

Primærproduksjon

I Norskehavet var forholdene i 2010 ikke særlig annerledes enn i tidligere år selv om våroppblomstringen i atlantehavsvannet igjen fant sted noe tidligere enn langtidsgjennomsnittet. I Skagerrak ble det registrert betydelig høyere vinterbiomasse vinteren 2009/2010 enn tidligere, og oppblomstringen i 2010 kom tidligere enn vanlig.

Nordsjøen og Skagerrak

Nordsjøen og Skagerrak har i mange år vært utsatt for betydelige belastninger fra omkringliggende områder. Kartlegging av biologiske effekter på grunn av næringssalttilførsel har pågått i lengre tid. I de senere årene er det økt fokus på hvilke effekter klimaendringer har på lavere nivå i næringskjeden, både når det gjelder produksjon og artssammensetning.

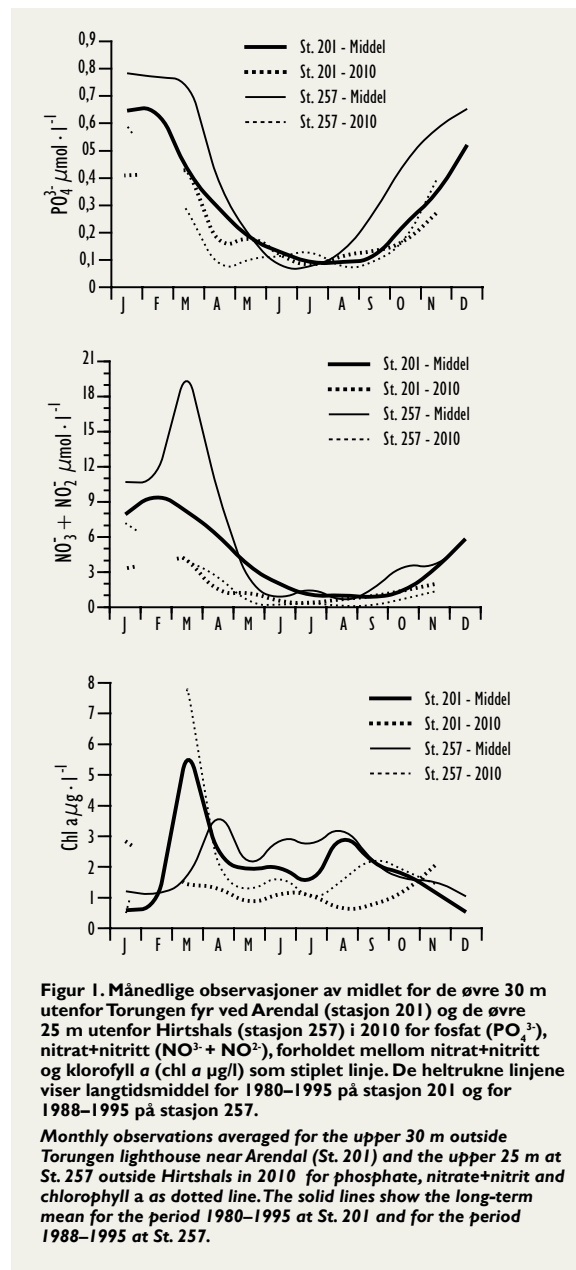
LARS-JOHAN NAUSTVOLL (lars.johan.naustvoll@imr.no),
MORTEN D. SKOGEN og JAN HENRIK SIMONSEN

Av historiske grunner har overvåkingen av planteplankton i Nordsjøen og Skagerrak vært fokusert på skadelige alger. En rekke store algeoppblomstringer har startet i området og spredd seg videre langs kysten. Også en rekke arter fra varmere farvann blir registrert i dette området.

