

Hva har skjedd og hva vil skje med de biologiske og kjemiske forhold i Skagerrak?

Av Jakob Gjøsæter.

Jakob Gjøsæter er forskningssjef ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen og professor II ved Universitetet i Oslo.

*Innlegg på møte i Norsk Vannforening
13. mai 1992*

Innledning

Skagerrak er havområdet mellom Danmark, Sverige og Norge. Det grenser også mot Kattegat og Nordsjøen. Hvor en trekker disse grensene varierer litt, men det er vanlig å trekke en grense mot Nordsjøen mellom Lindesnes og Hanstholm, og mot Kattegat mellom Skagen og Tjørn. Overflaten er rundt 36000 km² og det største dypet er 725 m. På danskesiden og mot Sverige er det en 20–30 nm brei sokkel med dyp på 30–50 m. På norsk side skråner bunnen ned mot store dyp.

Skagerrak er av flere årsaker et viktig havområde. Det har høy produksjon, og er dermed viktig for fiskeriene, det har stor betydning som rekreasjonsområde, og det er resipient for kloakk, industriavløp og jordbruksavrenning for en betydelig del av Norges befolkning og for mange dansker og svensker.

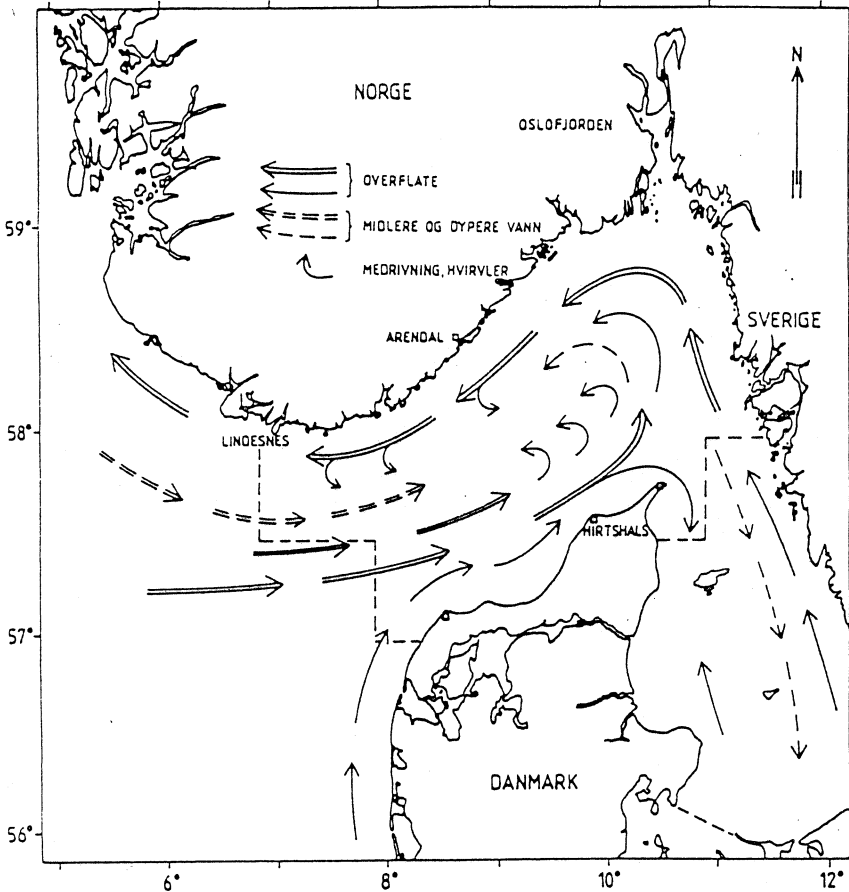
Skagerrak kan på mange måter sees som en elv som får tilførsel av vann fra en rekke kilder (Fig. 1). Vi får vann med lav saltholdighet via den Baltiske strømmen. Langs nord-vest kysten av Danmark kommer det inn vann dels fra den sentrale Nordsjøen og dels fra kys-

ten vest av Europa. Dette overflatevannet blandes og renner ut av Skagerrak langs Norskekysten, som det vi kaller den norske kyststrømmen. På dypere vann, lang sydkanten av Norskerenna kommer det inn salt og varmt atlantisk vann. Dette vannet renner dels ut langs nordsiden av Norskerenna, dels kommer det opp til overflaten ved såkalt «dooming», og blander seg da med overflatevannet.

Den desidert viktigste tilførselen av næringssalter er strømmen med atlantisk vann, men vannmassene fra Kattegat (Den baltiske strømmen) og fra det sydvestlige Nordsjøen (Jyllandstrømmen) kan også inneholde betydelige mengder av næring. Tilførslene fra Norskekysten er i sammenligning helt ubetydelige.

Næringssalter og oksygen

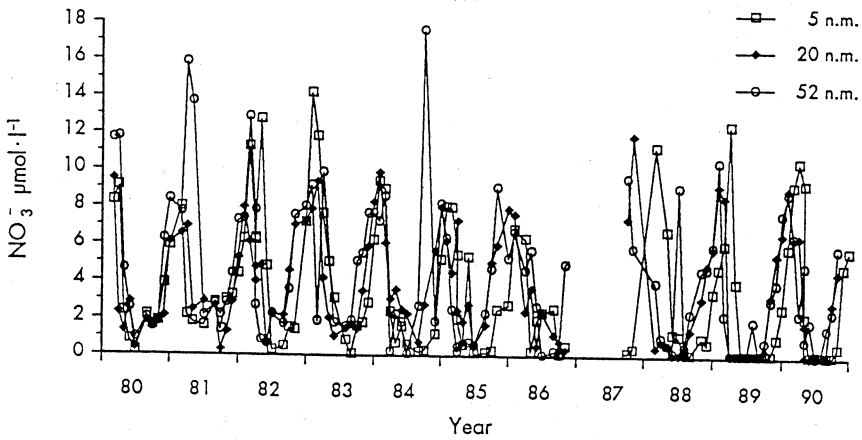
Næringssaltkonsentrasjonene har vært undersøkt på 12 stasjoner langs et snitt mellom Torungen (ved Arendal) og Hirtshals regelmessig, omkring en gang i måneden fra 1980. Dataene viser store variasjoner mellom år, sesonger og stasjoner, men ingen signifikant trend (Fig. 2 og 3). Vintervediene, som antas å gi det beste bilde av tilførsler av næringssalter (Fig. 4 og 5) viser ingen



