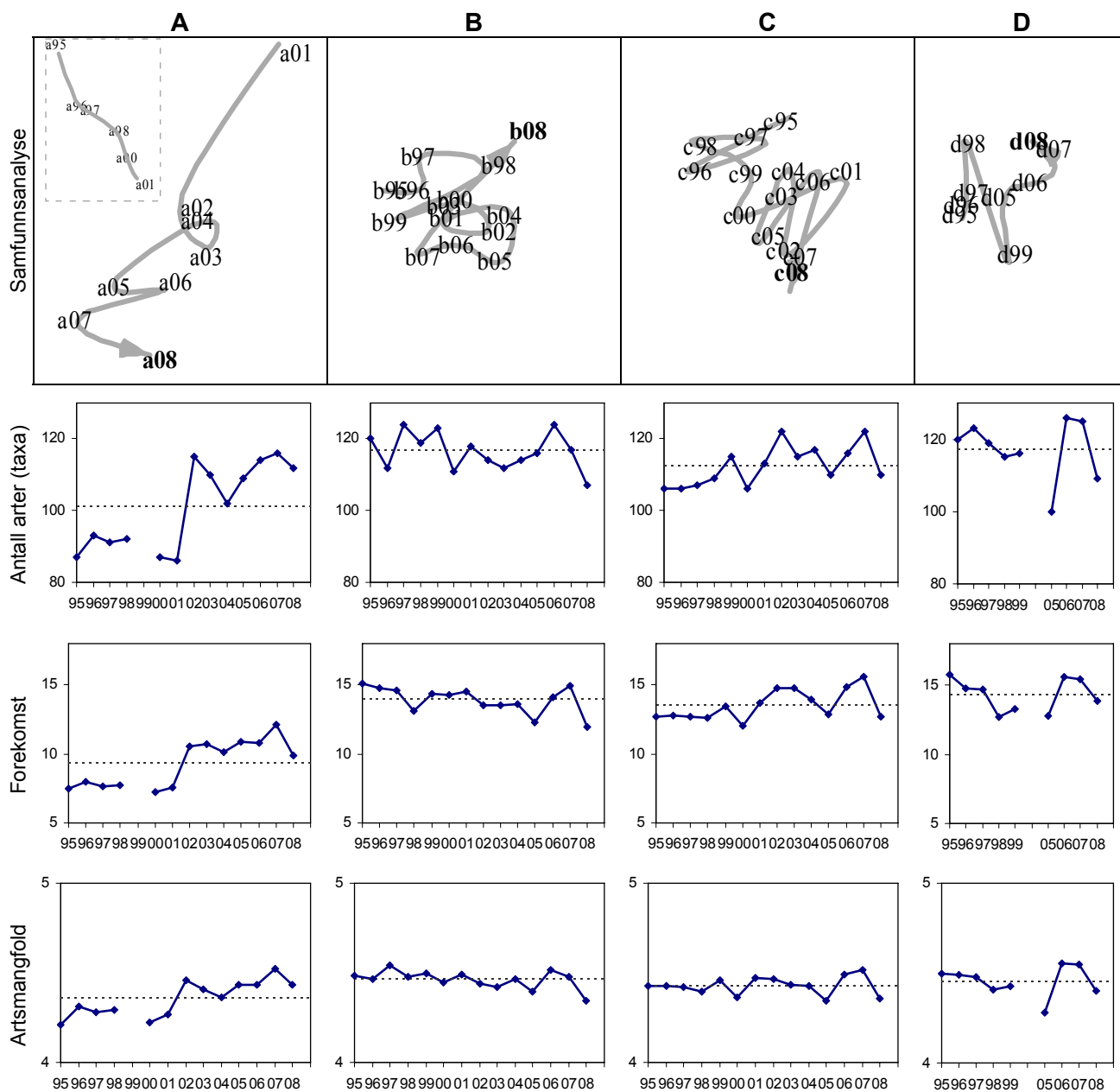
Analysene viser at samfunnene på de ulike stasjonene i 2008 ikke var vesentlig ulike foregående år. Likhet mellom hardbunnssamfunnene i 2008 og tidligere år (1995-2007) er vist i Figur 6.4. Dataene fra 2008 er vist med lukkede (fylte) symboler og årene 1995-2007 er vist med åpne symboler. Resultatene fra denne analysen viser en geografisk rangering av områdene A, B, C og D fra høyre til venstre i plottet som gjenspeiler biogeografiske regioner langs kysten av Sør-Norge fra øst til vest, det vil si at artsammensetningen på hardbunn endrer seg fra Ytre Oslofjord og til Vestlandet. 2008-registreringene ligger samlet med tidligere år. Dette gjenspeiler at samfunnene ikke har endret seg vesentlig i forhold til tidligere år. Spredningen i registreringene har gjennom hele perioden vært størst i A-området (størst år-til-år variasjon) og 2008-registreringene for A-området er plassert i utkanten av samlingen. På de bølgebeskyttede stasjonene ved Tjøme i ytre Oslofjord (a92 og a93) ble det generelt registrert noe lavere artsantall og redusert voksedyp for flere arter. De bølgeeksponerte stasjonene a02 og a03 har til sammenlikning større likhet med stasjonene i B-området, som har høyere artsdiversitet.



Figur 6.4. Likhet i artssammensetning (tilstedeværelse og mengde av makroalger og dyr) mellom hardbunnsstasjoner registrert i 2008 og tidligere år (1995-2007). Liten avstand mellom punkter betyr stor grad av likhet i artssammensetning. 2008-stasjoner er markert med fylte symboler og n (nå) i symbolforklaringen, mens stasjoner fra perioden 1995-2007 er vist med åpne symboler i symbolforklaringen. Områdene A er vist med røde symboler, B med grønne, C rosa og D er vist med blå. Sammenlikningen er basert på forekomst av arter i dybdeintervallet 4-22m. Stressverdien er 0,14, og stress<0,20 indikerer at figuren gir en god framstilling av likheter mellom stasjoner og år.

Gjennomsnittlig utvikling over tid for hvert område: A, B, C og D, fra 1995 til 2008, er vist i Figur 6.5. Tidsutviklingen er beregnet på grunnlag av de stasjoner som har vært undersøkt i hele den aktuelle perioden. Det vil si at stasjonene a02 og a03 representerer A-området (a92 og a93 er ikke tatt med), stasjonene c15, c17 og c18 representerer C-området (c95 er ikke tatt med), og alle 4 stasjoner inngår i materialet for B- og D-området. For hvert av områdene A, B, C og D, vises en samfunnsanalyse og kurver for antall arter (taxagrupeer), forekomst (relativ mengde) og artsmangfold.

Samfunnsanalysen viser at artssammensetningen i område A har endret seg mer gjennom overvåkingsperioden enn i område B-D. I 2008 var de største endringene i område A og B. Kurvene for antall arter og forekomstene av de registrerte artene viser at disse gikk noe ned i 2008 i forhold til 2007. I område A er artsmangfoldet lavere enn i de andre områdene og ser ut til å øke for hele perioden. I områdene B-D har det vært relativt store år-til-år variasjoner i artsmangfoldet i senere år og flere av de siste årene ligger under snittet for perioden 1995-2007. Få arter rødalger og endret utbredelse av tare er viktige grunner til samfunnsendringen i 2008.

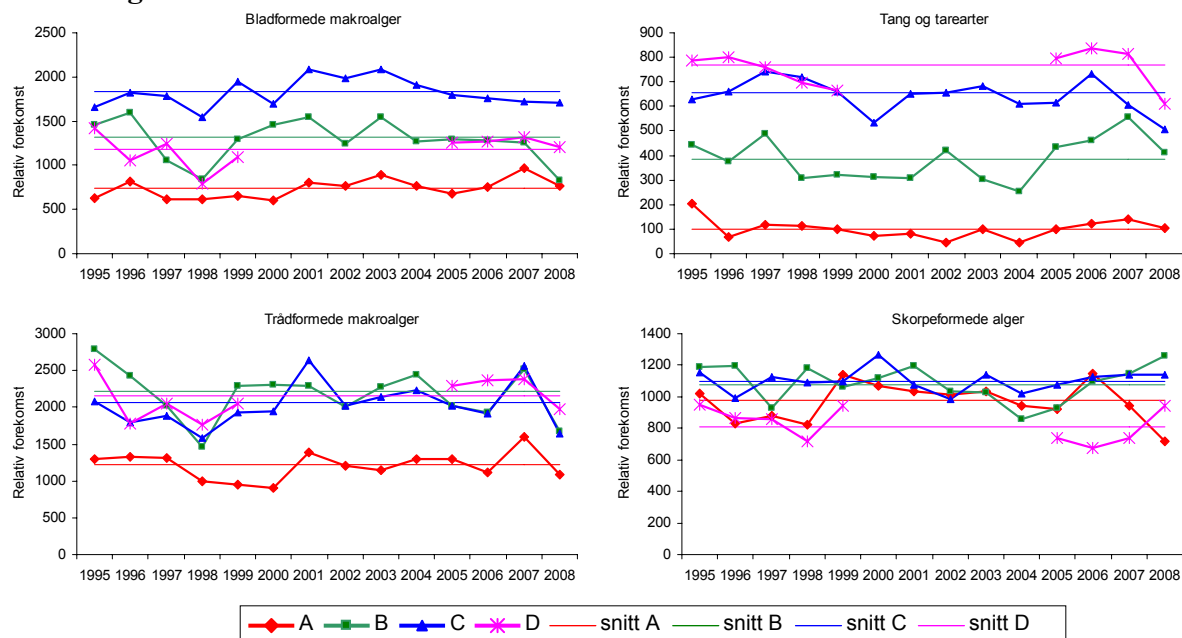


Figur 6.5. Utvikling over tid (1995-2008) i områdene A, B C og D vist ved en samfunnsanalyse (MDS), gjennomsnittlig antall arter (merk ulik skala på y-aksen), artsmengde (relativ forekomst) og artsmangfold (Shannon-Wiener's H' loge), basert på makroalger og dyr i dybdeintervallet 4-22m. Stress-verdien i MDS = 0,06. Stiplet linje viser gjennomsnitt for perioden 1995-2007 (siste år er ikke medregnet i gjennomsnittet). 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.

6.2.2 Endringer på artsnivå

Endringer på samfunnsnivå er resultat av mange små endringer på artsnivå. I det følgende presenteres noen av de viktigste endringene på gruppe- og artsnivå.