Nordsjøen og Skagerrak er omgitt av land, og det har vært en betydelig tilførsel av uorganiske næringssalter til havområdet fra 1970 og frem til midten av 1990-tallet. Stor planteplanktonproduksjon har vært knyttet til denne økte næringssaltkonsentrasjonen, spesielt nitrogenforbindelser. Vekst og biomasse av planteplankton påvirkes i stor grad av miljøforholdene, som stadig endres på grunn av meteorologiske, fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Disse endringene kan føre til betydelig variasjon i vekst, biomasse og artssammensetning innenfor relativt korte tidsrom og små geografiske områder. Endringer i havklima vil kunne få betydning for utbredelsen til disse planteplanktonartene. Slike ”nye” arter registreres fra tid til annen i korte perioder.

Skagerrak i 2010

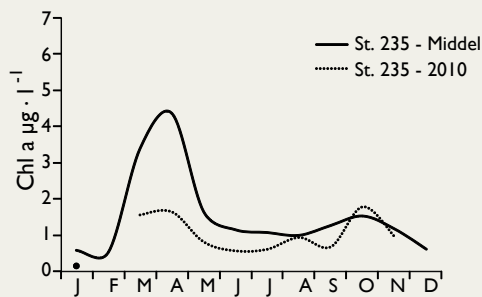
Fra år til år blir det registrert betydelig variasjon i mengde, artssammensetning og suksjonsmønster i planteplanktonet i Skagerrak. Utviklingen i 2010 viste både likheter og ulikheter sammenlignet med tidligere år. På grunn av mye is vinteren 2010 ble det ikke foretatt prøveinnsamlinger i februar måned, noe som fører til noe dårligere oppløsning i dataene for denne viktige perioden i planteplanktonproduksjonen. Basert på de dataene som er tilgjengelig fant våroppblomstringen mest sannsynlig sted i løpet av februar, litt tidligere enn ”normalt”, men fortsatt innenfor tidligere registreringer på norsk side. Sammenlignet med situasjonen helt inne ved kysten er dette omtrent en måned senere (se kystkapittel). Ved dekning i mars var biomassen av planteplankton (klorofyll *a*) lav ved norskysten i forhold til langtidsmiddelet (figur 1). Årets data tyder på at oppblomstringen i kyststrømmen ikke har vært så kraftig (høy biomasse) som tidligere oppblomstringer. I de midtre delene av Skagerrak registreres våroppblomstringen normalt i mars–april, noe som også var tilfellet i 2010 (figur 2). Årets oppblomstring i de midtre delene hadde betydelig lavere



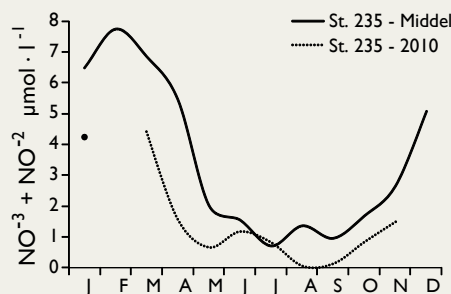
Figur 1. Månedlige observasjoner av midlet for de øvre 30 m utenfor Torungen fyr ved Arendal (stasjon 201) og de øvre 25 m utenfor Hirtshals (stasjon 257) i 2010 for fosfat (PO_4^{3-}), nitrat+nitritt ($NO_3^- + NO_2^-$), forholdet mellom nitrat+nitritt og klorofyll *a* ($chl\ a$ $\mu\text{g/l}$) som stiplet linje. De heltrukne linjene viser langtidsmiddel for 1980–1995 på stasjon 201 og for 1988–1995 på stasjon 257.

Monthly observations averaged for the upper 30 m outside Torungen lighthouse near Arendal (St. 201) and the upper 25 m at St. 257 outside Hirtshals in 2010 for phosphate, nitrate+nitrite and chlorophyll *a* as dotted line. The solid lines show the long-term mean for the period 1980–1995 at St. 201 and for the period 1988–1995 at St. 257.

biomasse (klorofyll *a*) sammenlignet med langtidsmiddelet og observasjoner i 2009. Ved danskysten kommer oftest våroppblomstringen ca. en måned senere enn på norsk side. I 2010 var oppblomstringen godt i gang ved dekningen i mars, noe som er betydelig tidligere enn vanlig for dette området. Kiselalger dominerer i våroppblomstringen, og *Skeletonema*, *Chaetoceros* og *Thalassiosira* er mest fremtredende. Dette er arter som var vanlige på norsk side av Skagerrak allerede i januar. Både i de midtre delene og på dansk side ble det i 2010 registrert arter som *Leptocylindrus* og *Gunardia* i forbindelse med mars-dekningen, arter som



