

Erik Somer

Skråvej 12,

2880 Bagsværd

Tlf. 44982850

e-mail: somer@oncable.dk

Februar-Marts 2003.

Kvælstof, alger og iltsvind.

Min uenighed med DMU.

1. Min påstand.

I modsætning til DMU hævder jeg, at den allervæsentligste del af de iltsvindsfænomener som man i de seneste årtier har konstateret i åbne danske farvande herunder kystvandene og de mere åbne fjorde inklusive Bælthavet, skyldes tilførsel af letnedbrydeligt, iltforbrugende stof dannet ved Jyllands vestkyst på basis af næringssalttilførsel fra de tyske floder og som med den jyske kyststrøm er ført til Skagerrak og derfra ind i Kattegat og de andre indre, danske farvande./1/. **Bilag 1.**

DMU's hidtidige påstand derimod er, at tilførsler af næringssalte, primært kvælstofsalte fra dansk landområde er den væsentligste årsdag til de konstaterede iltsvindsfænomener i de indre danske kystvande og til dels også i det åbne Kattegat./2/. **Bilag 2.**

(Vedføjlet er endvidere DMUs svar på /1/ **Bilag 3** /23/ og mit pt. endnu ikke publicerede svar på /23/ **Bilag 4.**)

2. Forudsætningerne for min påstand.

Der er en hel række forudsætninger, der skal være opfyldt, for at min påstand kan være korrekt.

2.1. Der må være en væsentlig indstrømning i Kattegat fra Skagerrak og denne indstrømning må være underlejret højere liggende vandmasser, der forhindrer ilttilførsel til de indstrømmende vandmasser.

2.2. Der må være en meget stor produktion af letnedbrydeligt, iltforbrugende stof i de vandmasser, der kan føres ind i Kattegat Dette gælder specielt i forsommerperioden og denne produktion skal have været stigende i de senere år for at kunne forklare de iltsvindsfænomener, der først har gjort sig væsentligt gældende i de seneste årtier.

2.3. Iltforbruget i det indstrømmende vand skal være så stort, at det helt kan forklare de iltsvindsfænomener, der er forekommet i de seneste årtier i de åbne havområder og i adskillige kystvande og fjorde.

Ad 2.1 Indstrømning i Kattegat fra Skagerrak.

I sit svar /3/ på mit indlæg /1/ siger Bo Riemann : Desværre eksisterer der ikke særligt mange år, hvor der foreligger data om havstrømmenes gøren og laden”.

Dette må bero på et ukendskab til den foreliggende litteratur. Jeg citerer afdøde statshydrograf Frede Hermann /4/ ”Der findes få områder i verden, hvor der er foretaget så mange hydrografiske målinger som i Kattegat og Bælthavet. Fra ni fyrskibe og fra en række kyststationer foretages dagligt målinger af havets temperatur og saltholdighed, for fyrskibenes vedkommende ikke blot i overfladen, men med 5 m dybdeinterval hele vejen fra overflade til bund. Desuden skønnes overfladestrømmens retning og styrke med fire timers mellemrum døgnet rundt fra fyrskibene. Tilsvarende målinger findes fra svenske og tyske fyrskibe, og hele dette materiale er suppleret med målinger fra havundersøgelsesskibe af forskellige nationaliteter.”

I de 15 år, hvor jeg som leder af Isotopcentralen var ansvarlig for instituttets omfattende hydrografiske undersøgelser (1959 – 74) i så godt som alle danske farvande, dannede hele dette materiale grundstammen i den historiske vurdering af vore farvandes hydrografi.

Systematiske målinger af temperatur, saltholdighed og strømningsforhold i dybdeprofiler har fundet sted i hvert fald siden 1880'erne. Data for perioden 1880 – 1907 er bearbejdet af J.P. Jacobsen./5/. For den nordlige del af Kattegat beskriver han for August måned (oversat fra tysk): ”Det er sandsynligt, at det fra Skagerrak indstrømmende vand på grund af jordens rotation opstaves mod Jyske Bank og i en dybde af 20-30 meter trænger ind henimod den svenske kyst”.

For den midterste del af Kattegat begrænset af linierne Frederikshavn-Læsø-Anholt-Fornæs skriver han, at det egentlige salte bundvand (*dvs. egentligt Skagerrak bundvand – min tilføjelse*) mangler, bortset fra Læsø Rende (*der går en noget dybere rende nordøstfra ind i Læsø dyb - min tilføjelse, se figur 4, side 10*)

For den sydlige del af Kattegat omtaler han, at mens overfladevandet er præget af udstrømningen fra Store Bælt og Sundet, finder man ved dybder over 20 meter bundvand med en saltholdighed på 28 – 32 ‰ (*dette svarer til Jyllandsstrømvand – min tilføjelse*). Særlig i sommermånederne har man den højeste saltholdighed.

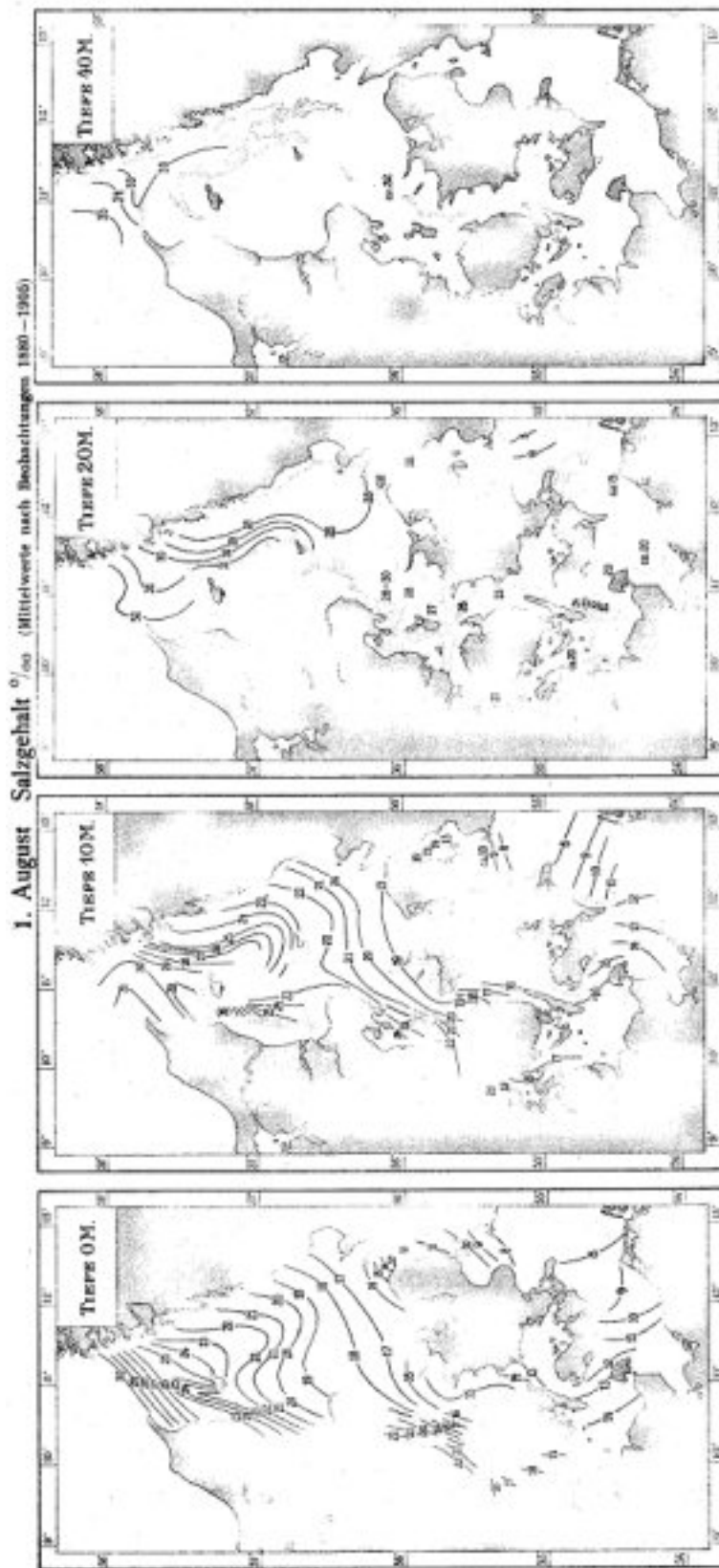
Figur 1 (næste side) viser saltholdigheden i August med 10 meters dybdeinterval /6/. Man ser tydeligt indstrømningen af saltvand nordfra i dybder fra 10 meter og nedad. På den danske side er det vand fra det nordlige Skagerraks mellemlag (som må hidrøre fra den jyske kyststrøm), mens det langs den svenske kyst, som er dybere, er vand fra Skagerraks dybere dele. Mellemlagsvandet breder sig dog sydover også mod den svenske kyst. Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institut (SMHI) beretter i adskillige af sine årsrapporter, at den svenske vestkyst er påvirket af vand fra de kontinentale floder /7, 8, / årsrapport 94,95.

Hvad den jyske kyststrøm angår er der også data fra de gamle målinger./9/. **Figur 2** (side 4) viser middelhypighed og -strømhastighed i forskellige retninger ved fyrskib Horns Rev. Vandet i denne strøm bevæger sig omtrent som en Lambeth Walk skiftevis to skridt mod nord og et skridt mod syd. Den resulterende middelhastighed mod Nord er lidt under 5 - 10 cm/sek. Det betyder, at vandmasser fra de tyske floder er ca. 2 -3 måneder om at komme op til Skagen.

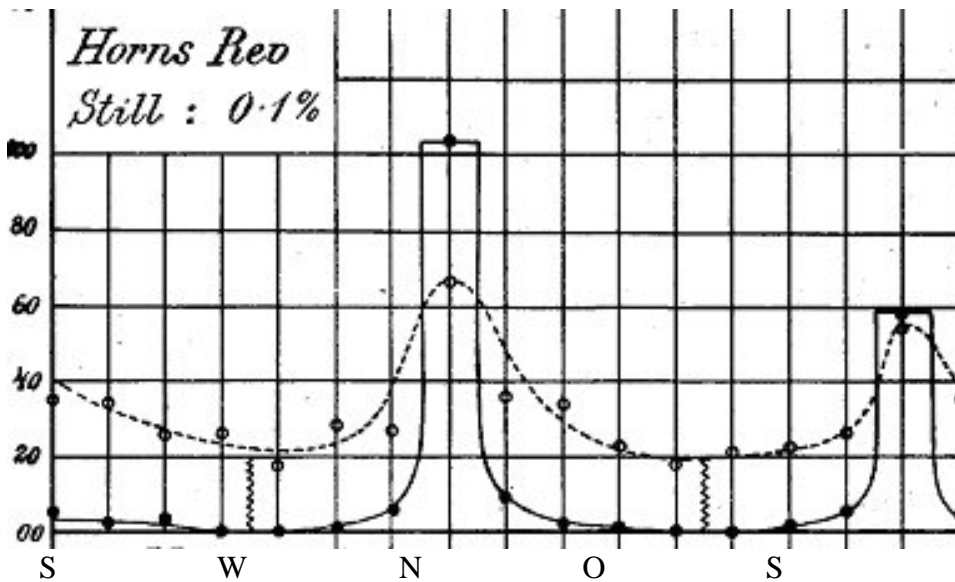
Den jyske kyststrøm næres af flodafstrømningen fra en række midteuropæiske floder, primært Elben. Dennes afstrømningsområde er på ca. 170.000 km² med andre ord ca. fire gange så stort som hele det danske landområde/10/. Dertil kommer afstrømningsområderne fra Weser (afstrømningsområde 46.300 km²)/11, Ems og Rhinen (afstrømningsområde 185.000 km² ekskl.Holland) /12/. Alle disse vandmasser følger en bevægelse modsat uret, dvs. henimod Jylland. Vi må regne med, at det samlede mellemeuropæiske afstrømningsområde, der påvirker den jyske kyststrøm, er i hvert fald otte gange så stor som hele Danmark.