Makroalger



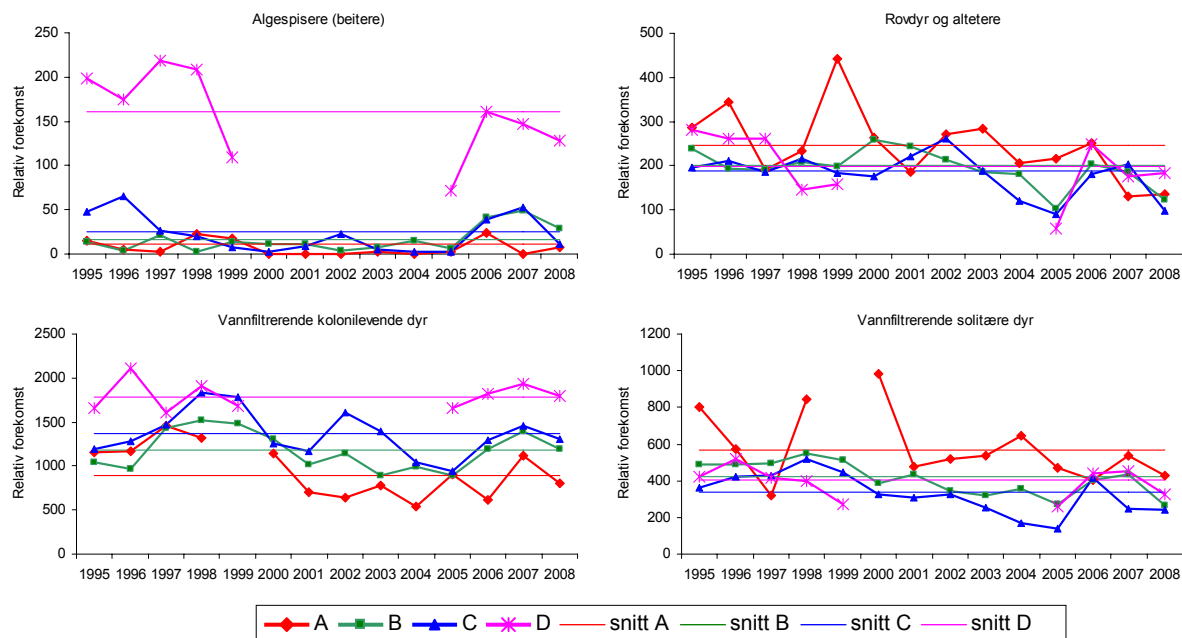
Figur 6.6. Endringer over tid i (relativ) forekomst av makroalgekategorier i regionene A-D. Snittverdi er over perioden 1995-2007. (Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004)

Forekomsten av bladformede makroalger, som fagerving har vært relativt stabil de siste årene etter år med store år til år variasjoner på slutten av 1990-tallet (se kapittel 6.2.3). I 2008 har forekomsten av bladformede arter gått betydelig ned, spesielt i B-området. Flere bladformede arter antas å være følsomme for belastninger som tilslamming og er foreslått som følsomme indikatorarter. Gruppen inneholder imidlertid også opportunistiske arter som havsalat og tarmgrønne (*Ulva* spp.), og endringer må derfor analyseres på artsnivå. Forekomsten av tang og tarearter (canopy/skogdannede arter) har gått betydelig ned spesielt i C- og D-området hvor forekomsten nå er godt under gjennomsnittet for perioden 1995-2007. Årsakene til dette er ukjent, men sommeren 2006 var spesielt varm og det kan være ettervirkninger av dette. Blant trådformede makroalger, hvor mange arter brukes som indikator på eutrofi og negativ belastning, er det store år til år variasjoner og ingen trend i utviklingen. For skorpeformede alger, som kalkalgene i rugl-slektene (*Lithothamnion* spp. og *Phymatolithon* sp.), ble det funnet en markert nedgang i A-området, og det ble observert mye døde (hvite) skorper (*Lithothamnion* spp.) på dypt vann på stasjonene i A-området i 2008. Årsaken til død rugl er ikke kjent, men de skorpeformede artene er spesielt følsomme for fysiske forstyrrelser, partikler og tilslamming (jfr. kapittel 11 i årsrapport for 2003, Moy et al. 2004).

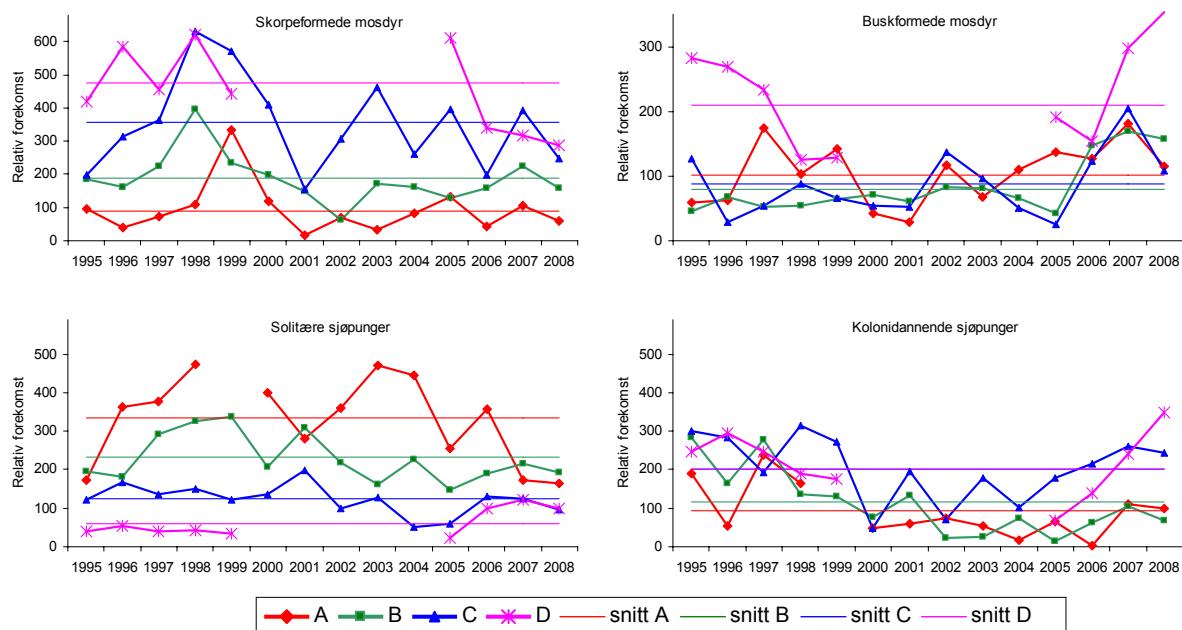
Makrofauna

Også forekomstene av skorpeformede fauna (mosdyr) gikk ned i 2008 i forhold til 2007, mens forekomstene av buskformede mosdyr økte (Fig. 6.8). Økningen var stor i område D, og mosdyr i slekten *Scrupocellaria* ble funnet i tette matter. Forekomstene av sjøpunger endret seg lite i forhold til året før, men forekomstene av kolonidannende sjøpunger økte markant i

område D. At kolonidannende sjøpunger øker i forhold til solitære sjøpunger kan tyde på bedre forhold for faunaen, kanskje på grunn av mindre alger. Solitære sjøpunger formeres med frittstående larver som kan utnytte ledig substrat. De regnes for å ha en opportunistisk strategi i forhold til kolonidannende sjøpunger som vokser lateralt og krever mer stabile forhold (Jackson 1977).



Figur 6.7. Endringer over tid i (relativ) forekomst av dyr på overordnet artsnivå (funksjonelle grupper) for områdene A, B, C og D. Gjennomsnitt er beregnet for perioden 1995-2007 (Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004).



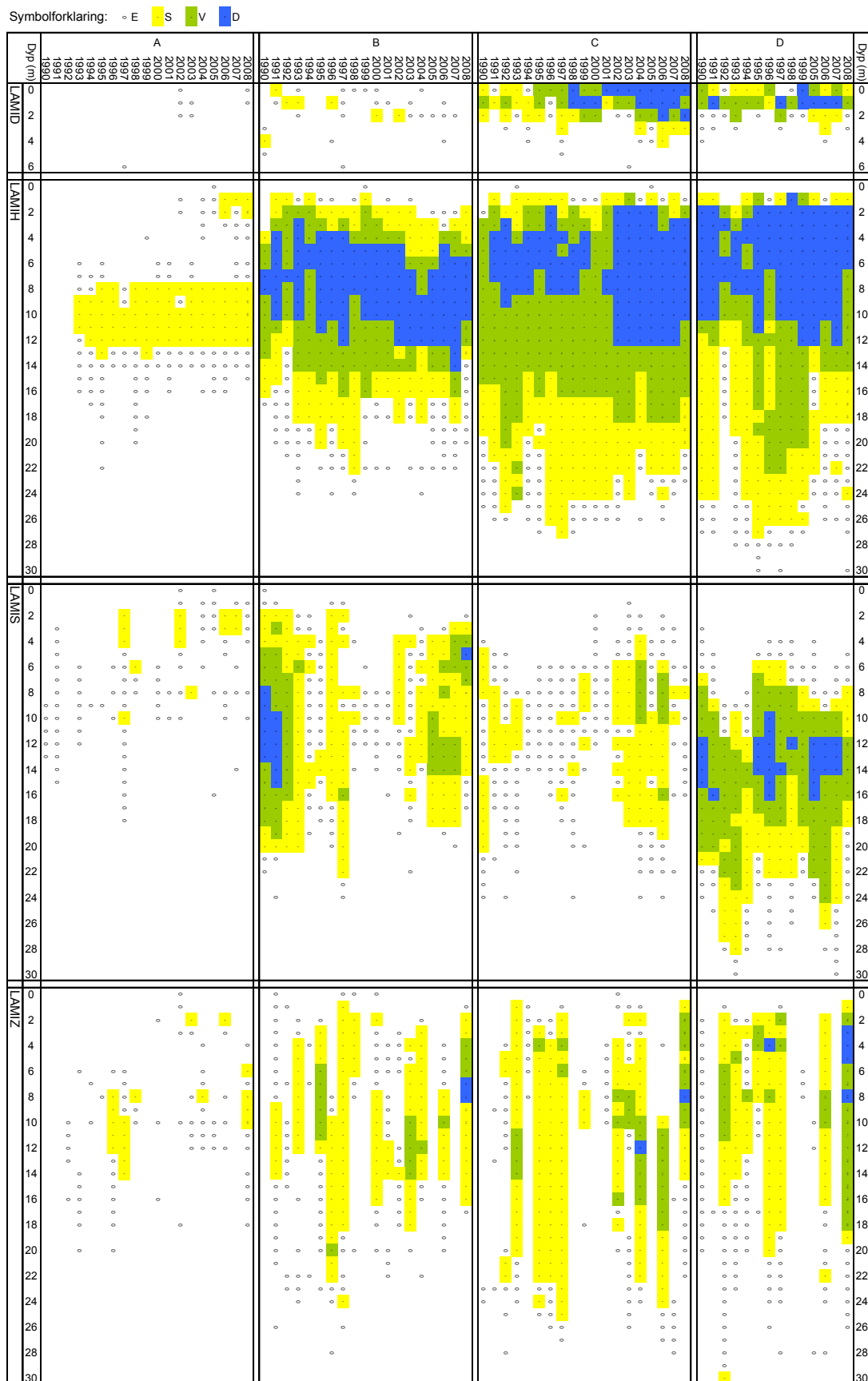
Figur 6.8 Endringer over tid i (relativ) forekomst av mosdyr (skorpeformede og opprette mosdyr) og sjøpunger (solitære og kolonilevende). Område D er ikke undersøkt i perioden 2000-2004).

Endringer i tareskog

Tare er et habitat som huser et rikt mangfold av arter (Christie et al. 2003). Endringer i forekomst (mengde) og utbredelse av tare har derfor stor betydning for det totale artsmangfoldet i hardbunnssamfunnet. Tareskogene er dynamiske samfunn som naturlig varierer fra år til år blant annet på grunn av alder (gamle planter dør, unge planter vokser til), biologiske forhold (konkurransen mellom arter, beiting) og klimatiske variasjoner (stormer, temperaturendringer). Stortare er den dominerende arten på ytre, bølgeeksponert kyst og på de fleste av Kystovervåkingsstasjonene. Figur 6.9 viser at det er store forskjeller mellom de 4 regionene A, B, C og D i forekomst og utbredelse av fingertare, stortare, sukkertare og juvenil tare fra programstart i 1990 og fram til i dag. Juvenil tare er et kompleks av først og fremst stortare og fingertare (vanskelige å skille når de er små), mens sukkertaren tidlig får sin karakteristiske form. Fra 1990 til 1993 ble det ikke funnet stortare i ytre Oslofjord. Det var trolig en følge av oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i 1988.