Figur 2. Månedsmidler for klorofyll *a* i de øvre 30 meterne på snittet Torungen–Hirtshals (stasjon 235) i 2010. Stiplede linjer: Verdier for 2010. Heltrukne linjer: Langtidsmiddelet 1980–1995.
Monthly means of chlorophyll *a* in the upper 30 m at station 235 (middle Skagerrak) in 2010. Dotted lines give the values for 2010. Solid line: Long-term mean for the period 1980–1995.



Figur 3. Månedsmidler for nitrogen ($\mu\text{mol/l}$) i de øvre 30 meterne på snittet Torungen–Hirtshals (stasjon 235) i 2010. Stiplede linjer: Verdier for 2010. Heltrukne linjer: Langtidsmiddelet 1980–1995 (st. 201).
Monthly means of nitrogen ($\mu\text{mol/l}$) in the upper 30 m at station 235, middle part of the transect Torungen–Hirtshals in 2010. Dotted line: The 2010 values. Solid line: Long-term mean for the period 1980–1995.

vanligvis kommer noe lenger utpå våren sammen med de vanlige vårartene.

I forbindelse med våroppblomstringen er det stort forbruk av næringssalter, spesielt nitrogen og silikat. Figur 3 viser forbruket av nitrogen i Skagerrak i 2010 med en dramatisk nedgang i løpet av mars. Sammenlignet med langtidsmiddelet var det i 2010 betydelig lavere konsentrasjoner av nitrogen i de åpne delene av Skagerrak, spesielt stort avvik ble registrert på vinteren og våren. Dette har vært en trend vi har sett i de senere årene for dette området. Stasjonen i kystvannet (figur 1) viser den samme trenden som er observert i de åpne delene. Det var svært lave verdier av nitrogen og fosfat i de første månedene av 2010, med konsentrasjoner betydelig lavere enn langtidsmiddelet. Årsaken til de lave verdiene er mest sannsynlig at det var relativt høy biomasse av planteplankton gjennom hele vinteren. Mindre transport av vann med høye nitrogenkonsentrasjoner inn i Skagerrak forsterker dette inntrykket og gir lave konsentrasjoner av nitrogen på våren og tidlig sommer. Fra deknings av tilstøtende havområder i april 2010 vet vi at det var betydelig mindre transport av nitrogenrikt vann fra kontinentet inn i Skagerrak denne våren.

Etter våroppblomstringen ble det registrert relativt lave mengder klorofyll *a* på norsk side (figur 1), midtre delene (figur 2) og dansk side av Skagerrak (figur 1). I april var planteplanktonet dominert av ulike små flagellater og fureflagellater. Det ble i denne perioden registrert forholdsvis høye mengder av mikrodyreplankton langs transektet Torungen–Hirtshals. Planteplanktonbiomassen, målt som



Figur 4. *Pseudosolenia calcar-avis* (*Rhizosolenia calcar-avis*) er en varmekjær art som ble registrert forholdsvis ofte i Skagerrak i 2010.
***Pseudosolenia calcar-avis* (*Rhizosolenia calcar-avis*) a warm water species relatively often observed in the Skagerrak in 2010.**

klorofyll *a*, var i 2010 betydelig lavere enn ”normalt” for dette området mer eller mindre hele vekstsesongen. Det samme var tilfellet i 2009. Unntakene i 2010 var en kraftigere våroppblomstring på dansk side og en markant økning i biomassen på slutten av året på norsk side. I de midtre delene og på dansk side var det antydning til høstopplomstring. I de midtre delene fant denne sted omtrent på det normale tidspunktet, mens den på dansk side kom noe senere enn vanlig og ikke var så kraftig som registrert tidligere. I begge tilfellene var oppblomstringene dominert av fureflagellater, *Gymnodinium* og *Akashiwo sanguineum*, i de midtre delene og *Prorocentrum gracile* og *Gymnodinium* på dansk side. På norsk side har høstopplomstringen (august–september) uteblitt de siste fem årene. Vi har derimot registrert at enkelte arter kan forekomme i høye konsentrasjoner senere på året (november og desember). I 2010 ble det også registrert en økning i biomassen på norsk side i november/desember, hvor fureflagellatene *Akashiwo sanguineum* og ulike arter av *Ceratium* var mest fremtredende.