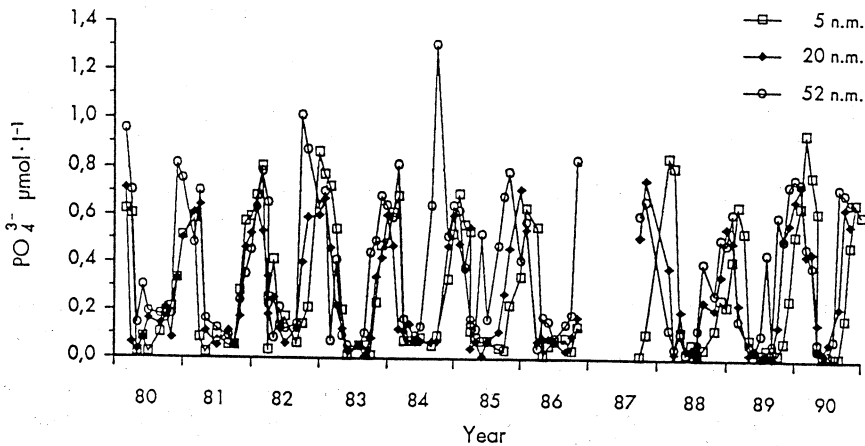
Figur 1. Oversikt over de viktigste strømmene i Skagerrak (fra Bøhle 1989).

trend for nitrater, men kanskje en nedgående tendens for fosfater (Dahl og Danielssen 1991 a). Denne mulige nedgangen skyldes sannsynligvis variasjoner i innstrømmingen av atlantisk vann, men en kan heller ikke se bort fra at rensetiltakene i de store elvene som kommer ut i den sydlige del av Nordsjøen virker inn.

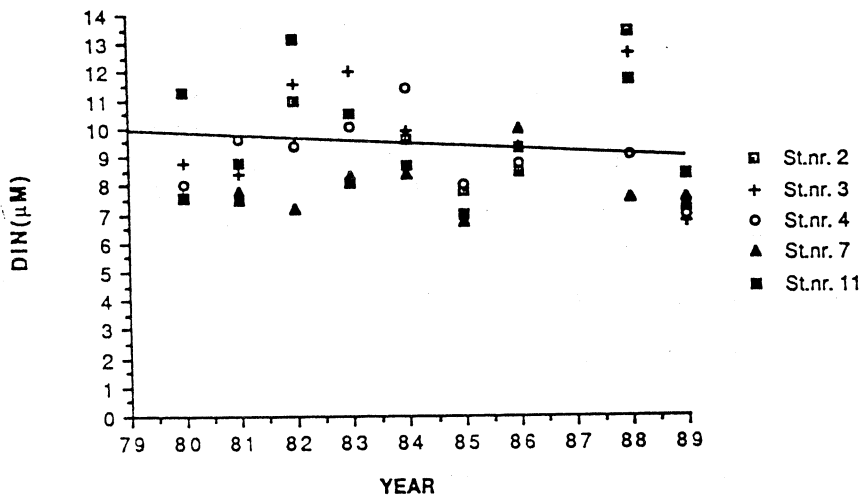
I bunnvannet er bildet tilsvarende fram til 1988/89. Deretter har vi observert en økning i innholdet av nærings-salter (Fig. 6 og 7). Den økningen som er observert skyldes imidlertid manglende utskifting av bunnvannet p.g.a. de spesielt varme vintrene vi har hatt i senere år. Parallelt med økning i nærings-salter har det vært en reduksjon



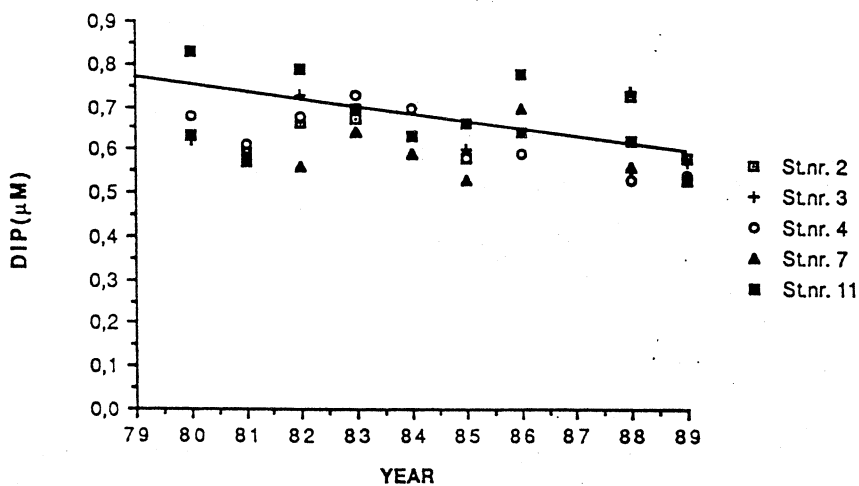
Figur 2. Sesongvariasjoner på orthophosphate i 10 m dyp på tre stasjoner på det hydrografiske snittet Torungen—Hirtshals i løpet av perioden 1980—1990. (Fra Dahl og Danielssen, 1991).