Som vist i figur 6.3 er tareskogen i ytre Oslofjord (område A) glissen. Etter 1995 har bestanden av stortare vært stabil (Figur 6.9). I 2002 ble to nye overvåkingsstasjoner (a92 og a93) inkludert i programmet og dette kan sees som en liten økning i forekomst av stortare på grunt vann i figuren (Figur 6.3). De andre tareartene har lav forekomst i ytre Oslofjord. De årene som sukkertare har blitt registrert har gjerne etterfulgt kalde år (NAO-indeksen var negativ i 1996, 2001 og 2006, Figur 2.1). På sørlandet (B-området) er det dominerende tareskog fra ca. 4 til 12 m dyp. Øvre voksegrense synes å ha gått ned (blitt borte på grunt vann) i perioden. Også dette kan være relatert til klima og høy vanntemperatur i overflaten i senere tid. Forekomsten av Stortare var lav de første årene av Kystovervåkningen, fra 1990-1993. I denne perioden dominerte sukkertare. Det kan være en naturlig utvikling etter *Chrysochromulina*-oppblomstring hvor det ble observert taredød. Sukkertare i stortareskog er som regel kontrollert av stortaren og sukkertare vokser der det er ledig plass. Økende forekomst av sukkertare de siste årene kan tyde på mer glissen stortareskog på Sørlandet de siste årene. Dette er en nedgang og forringelse av kystens tilstand som kan sammenlignes med forringelsen som er registrert på indre kyst. På Sør-Vestlandet (C-området) dominerer fingertare på grunt vann. I ytre Oslofjord og på Sørlandet kan det være vanskelig å skille stortare og fingertare slik at forekomsten av disse kan være feilestimert. Stortare har på Sør-Vestlandet generelt dominert fra 2 til 16 m dyp. Forekomst og utbredelse har vært stabil etter en dårlig periode i 1999-2001. Forekomsten av sukkertare er normal og noe større etter 2002 i figuren, men dette er også fordi datagrunnlaget er justert ved at den beskyttede stasjonen c95 ble inkludert i programmet i 2002. På Vestlandet (D-området) er også forekomsten av stortare relativt stabil, men det har vært store variasjoner i dens forekomst på dypere vann i perioden og det kan se ut som tareskogen dør ut på dypere vann. Store variasjoner i stortarebestanden gir seg også utlag i store variasjoner i forekomst av sukkertare og små unge tarer. I 2008 kan det se ut som det har vært et generasjonsskifte og en stor del av den voksne bestanden av stortare har blitt erstattet av unge planter.

Det er naturlig at forekomst og utbredelse av små, unge tarer varierer mye. I en frisk tareskog står det en underskog av små tareplanter under canopy-plantene som venter på en sjanse til å vokse opp. Etter stort tap av store planter, for eksempel som følge av vinterstormer, vokser den unge taren raskt opp og kan utgjøre en betydelig andel av canopyen påfølgende sommer. En stor andel ung tare kan imidlertid også indikere dårlige forhold for voksne tare og unaturlig høy dødelighet.



Figur 6.9. Forekomst og utbredelse av tære i områdene A, B, C og D i perioden 1990-2008 (område D ble ikke overvåket 2000-2004). LAMID = fingertare, LAMIH = stortare, LAMIS = sukkertare, LAMIZ = juvenil tære. E: enkeltfunn, S: spredt, V: vanlig, D: dominerende.

6.2.3 Endringer i nedre voksegrense for alger

Nedre voksegrense for makroalger er et godt mål på vannkvalitet, forutsatt at nedre voksedyp er bestemt av lyset og ikke andre fysiske eller biologiske faktorer som for eksempel kråkebollebeiting. Egenskaper ved vannmassene som partikkelinnhold (grumsete) og farge (gulstoff, AY380) bestemmer hvor langt lyset trenger ned i dypet, og fysiologiske egenskaper bestemmer makroalgenes minstekrav til lys for å kunne vokse. Nedre voksegrense (kompensasjonsdypet) er forskjellig fra art til art og generelt er rødalger best tilpasset svakt lys og kan vokse på dypt vann. Siktdyp gir et øyeblikksbilde på måletidspunktet, mens nedre voksegrense for makroalger gir et akkumulert mål på vannets klarhet. Jo dypere lyset trenger ned, jo dypere kan algene vokse. Siden algene trenger en viss tid (kanskje år) på å etablere en bestand, reflekterer deres nedre voksegrense en ”gjennomsnittlig” kvalitet.



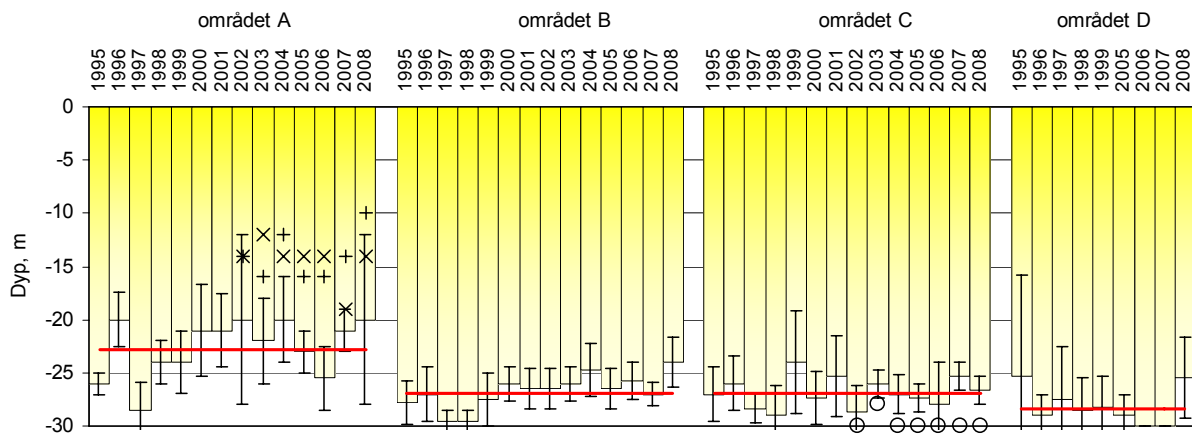
Fagerving (*Delesseria sanguinea*) er en flerårig, bladformet alge med et typisk utseende som gjør den lett å identifisere i felt (jfr. bilde til venstre) og den vokser på alle kystovervåkingsstasjonene. Fagerving er derfor godt egnet som indikatoralge for nedre voksegrense i Kystovervåkingsprogrammet. Nedre voksegrense for fagerving er også foreslått som indikator for fastsettelse av vannkvalitet iht. Vanndirektivet. Algens verdi som økologisk indikator er imidlertid mer usikker. Flere forslag til biologiske kvalitets-

evalueringsystemer kategoriserer den som en indikator på god økologisk tilstand fordi den er en *bladformet* rødalge. Samtidig er økt forekomst av fagerving blitt knyttet til eutrofiering (Johansson m. fl. 1998), noe vi også har observert på bølgebeskyttet bunn i næringsbelastede områder. Svak eutrofiering gir en gjødslingseffekt som mange alger responderer positivt på, men sterkere grad av eutrofiering fører til dårlig lystilgang til bunnfloraen (kystvannformørkning) som har negativ innvirkning på nedre voksedyp.

I Kystovervåkingsprogrammet måles nedre voksegrense i juni måned. Denne voksegrensen vil være bestemt av vannkvaliteten og andre påvirkningsfaktorer i en lengre periode forut for registreringstidspunktet. Vinter, vår og delvis også høst og sommer året før har hatt innflytelse på voksedypet. I Kystovervåkingsprogrammet har vi definert nedre voksegrense til det dypeste dyp hvor fagerving minimum har spredt forekomst. Enkeltindivider av fagerving kan vokse under denne beregnede voksegrensen, men slike sparsomme forekomster av enkeltindivider varierer i sin dybdeutbredelse fra år til år, og det vil variere på hvilket dyp dykkeren oppdager og registrerer forekomst av sjeldne arter. For sammenlikning fra år til år har vi derfor valgt det dyp hvor dykkeren har observert minimum spredt forekomst av arten. Dykkestransektene går maksimalt til 30 m dyp og det er en begrensende faktor for fastsetting av nedre voksedyp som for fagerving, spesielt på Vestlandet hvor fagerving ofte vokser dypere enn 30 m.

Figur 6.9 viser gjennomsnittlig nedre voksegrense for fagerving i hvert av områdene A, B, C og D (søyler) for hvert år i perioden 1995-2008. Til hjelp for vurdering av resultatene er gjennomsnittet for perioden 1995-2007 markert med en rød horisontal linje. Av figuren framgår det at nedre voksegrense for fagerving er redusert (dvs. grunnere) i 2008 sammenliknet med tidligere år, og reduksjonen er signifikant på Sørlandet (område B). På Sør-Vestlandet (C-området) er voksedypet generelt bra (unntak 1999) og det er ikke funnet noen

trend i tidsperioden. I ytre Oslofjord (A-området) er det derimot en negativ trend med redusert voksedyp i perioden, med unntak av ”de gode årene” 2005-06. I 2008 var nedre voksegrense 20 m. Det er likt med årene 1996, 2002 og 2004. De beste årene var 1997, 1995 og 2006 da fagerving ble funnet på over 25 m dyp. Til sammenlikning ble fagerving funnet dypere enn 30 m i Ytre Oslofjord rundt 1950 (Sundene 1953). Tilbakegangen på Sørlandet er signifikant og det dårligste som er registrert i perioden. Alle stasjonene viste redusert dybdeutbredelse av fagerving i 2008, og spesielt fjordstasjon b07 (Tromøy) og stasjonen b12 (Meholmen utenfor Kristiansand). Disse to stasjoner viser markerte år til år variasjoner (4-6 m), men resultatet indikerer likevel en nedadgående trend i nedre voksegrense som indikerer dårligere vannkvalitet over tid på Sørlandet. Årsaken til dette er sannsynligvis redusert siktdyp (kapittel 4.6). Dette kan også sees i sammenheng med redusert artsmangfold som ble funnet på Sørlandet i 2008, og en mulig negativ trend i artsmangfoldet siden ca 1997-2000 (jfr. Figur 6.1 b). Den markerte nedgangen på Vestlandet (D-området) skyldes spesielt dårlig voksedyp på stasjon d23 (Ylvesøy). Her ble få individer av fagerving registrert på dyp under 20 m, mens den generelt har vært funnet med spredt forekomst ned til 30 m. Årsaker til dette er ukjent, men i 2008 ble det registrert markert økt forekomst av rødlo, bruntufs og japansk sjølyng, samt noe mer tilslamming av bunnen på dyp under 20 m sammenliknet med tidligere år. Det kan ha påvirket nedre voksegrense for fagerving negativt. I 1995 var også nedre voksedyp dårlig på Vestlandet. Den gang var det dårlig vekst av fagerving på stasjon d22 Marholmen.



Figur 6.9. Nedre voksegrense for rødalgen fagerving. Søylar viser gjennomsnittlig nedre voksedyp med minimum spredt forekomst av fagerving hvert år for områdene A til D. Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall rundt gjennomsnittsverdiene (2 x S.E.). Røde, horisontale linjer viser gjennomsnittsdypet for hvert område i perioden 1995-2007. Utfasede stasjoner er ikke tatt med i snittberegninger og c15 er utelatt fordi den er grunnere enn 25 m. Nedre voksegrense på de nye stasjonene i A- og C-området er vist med egne symboler: + = a92, x = a93, o = c95. a92 og a93 er ikke med i beregningen av søyle- eller snittverdier.

7. Bløtbunnssamfunn

I undersøkelsesperioden 1990-2008 har det vært en svak reduksjon i eutrofipåvirkning av bløtbunnsfaunasamfunnene på de dype stasjonene i det østlige Skagerrak (ytre A-område og ytre B-område), spesielt etter år 2000. I indre og ytre område ved Lista (C-området) har det vært en svak økning i eutrofipåvirkning i perioden.

Tilstanden i bløtbunnssamfunnene i Skagerrak i 1990-2008 og på Vestlandet i 2005-2008 har stort sett vært meget god eller god (etter SFTs miljøkvalitetskriterier). Unntaket er stasjon A36 i ytre Oslofjord, der tilstanden fremdeles er mindre god (men i bedring) og på stasjon B35 utenfor Arendal, der tilstanden i det meste av perioden har vært mindre god, men i stadig bedring, og nå har god tilstand. På C16 har arts mangfoldet sunket fra 2000 til 2008, etter en midlertidig bedring fra 1990 til 2000. Også på den dype stasjonen utenfor Lista (C38) har arts mangfoldet gått ned, men tilstanden der er fremdeles meget god. På stasjonene på Vestlandet er arts mangfoldet høyt, særlig på stasjonen i åpent hav vest for Sotra (D20).