Den organiske produktion forårsaget af næringssalttilførsel primært fra Rhinen, forårsager iltsvind i Helgolandbugten. Ved den deraf følgende denitrifikation forsvinder noget af nitratet. Ems-, Weser- og Elbe-afstrømningen går dog tættere på kysten og påvirker ikke det nævnte iltsvindsområde.

Det må være indlysende, at hvis blot en del af disse vandmasser trænger ind i de indre danske farvande, vil de komme til at spille en dominerende rolle. Her spiller det yderligere en rolle, at afstrømningen per arealenhed antagelig er større end for de danske afstrømningsområder, fordi de bjergområder, hvor floderne udspringer, har en højere nedbørsmængde end Danmark.



Figur 1. Saltholdighed i August i fire dybder. /6/.



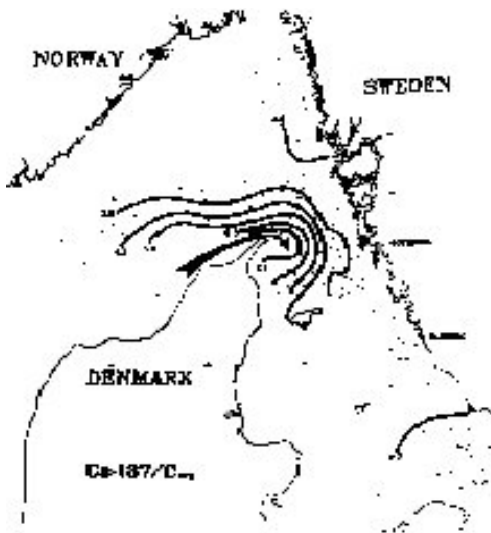
Figur 2. Strøm ved Fyrskib Horns Rev. /9/

Middelhyppighed (fuld kurve, ordinat hver delstreg 10 %) og middelstrøm i cm/sec (punkteret kurve)

De årlige middel kvælstof-udledninger er for Elben ca. 250.000 t/år (perioden 1993-97), for Weser ca. 42.000 t/år og for Rhinen ca. 408.000 t/år /11/ Med tillæg fra andre kilder er tilførslerne tilsammen af størrelsesordenen 1 million T N/år (Ved en beklagelig fejl er Rhinens tilførsler ikke medtaget af mig i /1/. Derfor vurderes tilførslerne i /1/ kun til ca. 0,5 mill.ton/år). Dertil kommer så de danske udledninger til Vesterhavet, som er af størrelsesordenen 10.000 t N/år, altså blot ca.1 % af den mellemeuropæiske transport.

Rydberg, L. et al./12/ finder, at tilførslen af total-N fra Nordsøen udgør 600.000t/år.

Rodhe,J &Holt,N /13/ har undersøgt transporten af vand fra de centraleuropæiske floder til Kattegat via Jyllandsstrømmen. Undersøgelser af Cs-137 hidrørende fra Chernobyl-ulykken blev bestemt i de øverste 0-2 cm af sediment i Skagerrak og Kattegatog normaliseret mod organisk kulstof. **Figur 3** viser resultatet. Man fandt, at stort set alt Cs-137 i Kattegat var kommet via Jyllandsstrømmen. Da Nordsøen ikke fik noget væsentligt fallout i forbindelse med Chernobyl-ulykken, kunne Cs-137 kun være kommet fra Centraleuropa og være blevet ført ud i Nordsøen via Elbe og Rhinen. Ved andre oceanografiske undersøgelser har Rohde fundet , at mindst 50 % af disse floders vand havner i Kattegat./14/.



Figur 3. Koncentration af Cs-137 fra Chernobyl normaliseret mod Organisk kulstof i de øverste 0-2 cm af sedimentet. /13/.

En række arbejder, der alle konkluderer, at Kattegat er målet for Jyllandsstrømmens vand, er sammenfattet af Kristofer Tingdahl i "År Västerhavet Nordsjöns soptunna" (svensk: Västerhavet = Kattegat og den svenske Skagerrakkyst)./15/. Tingdahl kommer til det klare resultat, at Kattegat er Nordsøens skrældespad.

Hvad sker der nu med Jyllandsstrømmen, når den nærmer sig Skagen. På baggrund af isosalinitetsplots for forskellige dybder og år suppleret med data fra det norske hydrografiske tværsnit Hirtshals - Torungen har jeg i sin tid i Miljøstyrelsen vurderet, at den udadgående overfladestrøm fra Kattegat oftest møder den nordgående Jyllandsstrøm omtrent ud for Hirtshals. Her er Jyllandsstrømmens vægtfylde større end Kattegatudstrømningen og derfor dykker den ned under overfladen, således at der dannes en pycnoclin i godt 10 meters dybde. Ved kraftig vestenvind (over vindstyrke 6) presses Jyllandsstrømvandet dog et stykke ind i Kattegat, før det dykker under overfladen /16/.

Strømretningerne i Kattegat.

Bortset fra perioder med kraftig vestenvind er overfladestrømmen i Kattegat og Bælthavet nordgående. Selvom overfladestrømmen er nordgående, vil man oftest have en sydgående bundstrøm i disse områder, som compensation for udstrømningen. Ved sydgående overfladestrøm vil man næsten altid også have sydgående bundstrøm. Strømmålinger i Øresund viser, at der i 23 meters dybde er sydgående bundstrøm i 76% af tiden, mens der i overfladen kun er sydgående strøm i 35 % af tiden /17/

En udmærket beskrivelse af strømforholdene i Skagerrak og Kattegat finder man i Miljøstyrelsens redegørelse nr.1. 1991, "Environmental Impacts of Nutrient Emmissions".

I det følgende gengives publikationens afsnit om strømforholdene. Man kan undre sig over, at denne publikation, der er blevet citeret ret bredt internationalt, er strøget af Miljøstyrelsens publikationsliste. Kan det være, fordi den modsiger DMU's påstande?

Uddrag fra Mst.s redegørelse nr.1 1991, Environmental Impacts of Nutrient Emmissions . Side 69.

Currents

The conditions of the individual waters are very dependent on currents and water exchange with adjacent areas and not least the open sea areas. The open sea areas have some general current patterns.

Figure 3.13 shows the main current pattern of Danish marine waters. The current pattern changes depending on wind conditions over the entire North and Baltic Sea area and, especially in the Kattegat/Belt Sea, the surface currents alternates between outgoing and ingoing directions. Conditions in coastal waters vary from open coastal areas with good water exchange to more or less closed inlet areas where local conditions can be of vital importance for the water exchange.

Fortsat uddrag af Mst.s redegørelse nr.1. 1991, Environmental Impacts of Nutrient Emissions, side 70.

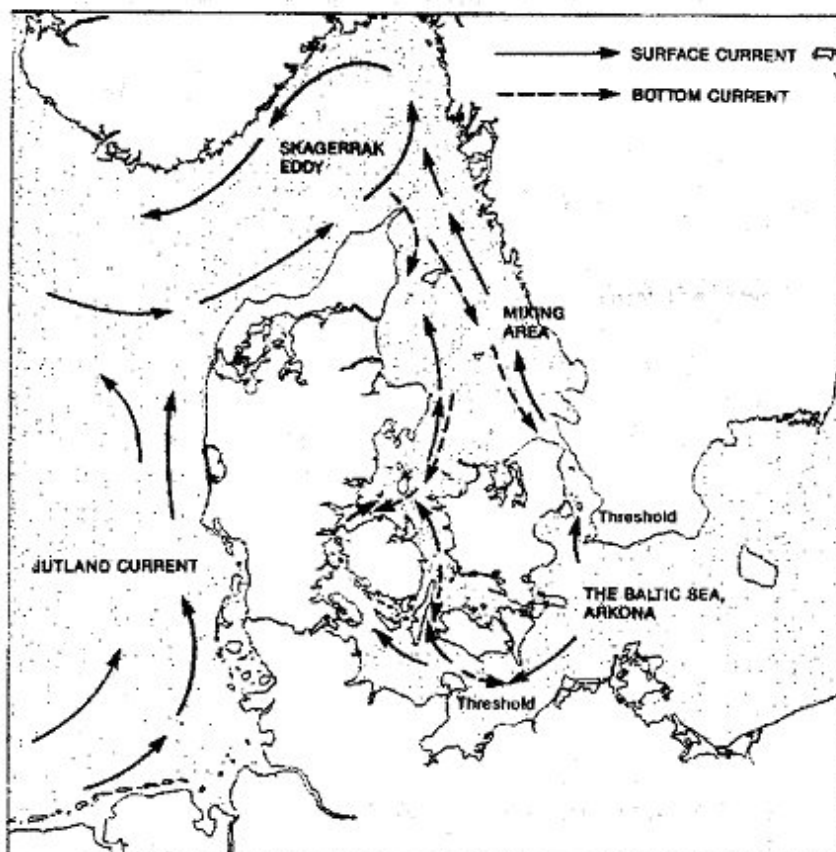
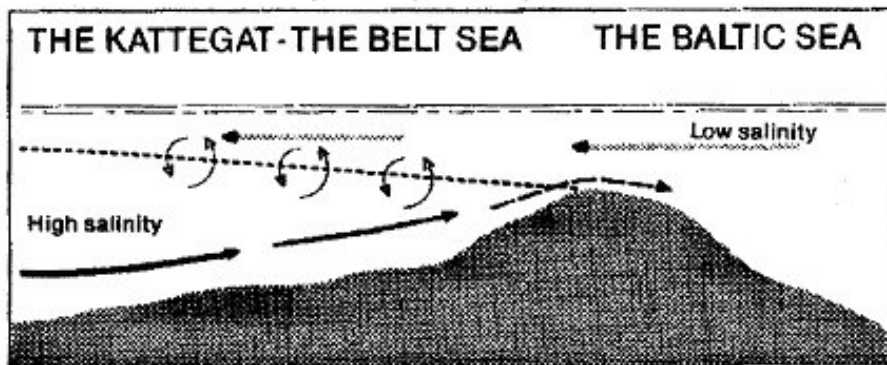


Chart of the main current patterns in Danish marine waters.

As transitional area between the Baltic Sea and the North Sea, the internal Danish waters are characterized by two main current patterns. There is a northerly surface current of water with low salinity (7-8‰) flowing from the Baltic Sea into the Belt Sea and north through the Kattegat. At the same time, there is a southerly current of bottom water with relatively high salinity (approx. 30‰) from the Skagerrak south through the Kattegat and the Belt Sea and at times further into the Baltic Sea. As a consequence of the differences in salt content the two water bodies are separated from each other. Through the small low-water passages in the Belts and the Sound, and in the Kattegat too, there is a gradual mixing of the two water bodies. At the same time a levelling of the differences of salinity takes place. The thickness of the brackish surface water becomes less and the separating surface between the two water bodies therefore moves from a deeper to a higher position, from the Belt Sea to the northern Kattegat (figure 3.14). The mixing of the water bodies depends on prevailing winds, but is increased by the heavy flows in the narrow passages in the Belts and the Sound. The efflux from the Baltic Sea is in the range of 950 km³ a year, but of this about half has flowed to the Baltic from the Belt Sea giving a net outflow of approx. 500 km³ a year.