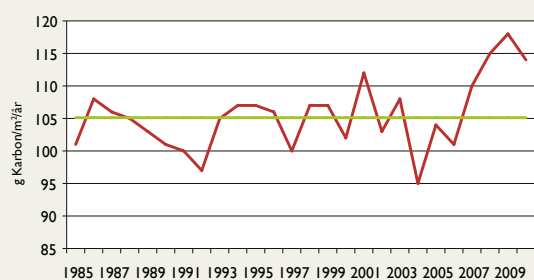
Med unntak av vinteren og våren ble det observert svært lave konsentrasjoner av kiselalger i 2010 sammenlignet med tidligere år. Normalt finner man kortere og lengre perioder med oppblomstringer av kiselalger på sommeren, men de uteble i 2010.

Det ble registrert svært få ”eksotiske” arter i 2010. Dinoflagellatene *Amphidoma caudata* og *Prorocentrum gracile* og kiselalgene *Odontella mobiliensis* og *Ditylum brightwellii* er arter som vanligvis har sin hovedutbredelse lenger sør og vest, men de ble sporadisk observert i Skagerrak utover høsten. Dette er arter som observeres relativt ofte på høsten i dette området. Den mest interessante observasjonen i Skagerrak var kiselalgen *Pseudosolenia calcar-avis* (figur 4) – synonym med *Rhizosolenia calcar-avis*. Arten er svært sjelden i norske farvann, men var i 2010 tilstede i en lengre periode over store deler av Skagerrak fra sommeren og utover høsten. Arten anses som en varmtvannsart, som av og til kan opptre i tempererte farvann. Det var betydelig færre varmekjære arter i Skagerrak i 2010 enn i 2009, da det ble registrert flere varmekjære arter som var til stede i lengre perioder på sensommeren og høsten.

Flere arter har tidligere dannet større oppblomstringer i Skagerrak hvert eneste år. Eneste større oppblomstring som ble registrert i 2010 var kalkalgen *Emiliania huxleyi*. Denne arten har ikke dannet større oppblomstringer i dette området på flere år, men var tilbake igjen sommeren 2010 langs den

norske Skagerrakkysten og i deler av Nordsjøen. I 2010 ble det ikke registrert noe større oppblomstringer av potensielt skadelige alger i dette området. *Pseudochattonella fascima*, som tidligere har forårsaket fiskedød, ble sporadisk obser-

vert på norsk side av Skagerrak våren 2010. Forhøyete konsentrasjoner av denne arten ble registrert på den danske vestkysten i april, men de ble ikke transportert inn i Skagerrak eller norske farvann.



Figur 5. Modellert primærproduksjon i Nordsjøen fra 1985 til 2010 samt langtidsmiddelet. Dataene er vist som den gjennomsnittlige årsproduksjon i Nordsjøen uttrykt som gram karbon/m²/år.

Modelled primary production in the North Sea from 1985 to 2010 and the long term mean. The production is expressed as average annual production in the North Sea as gram carbon/m²/year.

Modellering av primærproduksjon

I 2010 var den modellerte gjennomsnittlige årsproduksjonen for hele Nordsjøen 114 gC/m²/år. Estimert primærproduksjon i 2010 er godt over gjennomsnittlig produksjon for perioden 1985–2009, men noe lavere enn estimatet for 2009 (figur 5). Til tross for stor reduksjon av utslippene av næringsalter og lavere klorofyll *a*-mengde til Nordsjøen de siste årene, ser man ingen reduksjon i primærproduksjonen. Årsaken til dette kan være at den største andelen av næringsalter (85–90 prosent) som går til primærproduksjonen blir transportert til Nordsjøen fra Atlanterhavet. En endring i planteplankton sammensetningen fra store former til små flagellater vil kunne resultere i høy produksjon og samtidig redusert biomasse målt som klorofyll *a*, og forklare endringene i forholdet mellom klorofyll *a* og produksjonsestimat.