Forekomst av indikatorarter for gode miljøforhold, viste høyest indeks (best tilstand) på stasjon C38 i havet utenfor Lista og på D20 i havet utenfor Sotra.

Individtetthetene var generelt høyere på de dype enn på de grunne stasjonene i Skagerrak. På A36 og B35 har individtetthetene gått ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene, noe som kan tyde på at næringstilførselen der ikke er like stor som tidligere. På C16 og C38 har individtettheten økt.

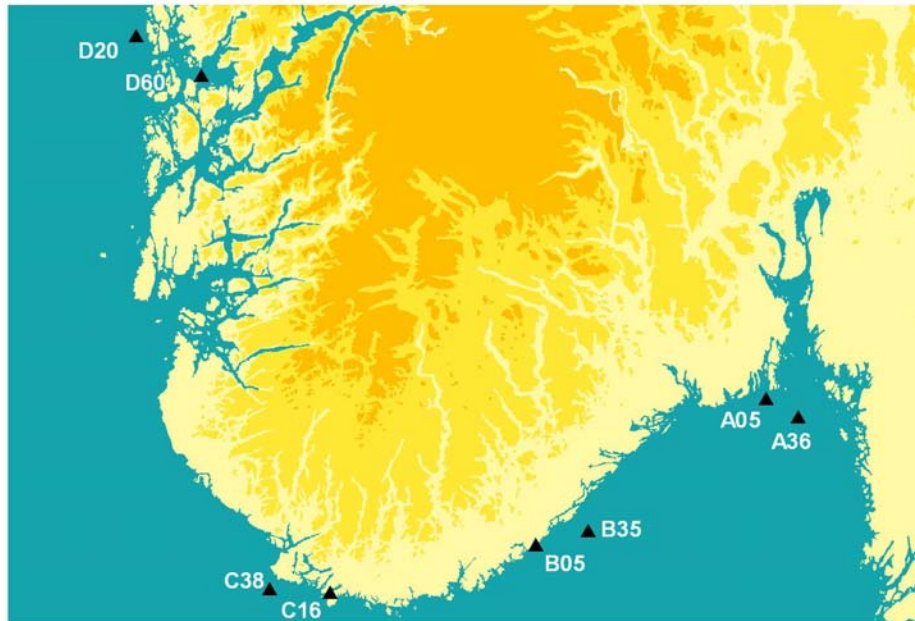
Innholdet av totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet var lavt til moderat (meget god til god tilstand) gjennom hele perioden på alle stasjonene, bortsett fra på B05 (mindre god tilstand). Dette har ikke påvirket faunatilstanden på B05.

En ny tilstandsindeks som kombinerer arts mangfold og indikatorarter (NQII) er innført.

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 (indikatorarter), artsantall, individtetthet og forekomst av enkelte dominerende arter.

Stasjonskart for 2008 er vist i Figur 7.1. Tidsplott for perioden 1990-2008 av parametere i faunasamfunnet og individtettheter av enkeltarter er vist i Figur 7.2-Figur 7. Signifikante trender er vist i Tabell 7.1.

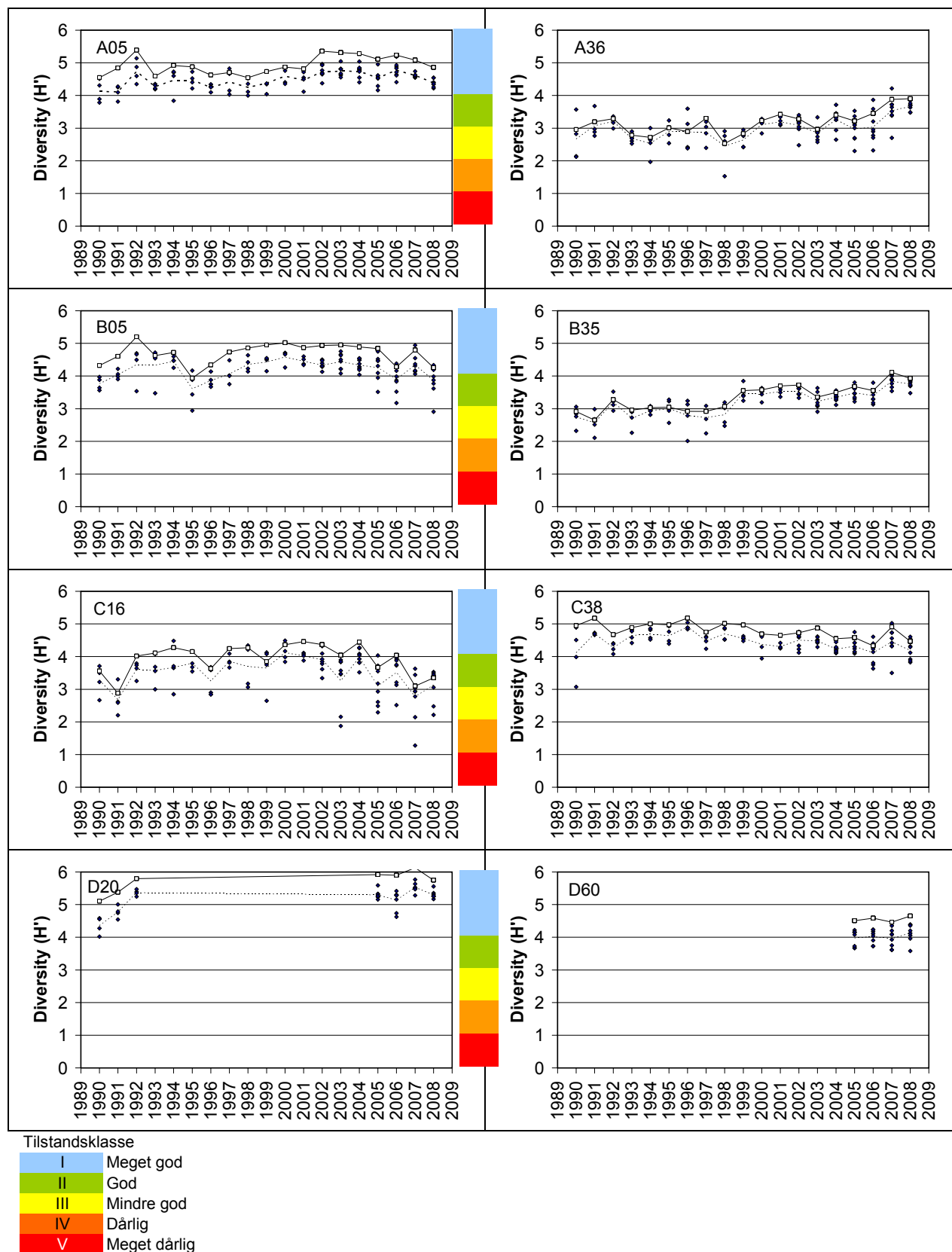


Figur 7.1 Kart over bløtbunnsstasjonene i 2008. (Ved å legge til en 0 til stasjonskodene indikerer tallkoden dyppet på stasjonen, for eksempel er A05 og A36 hhv. 50 og 360 m)

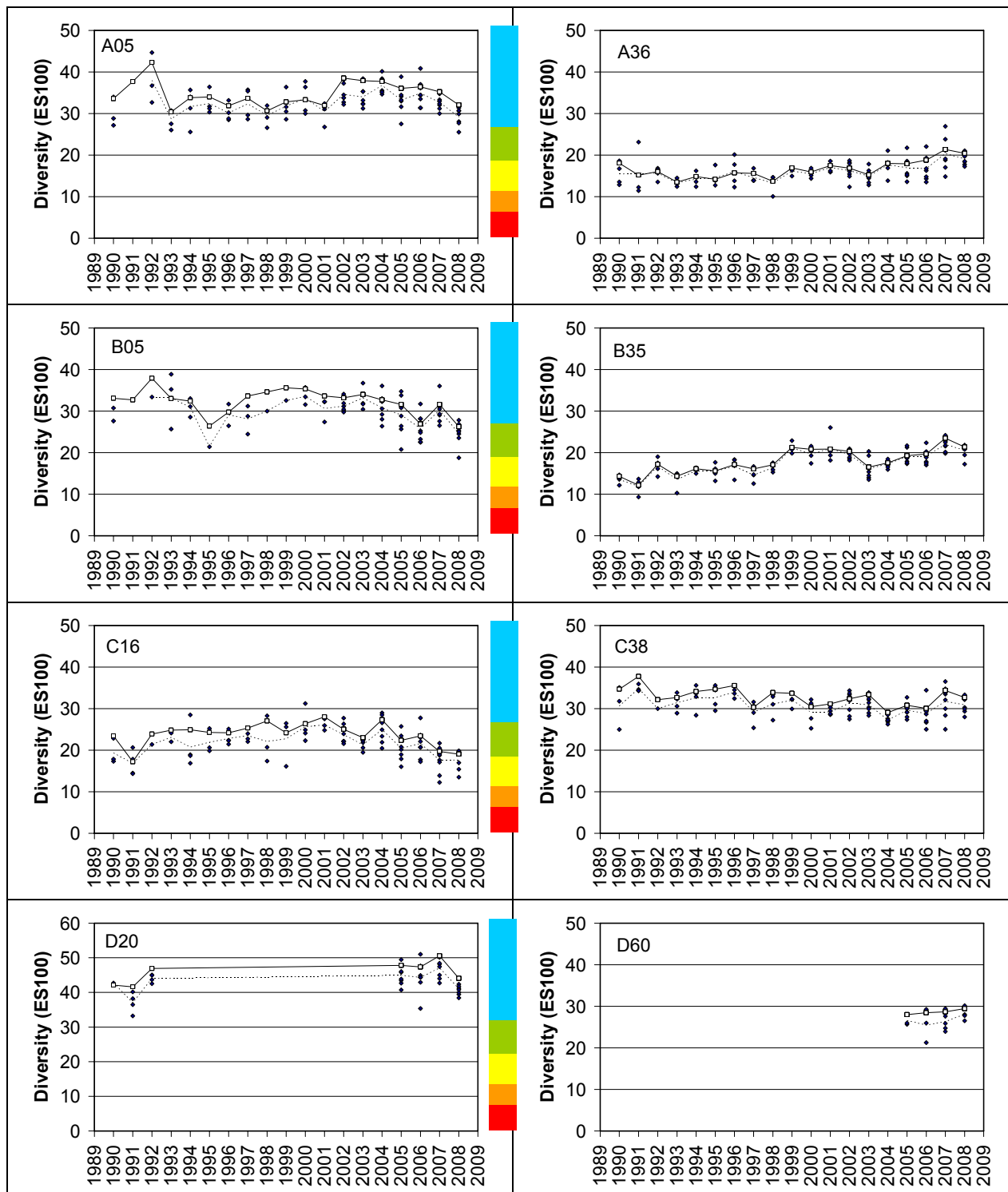
Artsmangfold

Artsmangfoldet i bløtbunnssamfunnene er beregnet ved indeksene H' (Shannon & Weaver, 1963) og ES_{100} (Hurlbert, 1971). Begge indikerer tilstand i organismesamfunn (jfr. SFT, 1997), men de har en litt forskjellig vektlegging av artstall, individtall og jevnhet av individtall blant arter. I de fleste årene lå artsmangfoldet på alle stasjonene, med unntak for de dype stasjonene i ytre Oslofjord (A36) og utenfor Arendal (B35), i tilstandsklasse I eller II (meget god eller god tilstand) etter SFTs miljøkvalitetskriterier (Figur 7.2, Figur 7.3). På de dype stasjonene (A36 og B35) lå tilstanden i første del av perioden i klasse III (mindre god tilstand), men i de siste årene har tilstanden forbedret seg og er i dag i klasse god (II) på B35. Bedringen skyldes hovedsakelig en bedre jevnhet mellom artene (dvs. redusert individtetthet av noen dominerende og forurensningstypiske arter). På den grunne stasjonen på Sørlandet (B05) var tilstanden meget god (klasse I). Av de dype stasjonene viste D20 utenfor Sotra på Vestlandet og C38 i havet utenfor Lista høyest artsmangfold, men samtidig viste C38 ved Lista en svak, men signifikant, nedgang i perioden..