Along the west coast of Jutland is a northerly coast current, known as the »Jutland current« with a salinity just under the salinity of the North Sea water. The lower salinity is due to the large additions of fresh water from the German streams, the Elbe, the Weser and the Ems, flowing into the German Bay. The salinity in the »Jutland current« increases towards the north as mixing takes place with North Sea water.

The Skagerrak is an area of mixing, receiving water from the west with origin from three marine areas. Atlantic bottom water with high salinity (over 35 ‰), North Sea water with mean salinity of 33-35 ‰, and in periods the »Jylland current« with salinities of less than 33 ‰. From the south the Skagerrak receives water from the Kattegat with relatively low salinity (28-30 ‰). In the Skagerrak proper, the main current is made up of what is called the »Skagerrak-whirl« flowing against the clock, i.e. the water coming in from the west and south runs towards the east to the Swedish coast, north along it, and then towards the west and north along the Norwegian coast (figure 3.13). It is also from this water body that there is an inflow into the Kattegat, with a contribution from the »Jutland current«.



Principle of stratification and salinity in the inner waters.

The main current patterns and mixing conditions in Danish waters are under strong influence by the meteorological conditions. Especially, changing wind directions and wind forces may cause considerable variations in the described current pattern. The current in the Kattegat, the Belts and the Sound may thus at short intervals vary between situations with water flowing out of the Baltic Sea (eastern winds) and situations of influx with water flowing into the Baltic Sea (western winds) (Pedersen 1990). During the year the stratification is also different in strength. During the summer it is mostly stable and only very strong and continued winds may break it. During the winter, however, a mixing of the water masses normally and more often takes place.

Situationen i lokale, kystnære områder.

Vejle Amt har i en beretning ”Baggrund for iltsvind” /18/ redegjort for, at iltsvind i Vejle - og Horsens fjord ikke stammer fra lokale kilder, men ”importeres” fra dybere lag (Jyllandsstrømvand – min tilføjelse) udefra.

Noget lignende gør sig gældende i Århus Bugt.

Kortet **Figur 4** /19/ er et dybdekort over de danske farvande. Det ses, at der er en noget dybere rende fra Kattegat gennem Storebælt syd om Langeland, gennem den lidt dybere Vejnæsrende mellem Ærø og Als og ind i sydlige Lillebælt og Åbenrå fjord. Gennem denne rende transporteres Kattegats bundvand hele denne lange vej. Da Lillebælt i Snævringen har en effektiv blandemaskine, tilføres der ikke lagdelt bundvand ad denne vej. Iltsvindet i disse områder er altså også en følge af Jyllandsstrømmen.

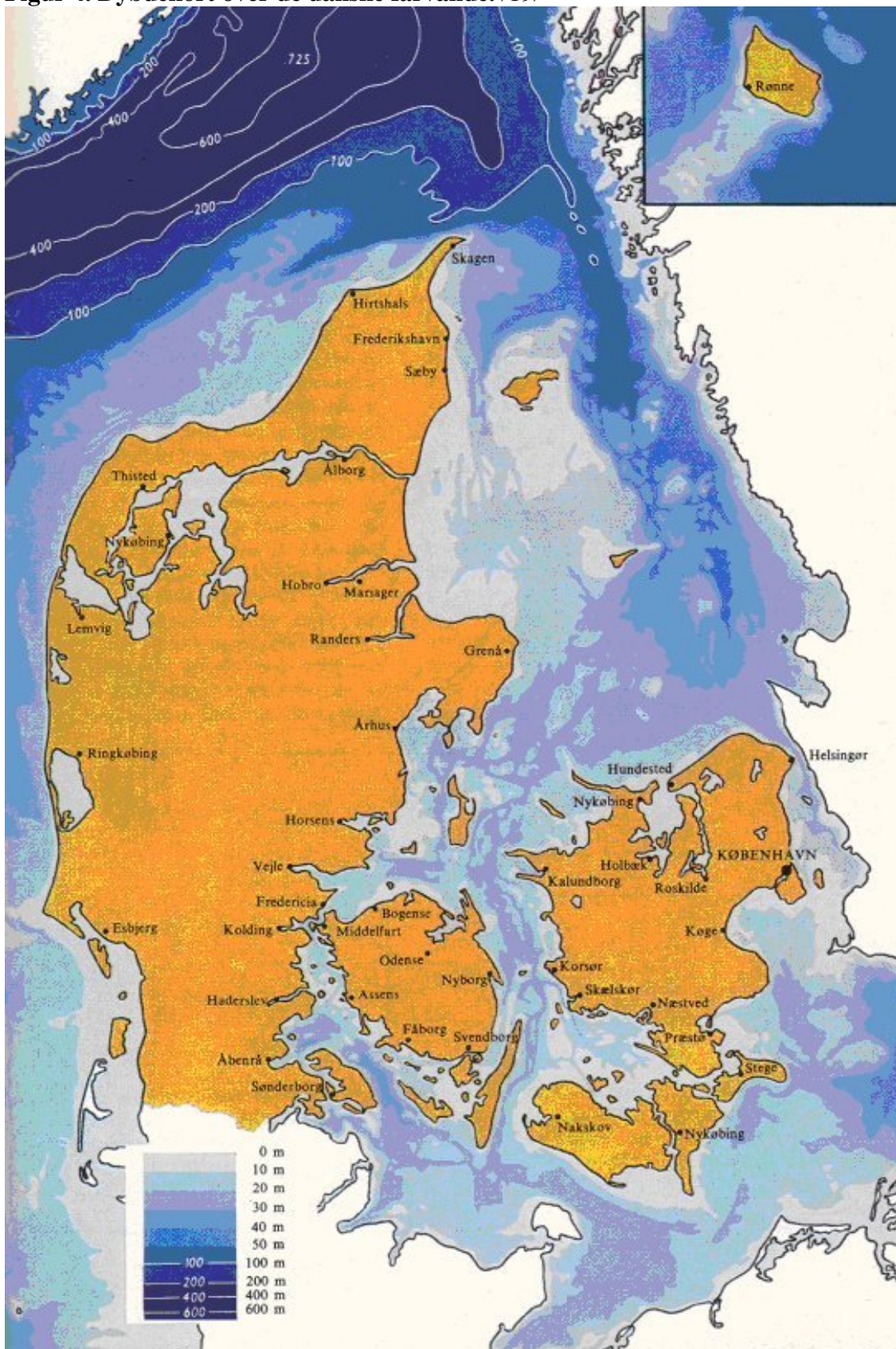
Figur 5 fra den ovennævnte beretning fra Vejle Amt /18/ demonstrerer det netop beskrevne. Det ses, at iltsvindet i områderne syd for Lillebælt er kommet ad den netop beskrevne vej.

Brutto- og nettotilførsler.

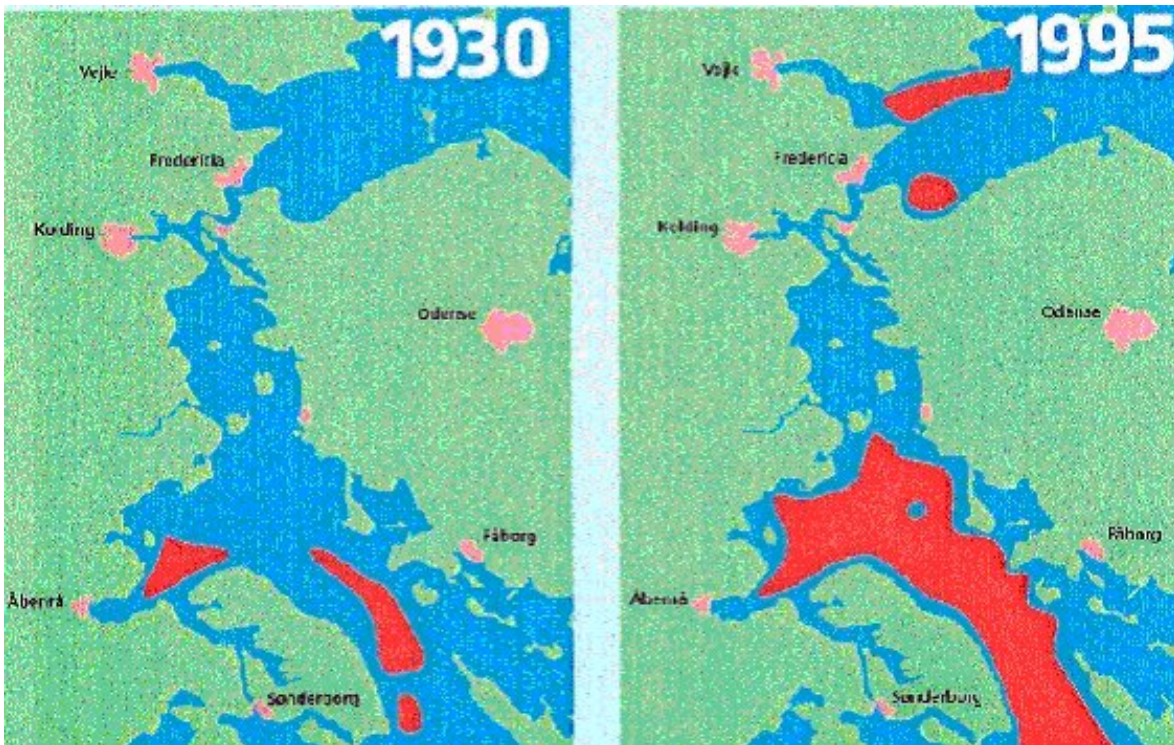
Bo Riemann diskuterer i sit indlæg /3/ relationen mellem brutto- og nettotilførsler til Kattegat. Han skriver: ”DMU har tidligere baseret kvælstofanalysen af de danske farvande på nettotransporter over randene, dvs. forskellene på årsbasis af det, der løber ind over Skagerrak/Kattegat og til og fra Østersøen. Disse tal er robuste uanset hvilken tidskala man anvender. DMUs kritikere vil derimod anvende bruttotallene. Når man regner med bruttotal, så medregner man hver eneste gang der foregår en transport f.eks. fra Skagerrak med en sydgående havstrøm. Men man glemmer at regne med om denne transport forsvinder inden den overhovedet når at indgå i stofproduktionen.”

Dette synspunkt er nogenlunde rigtigt, når man betragter strømme af konservative stoffer i et og samme overfladelag. Man kan derimod ikke modregne nordgående transport i overfladevandet med sydgående transport i bundvandet, fordi disse vandmasser kun i begrænset omfang blandes og derfor har en helt forskellig udvikling og fører til helt forskellige konsekvenser. Specielt gælder det transporten af TN, som jo bestemmes på ufiltrerede vandprøver. Her vil i hvert fald den partikulære del synke mod bunden og irreversibelt forårsage iltsvind. Desuden er det ikke nok at se på årlige brutto- eller nettotransporter, men man skal primært koncentrere sig om de transporter, der finder sted i den varme sommerperiode. Her er lagdelingen kraftigst; de uorganiske stoftransporter relativt små, mens den organiske iltforbrugende transport i bundlaget oftest har sit maksimum. I denne periode er der næsten konstant sydgående bundstrøm eller stagnation. Der er derfor ikke større forskel på netto- og bruttotransport for denne stoftype i denne periode. Forflytninger i bundlaget sker primært ved tilførsel af nyt bundvand fra nord.