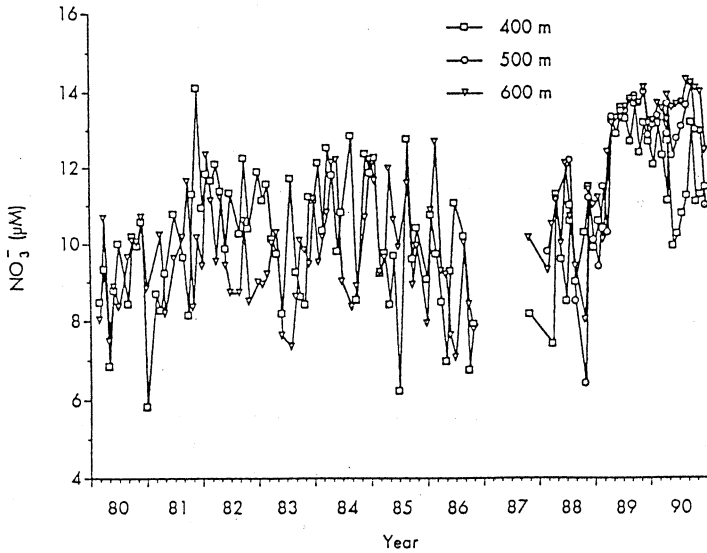
Figur 3. Sesongvariasjoner på nitrat i 10 m dyp på tre stasjoner på det hydrografiske snittet Torungen—Hirtshals i løpet av perioden 1980—1990. (Fra Dahl og Danielssen, 1991).



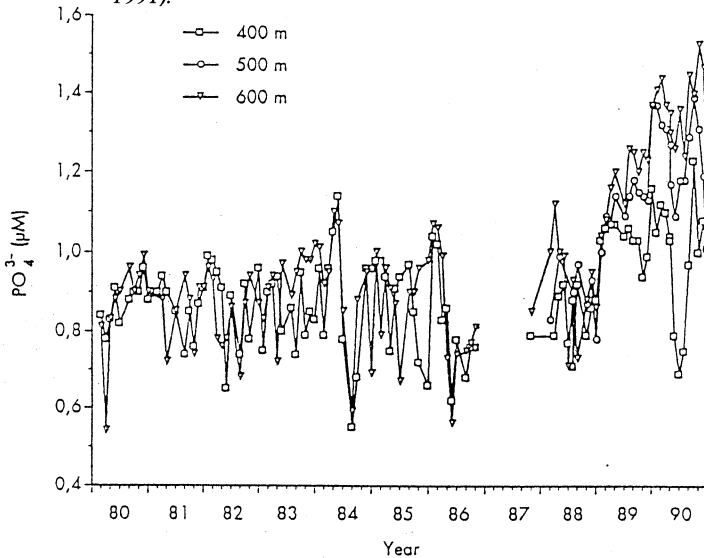
Figur 4. Vinterkonsentrasjoner av DIN (μM) i Skagerrak, gjennomsnitt 0–30 m.



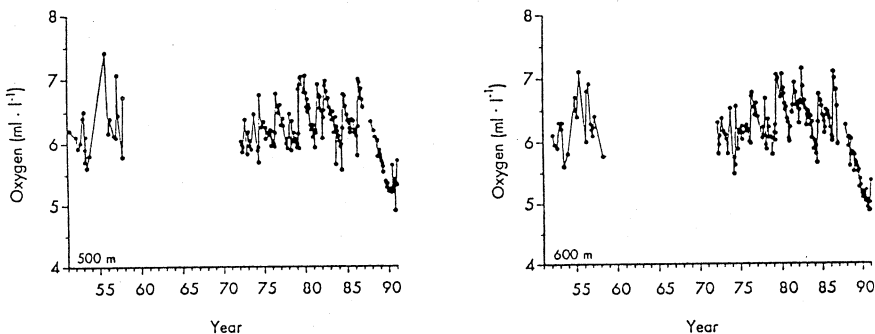
Figur 5. Vinterkonsentrasjoner av DIP (μM) i Skagerrak, gjennomsnitt 0–30 m.



Figur 6. Nitrat ($\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$) i sentrale deler av Skagerrak på 400, 500 (bare få målinger) og 600 meters dyp i perioden 1980—1990. (Fra Dahl og Danielssen, 1991).



Figur 7. Orthophosphate ($\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$) i sentrale deler av Skagerrak på 400, 500 (bare få målinger) og 600 meters dyp i perioden 1980—1990. (Fra Dahl og Danielssen, 1991).



Figur 8. Oksygenkonsentrasjoner ($\text{ml} \cdot \text{l}^{-1}$) i sentrale deler av Skagerrak på 500 m (venstre) og 600 m (høyre) dyp i perioden 1950—1990.

i oksygeninnholdet (Fig. 8) og en økning i temperatur og saltinnhold. Disse forandringene kan altså ikke tilskrives en eutrofiering (Dahl og Danielsens 1991 b). Generelt er oksygenforholdene i Skagerrak gode, også i bunnvannet, selv etter den lange stagnasjonsperioden vi nå har vært gjennom.

North Sea Task Force (under utarbeidelse) fant at vinterkonsentrasjonene av fosfater i Atlantisk vann og kystvannet i Skagerrak har vært stabile tilbake til 1960. For kystvannet fant de imidlertid noe forhøyede verdier i 1988, 1989 og 1990, noe som antas å ha sammenheng med at disse vintrene var svært milde.