Artstall pr. 100 individer (ES_{100}) var innenfor det normale for fjorder og kystvann i Sør-Norge. Verdier av ES_{100} over 18 kan betraktes som høye (god eller meget god tilstand). Lavest ES_{100} ble funnet på de dype stasjonene A36 og B35 (Figur 7.3) tilsvarende som for H' , men indeksen er imidlertid stigende. På fjordstasjonen i Lista-området (C16) har både H' og ES_{100} avtatt de siste årene.



Figur 7.2. Artmangfold (H') for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2008. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkede linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber) (Klassifisering etter SFT 1997).



Figur 7.3. Artstall pr. 100 individer (ES₁₀₀) i 1990-2008. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). Fargene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2).

Artstetthet

Artstetthet på bløtbunnsstasjonene er uttrykt ved artstall pr. 0.1 og 0.4 m² (hhv. pr. grabb og for 4 grabber til sammen, Figur 7.4). På alle stasjonene i Skagerrak, bortsett fra den dype stasjonen på Sørlandet (B35), var det en økning i artstetthet i undersøkelsesperioden (Figur 7.4). Lavest antall arter ble funnet på den dype Vestlandsstasjonen i Bjørnafjorden (D60). Denne ble inkludert i overvåkningen i 2005, slik at datamaterialet er for lite til å kunne anslå noen tidstrend. På Vestlandsstasjonen D20 på utsiden av Sotra ble det funnet spesielt høyt antall arter.

Indikatorarter (ISI)

Forekomst av indikatorarter (arter som indikerer god eller dårlig miljøtilstand) viste lite endring i perioden på de fleste av stasjonene (Figur 7.5) og de fleste stasjonene tilfredstilte kriteriene til tilstandsklasse meget god (klasse I). Dette tyder på at endringene i påvirkning ikke har vært så store at det har ført til noen betydelig utskiftning av arter. Høyest indikatorartsindeks (best tilstand) viste stasjon D20 på utsiden av Sotra og C38 på utsiden av Lista (ISI = 10-11). Lavest indikatorartsindeksverdi og avtagende de siste årene, ble funnet på den dype stasjonen i ytre Oslofjord (A36). Det er i motsetning til indekser for artsdiversitet som har vist tilstandsbedring de siste årene. Artsdiversitetsindeksene tar ikke hensyn til sensitive arter slik ISI-indeksen gjør.

Tilstandsindeks NQI1

NQI1-indeksen (Norsk kvalitetsindeks) kombinerer artsmangfold og forekomsten av indikatorarter (Rygg, 2006; Molvær et al., 2008). Grensene mellom tilstandsklassene er satt etter interkalibrering med andre europeiske tilstandsindekser (Carletti & Heiskanen, 2008). Figur 7.6 viser NQI1 for bløtbunnsfauna over tid. I likhet med artsmangfold-indeksene viser NQI en forbedring av tilstanden på stasjon A36 og B35. Særlig på B35 er økningen i NQI-verdien betydelig.

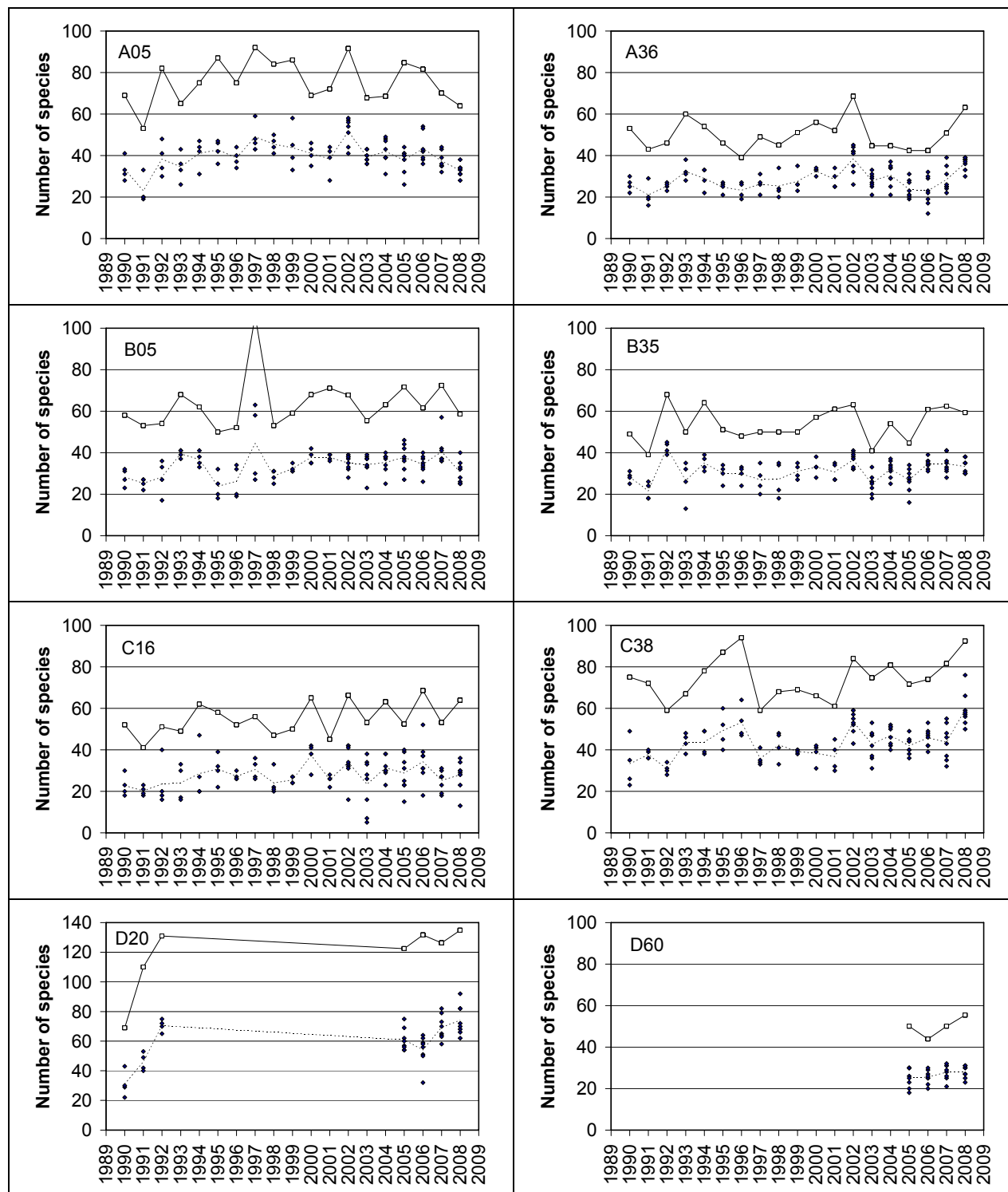
Individtetthet

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 7.7). I fjorder og kystvann ellers finner vi generelt ingen slik trend. Dette kan indikere større sedimentering av næringspartikler et stykke ut fra Skagerrakkysten enn nærmere kysten (tilsvarende synes også å være tilfellet på Vestlandet, men foreløpig er det for få observasjoner til å gi en vurdering). Individmengden på de dype havstasjonene A36 (ytre Oslofjord) og B35 (Sørlandskysten) har gått tydelig ned, særlig hos en av de dominerende opportunistiske artene (*Heteromastus*, jfr. Figur 7.9). På B35 var forbedringen signifikant (Tabell 7.1). Nedgangen kan tyde på redusert næringstilførsel. Dette er en bedring som også vises i indekser for artsmangfoldet. På de grunne, kystnære stasjonene B05 på Sørlandskysten og C16 på Lista var det en økende individtetthet (signifikant) og spesielt av den opportunistiske arten *Heteromastus* (Figur 7.8). Også for den dype Lista-stasjonen ble det funnet en stigende individtetthet i perioden 1990-2008. På Vestlandsstasjonene er individtallet lavt på stasjonen i Bjørnafjorden og høyt på stasjonen i havet utenfor Sotra, akkurat som artsantallet.

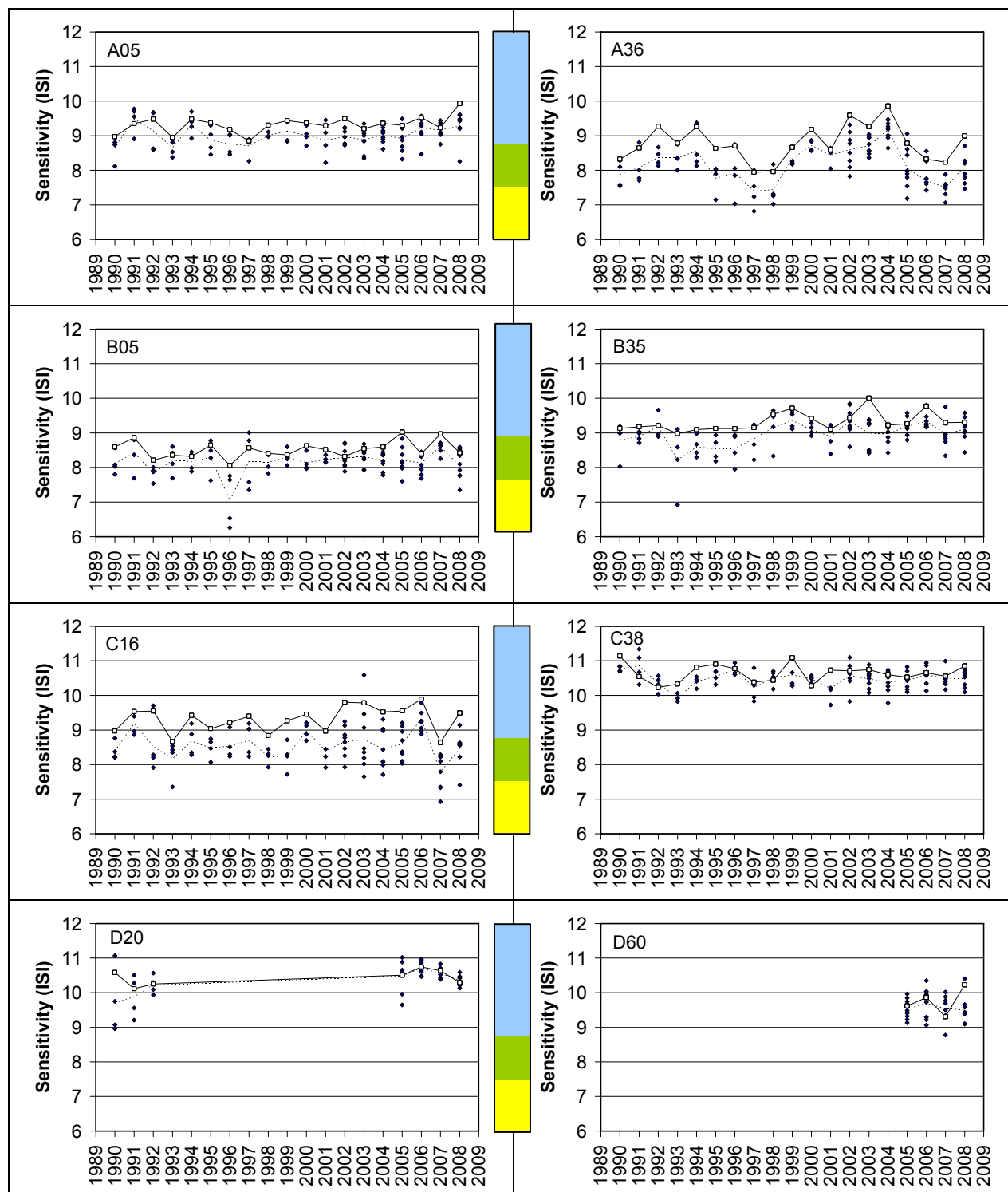
De vanligste artene

Individtall for de vanligste artene på grunne, kystnære stasjoner i Skagerrak er vist i Figur 7.8 og for dype stasjoner i Skagerrak i Figur 7.9. Figur 7.10 viser individtallet for de vanligste artene på Vestlandsstasjonene. 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