Figur 4. Dybdekort over de danske farvande. /19/



Figur 5. Iltsvindets udbredelse syd for Lillebælt hhv.1930 og 1995. /18/.



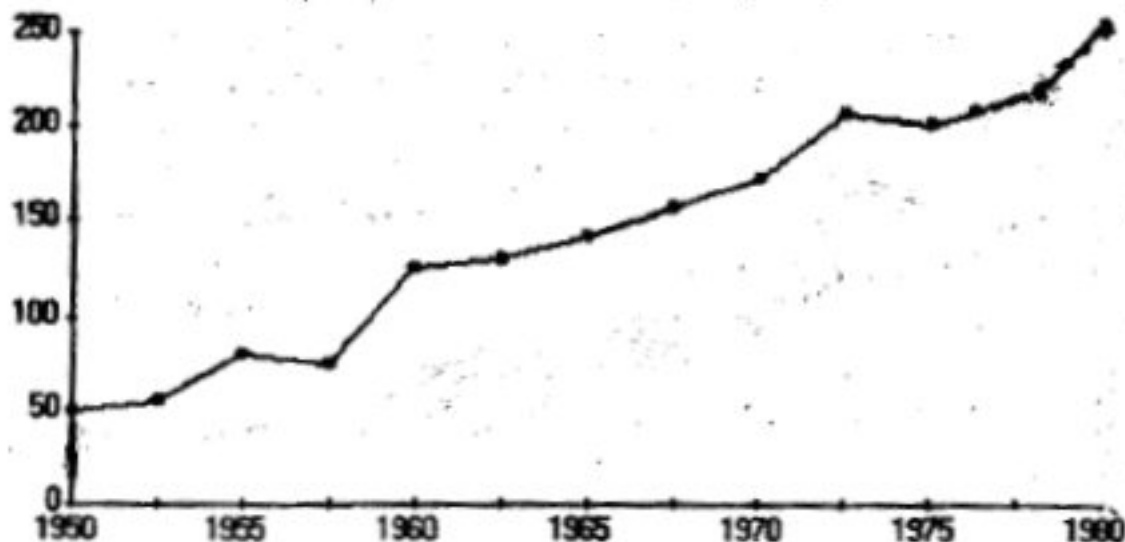
Ad 2.2 Produktion af letnedbrydeligt, iltforbrugende stof i Jyllandsstrømmen.

I /1/ forklarer jeg om produktionen af flagellaten *phaeocystis sp.* langs den jyske vestkyst. DMU har bekræftet min vurdering heraf /2/. Derfor behøver jeg ikke at gå i yderligere detaljer hermed.

Blot gentage, at denne produktion forudsætter et overskud af nitrat på et tidspunkt, hvor P og Si er opbrugt af en forudgående diatomébloom i det tidlige forår. Dette næsten årlige overskud af nitrat er først fremkommet med den stærkt forøgede tilførsel af nitrat med de centraleuropæiske floder.

Figur 6 /18/ viser udviklingen af nitratkoncentrationen i Rhinen i perioden 1950-1980. Der er tale om en femdobling. Mens en kraftig *phaeocystis*bloom tidligere kun forekom i år med ekstrem stor afstrømning, har vi i de sidste 20 år kun undgået den en eller to gange i år med ekstrem lav afstrømning. Den gennemsnitlige årstransport af total-N med Jyllandsstrømmen skønnes ifølge figur III i /1/ til 130.000 ton. Det er et lavt skøn, sammenlignet med Rosenbergs tal på 600.000 t/år og vurderingen af, at ca. 50 % af de tyske floders vand, der i alt indeholder ca.1 million t/å N føres ind i Kattegat, med andre ord ca. 0,5 mill.t/år. Den lange transporttid –ca. 3 måneder – for transporten langs Jylland medfører, at det meste af kvælstoffet bruges til primærproduktion under vejs.

Figur 4. Nitratkoncentrationer i Rhinen i micromol/l. /18/.



Ad 2.3 Iltforbruget hidrørende fra Jyllandsstrømvandet.

Lad os nu se på de stofmængder, der findes i Kattegatbundlaget. Overslagsmæssigt dækker Kattegat 20.000 km². Lad os endvidere regne med et bundlag af "Jyllandsstrømvand" i Kattegat på 10 meters tykkelse. Det gennemsnitlige indhold af total-N er 0,5 mg/l. Det svarer til et totalindhold i bundlaget på 1 million ton total-N. Det er, hvad størrelsesordenen angår ikke så forskelligt fra de ca. 0,5 mill.t/år ført ind i Kattegat med Jyllandsstrømmen. Bemærk, at skønnet på 1 millioner t er indhold, mens 0,5 mill.t/år er den årlige tilførsel.

Et total-N-indhold på 0,5 mg/l svarer nogenlunde til et C-indhold på 5 g/l og dermed til et iltforbrug på ca. 13 mg/l iltforbrug, med andre ord omtrent dobbelt så meget som fuldtmættet havvand ved de aktuelle temperaturer indeholder. Tilførslerne via Jyllandsstrømmen kan således fuldt ud forklare forekommende iltsvind.

3. Referencer.

- /1/ Somer, Erik, DMUs Management by pseudocatastrophies. Ingeniøren, nr.5/03. Den her angivne titel er valgt af Ingeniørens redaktion. Den oprindelige titel var: Kvælstof, alger og iltsvind. I bladet findes kun en forkortet udgave af artiklen. Hele artiklen kan læses på internettet: <http://www.ing.dk> Artiklen er svart på /2/
- /2/ Markager, Stiig, Ærtebjerg, Gunni & Riemann, Bo. Kvælstof til havmiljøet – DMUs syn på sagen. Ingeniøren, 48/02. I bladet findes kun en forkortet udgave af artiklen. Hele atiklen kan læses på internettet: <http://www.ing.dk>
- /3/ Riemann, Bo, Iltsvind Kvælstof fra Skagerrak er ikke dominerende. Ingeniøren, nr. 8/03. Hele artiklen kan ses på internettet <http://www.ing.dk>. Artkilen er svar på /1/. Et svar på /3/ er af Somer,E indsendt til Ingeniøren, men på nuværende tidspunkt endnu ikke bragt.
- /4/ Hermann, Frede, Hydrografi, Danmarks Natur, Bind 3, Havet s.24 ff., Politikens Forlag 1968.
- /5/ Jacobsen, J.P., Nr.10, Mittelwerte von Temperatur und Salzgehalt bearbeitet nach Hydrographischen Beobachtungen in Dänischen Gewässern 1880-1907, Mit 11 Tafeln, Medd. f Komm. f. Havundersøg. Serie Hydrografi, Bind I, Kbh. 1908.
- /6/ Jacobsen, J.P. ibid. Tavle IV.

- /7/ Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institut, SMHI, Årsrapport 1994
- /8/ ibid. Årsrapport 1995.
- /9/ Jacobsen, J.P., Nr.2, Beiträge zur Hydrographie der Dänischen Gewässer, Tavle IV, Medd. f. Komm.f. Havundersøg. Serie Hydrographie, Bind II, Kbh. 1913.
- /10/ ARGE Elbe, Analyse der Nährstoffkonzentrationen,-frachten und-einträge im Elbeeinzugsgebiet. Hamburg 2001.
- /11/ ARGE Weser, <http://www.Arge-weser.de>
- /12/ International Commission for the Protection of the Rhine – ICPR, The Rhine and ist Catchment area. [http:// www.iksr.org/icpr/61uk.htm](http://www.iksr.org/icpr/61uk.htm)
- /13/ Lemanissier, G., Le Bloom des Phaeocystis dans la Zone cotiere Continentale de la Mer du Nord, <http://perso.wanadoo.fr./g.lemanissier/phaeocystis.htm>
- /14/ Rydberg, L. et al., Fluxes of water and nutrients within and into the Skagerrak, 1996, J.Sea Research, 35(1-3):23-38
- /15/ Rodhe,J. & Holt,N. Observations of the suspended matter into the Skagerrak along the western and northern coast of Jutland. 1996. J.Sea Research. 35(1-3):91-98.
- /16/ Rodhe, J. On the dynamics of the large-scale circulation of the Skagerrak. 1966. J.Sea Research, 35 (1-3):9-21.
- /17/ Tingdahl.K., Är Västerhavet Nordsjöns soptunna?. <http://home.worldonline.se/tingdahl/arbejt/vasthav/>
- /18/ Hermann, Frede, ibid.
- /19/ Hermann, Frede, ibid.
- /20/ Vejle Amt. Baggrund for Iltsvind. http://www.vejleamt.dkweb/naturmiloe.nsf/Url/Baggrunden_for_iltsvind_Havet
- /21/ Dybdekort over de danske farvande. Danmarks Natur, Bind 3, Havet, side 16, Politikens Forlag 1968.
- /22/ Lemanisasier, G. ibid.
- /23/ Riemann, Bo, Iltsvind Kvælstof fra Skagerrak er ikke dominerende, Ingeniøren 8/03.
- /24/ Somer, Erik, Iltforbrug fra Jyllandsstrømmen er dominerende, vil blive bragt i Ingeniøren.

Bilag 1.

Kvælstof, alger og iltsvind.

Af forhv. overing. i Miljøstyrelsen Erik Somer.

I et indlæg i Ingeniøren nr. 48 har tre medarbejdere ved Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) Stig Markager, Gunni Ærtebjerg (GÆ) og Bo Riemann gjort indsigelse mod N.K. Højerslev's (NKH) tidligere fremførte synspunkt, at Danmarks andel af de samlede tilførsler til havet kun er omkring 10 %. Jeg skal ikke her tage stilling til NKHs skrivelser, men i stedet gøre opmærksom på væsentlige mangler i indlægget fra DMU. Samtidig vil jeg prøve at gå i dybden med hensyn til min opfattelse af årsagerne til de alvorlige iltsvindshændelser, som vi i en årrække har konstateret i den åbne del af Kattegat og Bælthavet.

Triumviratets indlæg var forkortet i Ingeniøren, men findes i sin helhed i debatarkivet på www.ing.dk. Jeg er nødt til at henvise til det komplette indlæg, da fejlvurderingerne specielt fremgår deraf. Indlægget giver en opgørelse over de samlede tilførsler af kvælstof til de indre danske farvande. Dette belyses med indlæggets [figur 1 og 2, som](#) jeg gengiver her. Det fremgår heraf, at Tyskland bidrager med kun 12 % af biologisk aktivt kvælstof (i forhold til Danmarks 33%), og dette bidrag udgør gennemsnitligt 32.000 tons pr år. Af teksten fremgår det endvidere, at dette bidrag kommer ind i Kattegat med tungt bundvand og at det samlede bidrag via Skagerrak kun for 40 % vedkommende er biologisk aktivt, idet resten er bundet i tungtomsætteligt humus. Det er dette, jeg er uenig i, idet jeg mener, at bidraget fra Skagerrak er meget, meget større og samtidig letomsætteligt. Det er således hovedårsagen til iltsvindet i den åbne del af de indre danske farvande.