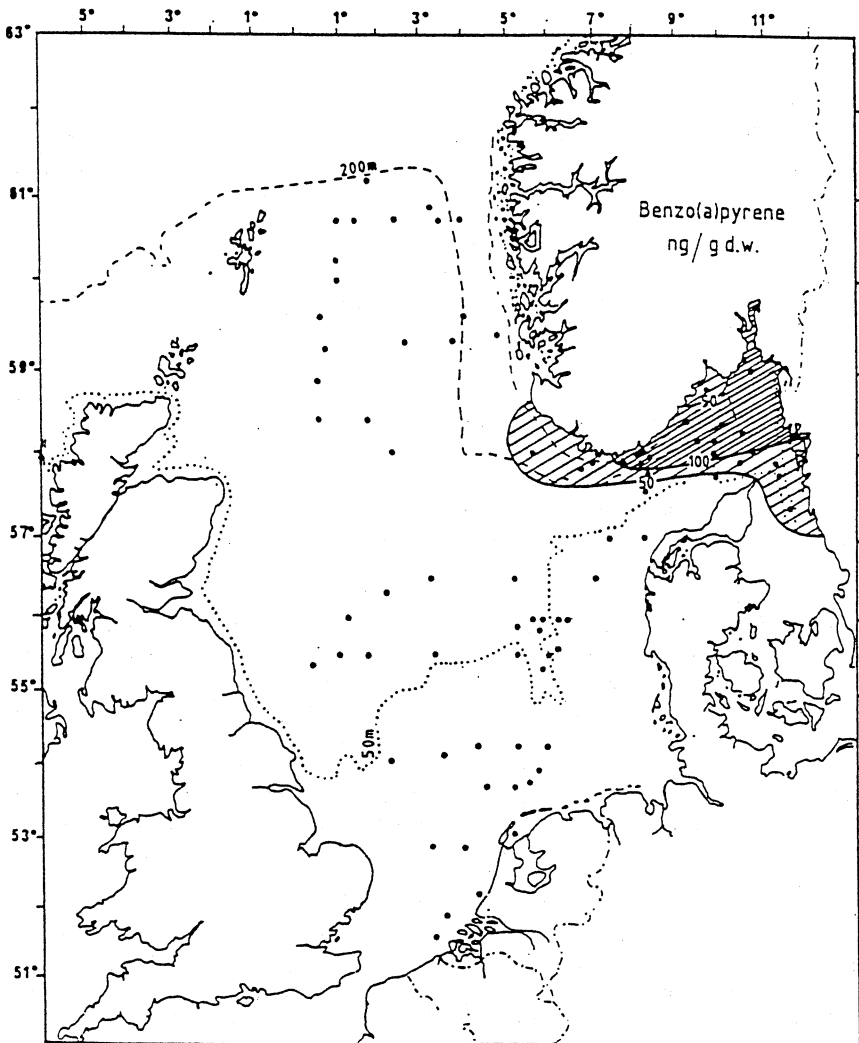
For å klarlegge hvor næringssaltene kommer fra er det gjort en analyse av sammenhengen mellom næringssalter og temperatur og saltholdighet i vannet. Analysene viser at fosfatverdier nokså entydig er knyttet til atlantiske vannmasser. Høye verdier av nitrater finnes også i atlantisk vann, men er særlig knyttet til vannmasser med middels høy salinitet (31,5—33,5 ‰) utenfor Danskekysten. Dette skyldes Jylland-

strømmen. Vannmasser med salinitet under 31,5 ‰ hadde alltid forholdsvis lavt næringsinnhold (Dahl og Danielsens 1991 a).

Det er vanskelig å si hvordan utviklingen av næringssalter vil bli i Skagerrak da de i første rekke vil være styrt av innstrømming av atlantisk vann. Reduserte tilførsler av næringssalter fra landene syd for oss kan kanskje redusere de episodiske tilførslene derfra, særlig synes en reduksjon av nitrattilførslene å kunne gi utslag for Skagerrak.

Miljøgifter

På dette feltet er bildet mer negativt enn for næringssaltene. Dette skyldes ikke spesielt høye giftkonsentrasjoner i vannmassene, men at Skagerrak utgjør et såkalt utfellingsområde. D.v.s. at giftstoffer og partikler synkes ut av vannmassene her og akkumuleres på bunnen. Havforskningsinstituttet og NIVA har gjort grundige målinger av innholdet av ulike giftstoffer i bunnsubstratene i senere år, og konsentrasjonene av f.eks. benzo(a)pyren er relativt høye (Fig. 9). Det er også påvist



Figur 9. Benz(a) pyren ($\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$ tørrvekt) i sedimentene i Nordsjøen, Skagerrak—Kattegatområdet (prøvene ble tatt i 1990).

miljøgifter i lever fra fisk tatt i de dypere deler av Skagerrak (Anon. 1992).

Vi vet lite om utviklingen på dette feltet, men det er neppe tvil om at de observerte konsentrasjonene må ha hopet

seg opp gjennom mange år. I hovedsak kommer disse giftstoffene med strømmene fra Nordsjøen og Østersjøen, men Norges egne utslipp bidrar nok også.

Mange miljøgifter akkumuleres både

i levende organismer og i bunnsubstrater. Vi kan derfor vente en økning i en periode selv om man greier å redusere tilførslene. Med dagens tilførsler kan vi risikere at miljøgifter i fisk og andre organismer blir et reelt problem innen overskuelig framtid.