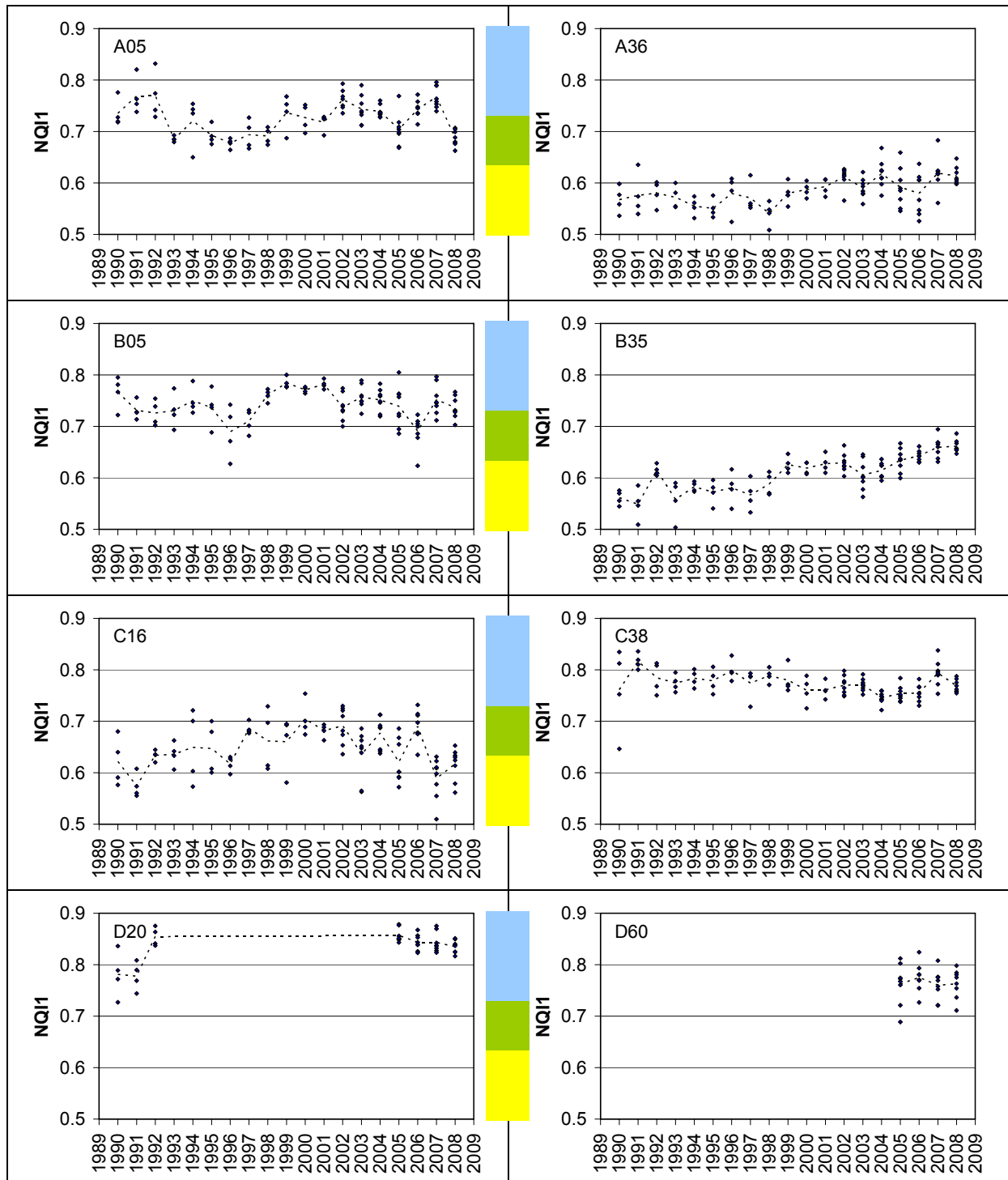
målte miljøfaktorene. Av artene i Figur 7.8 -7.10 er det særlig mangebørstemarkene *Chaetozone*, *Heteromastus* og *Paramphinome* som er kjent for å være opportunistiske og tolerante arter (Rygg, 1995), ofte dominerende på organisk belastete lokaliteter. Muslingen *Abra*, mangebørstemarken *Prionospio* og til en viss grad *Tharyx/Caulleriella* kan også være vanlige på organisk belastete lokaliteter (NIVA database), men alle disse artene kan også være vanlige på ikke-forurensede lokaliteter. Det er derfor ikke bare forekomsten, men først og fremst endringer over tid i individtettheten av artene, som kan indikere økt eller minsket næringstilgang. På stasjon A36 og B35 var det en tilbakegang av børstemarken *Heteromastus*, noe som kan tyde på redusert næringstilførsel. På fjordstasjonen C16 ved Lista er antallet av *Heteromastus* høyt og økende, noe som kan tyde på økt næringstilførsel.



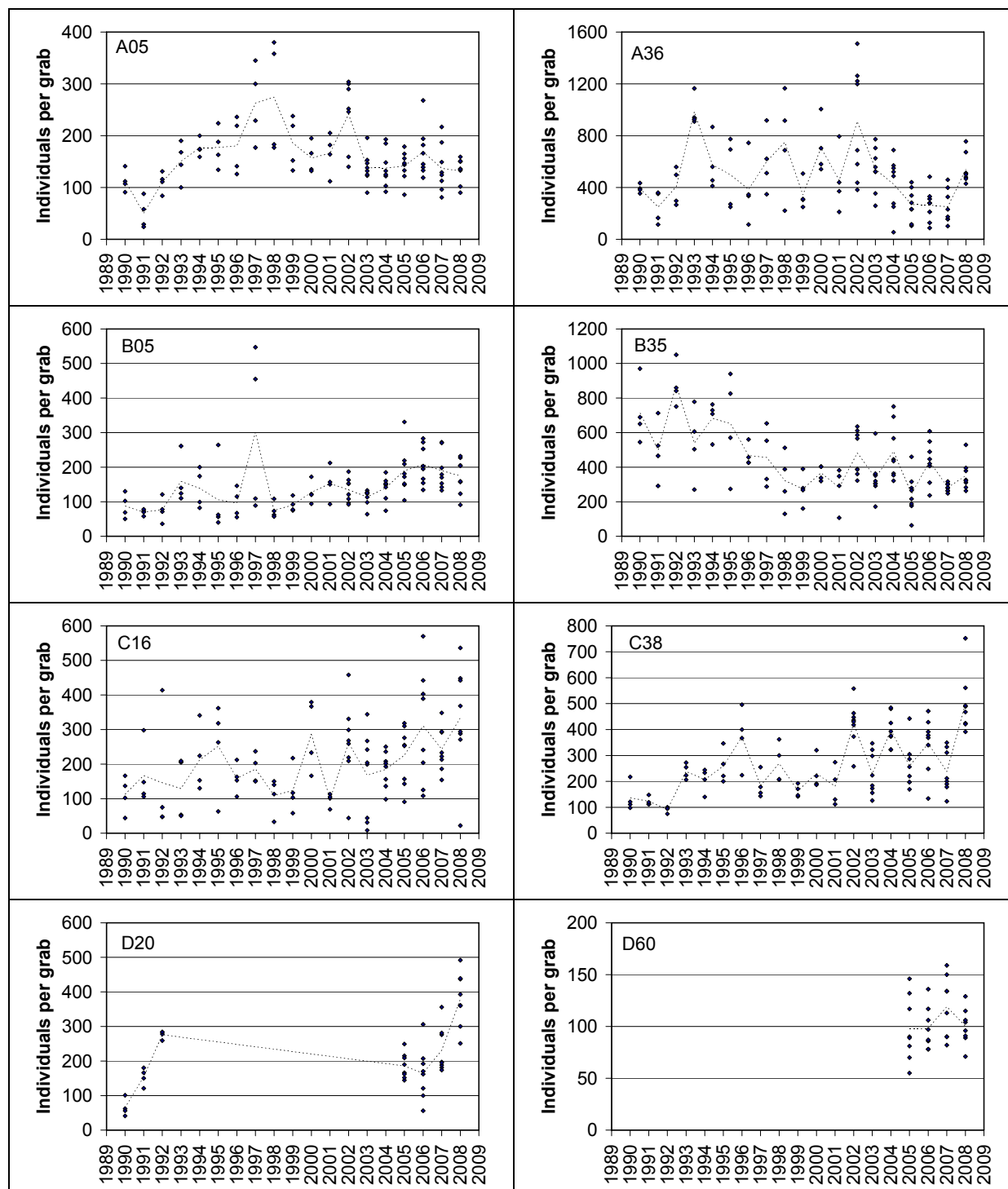
Figur 7.4. Artstetthet i 1990-2008. (Merk utvidet skala for stasjon D20.) Punkter og prikkete linjer: Verdier pr. grabb (0.1 m²) og gjennomsnitt. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber, 0.4 m²).



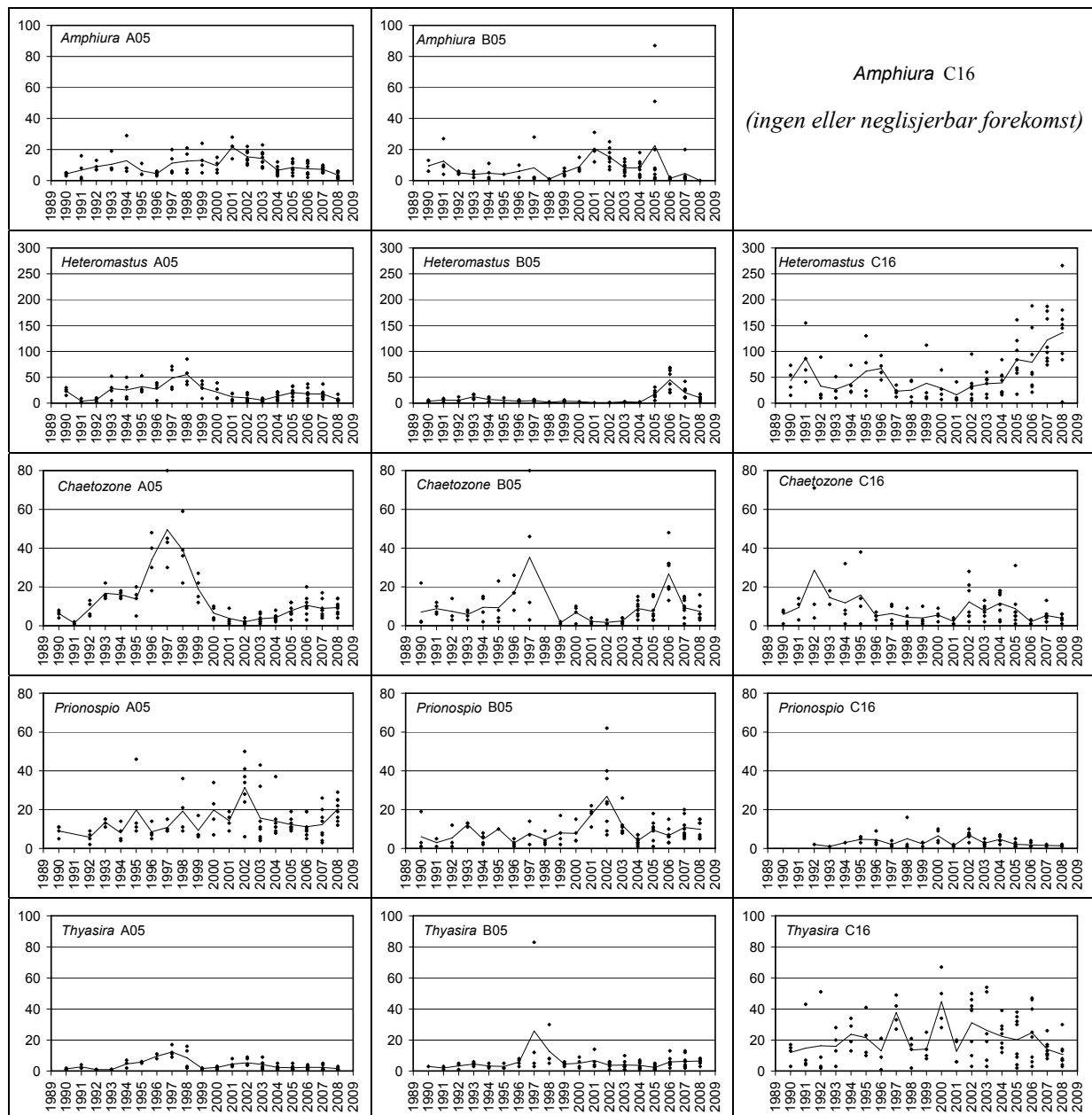
Figur 7.5. Indikatorartsindeks (ISI) for bløtbunnsfauna pr. grabb og stasjon i 1990-2008. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Heltrukket linje og åpne punkter: Verdier for stasjonen (sammenslåtte grabber). Fargene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2). (Klassifisering iflg. Rygg 2002.)