Det siges ofte, at Danmark vender ryggen til Nordsøen. Det gælder i allerhøjeste grad for DMU. En af triumviratet (GÆ) har dog været med i en arbejdsgruppe af norske, svenske og danske forskere, som har redegjort for miljøforholdene i Skagerrak (Skagerrak –environmental state og monitoring prospects, Forum Skagerrak, www.forumskagerrak.com/reports, 2001). Fra denne rapport gengiver jeg figur 2.2, der viser den årlige næringssaltbelastning i de øvre vandmasser. Det ses, at der med den nordgående overfladestrøm langs den jyske vestkyst (Jyllandssstrømmen) tilføres 160.000 tons opløst uorganisk kvælstof til Skagerrak. Detaljer om denne transport fremgår af rapportens figur 2.3. Denne figur viser den kompakte strøm af nitrat fra den Tyske Bugt, primært Elben. Nitratkoncentrationen aftager mod nord, dels fordi det lette flodvand efterhånden opblandes med saltvand, dels fordi det uorganiske kvælstof på sin vej nordpå optages primært i planteplankton.

Indtil området udfor Hirtshals er denne kyststrøm homogent blandet fra overflade til bund. I dette område er saltholdigheden ved opblanding med Nordsøvand efterhånden steget så meget, at den svarer til den, der findes i det udstrømmende vand fra Kattegat. Derefter synker vandmassen fra syd ned under det udstrømmende vand og findes nu som et mellemlag mellem det lettere Kattegatoverfladevand, der jo delvis hidrører fra den brakke Østersø og det tunge bundvand, der stammer fra Nordsøen. I dette mellemlag af Skagerrakvand er der oftest lys nok til en fortsat algeudvikling.

I visse år strømmer der betragtelige mængder uorganisk kvælstof ind i Kattegat med dette mellemlag, men det væsentlige er, at dette vand indeholder enorme mængder organisk bundet kvælstof i opløst og partikulær form, hidrørende fra den algeproduktion, der er foregået langs Jyllands Vestkyst. Denne mængde er af størrelsesordenen millioner af tons organisk bundet kulstof, og den er i modsætning til, hvad triumviratet skriver, meget let nedbrydelig, hvorved der forbruges ilt. **Den helt dominerende årsag til iltsvindet i den åbne del af Kattegat og Bælthavet er således tilførslen fra Skagerrak.**

Phaeocystis.

Jeg synes, at det er værd at gå lidt mere i detaljer med, hvordan denne delvis nedbrudte algemasse dannes ved den jyske vestkyst, og hvordan forholdene har ændret sig i løbet af de sidste årtier. Algevæksten er afhængig af næringssalttilførslerne fosfor og kvælstof, samt for kiselalgerne vedkommende også af siliciumtilførslen. Fosfortilførslen fra land hidrører hovedsageligt fra byer og industri, og den er nogenlunde konstant gennem året. Derimod kommer kvælstof hovedsageligt med afstrømningen fra det åbne land, og den følger i årets løb variationerne i ferskvandtilførslen. Den er størst i vinter- og forårmånederne. Mens fosfortilførslen fra de centraleuropæiske floder ikke er steget væsentligt gennem de sidste 40 år, ja faktisk er faldet i de allerseneeste år på grund af indgrebene over for denne tilførsel, er kvælstoftilførslerne steget betragteligt, dog med en tendens til fald efter sammenbruddet i Øststaterne omkring 1990. Med den øgede landbrugsstøtte til disse lande vil den nok stige igen.

I det meget tidlige forår begynder algevæksten langs med vestkysten. Til at begynde med består den af kiselalger, der forbruger både kvælstof, fosfor og silicium. Tidligere har det været sådan, at algeproduktionen i april-maj som hovedregel har forbrugt hele den til rådighed værende mængde af alle næringsstoffer, men den øgede kvælstofbelastning har medført at der på dette tidspunkt i de senere år som oftest endnu er et stort overskud af kvælstof.

Denne situation skaber en niche for en anden type alger, flagellater, hovedsageligt af arten *phaeocystis*. Disse alger er ganske små. De starter deres tilværelse som bevægelige enkeltindivider. De forbruger dels det tilstedeværende indhold af uorganisk kvælstof, men de er også i stand til at udnytte de fosformængder, der nu kun er tilstede som organisk bundet fosfor hidrørende fra den tidligere algeproduktion, idet de udskiller et enzym, alkalisk fosfatase, som er i stand til at omdanne det organiske fosfor. Enkeltindividerne samler sig snart i kugleformede kolonier omkring en kerne af gelémasse. Når disse nedbrydes, danner de skummasser, der skyller op på strandene, og ofte er mere end én meter høje. Nogle forskere mener, at disse alger er giftige. Jeg selv synes, at den væsentligste skadelige effekt ved vestkysten er af æstetisk art, idet de er til væsentlig gene for turismen i de tidlige sommermåneder. De har dog også en kedelig tilbøjelighed til at tilstoppe fiskernes net.

Den væsentligste skade er dog, at det er disse nedbrudte algemasser, der om sommeren trænger ind i Kattegat og forårsager iltsvindet der. Det skal tilføjes, at masseopblomstring af *phaeocystis* også kunne forekomme tilbage i tiden, men da kun i våde år med ekstrem stor afstrømning fra land. I dag er situationen den, at algeopblomstringen kun undgås i tørre år med ekstrem lav afstrømning fra land. Bemærk endelig, at denne alges masseopblomstring i modsætning til andre arter har som forudsætning, at det er fosfor og ikke kvælstof, der er i underskud.

Der er dog også andre skadelige alger, der kan udnytte den specielle næringsaltsituation i det vand, som Jyllandstrømmen fører ind som et mellemlag i Kattegat. Det er i dette mellemlag man i visse år finder giftige alger (f.eks. flagellater som *gyrodinium aureolum* og *chrysochromulina polylepis*), der har forårsaget fiskedød for eksempel ved Djurslands nordkyst.

Nodularia.

Vi har her set et eksempel på, hvordan forskellige alger har formået at klare sig under helt forskellige næringsaltsituationer. Der skal nævnes endnu et eksempel. I Østersøen tilføres der lige som til Vesterhavet store næringssaltmængder med floderne. Der er et stort overskud af kvælstoftilførsler i forhold til fosfor, men ved overgangen til de iltfattige bundlag i Østersøen

nedbrydes nitratkvælstof til frit kvælstof ved en reduktionsproces, der kaldes denitrifikation. Resultatet er, at der i den åbne Østersø er et underskud af kvælstof for algeproduktionen.

Der er dog igen en bestemt type alger, der har fundet en niche i denne situation. Det er visse blågrønalger, der er i stand til at assimilere frit kvælstof. Det gælder for eksempel arten *nodularia*, der årligt forekommer bl.a. ved Bornholms kyster, hvor fiskerne taler om, at de savsmuldslignende opskyl hydrerende fra masseopblomstring af denne alge skyldes, at "tangen blomstrer". I situationer med længerevarende Østenvind drives disse algemasser gennem Bælthavet, således at de samler sig ved Danmarks østvendte kyster. Algen kan måske videreudvikle sig her, men de helt væsentlige mængder kommer fra Østersøen. Også denne alge bidrager til iltsvindet i de indre danske farvande, fordi den er let nedbrydelig. Det er altså heller ikke korrekt, når triumviratet påstår, at det meste af Østersøens organisk bundne kvælstof, der føres til vore farvande, altid er tungt nedbrydeligt.

For øvrigt kan *nodularia* også udnytte organisk bundet fosfor, dannet ved forudgående algeproduktion. Det sker på lignende måde som for *phaeocystis* ved hjælp af enzymet alkalisk fosfatase. Dette gør den i nogen grad uafhængig af fosfortilførsler fra land. *Nodularia* og også iltsvind sætter unedbrydelige spor i bundsedimenterne. Ved hjælp af boreprøver af Østersøens bundlag er det eftervist, at masseforekomst af *nodularia* og iltsvind er forekommet nogenlunde i samme omfang som i dag i alle de 7000 år Østersøen har haft sin nuværende tilstand. Derfor er der forskere, der har sat spørgsmålstegn ved den høje og omkostningskrævende prioritering, som næringssaltfjernelse har fået i Østersøens opland blandt andet med dansk miljøstøtte.

Hvilken prioritet skal indgreb over for de forskellige kvælstofkilder have.

Der er ikke noget nyt i det, jeg her har beskrevet. Jeg har i Miljøstyrelsen gjort opmærksom på disse forhold i adskillige år inden jeg gik på pension ultimo 1992, men mine synspunkter prellede af på Danmarks Miljøundersøgelser og dennes forgænger Havforureningslaboratoriet. Særlig GÆ kunne ikke følge mig. Det var hans bror, der var den fisker, der i TV fremviste de døde jomfruhummere, som førte til den mediestorm, der førte til den hastige udarbejdelse af den første vandmiljøplan.

I Miljøstyrelsen havde ledelsen, hver gang der et sted skete en miljøkatastrofe, evnet at skaffe sig store bevillinger beregnet til imødegåelse af sådanne hændelser. I ledelseskredsen talte man om "Management by Catastrophies". Ved euforien omkring etablering af vandmiljøplanen brugte jeg betegnelsen "Management by Pseudocatastrophies". Det var til stor skade for min position i styrelsen.

Når jeg alligevel i min tid i styrelsen kunne gå ind for kraftige indgreb over næringssaltudledninger, skyldes det, at man ikke kan se bort fra, at de er til skade i vore ferskvandssystemer og i visse lukkede fjorde og bugter, men primært fordi jeg anså det for strengt nødvendigt at gøre en indsats over for udledningerne via Mellemeuropas floder til Vesterhavet. Det ville være umuligt at forhandle sig frem til sådanne indgreb, hvis man ikke også gennemførte dem for Danmarks vedkommende. Som en utilsigtet sidegevinst ville man herved også opnå, at det ikke blot var danske landmænd, der fik pålagt en ensidig byrde.

På mit initiativ etableredes der en arbejdsgruppe vedrørende næringssaltforurening under Paris-kommissionen, der var ansvarlig for at forhindre forurening af den østlige del af Nordatlanten inklusive Skagerrak og Kattegat. Det var til skade for dette arbejde, at DMU ensidigt pegede på, at det var Danmarks udledninger, der var synderen. Jeg har ladet mig fortælle, at den danske indsats vedrørende næringssalte i den nævnte kommission (som nu hedder OSPAR-kommissionen) efter min afgang blev sat på vågeblus.

Fiskeriets indflydelse på iltsvindssituationer.

Jeg skal give endnu et eksempel på, hvordan DMU har undertrykt undersøgelser, der kunne belyse aspekter vedrørende andre årsager til iltsvindet i vore farvande end tilførsler fra dansk landbrug.