Norskehavet

Forholdene i 2010 var ikke noe særlig annerledes enn i tidligere år. Vår oppblomstringen i atlantehavsvannet fant igjen sted tidligere enn langtidsgjennomsnittet.

FRANCISCO REY (francisco.rey@imr.no)

I tidligere år har overvåkingen av planteplanktonet i Norskehavet vært basert på ukentlige målinger utført på værskipsstasjon M (66°N; 2°Ø). Stasjonen ble nedlagt 1. januar 2010 og det planlegges å erstatte noen av målingene med et bøyssystem. I mellomtiden var det bruk for en tidsserie som kan gi tilsvarende informasjon. Valget falt på tidsserien fra Havforskningsinstituttets faste snitt Svinøy–nordvest som har vært undersøkt for næringsalter og klorofyll 5–6 ganger i året (januar, mars, mai, juli–august og november) siden 1990. I løpet av perioden 1990–2010 har det også vært deknninger på andre tidspunkt, noe som gjør det mulig å ha et helt års oversikt over utviklingen av næringsalter og klorofyll.

Svinøy–nordvest-snittet starter ca. 10 nautiske mil fra øya Svinøy ved Stadlandet og strekker seg 200 nautiske mil (370 km) i retning nordvest. 17 oseanografiske stasjoner er plassert i hele snittets lengde som krysser forskjellige vannmasser. For å få bedre oversikt over forholdene på snittet har vi valgt å dele det i to områder. Det første, som vi har kalt kyst, omfatter stasjonene 1 til 5 som dekker hovedsakelig vannmassene fra Den norske kyststrømmen som passerer på veien nordover. Disse stasjonene er plassert over kontinentalsokkelen og -skråningen og er relativt grunne (bunn dyp mindre enn 200 meter). Det andre området, kalt atlantehavsvann, omfatter stasjonene 9 til 14, hvor hovedkjernen av atlantehavsstrømmen som regel er å finne. Disse stasjonene har et bunn dyp på mellom 1000 og 1800 meter.

Planteplanktonproduksjonen er avhengig av en rekke faktorer. Sollys og næringsalter som nitrogen, fosfat og silikat er viktige for veksten, akkurat som for planter på land. Vertikal stabilisering av vannmassene og dannelsen av overflatelag er viktig for at planteplanktonet skal kunne holde seg i de øvre vannlagene med tilstrekkelig lys.

Når vi starter analysen av en ny tidsserie om planteplanktonutviklingen i Norskehavet har vi konsentrert oss om de

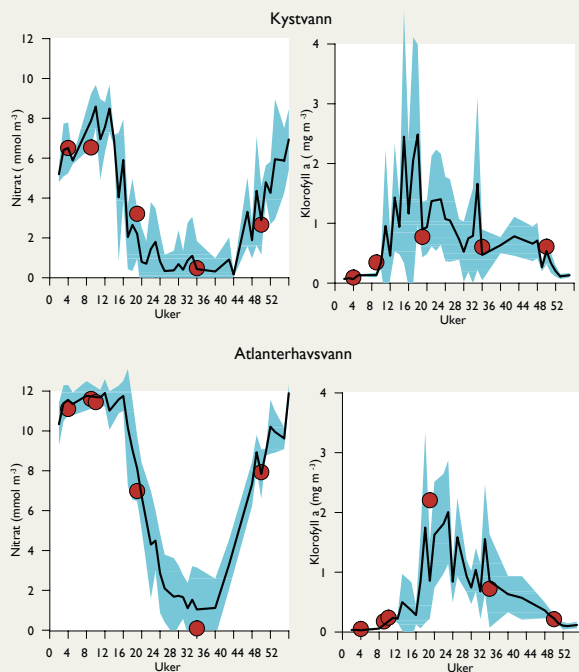
øverste 25 meterne i vannsøylen. Det er her at mesteparten av den biologiske aktiviteten foregår.