Primærproduksjon

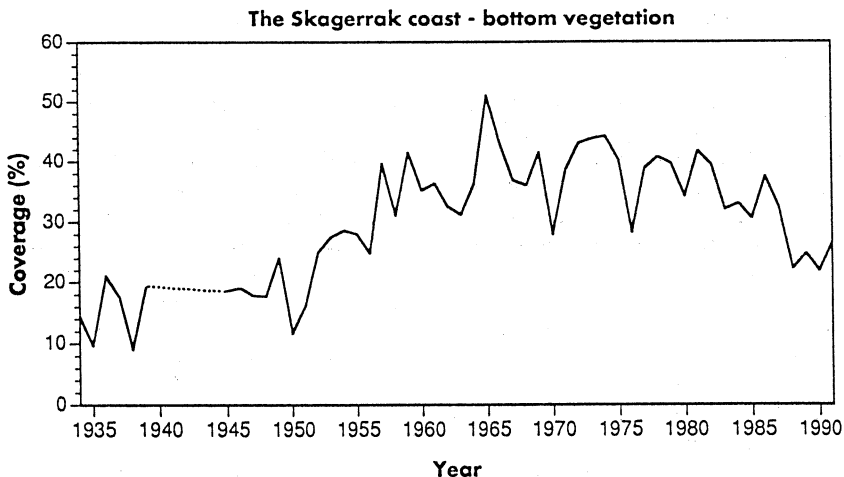
Skagerrak er et meget produktivt område, men en vet lite om trender i produksjonen. Data innsamlet med kontinuerlige planktonprøvetakere fra 1950-årene viser at svingningene i Skagerrak stort sett følger svingninger i nord-øst Atlanteren forøvrig (Anon. 1991). Gjennom 1960 og 70-åra syntes produksjonen å gå noe ned, mens det har vært en stigende tendens gjennom 80-åra.

Potensielt giftige og skadelige alger er regelmessig tilstede i Skagerrak, men vi har ikke tidsserier som viser om de har

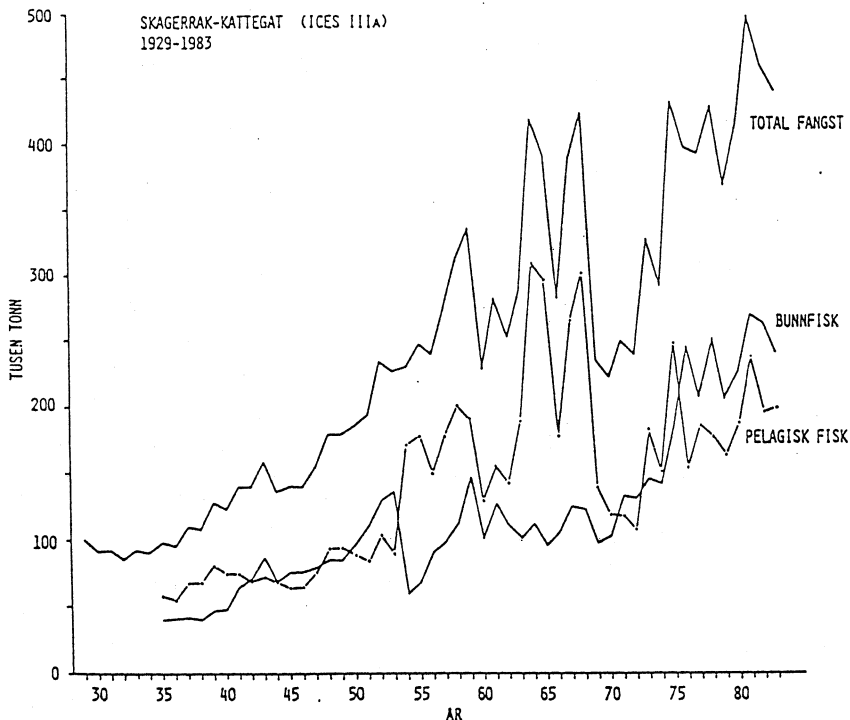
blitt mer eller mindre hyppige med tiden.

Dinophysis arter som kan gi giftige blåskjell opptrer i følge nyere svenske undersøkelser mer hyppig i «rent», forholdsvis næringsfattig Skagerrakvann enn i innelukkede farvann med mer næringsrikt vann (Edebo et al. 1991).

Den store oppblomstringen av *Chrysochromulina* i 1988 hadde trolig sin årsak i spesielle hydrografiske og kjemiske forhold (Lindahl og Dahl 1990, Maestrini og Granéle 1991): 1) Den foregående vinter var mild med mye nedbør, det gav mye nitrater og høyt N/P innhold i kystområdene. 2) Varmt og stille vær gav et grunt og kraftig spranglag. 3) Giftvirkningen dreppte andre planktonalger og beiteorganismer. Underskuddet av fosfor synes å ha frembrakt eller i det minste forsterket giftvirkningen av algen (Brockmann og Dahl 1990, Edvardsen, Moy og Paasche 1990).



Figur 10. Dekningsgrad av alger og ålegrass på strandnotstasjoner mellom Kristiansand og svenskegrensen.



Figur 11. Fangst av fisk i Skagerrak. (Fra Østvedt og Myklevoll).

Det foreligger få observasjoner av fastsittende alger langs Skagerrakkysten. En del observasjoner fra Oslofjorden og Kristiansandsområdet tyder på en viss forandring i artssammensetningen over tid. Det er også observert en hevet nedre grense for algevekst i ytre Oslofjord. Dekningsgrad av alger og ålegress på bunnen er undersøkt på over 100 stasjoner fra Kristiansand til Svenskegrensa på 1 til ca. 5 m dyp årlig siden 1930-åra (Fig. 10). Verdiene i første del av denne perioden var lave p.g.a. en epidemi som tok ålegresset. Fig. 10 kan antyde en svak økning fram mot 1960-åra, og senere en svak reduk-

sjon, men disse tendensene er neppe statistisk signifikante.