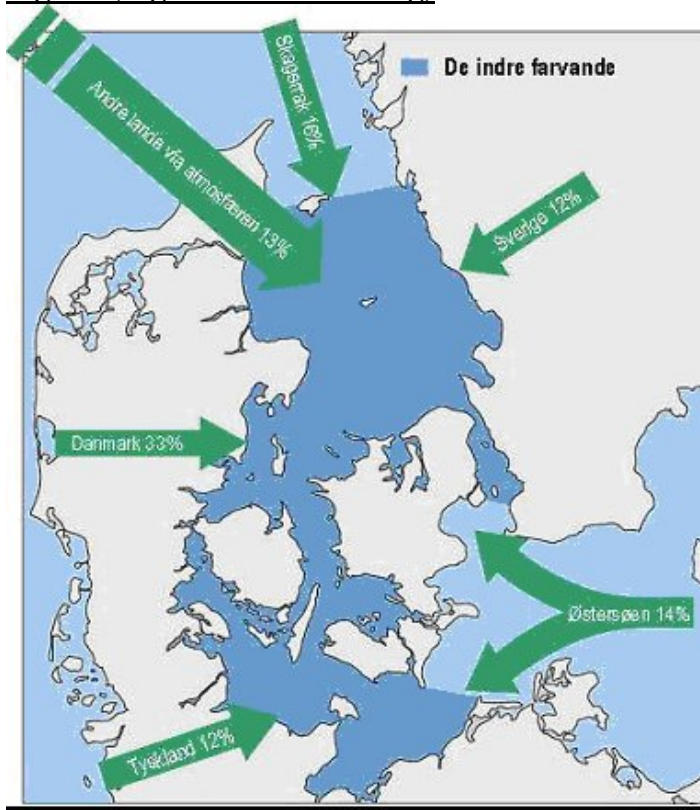
I de senere år har man med held gennemført såkaldte biomanipulationer for at nedbringe planktonalgeproblemerne i vore søer. Man er blevet opmærksom på, at planktonalgemængden kan nedbringes ved at sikre en god bestand af rovfisk øverst i søernes fødekæde. Det forklares ved, at disse rovfisk decimerer mængden af småfisk, der lever af småkrebs og andet dyrisk plankton. Denne gruppe lever igen af planteplankton. Hvis der ikke er nok af dyrisk plankton, vokser planteplanktonet til skade for søen. Ved at tilføre rovfisk, lader man dem begrænse mængden af småfisk, og sikrer sig derved en god bestand af dyreplankton, der kan afgræsse planteplanktonet.

I vore have har overfiskning specielt af rovfisk, herunder torsk, medført en modsat rettet biomanipulation. Torskebestanden er som følge heraf knap 20 % af, hvad den gennemsnitligt har været tidligere. Det har hidtil vist sig umuligt at gribe effektivt politisk ind over dette overfiskeri.

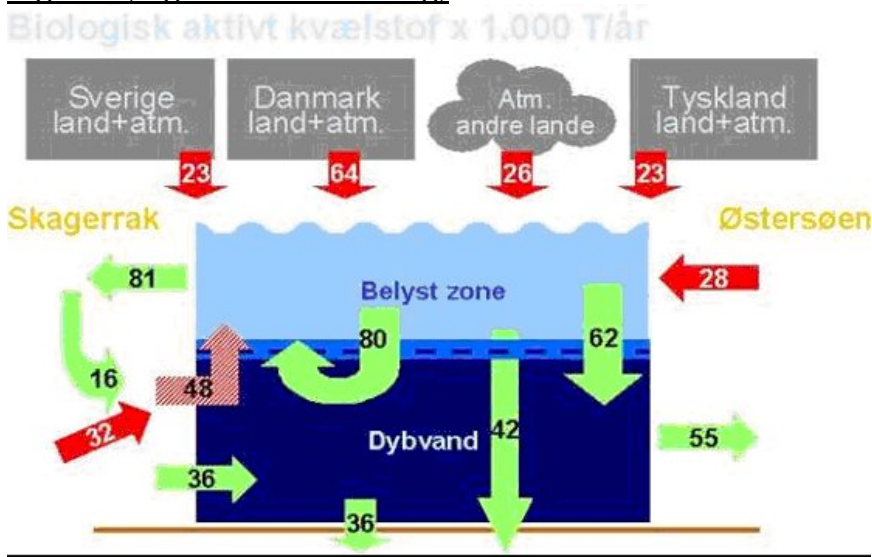
En følge heraf har været, at lavere led i fødekæden, der reguleres af torsken, har udviklet sig kraftigt i den udstrækning, de ikke også er blevet overbefisket. Torsken driver rov på sild og brisling, som har dyrisk plankton som væsentligt fødegrundlag. Disse arter befiskes også meget kraftigt, ikke mindst af det danske industrifiskeri. Deres rolle er derfor delvis erstattet af andre arter, såsom gopler, der også lever af dyreplankton. Bestanden af gopler er øget væsentligt i de senere år. Dyreplanktonmængden begrænses derfor stadigvæk kraftigt. Dette har til følge, at der nu er et potentiale for øgede planteplanktonmængder, som er hovedårsagen til iltsvindet.

Denne beskrivelse, som svarer til, hvad vi har erkendt i vore søer, er dog endnu hypotetisk for havets vedkommende. I mine sidste år i Miljøstyrelsen har jeg forsøgt at interessere både DMU og Danmarks Fiskeriundersøgelser i at undersøge, om der er noget om denne hypotese. Forgæves! Danmarks Fiskeriundersøgelser mente, at det var politisk uheldigt at give sig til at undersøge denne problemstilling, og også hos DMU er fiskeriinteresserne dominerende.

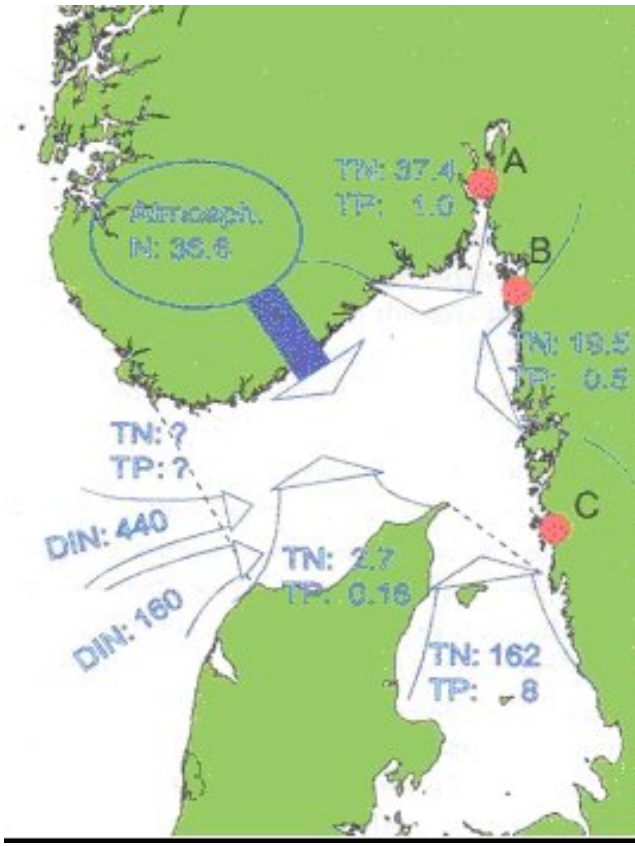
Der er brug for et paradigmeskift!

Figur I (Figur 1 i DMU indlæg)

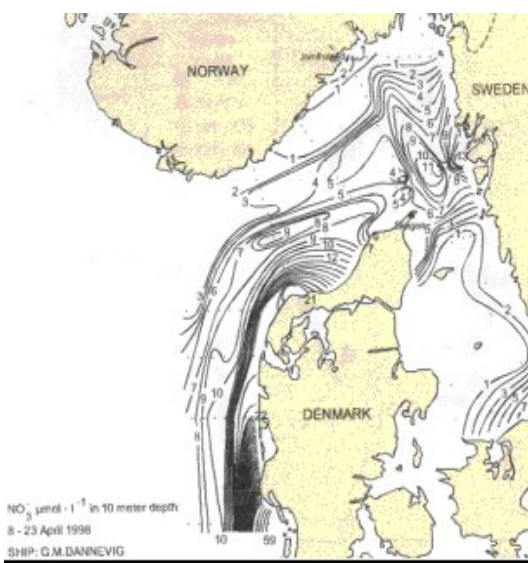
Denne figur viser ifølge DMU den procentvise fordeling af tilførsler af biologisk aktivt kvælstof til de indre, danske farvande. Den viste tilførsel fra Skagerrak gælder kun tilførslen med bundvand. Den meget store tilførsel via Jyllandsstrømmen er slet ikke vist.

Figur II (Figur 2 i DMU indlæg)

Denne figur, som også hidrører fra DMU, skulle vise transporten af biologisk aktivt kvælstof til de indre danske farvande. DMU's indlæg forklarer ikke tilfredsstillende, hvordan bidraget fra Skagerrak fremkommer. I hvert fald er tilførslen via Jyllandsstrømmen enten ikke medtaget eller stærkt undervurderet.

Figur III (Figur 2.2 fra Forum Skagerrak)

Denne figur viser den anslåede middel nærings-salt-belastning i 1990'erne til de øverste 50 meter af Skagerrak (i tusinde tons) fra de omliggende lande og fra atmosfæren. Bemærk her specielt tilførslen af 160.000 tons uorganisk nitrat med Jyllandsstrømmen.

Figur IV (Figur 2.3 fra Forum Skagerrak.

Koncentrationen af nitrat i Skagerrak i april 1998 i 10 meters dybde.
Bemærk de meget store mængder, der er på vej mod

nord med Jyllandsstrømmen.

Bilag 2.

Iltsvind

Kvælstof til havmiljøet – DMUs syn på sagen

Af Stig Markager, Gunni Ærtebjerg og Bo Riemann
Danmarks Miljøundersøgelser

Fredag, 29.11.2002 06:00

For to måneder siden startede der en debat her i Ingeniøren om kvælstoftilførslerne til havet. I debatten har N.K. Højerstev (NKH) fremført det synspunkt at Danmarks andel af de samlede tilførsler er omkring 10 pct., og at de danske investeringer i vandmiljøplan I og II følgelig har været spild af penge, da en reduktion af et så lille bidrag ikke har nogen effekt. Synspunktet har forståeligt nok vakt en del opsigt - specielt set i lyset af at vi i år har haft det mest omfattende iltsvind til dato.

Undervejs i debatten er det også blevet fremført at DMU hidtil har overset det kvælstof som kommer fra Østersøen og Skagerrak samt at DMU har tilbageholdt oplysninger, ikke kan regne, til stadighed ændrer på tallene og bevidst har misinformeret politikere og offentligheden. Vi vil her præsentere vores syn på sagen – både den faglige substans og de mere holdningsprægede aspekter.

Den faglige side: Rent fagligt drejer det sig om at beregne, hvor meget kvælstof som tilføres overfladelaget i de indre farvande (Figur 1 - link nederst i artiklen) og som er til rådighed for algevæksten. Når kvælstof er interessant, er det fordi kvælstof er begrænsende for algernes (planktons) vækst. Algerne vokser kun i den øverste del af vandsøjlen hvor der er lys, og det er derfor primært den del af vandsøjlen der drejer sig om. Figuren viser det område vi betegner som "de indre farvande". Mod syd er området afgrænset af tærsklerne ved Drogden og Gødser som danner den naturlige barriere for vandudvekslingen med Østersøen. Mod nord er snittet lagt lige syd for frontzonen mellem det salte vand fra Skagerrak og det lettere og mindre salte vand fra Kattegat. Vi har valgt dette område fordi man kan lave rimeligt pålidelige opgørelser over havstrømmene i netop det område.