Utviklingen i 2010

I løpet av året varierte planteplanktonet både i mengde og artssammensetning. Fra desember til slutten av februar er det lite planteplankton, hovedsakelig små flagellater. Tidlig i mars begynner vanligvis mengden å øke, noe som henger sammen med lengre dager og en viss stabilisering av vannmassene. Tidspunktet for vår oppblomstringen varierer mellom områder og fra år til år. Den starter ved kysten, for så å forskyve seg ut i de åpne havområdene, noe som henger sammen med stabiliseringen av vannsøylen.

Figur 6 viser gjennomsnittet og standardavviket for nitrat og klorofyll *a* for områder med kyst- og atlantehavsvann for perioden 1990–2009. I tillegg er resultatene for deknninger i 2010 plottet inn. Dersom vi bruker en klorofyllkonsentrasjon større enn 0,5 mg/m³ som startpunkt for vår oppblomstringen, ser vi at denne begynner i kystvannet i uke 10, mens den begynner i atlantehavsvannet 6 uker senere. Da vårdekningen i 2010 ble gjennomført den første uken i mai var oppblomstringen i kystområdet på retur, mens den fortsatt var i full gang i atlantehavsvannet. Tidligere år har det vist seg at vår oppblomstringen ved stasjon M, som kan sammenlignes med atlantehavsvannet, oppnår sitt maksimum i uke 21, men den kan forekomme så tidlig som uke 16. I lys av dette kan man si at vår oppblomstringen i atlantehavsvannet ved Svinøysnittet var tidligere enn normalt, men på om lag samme tidspunkt som i 2009 ved stasjon M. Det som er interessant å merke seg er at nesten alt nitrat ble brukt opp i løpet av sommeren, særlig i atlantehavsvannet. Dette tyder på en kraftig, ny primærproduksjon i 2010 ved snittet.

Figur 7 viser forholdene i de øverste 200 meterne av vannsøylen på Svinøysnittet i begynnelsen av mai. Et kraftig skille mellom kystvannet og det atlantiske vannet



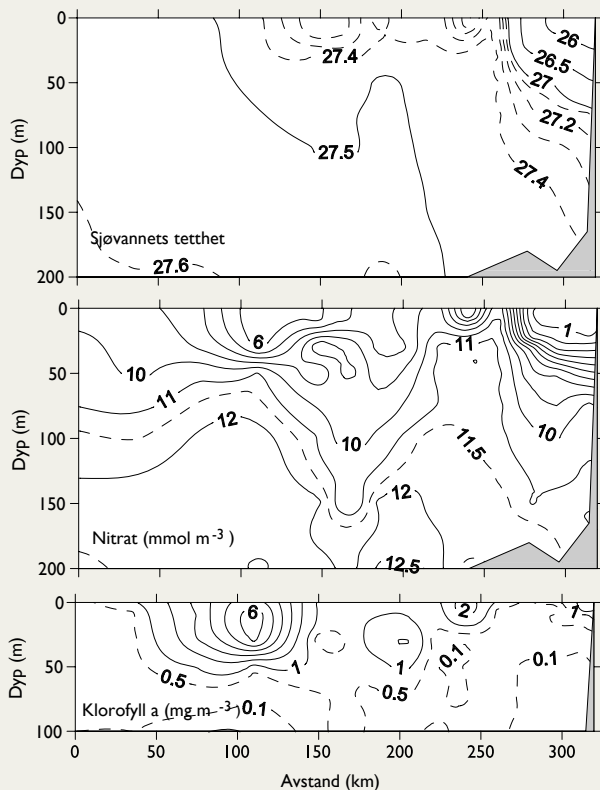
Figur 6. Gjennomsnitt (sort linje) og +/- standardavvik (blått område) av nitrat (til venstre) og klorofyll a (til høyre) i de øverste 25 meter for perioden 1990–2009 for kystvann og atlantehavsvann i Svinøysnittet. Røde prikker viser gjennomsnittverdier for hvert av de enkelte tokt i 2010.