Produksjonen i det åpne Skagerrak er i hovedsak styrt av prosesser som ikke, eller i liten grad kan påvirkes av menneskelig aktivitet. Vi kan heller ikke med de kunnskaper vi i dag har, lage prognoser for fremtiden. I kystnære farvann kan våre tilførsler av næringsalter i noen grad øke produksjonen.

Sekundærproduksjonen

For dyreplankton synes det ikke å foreligge gode nok data over tid til å kunne konstatere trender.

For bunndyr er observasjonene bedre. Rosenberg et al. (1987) undersøkte de samme stasjonene i østlige Skagerrak og i ytre Oslofjord som Petersen (1915) undersøkte 70 år tidligere. De fant en signifikant økning i biomassen av bunndyr, og de satte dette i sammenheng med eutrofieringen.

Fisk

Skagerrak er et svært fiskerikt område. Produksjonen av fisk er opptil 70 kg hektar⁻¹år⁻¹. Skagerrak, sammen med Nordsjøen hører derved til verdens mest produktive områder. Dette skyldes at dette dreier seg om områder med store grunne partier med god tilførsel av næring. Totalt tas det 400—500.000 tonn fisk og krepsdyr i Skagerrak og Kattegat, og rundt 2/3 av dette er fra selve Skagerrak.

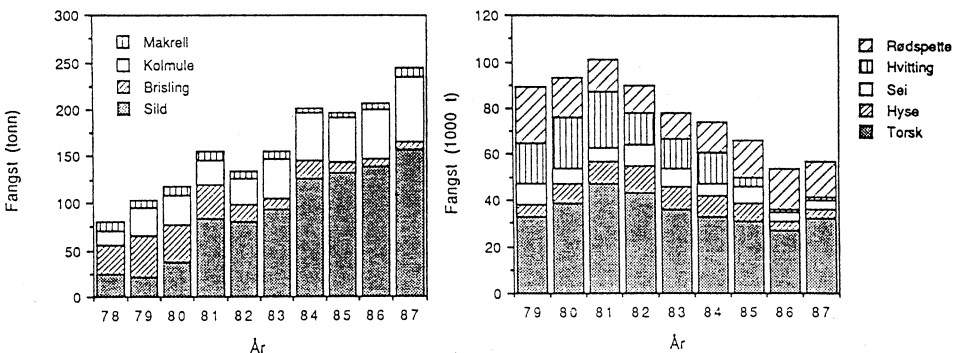
Fra 1930-årene til rundt 1980 var det en økning i utbytte av fiskeriene i Skagerrak (Fig. 11). Senere fortsatte utbytte av de pelagiske fiskeriene å øke, mens utbytte av bunnfiskebestandene har vist en svak reduksjon (Fig. 12). Flere bestander er klart overbeskattet (f.eks. makrell, sild, brisling), slik at ved en rasjonell beskatning kunne utbytte

utvilsomt økes ytterligere. Utbytte av en fiskebestand er imidlertid både en funksjon av fangst-innsats og -mønster, og av omgivelsesfaktorer. Det er derfor usikkert om og hvordan en eventuell eutrofiering vil virke inn.

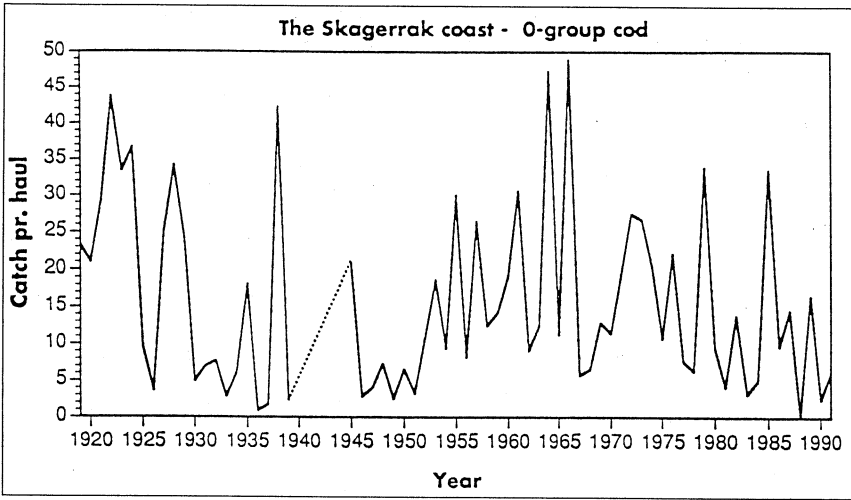
Rekrutteringen kan være et bedre mål for tilstanden i en fiskebestand enn fangstene alene. For arter som gyter langs Norskekysten og har yngelen i strandsonen, slik som torsk, har vi meget gode data tilbake til 1919 (Tveite 1971, 1984, Gjøsæter og Danielsen 1990, Johannessen under arbeid).

Torsken viser store variasjoner i antall, men ingen synlig trend (Fig. 13). Splitter vi på områder, blir bildet stort sett det samme, men f.eks. Langesundsområdet har hatt en markant svikt i rekrutteringen etter 1965 (Fig. 14). Det er ikke urimelig å anta at denne svikten skyldes menneskelig aktivitet.