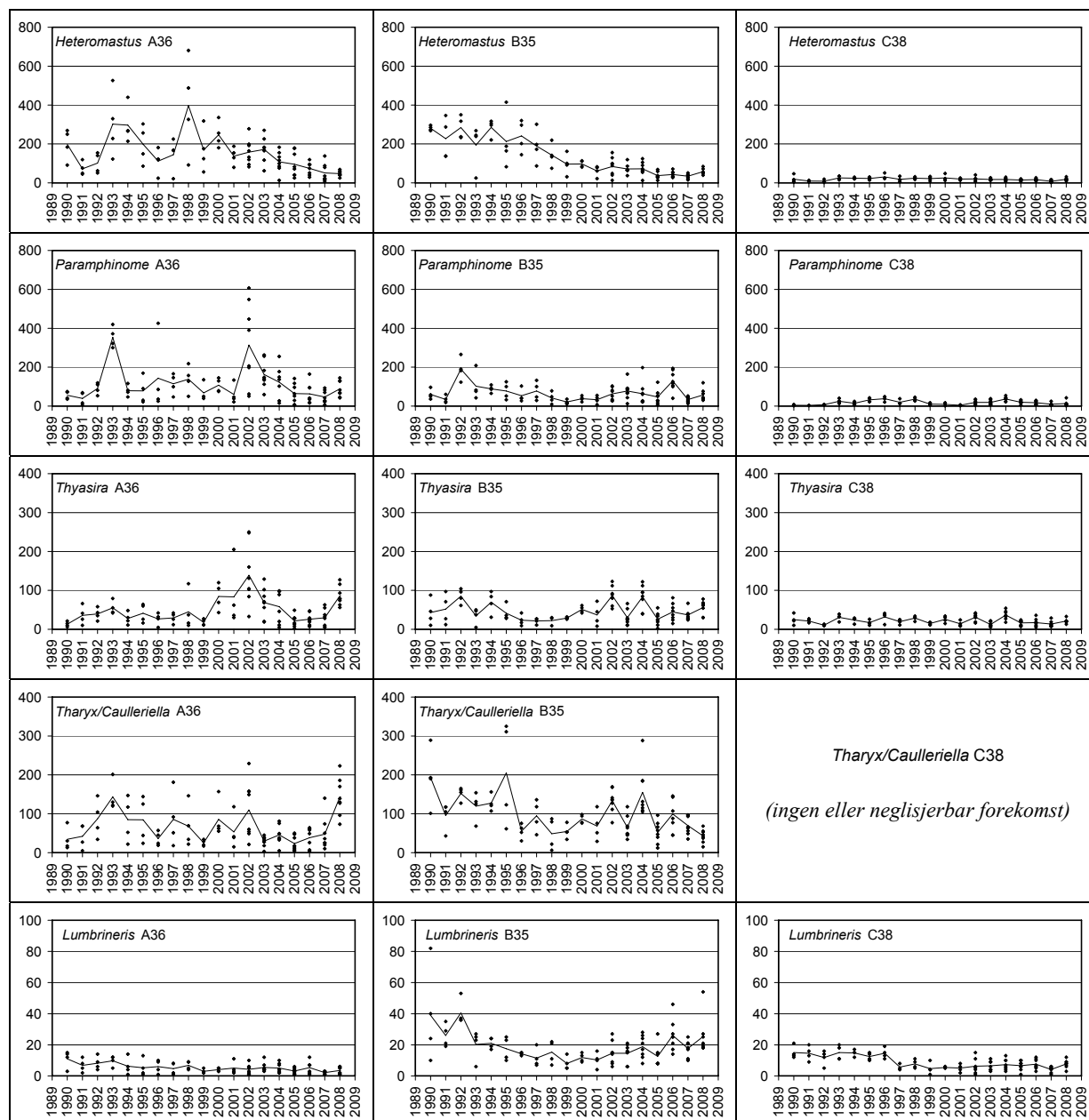
Figur 7.6. Norsk kvalitetsindeks (NQI1) for bløtbunnsfauna pr. grabb i 1990-2008. Punkter: Verdier pr. grabb. Prikkete linjer: Gjennomsnitt for parallelle grabber. Fargene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2, Klassifisering iflg. Molvær et al. 2008.)



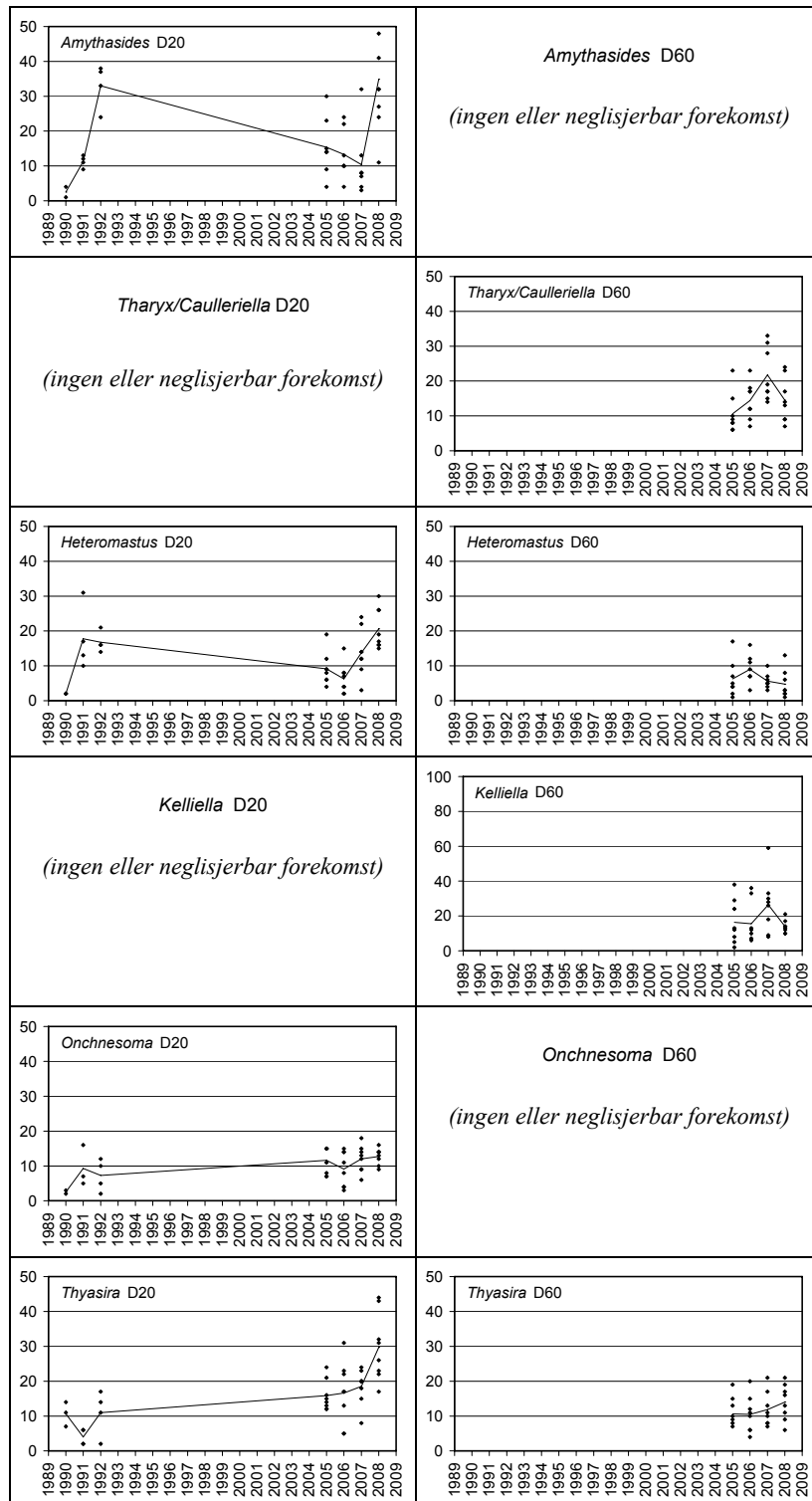
Figur 7.7. Individantall for bløtbunnsfauna pr. grabb (0.1 m²) (punkter) og gjennomsnitt pr. år (linjer) i 1990-2008. Etter 2001 er det tatt åtte grabber pr. stasjon, mot fire grabber pr. stasjon 1990-2001. Merk ulik skala i plottene.



Figur 7.8. Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de grunne stasjonene A05 (ytre Oslofjord, 50m), B05 (Arendal, 50m) og den middels dype fjordstasjonen C16 (Grønsfjord ved Farsund, 160m). Merk ulik skala for forskjellige slekter.