De marine områder får tilført kvælstof fra land via vandløb, som atmosfærisk nedfald og med havstrømme. De indre farvande får årligt tilført omkring 96.000 tons kvælstof direkte fra vandløb – 60.000 tons fra Danmark, 25.000 tons fra Sverige og 11.000 tons fra Tyskland. Det samlede atmosfæriske nedfald er 52.000 tons hvoraf

halvdelen stammer fra emissioner i Danmark (10.000 tons), Sverige (3.000) og Tyskland (13.000), mens resten kommer fra emissioner i andre lande. Det samlede bidrag fra Danmark er 70.000 tons kvælstof eller næsten halvdelen af de lokale tilførsler (Danmark, Sverige, Tyskland og atmosfæren) på 148.000 (tabel 1).

Havstrømmene fra Skagerrak og Østersøen tilfører hvert år henholdsvis 210.000 tons og 217.000 tons kvælstof til de indre farvande. Samlet set tilføres de indre farvande i gennemsnit 575.000 tons kvælstof om året, og Danmarks andel på 70.000 tons udgør 12 pct.

Det giver imidlertid et forkert billede af hvor stor betydning tilførslerne har. Der er nemlig stor forskel på hvordan kvælstoffet er bundet, og om det kommer i nærheden af algerne. Det meste af det kvælstof der tilføres fra land og fra atmosfæren er uorganiske forbindelser, fx ammonium og nitrat, som algerne umiddelbart kan optage. Mellem 80 og 100 pct. af kvælstoffet er derfor biologisk aktivt. Omvendt er det meste kvælstof i havvand bundet i humusstoffer, også kaldet opløst organisk stof eller DOM (der ses helt bort fra kvælstofgassen N₂). Det er gamle planterester svarende til det tørvestrøelse som bruges i haven, bare på opløst form. Planterne kan ikke umiddelbart bruge det kvælstof som er bundet i humusstoffer. I Østersøen er 87 pct. af kvælstoffet bundet i humusstoffer, og i Skagerrak drejer det sig om 40 pct.. Det er derfor helt afgørende at tage hensyn til dette, når man skal vurdere effekten af det kvælstof som tilføres med havstrømmene. Situationen er helt analog til en mark hvor der også er en stor inaktiv pulje af kvælstof bundet i jordens humus og en lille for planterne aktiv pulje bundet som nitrat og ammonium og tilført fx som gødning. Tabel 1 - link nederst i artiklen - viser tilførslerne af biologisk aktivt kvælstof. Danmarks bidrag er 26 pct.

Skagerrak er den største bidragsyder med 84.000 tons biologisk aktivt kvælstof pr. år (Figur 2 - link nederst i artiklen). Vandet fra Skagerrak er salt og dermed tungt bundvand, og kvælstoffet herfra bidrager ikke umiddelbart til algernes vækst. Kun ca. 2/3 kommer op i overfladevandet – resten går tabt ved denitrifikation (omdannelse af nitrat til frit kvælstof) eller bliver ført videre ind i Østersøen.

En del af de 84.000 tons stammer oprindeligt fra Kattegat. Det overfladevand der strømmer nordpå ud af Kattegat, indeholder partikler der synker til bunds. På den måde flyttes kvælstof ned i det bundvand som er på vej sydpå mod Kattegats bundvand. Samtidig sker der en vis opblanding af vandmasserne. Alt i alt er ca. 1/3 af det kvælstof som kommer ind i de indre farvande fra Skagerrak "oprindeligt" fra Kattegat. Det har bare været "ude og vende" i Skagerrak. Når man indregner disse forhold falder den eksterne tilførsel af kvælstof fra Skagerrak til 32.000 tons. Danmarks bidrag er således 33 pct. af de samlede eksterne tilførsler (tabel 1 og figur 1).

Konklusionen er derfor at Danmark bidrager med ca. 1/3 af det kvælstof som påvirker algernes vækst og dermed miljøtilstanden. En tredjedel kommer fra vores nabolande, og den sidste tredjedel kommer med havstrømme.

De seneste opgørelser viser at Danmarks tilførsler af kvælstof er faldet med 35 pct. i år med normal nedbør i forhold til situationen i 1980'erne. Hvis man antager at alle øvrige bidrag er uændret, er Danmarks andel af de biologisk aktive kvælstoftilførsler faldet fra 33 til 24 pct.. Dette er dog kun et skøn, idet vi ikke kender de tilsvarende tal for Sverige og Tyskland. Vi kan dog konstatere at vandet i samme periode er blevet mere klart, og at mængden af alger og deres produktion er faldet. Der er således sammenhæng i tingene, idet Danmark står for en betydelig del af tilførslerne, og at miljøet er forbedret i den periode hvor de danske tilførsler er reduceret.

Landbruget står for omkring 80 pct. af udledningerne af kvælstof fra land, hovedsagelig udvaskning fra markerne. Ca. 50 pct. af tilførslerne til atmosfæren kommer fra landbruget, primært som fordampning af ammoniak. Samlet står landbruget for omkring 75 pct. af det danske bidrag. Resten er fordelt på en række mindre kilder, fx NOx-gasser fra forbrænding, rensningsanlæg og et naturligt baggrundsbidrag.

Den faglige konklusion er derfor, at Danmark står for en betydelig del af kvælstoftilførslerne til de indre farvande, og at landbruget er den helt dominerende kilde til disse tilførsler.

Ovenstående betragtninger blev fremlagt på et offentligt møde den 29. oktober i Odense og indgik i mødets konklusion.

Den offentlige debat: DMU er en sektorforskningsinstitution der skal forske i og rådgive om den faglige baggrund i miljøspørgsmål, så de administrative og politiske beslutninger vedrørende miljøet kan træffes på et godt fagligt grundlag. Det er så op til beslutningstagerne at afveje de faglige aspekter i forhold til andre forhold, fx økonomi. Derfor har DMU ikke nogen "holdning" til om tilførslen af fx kvælstof skal reduceres., fx ved en vandmiljøplan III, men DMU har en pligt til informere om de faglig sammenhænge og konsekvenserne af de påvirkninger som fx landbruget har på miljøet. Det er derfor også DMU's opgave at imødegå udsagn når de efter vores mening er fagligt forkerte – fx at de danske tilførsler af kvælstof til havet er uden betydning.

DMU er blevet kritiseret for at ændre på tallene. Det er rigtigt at DMU tidligere har brugt andre tal for fx tilførslerne fra Østersøen og Skagerrak, men det er urimeligt at fremstille det som en fejl. DMU har pligt til løbende at forbedre og opdatere de data som anvendes, og derfor vil der med mellemrum komme nye beregninger. Hvis vi ikke gjorde det, ville vi med rette kunne kritiseres for ikke at opdatere det faglige grundlag og udføre vores opgave ordentligt.

NKH har fremført at der kun er biologer involveret i DMU's faglige analyser, og at der mangler et oceanografisk aspekt. Det er ikke korrekt. DMU's analyser er udført af hydrografer, statistikere, ingeniører og biologer. NKH's egne analyser bringer da heller ikke nye aspekter frem. De er blot simpel procentregning på de samlede tilførsler uden analyser af biologiske forhold, recirkulering eller andre aspekter. NKH's kritik nærmer sig kværlanteri og får et useriøst indhold, når han ikke forholder sig til at det meste kvælstof i havet er bundet i humusstoffer. Netop humusstoffers optiske egenskaber er noget NKH har forsket i gennem mange år, og han kan ikke være uvidende om at humusstoffer indeholder kvælstof.

DMU har ikke hverken overset eller fortiet bidraget af kvælstof fra de tilstødende havområder, ej heller fortiet problemet. Helt tilbage i 1987 fremgår det af "Beregning om Vandmiljøplan I" at "specielt for de åbne havområder, dvs. Østersøen, Bælthavet, Kattegat, Skagerrak og Nordsøen er tilførslen af næringsalte med indstrømmende vand fra tilgrænsende havområder ofte af stor betydning for den samlede næringsaltbelastning – set i forhold til de landbaserede danske bidrag.Flertallet opfordrer regeringen til gennem de relevante internationale organisationer og gennem tosidede kontakter at søge at sikre, at der vedtages bindende internationale regler om reduktion af de enkelte landes samlede udledning af næringsstoffer..". Det skele bl.a. på foranledning af det daværende Havforeningslaboratorium (forløberen for DMU's Afdeling for Marin Miljø). Lige siden har DMU flere gange præsenteret tal for tilførslerne fra de tilstødende havområder hvilket er dokumenteret på vores hjemmeside www.dmu.dk.

Set i bakspejlet kan vi godt fortryde at vi ikke har gjort mere ud af at belyse dette spørgsmål tidligere. Men her skal man overveje hvad der egentligt er det relevante spørgsmål? Det er selvfølgelig vigtigt at vide, om det danske bidrag overhoved har nogen betydning for havmiljøet. Dette dokumenteres af ovenstående beregninger, men måske mere overbevisende ved at der er en tæt sammenhæng ($r^2=0,94$) mellem fx lokale tilførsler af kvælstof og algeproduktion. Der er tilsvarende sammenhænge for andre forhold, fx vandets klarhed. Dette dokumenterer at de danske bidrag har en betydning for den biologiske omsætning i de indre farvande.

Det er derimod ikke så interessant at fastslå den nøjagtige procentsats for det danske kvælstofbidrag. Procentsatsen varierer nemlig meget fra område til område og fra år til år. I det nordlige Kattegat, langs den svenske vestkyst og i Køge Bugt er den måske 5-10 pct.. I fjorde som Mariager Fjord og Limfjorden er den omkring 80 pct.. I de kystnære områder ligger den mellem disse værdier. Gennemsnittet for hele området 'de indre farvande' er dermed temmeligt uinteressant. Særligt fordi man derved overser at der fx for iltsvind er tale om en on/off mekanisme. Tidligere forekom iltsvind kun kortvarigt i små isolerede områder. Siden 1950'erne er tilførslen af kvælstof til de marine områder steget hvilket har resulteret i det udbredte

iltsvind vi ser i dag. Det er med andre ord den tue der vælter læsset. Det fremgår imidlertid ikke, når man laver et kvælstofbudget hvor alle bidrag sammenlignes som ligeværdige. Man overser let hvilke bidrag der er steget og kan kontrolleres, og hvilke som er naturlige eller uden for kontrol.

Tabel 1. Kvælstoftilførsler til de indre farvande i 1.000 tons pr. år. Gennemsnitlige værdier for perioden 1989 til 1996.

	Total kvælstof	Biologisk aktivt kvælstof (N)	Efter recirkulering	Procentvis fordeling
Danmark	70	64	64	33
Sverige	28	23	23	12
Tyskland	24	23	23	12
Atm. øvrige lande	26	26	26	13
Skagerrak	210	84	32	16
Østersøen	217	28	28	14
Total	575	247	196	100
Dansk bidrag i %	12%	26%	33%	

Figur 1 og 2 findes i Bilag 1.

Bilag 3.