Hvitting som er den mest tallrike av torskfiskene i fjæra, viste en oppadgående trend fra midten av 1950 åra til midten av 1970 åra. Rundt 1975 observerte vi et klart fall, og senere har vi hatt rekruttering på samme nivå som på 1950 tallet (Fig. 15). Det er foreløpig uklart hva den tilsynelatende forand-



Figur 12. Fangst av endel fiskearter i Skagerrak. (Fra Bøhle 1989).



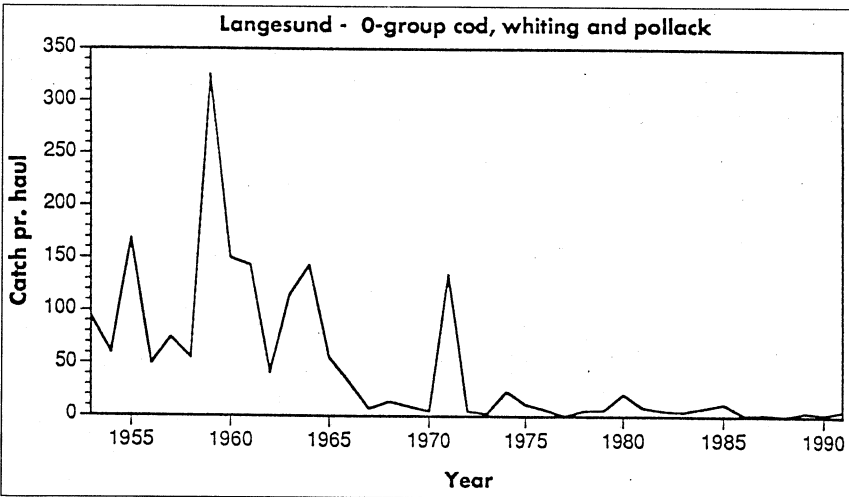
Figur 13. Middelfangster pr. strandnottrekk av 0-gruppe torsk på Skagerrakkysten.

ringen i hvittingens rekruttering rundt 1975 skyldes.

En artsindeks som gir et mål for mengde og utbredelse av andre arter av fisk og hvirvelløse dyr viser ingen ten-

dens for perioden 1945—1985 (Fig. 16). Periodene før og etter er enda ikke analyserte.

Det er med de data vi har tilgjengelige vanskelig å sette økningen i fiskeriene i



Figur 14. Middelfangster pr. strandnottrekk av 0-gruppe torsk på Langesundsområdet.

Skagerrak i sammenheng med miljøpåvirkninger, slik Boddeke og Hagel (1991) gjorde for fiskeriene i sørlige deler av Nordsjøen.

Produksjonen av fisk i Nordsjøen var svært stabil fra begynnelsen av dette århundre og fram til midten av 60-åra. Da fikk vi en dramatisk økning i produksjonen av bunnfisk og mange skjell og krepsdyrarter. Ser vi spesielt på fisk viste det seg at det var de artene som har sine oppvekstområder i kystsonen, der virkningen av eutrofieringen var sterkst som var ansvarlig for denne økningen. Dette gjaldt f.eks. torsk, hvitting, sei og rødspette. Produksjonsøkningen skyldes både bedre rekruttering og bedre vekst.

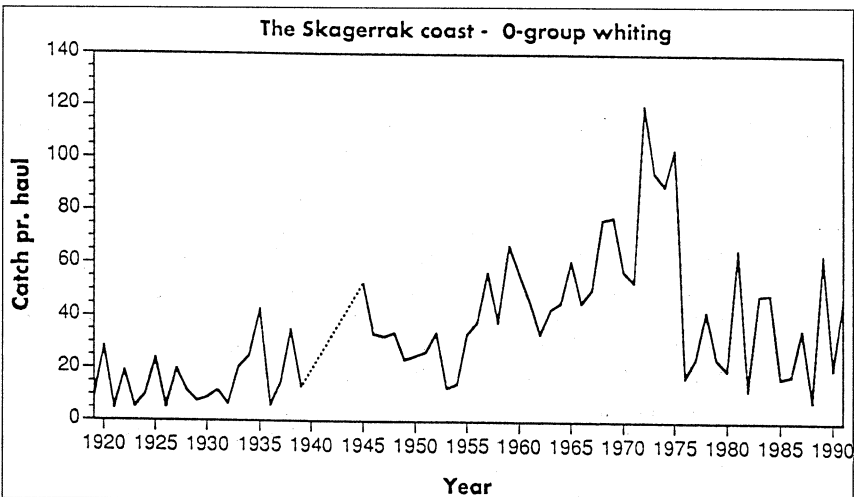
De siste åra har næringstilførselen i disse områdene igjen avtatt, og det har vært en tendens til reduksjon i produksjonen av de samme fiskeartene.

Boddeke og Hagel (1991) konkluderer med følgende: «Den raske reduksjonen av utslipp av fosfor siden 1981