Average (black line) and +/- standard deviation (blue area) of nitrate (left) and chlorophyll a (right) in the upper 25 meters for the period 1990–2009 for Coastal water and Atlantic water at the Svinøy section. Red dots indicate average values for each cruise in 2010.

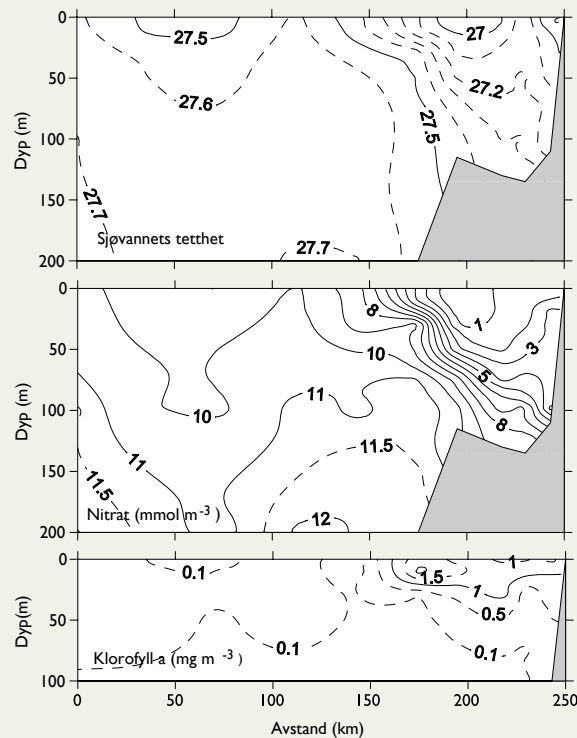
førte til tidlig oppblomstring i kystvannet. Næringssaltene (f.eks. nitrat) i kystvannet var allerede brukt opp og klorofyllmengden var lav. I de vestlige deler av snittet, som er dominert av atlantisk vann, var oppblomstringen i full gang med høye klorofyllkonsentrasjoner. Basert på forholdet mellom nitrat og silikat er det mulig å si noe om hvilken planteplanktongruppe det er som dominerer. Både i kystvannet og atlantehavsvannet var nedgangen i konsentrasjon ganske lik. Det tyder på et godt blandet samfunn med både diatomeer (kiselalger) og andre grupper.

Figur 8 viser forholdene på det andre hovedsnittet i Norskehavet, Gimsøysnittet, midt i mai (uke 20). Her var våroppblomstringen i kystvannet allerede på retur med veldig lave nitratkonsentrasjoner og lavt klorofyll. I de vestlige deler av området var derimot oppblomstringen ennå ikke kommet i gang.

I Norskehavet er våroppblomstringen som regel dominert av kiselalger. I de åpne havområdene (atlantisk vann) er arter fra slektene *Chaetoceros* og *Thalassiosira* mest vanlig, mens det er en høyere andel av arten *Skeletonema costatum* nær kysten. Den kolonidannende flagellaten *Phaeocystis pouchetii* er også en viktig komponent i planteplanktonet om våren. Arten har som oftest høyest tetthet i etterkant av våroppblomstringen i de sørligere delene, mens den kan forekomme sammen med kiselalgene i de nordlige områdene. En annen vanlig art om sommeren, særlig i kystvannet, er kalkflagellaten *Emiliania huxleyi*.



Figur 7. Svinøysnittet. Vertikal fordeling av vannets tetthet og nitrat i de øverste 200 meterne og klorofyll a i de øverste 100 meterne i første uke av mai 2010. Svinøy section. Vertical distribution of water density and nitrate in the upper 200 meters and chlorophyll a in the upper 100 meters during the first week of May 2010.



Figur 8. Gimsøysnittet. Vertikal fordeling av vannets tetthet og nitrat i de øverste 200 meterne og klorofyll a i de øverste 100 meterne midt i mai 2010. Gimsøy section. Vertical distribution of water density and nitrate in the upper 200 meters and chlorophyll a in the upper 100 meters during the middle of May 2010.