Iltsvind Kvælstof fra Skagerrak er ikke dominerende

Bo Riemann Forskningschef, Danmarks Miljøundersøgelser

Freitag, 21.02.2003 06:00

I et indlæg i Ingeniøren nr. 5/03 gør Civilingeniør Erik Somer (ES) opmærksom på nogle forhold i DMU's indlæg den 1. nr. 48/02 om kvælstof og havstrømme, som han ikke er enig i. ES mener at 1) at kvælstofbidraget fra Skagerrak er hovedansvarlig for iltsvindet i den åbne del af Kattegat og Bælthavet, 2) at blågrønalger, herunder *Nodularia*, bidrager til iltsvindet i de indre danske farvande og 3) at overfiskning af torsk har betydet ændringer i den marine fødekæde.

I indlægget, som er præsenteret i sin fulde ordlyd i debatarivet (www.ing.dk) gennemgår ES som baggrund for sine konklusioner, en række økologiske mekanismer i havet. Denne gennemgang er omhyggelig og overordnet korrekt.

Vedr. kvælstofbidraget fra Skagerrak: ES mener, at DMU undervurderer kvælstofbidraget fra Skagerrak og fremhæver, at kvælstoffet fra Skagerrak er meget mere biologisk aktivt (biotilgængeligt) end de 40 pct., som DMU har angivet. ES fremhæver, at vandet indeholder meget organisk bundet kvælstof, som hidrører fra algeproduktion langs den Jyske vestkyst.

DMU er enig i at denne mekanisme bidrager med organisk bundet kvælstof til Kattegats bundvand, men det er ikke den væsentligste kilde. I et kvælstofbudget, som bl.a. er fremlagt i Ingeniøren, beregner vi det biologisk aktive kvælstof som summen af uorganisk kvælstof og kvælstof bundet i alger. Desuden har vi antaget at 10 pct. af det opløste organiske kvælstof i bundvandet fra Skagerrak vil blive tilgængelig for algeproduktionen via fotokemisk nedbrydning.

Denne mekanisme er relevant fordi det organisk bundne kvælstof fra Skagerrak kommer med dybdevand og derfor ikke har været udsat for lys. Det gør de opløste organiske forbindelser mere følsomme for fotokemisk nedbrydning end f.eks. det som tilføres fra Østersøen. Det ville dog være ønskeligt med mere viden om disse forhold.

DMU har tidligere baseret kvælstofanalysen af de danske farvande på nettotransporterne over randene, dvs. forskellene på årsbasis af det der løber ind over Skagerrak/Kattegat og til og fra Østersøen. Disse talstørrelser er robuste uanset hvilken tidsskala man anvender. DMU's kritikere vil

derimod anvende bruttotalerne. Når man regner med bruttotal, så medregner man hver eneste gang der foregår en transport f.eks. fra Skagerrak til Kattegat med en sydgående havstrøm. Men man glemmer at regne med om denne transport forsvinder inden den overhovedet når at indgå i stofproduktionen.

Desværre eksisterer der ikke særligt mange år, hvor der foreligger data om havstrømmenes gøren og laden. Dog har Danmark siden 1998 haft en Farvandsmodel kørende for de danske havområder, som time for time samler informationer om havstrømme og transporter. Men skal man anvende bruttotal er det vigtigt at korrigere for biotilgængelighed, i hvilket omfang kvælstoffet kommer i perioder med algevækst, om kvælstoffet overhovedet kommer op til algerne i lyset og om der sker en recirkulering af vandmasserne, så man undgår at regne en kvælstoftilførsel to gange.

Hvis man ikke laver disse korrektioner kommer man frem til meget forkerte konklusioner. Hele dette regnestykke er meget kompliceret, og DMU kunne godt have ønsket sig, at der lå et større datamateriale. Men sådan er det engang imellem. I årets havrapport til Folketinget har DMU redegjort for resultater og forudsætninger for disse beregninger

Det der er vigtigt er, at de resultater DMU er kommet frem til er konservative. Det vil sige, at betydningen af Østersøvand og Skagerraktilførslerne under alle omstændigheder ikke er undervurderet. Vores helt overordnede konklusion er, at de danske landbaserede kvælstoftilførsler er mest betydende i fjorde og kystvande. Ser man bort fra fjordene, er en gennemsnitsbetragtning for de indre danske farvande, at de danske landbaserede tilførsler udgør 26-33 pct. af de samlede tilførsler. DMU er enig i, at problemet i de åbne områder i Kattegat/Skagerrak er et internationalt ansvar, men siger samtidigt, at Danmarks bidrag er ganske betydeligt. Jo længere man kommer ud i det åbne Kattegat/Skagerrak desto mindre betyder de danske landbaserede bidrag.

Med hensyn til årsagen til det store iltsvind i 2002 er DMU helt uenig med ES's konklusion. ES siger, at kvælstoftilførslerne fra Skagerrak er den dominerende årsag. DMU fastholder, at årsagen til iltsvindets dybde og udbredelse er en kombination af de klimatiske forhold, meget nedbør, meget varme og lidt vind samt for store næringsstofftilførsler. Der er ingen tvivl om at de usædvanlige klimatiske forhold har spillet en dominerende rolle. Hvis vi fremover vil minimere risikoen for et iltsvind af samme dimensioner skal vi fortsætte med at reducere tilførslerne af både kvælstof og fosfor.

Vandmiljøplanerne har givet et gevaldigt skub i den rigtige retning, og der er allerede sket en markant reduktion i tilførslerne af både fosfor og kvælstof. Og her har dansk landbrug og den danske stat bidraget væsentligt. Resultaterne er tydelige. Fosfor

begrænser nu hovedsageligt algerne i fjordene og kvælstoffet begrænser hovedsageligt algerne i de åbne havområder. Vandmiljøplan II er fortsat ikke fuldt ud implementeret, og der er håb om, at der i de kommende år vil ses en fortsættelse af de reduktioner i tilførslerne som vi har set siden begyndelsen af 1990'erne. Så for kvælstoffets vedkommende er vi måske godt på vej.

Vedr. blågrønalgernes bidrag til iltsvind: ES mener, at blågrønalgernes bidrag med kvælstoftransport til havet fra atmosfæren, og at de dermed bidrager til iltsvindet. DMU er enig i dette synspunkt. Vi har tidligere redegjort for disse forhold i skrift og tale (se DMU's hjemmeside www.dmu.dk). For det store iltsvind i 2002 var der imidlertid ingen blågrønalgere, så her var de uden betydning.

Til sidst mener ES, at overfiskning af specielt torsk har ændret den marine fødekæde og blandt andet fremmet vækst af blandt andet vandmænd som æder dyreplankton og fremmer algevækst. ES erkender at dette er en hypotese for havets vedkommende.

DMU er enige i dette synspunkt. Vi har lidt svært ved at forstå, at fiskeriinteresserne specielt skulle være dominerende hos DMU? DMU vil meget gerne indgå i undersøgelser til at belyse årsager til disse ændringer herunder de fisketomme områder i Danmark. Vi har allerede indgået i flere projekter herom.

Bilag 4.

Iltforbrug fra Jyllandsstrømmen er dominerende.

I forrige nummer af Ingeniøren (nr. 8/03) besvarer Bo Riemann (BR) fra DMU min kritik (Ingeniøren nr.5/03) af DMUs vurdering af årsagerne til iltsvindet i de danske farvande.

Jeg er glad for, at BR finder mine vurderinger af de økologiske mekanismer i havet korrekte og omhyggelige. Så behøver jeg ikke at argumentere herom mere. Desværre kan jeg ikke komme med et tilsvarende udsagn om BRs betragtninger vedrørende indflydelsen fra Skagerrak. Han påstår, at jeg anser kvælstoffet fra Skagerrak for at være en dominerende faktor i Kattegat, men det har jeg ikke påstået. Det er iltforbruget i det organiske, letnedbrydelige materiale, der fra Jyllandsstrømmen føres ind i Kattegat, som er hovedproblemet.

Fra de tyske floder udsendes der årligt ca. en halv million ton kvælstof ud i Nordsøen. Med den modsat uret rettede strøm føres en væsentlig del deraf op langs den jyske vestkyst, hvor strømmen ca. 2 måneder efter at have passeret Elbemundingen når indløbet til Kattegat ved Skagen. På dette tidspunkt er det meste af kvælstoffet bundet i letnedbrydeligt organisk materiale. Det er en overfladestrøm, som i reglen blot kort forinden (ofte omkring Hirtshals) er sunket ind under det udstrømmende Kattegatvand. Denne strøm går som et mellemlag og ikke som Skagerrakbundvand ind i Kattegat, specielt i den lavvandede, danske del. Hvordan der af den halve million ton, hvoraf en stor del i forårsmånederne har forårsaget en kolossal produktion af alger langs den jyske vestkyst kun skulle gå 26.000 tons (svarende til 5 % af den sydfra kommende kvælstofmængde) biologisk aktivt kvælstof ind i Kattegat (jfl. tabel 1 i DMUs indlæg og svarende til 16 % af de samlede tilførsler til Kattegat) skyldes Bo Riemann og kollegaer på DMU endnu en forklaring på. Specielt i sommermånederne, hvor iltsvindene normalt gør sig gældende, er indstrømningen i Kattegat i dette mellemlag dominerende i forhold til udstrømningen. Faktisk er det sådan, at vi ved de fleste vind- og lufttryksforhold om sommeren har en udgående overfladestrøm fra Kattegat og en modsat rettet kompensationsstrøm fra det af mig nævnte mellemlag ind i Kattegat. Blot ved vindstyrker fra vest over 8 m/sec vil Jyllandsstrømmen gå som direkte overfladelag ind i Kattegat, men altså i begge tilfælde gøre sig gældende der. I modsætning til forbindelserne i Skagerraks bundvand er denne stofmængde stort set fuldstændig biologisk tilgængelig som iltforbrugende. Faktisk vil denne stofmængde indholde et iltforbrug adskillige gange større end den i den danske del af Kattegat under overfladevandet til rådighed værende iltmængde. Selvom en del af Jyllandsstrømmandet måtte gå udad med Skagerrakvirvlen, vil der derfor stadigvæk være mere end nok til at forårsage iltsvind i de fleste danske farvande. H SW

Hvis man ser på dybdeforholdene vil det være indlysende, at Skagerrakbundvand ikke kan trænge ind i den danske del af Kattegat, bortset fra mindre mængder som Læsø ned i Læsø Rende, hvor det næsten årligt konstaterede iltsvind dog ikke skyldes denne bundstrøm, men indflydelsen fra mellemlaget. Det er for øvrig karakteristisk, at iltsvindet i de danske farvande begynder i farvandet vest for Læsø og derfra breder sig sydover. Der har man i hvert fald ingen indflydelse fra danske landområder. Mine betragtninger gælder for øvrigt de i de seneste årtier forekommende iltsvindsituationer i almindelighed og ikke specielt hændelserne i 2002. Jeg er enig i, at de forskellige klimatiske indflydelser spiller en stor rolle, hvilket dog ikke gælder for de danske kvælstofbidrag. Mine betragtninger gælder også for de fleste danske kystvande og de mere åbne fjorde.

Ingeniøren egner sig ikke til en detaljeret redegørelse vedrørende de af mig omtalte forhold. Derfor arbejder jeg nu på en sådan redegørelse til brug for det ekspertudvalg, der nu skal nedsættes til vurdering af DMUs iltsvindsbetragtninger. Jeg regner da bestemt med, at dette udvalg vil tage stilling til min kritik og ikke blot til Højerlevs anbringender. .