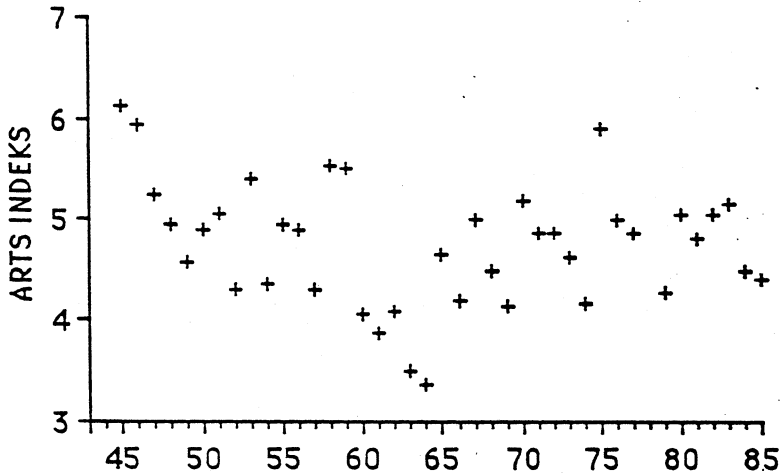
har brakt nivået av fosfater i Rhinen ved Lobith i 1990 ned til samme nivå som i 1960. Den sterke reduksjonen av gjødsling i kystsonen som følge av dette vil føre til nedgang i matmengde for bunnfisk og deres larver, hestereker (den viktigste kommersielle rekearten i dette området), og muslinger. Negative effekter på bestandene av hestereker og muslinger i den nederlandske kystsonen og på bunnfisk i sørlige og sentrale deler av Nordsjøen, kan alt registreres. I det minste for fiskeriene i Nordsjøen synes gjødslingen å ha vært en «forkledd velsignelse» gjennom de siste tiårene».

Konklusjoner

Hva har så skjedd, og hva vil skje i Skagerrak? Egentlig er det ikke så mye vi kan si om noen av disse spørsmålene. De parametrene vi har langtidsserier av viser store svingninger, men stort sett ingen trender. Et unntak er utnyttet av



Figur 15. Middelfangster pr. strandnottrekk av 0-gruppe hvitting på Skagerrakkysten.



Figur 16. Artsindeks som angir mengden av arter av fisk og evertebrater i strandnottrekk på Skagerrakkysten.

fiskeriene, men en bør være svært forsiktig med å tolke økningen i dette utbytte.

Jeg tror stort sett vi må ha lov til å si at situasjonen i Skagerrak er bra. Ser vi på næringsalter, er vi heller ikke så svært

bekymret for fremtiden. Det betyr ikke at jeg mener at vi kan gjøre hva som helst uten frykt for konsekvensene. Det mest foruroligende synes jeg er de relativt store konsentrasjonene av miljøgifter som er funnet i bunnsedimentene.

Referanseliste

- Anon. 1991. Continuous plankton records: The North Sea in the 1980s. ICES 1991/Variability Sym., Åland, june 1991: 1-5 + 8 figs.
- Anon. 1992. Miljørapport 1992. Fisken og Havet. Særnummer 2: 1—80.
- Boddeke, R. and Hagel, P. 1991. Eutrophication on the North Sea Continental Zone, a blessing in disguise. ICES C.M. 1991/E:7: 1—18 + Figs.
- Brockmann, U.H. and Dahl, E. 1990. Distribution of organic compounds during a bloom of *Chrysochromulina polylepis* in the Skagerrak. In: Granéli, E., Sundström, B., Edler, L. and Anderson, D.M. (Editors), Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier, New York: 104—109.
- Dahl, E. and Danielssen, D.S. 1991 a. Variability of nutrients and chlorophyll in the Skagerrak, 1980—1990. ICES 1991/Variability symp./No. 35/Session 4: 1—2.
- Dahl, E. and Danielssen, D.S. 1991 b. Long-term observations of oxygen in the Skagerrak. ICES 1991/Variability Symp./No. 35/Session 4: 1—10 + Fig.

- Edebo, L., Haamer, J., Hu, Y., Lange, S. and Li, X.P. 1991. Okadiac acid in mussels in relation to current and nutrients in the sea. In: Fremy, J.M. (Editor), Proceedings of symposium on marine biotoxins, Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires, Maisons-alfort, pp. 175—179.
- Edvardsen, B., Moy, F. and Paasche, E. 1990. Hemolytic activity in extracts of *Chrysochromulina polylepis* grown at different levels of selenite and phosphate. In: Granéli, E., Sundstrøm, B., Edler, L. and Anderson, D.M. (Editors), Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier, New York: 284—189.
- Gjøsæter, J. and Danielssen, D.S. 1990. Recruitment of cod (*Gadus morhua*), whiting (*Merlangius merlangius*) and pollack (*Pollachius pollachius*) in the Risør area on the Norwegian Skagerrak coast 1945—1985. Flødevigen rapportser., 1: 11—31.
- Lindahl, O. and Dahl, E. 1990. On the development of the *Chrysochromulina polylepis* bloom in the Skagerrak in May—June 1988. In: Granéli, E., Sundstrøm, B., Edler, L. and Anderson, D.M. (Editors), Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier, New York: 189—194.
- Maestrini, S.Y. and Granéli, E. 1991. Environmental conditions and ecophysiological mechanisms which led to the 1988 *Chrysochromulina polylepis* bloom: a hypothesis. Oceanologica Acta 14: 397—413.
- Petersen, C.G.J. 1915. Om havbundens dyresamfund i Skagerak, Kristianiafjord og de danske farvande. Beret. Minist. Landbr. Fisk. Dan. Biol. Stn., 23: 5—26.
- Rosenberg, R., Gray, J.S., Josefson, A.B. and Pearson, T.H. 1987. Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslofjord and eastern Skagerrak enriched? J. Exp. mar. Biol. Ecol., 105: 219—251.
- Tveite, S. 1971. Fluctuations in yearclass strenght of cod and pollack on the south-eastern Norwegian coast during 1920—1969. Fisk.Dir. Skr. Ser. Hav-Unders., 16: 65—76.
- Tveite, S. 1984. 0-group cod investigations on the Norwegian Skagerrak coast. In: Dahl, E., Danielssen, D.S., Noksness, E. and Solemdal, P. (Editors), The Propagation of Cod *Gadus morhua* L. Flødevigen rapportser., 1: 581—590.