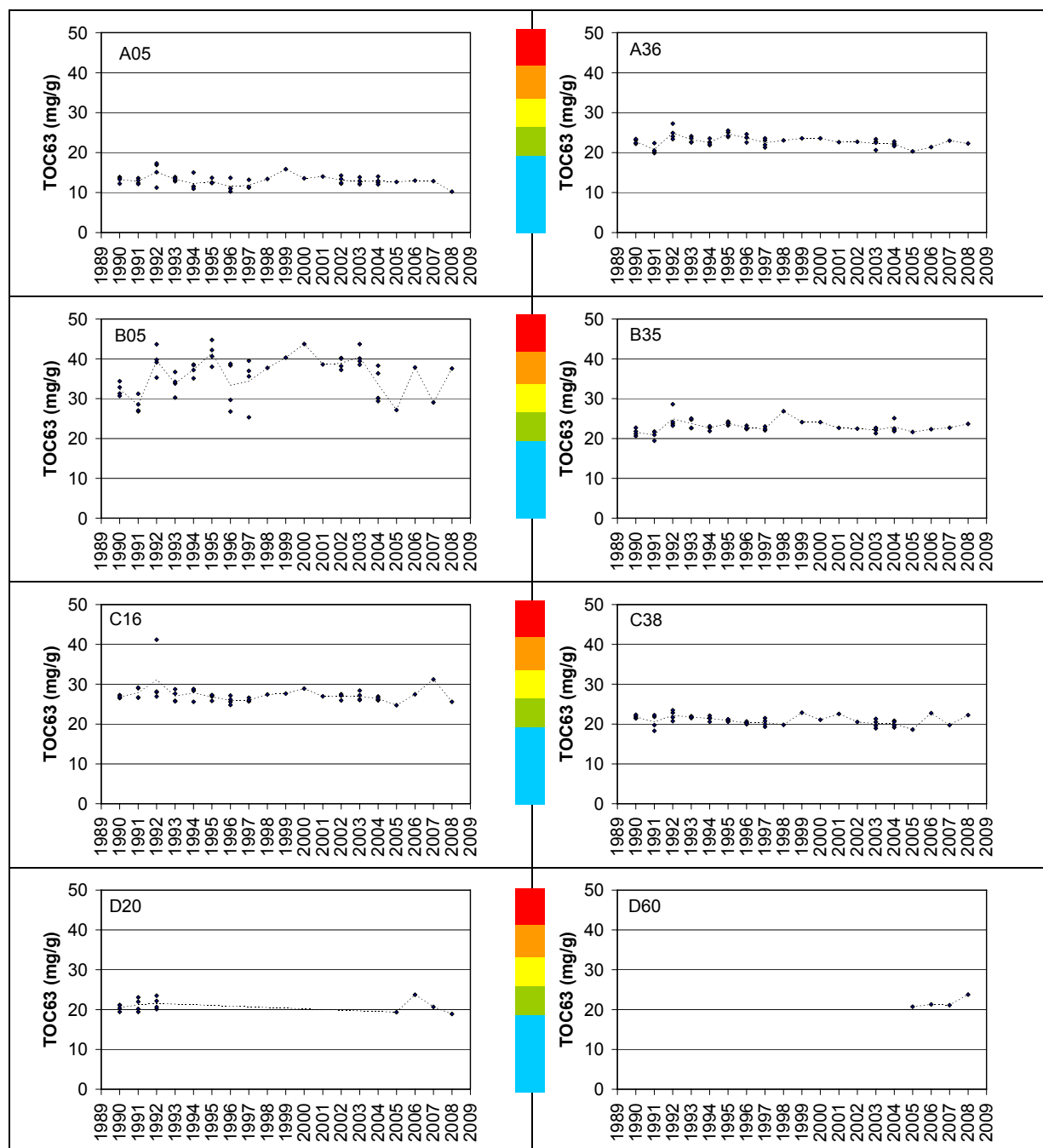
Figur 7.9. Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de dype stasjonene A36 (ytre Oslofjord, 360m), B35 (Arendal, 350m) og C38 (Lista, 380m). Merk ulike skalaer for forskjellige slekter.



Figur 7.10. Antall individer pr. grabb (punkter) og gjennomsnitt (linje) for noen vanlige slekter på de dype stasjonene på Vestlandet, D20 (i havet utenfor Sotra, 200m) og D60 (Bjørnafjorden, 600m).

7.2 Bunnsedimenter

Tidsserier for totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet på stasjonene er vist i Figur 7.11. 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 7.11. Innhold av totalt organisk karbon (TOC₆₃, mg/g), korrigert for sedimentets innhold av silt og leire i enkeltprøver (punkter) og som gjennomsnitt (linjer) pr. år 1990-2008. Fargekodene angir tilstandsklasser (se Figur 7.2).

Organisk innhold (TOC) var lavt til moderat, og var høyest i de mest finpartikulære sedimentene. Gjennomsnittlig TOC₆₃-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 forhøyet 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 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. Fjordstasjonen C16 viste stort sett klasse III (mindre god) i hele perioden.

7.3 Tidstrender

I Tabell 7.1 vises resultater fra en trendanalyse av de enkelte parametrene for hver stasjon (lineær trend 1990-2008). + eller - betyr signifikant stigende eller synkende verdier, mens fargen grønn eller rød indikerer en positiv eller negativ utvikling på de seks stasjonene. Hovedkonklusjonen er at tilstanden har blitt bedre på de to dype havstasjonene A36 i ytre Oslofjord (A-området) og B35 på Sørlandskysten (B-området). Nedgang i antall individer og spesielt antall av den opportunistiske mangebørstemarken *Heteromastus* på B35 kan sees i sammenheng med nedgang i planteplankton (figur 5.7) og næringssalter (nitrat, figur 5.8) målt på nærliggende hydrografistasjon Arendal st 2. På fjordstasjonen C16 og den dype havstasjonen C38 utenfor Lista (C-området) har tilstanden i siste del av perioden blitt dårligere, med redusert arts mangfold og økt individtetthet. Siktdypet på C38 har også blitt dårligere over tid (figur 4.8 d) og dette kan tyde på en svak eutrofiering. For de andre stasjonene gir ikke den lineære modellen noen entydig trend.

Tabell 7.1. Signifikanstest av endringer (lineær modell, $P < 0.05$) for perioden 1990-2008. Vestlandsstasjonene D20 og D60 er ikke tatt med her, på grunn av få observasjoner.

Parameter	Stasjon	A05	A36	B05	B35	C16	C38
Individtetthet		0	0	+	-	+	+
Artstall pr grabb		0	0	+	0	+	+
Artstall pr 100 individer (ES ₁₀₀)		0	+	-	+	-	-
H'		0	+	0	+	0	-
ISI		0	0	0	+	0	0
NQI1		0	+	0	+	0	0
TOC ₆₃		0	0	0	0	0	0

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

8. Referanser

- Andersson, L. 1996. Trends in nutrient and oxygen concentrations in the Skagerrak-Kattegat. *Journal of Sea Research* 35 (1-3): 63-71
- Aure, J., Magnusson, J. 2008. Mindre tilførsel av næringssalter til Skagerrak. *Kyst og havbruk 2008*. s 28-30.
- Aure, J., 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.
- Aure, J., Magnusson, J. 2008. Mindre tilførsel av næringssalter til Skagerrak. *Kyst og havbruk 2008*. s 28-30.
- 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.
- Carletti, A., Heiskanen, A.-S. (eds), 2008. Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 3: Coastal and transitional waters. Draft manuscript August 2008. JRC Scientific and Technical reports.
- Christie H., Jørgensen N.M., Norderhaug, K.M. & Waage-Nielsen, E. 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. *Journal Marine Biological Association UK*, 83: 687-699.
- 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.
- Edwards, M., Johns, D.G., Beaugrand, G., Licandro, P., John, A.W.G. & Stevens, D. P. 2008. Ecological Status Report: results from the CPR survey 2006/2007. *SAHFOS Technical Report*, 5: 1-8. Plymouth, U.K. ISSN 1744-0750
- Fleming, V., Kaitala, S. 2006. Phytoplankton spring bloom intensity index for the Baltic Sea estimated for the years 1992 to 2004. *Hydrobiologia* 554 (1):57-65.
- Hallegraeff, G.M., Hara, Y. 2003. Taxonomy of harmful marine raphidophytes. In: G.M. Hallegraeff, D.M. Anderson and A.D. Cembella, Editors, *Manual on Harmful Marine Microalgae*, UNESCO Publishing, Paris. pp. 511-522.
- Hara, Y., Doi, K., Chihara, M. 1994. Four new species of *Chattonella* (Raphidophyceae, Chromophyta) from Japan. *Jpn. J. Phycol.* 42, pp. 407-420.
- Hurlbert, S.H. 1971. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters, *Ecology* 52:577-586.
- Jackson, J.B.C. 1977. Competition of marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *Amer. Nat.* 111(980):734-767.
- Johannessen, T., Dahl, E. 1996. Declines in oxygen concentrations along the Norwegian Skagerrak coast, 1927-1993: A signal of ecosystem changes due to eutrophication? *Limnology 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.
- Molvær, J., Magnusson, J., Pedersen, A., Rygg, B. 2008. Vanndirektivet: Utarbeidelse av system for marin klassifisering. Fradriftsrapport høsten 2008. Water Framework Directive; Development of a system for marine classification. Progress report autumn 2008. NIVA rapport 5700-2008. 33 s.
- Moestrup, Ø. & Thomsen, H. A. 1990. *Dictyocha speculum* (Silicoflagellata, Dictyochophyceae), studies on armoured and unarmoured stages. *K. Dan. Vidensk. Selsk. Biol. Skr.* 37:1-57.

- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T.M., Lømsland, 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., Aure, J., Dahl, E., Green, N., Johnsen, T.M., Lømsland, E., Magnusson, J., Omli, L. Olsgaard, F., Oug, E., Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M., 2004. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Årsrapport for 2003. SFT-rapport 901/04, TA-2025/2004. NIVA-rapport 4841. 79s.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Falkenhaus, T., Green, N., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Omli, L., Olsgaard, F., Oug, E., Pedersen, A., Rygh, B., Walday, M. 2005. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2004. NIVA. 93 s.
- Moy, F., Aure, J., Dahl, E., Falkenhaus, T., Green, N., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Pedersen, A., Rygg, B., Walday, M. 2006. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2005. NIVA. 94 s.
- Moy, F., Aure, J., Falkenhaus, T., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Norderhaug, K.M., Pedersen, A., Rygg, B. 2007. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Årsrapport for 2006 fra Kystovervåkingsprogrammet. SFT-rapport TA-2286/2007. NIVA-rapport 5455. 95s.
- 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.
- Rygg, B. 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-report 4548. 32 s.
- Rygg, B. 2006. Developing indices for quality-status classification of marine soft-bottom fauna in Norway. NIVA rapport 5208-2006. 33 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.
- Shannon, C.E., Weaver, W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Skogen, M., Gjøsæter, H., Toresen, R., Robberstad, Y. (red.) 2007. Havets ressurser og miljø 2007. Fisken og havet, særnr. 1–2007.



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 978-82-577-5531-7
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Kjell Magnus Norderhaug	Kontaktperson SFT Karen Fjøsne	TA-nummer TA-1048/2009
---	-----------------------------------	---------------------------

År 2009	Sidetall 97	SFTs kontraktnummer 5008015
------------	----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5796	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn
---	--

Forfattere Kjell Magnus Norderhaug ¹ , Frithjof Moy ¹ , Jan Aure ² , Tone Falkenhaug ² , Torbjørn Johnsen ¹ , Evy Lømsland ¹ , Jan Magnusson ¹ , Lena Omli ² , Brage Rygg ¹ , Hilde Cecilie Trannum ¹ <small>1) NIVA 2) HI</small>

Tittel - norsk og engelsk Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2008 Long-term monitoring of environmental quality in the coastal regions of Norway. Report for 2008
--

Sammendrag Rapporten beskriver miljøkvaliteten i kystområdene av Sør-Norge i 2008, med spesiell fokus på tilstand og utvikling i nærings salttilførsler, vannkvalitet og det biologiske mangfoldet i plankton-, bløt- og hardbunns-samfunn. Klimaet var varmt tidlig på året i 2008 med mye nedbør. Det var dårlig siktdyp i kystvannet, særlig på Sørlandet. Både overflatevannet og dypvannet var varmere enn normalt. Vannkvaliteten i Skagerrak var generelt i klasse god eller meget god og i Skagerrak er det avtagende risiko for skadelige algeoppblomstring, men næringsalter fra det sørlige Nordsjøen økte i forhold til året før. Partikkelkonsentrasjonen i ytre Oslofjord økte og siktdypet forverret seg i Skagerrak. Økende oksygenforbruk i bassengvannet i Risørfjorden og minkende oksygen i kystvannet tyder på økt organisk belastning langs kysten. Generelt ble det registrert lave forekomster av plante- og dyreplankton. Våroppblomstringen startet i slutten av februar, men ble avbrutt og hovedblomstringen fant sted i mars. Varmere klima har ført til at varmekjære planktonarter opptrer i norske farvann og er sannsynligvis en viktig årsak til at øvre voksegrense for sukkertare gradvis har gått dypere i Skagerrak. Tilstanden på hardbunn var generelt god, men det ble registrert redusert biomangfold av rødalger på Sør- og Sør-Vestlandet. Sannsynligvis er dårlig siktdyp en viktig årsak til dette. Tilstanden på bløtbunn var generelt god til meget god, unntatt stasjon A36 i ytre Oslofjord der tilstanden er mindre god.

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