

Danmarks Miljøundersøgelser
Afd. for Flora- og Faunaøkologi
Kalsø, Grenåvej 12, 8410 Rønde

Miljøministeriet



Danmarks
Miljøundersøgelser

Vandmiljøplanens
Overvågningsprogram 1989

Marine områder

Fjorde, kyster og åbent hav

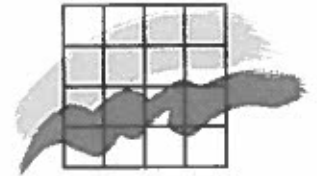


Danmarks Miljøundersøgelser - BIBLIOTEKET
Grenåvej 12, Kalsø, DK-8410 Rønde



3506870053

Miljøministeriet



Danmarks
Miljøundersøgelser

Vandmiljøplanens
Overvågningsprogram 1989

Marine områder

Fjorde, kyster og åbent hav

Faglig rapport fra DMU, nr. 8

Gunni Ærtebjerg
Leif Albert Jørgensen
Peter Sandbeck
Jørgen Nørrevang Jensen
Hanne Kaas
Afdeling for Havmiljø og Mikrobiologi

Miljøministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
September 1990

Datablad:

Titel: Marine områder

Undertitel: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram
1989

Serietitel

og nummer: Faglig rapport fra DMU, nr. 8

Forfattere: Gunni Ærtebjerg

Leif Albert Jørgensen

Peter Sandbeck

Jørgen Nørrevang Jensen

Hanne Kaas

Afdeling for Havmiljø og Mikrobiologi

Redaktion: Leif Albert Jørgensen

Peter Sandbeck

© Danmarks Miljøundersøgelser

Gengivelse er tilladt med tydelig kildeangivelse

Teknisk assistance: Olsen & Olsen

Korrektur: Gunni Ærtebjerg

Tegninger: Olsen & Olsen

Papirkvalitet: 95 g dansk miljøpapir

Tryk: Sangill Bogtryk & Offset

Layout: Olsen & Olsen

Udgivelsesmåned og -år: September 1990

Oplag: 500 stk.

Sideantal: 102

ISBN: 87-7772-006-7

ISSN: 0905-815X

Købes hos:

Danmarks Miljøundersøgelser,

Afdeling for Havmiljø og Mikrobiologi

Pris: kr. 150,00 + porto

Bedes citeret:

Ærtebjerg, G., L.A. Jørgensen, P. Sandbeck, J.N. Jensen & H. Kaas (1990). Marine områder - Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1989. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr.8, 102 p.

Indhold

<i>Forord</i>	5
<i>Resume</i>	6
1 <i>Indledning</i>	7
2 <i>Overvågningsprogrammet for de marine områder</i>	9
2.1 <i>Formål og omfang</i>	9
2.2 <i>Stationsplaceringer</i>	10
2.3 <i>Måleprogrammer</i>	10
3 <i>Hydrografiske forhold</i>	12
3.1 <i>Vind</i>	12
3.2 <i>Udstrømning fra Østersøen</i>	13
3.3 <i>Temperatur, saltholdighed og lagdeling</i>	14
3.4 <i>Opblanding og indstrømning fra Skagerrak</i>	15
3.5 <i>Den Jyske Kyststrøm</i>	16
3.5.1 <i>Meteorologisk forudsætning</i>	16
3.5.2 <i>Målinger i Nordsøen og Skagerrak</i>	17
3.6 <i>Hydrografi i udvalgte kystnære områder</i>	20
3.6.1 <i>Randers Fjord - Hevring Bugt</i>	21
3.6.2 <i>Århus Bugt - Kalø Vig</i>	22
3.6.3 <i>Farvandet nord for Fyn - Vejle Fjord</i>	23
3.6.4 <i>Farvandet syd for Fyn - sydlige Lillebælt</i>	23
3.7 <i>Specielle hydrografiske observationer i 1989</i>	24
3.8 <i>Konklusionen af de hydrografiske forhold</i>	25
4 <i>Næringssalte</i>	26
4.1 <i>Generelt om belastning</i>	26
4.2 <i>Næringssalte 1989</i>	28
4.2.1 <i>Nitrogen indstrømning fra Skagerrak</i>	29

4.2.2	Tilførsel af nitrogen-næringsalte til den fotiske zone	31
4.2.3	Årstidsvariation og stedvariation	32
4.3	Udvikling i næringssaltkoncentrationer	35
4.3.1	Nitrogen	36
4.3.2	Fosfor	38
4.3.3	Silikat	40
5	<i>Fytoplankton</i>	42
5.1	Klorofyl-a og primær produktion	42
5.1.1	Klorofyl og primær produktion 1989	42
5.1.2	Udvikling i klorofyl og primær produktion	44
5.2	Fytoplanktonarter	48
5.2.1	Fytoplanktonforekomster 1989	48
5.2.2	Fytoplankton-opblomstringer 1980-89	50
6	<i>Iltforhold</i>	54
6.1	Sæsonvariation i åbne farvande 1989	54
6.2	Iltsvind i 1989	56
6.3	Iltsvind i de åbne farvande 1982-88	58
6.4	Langtidsudvikling i iltforholdene	63
7	<i>Fauna</i>	67
7.1	Generelt om bundfauna	67
7.2	Udvikling i bundfauna	69
7.3	Udvikling i fiskebestande	75
8	<i>Bundvegetation</i>	79
8.1	Udviklingstendenser i bundvegetationen	80
9	<i>Miljøtilstand i forhold til målsætning</i>	84
9.1	Beskrivelse af målsætning	84
9.2	Miljøtilstanden i de forskellige havområder	85
9.3	Konklusion	90
10	<i>Sammenfatning</i>	91
11	<i>Litteratur</i>	96

Forord

Denne rapport tilhører rækken af faglige rapporter, der udarbejdes af Danmarks Miljøundersøgelser som led i den første landsdækkende rapportering af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, der er konsekvensen af beretningen om Vandmiljøplanen afgivet af Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg den 30. april 1987. Systematisk indsamling af data gør det muligt at opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af den ændrede belastning af vandmiljøet med næringsalte.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljøministeriet til opgave at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. En væsentlig del af denne opgave er overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelser opgave at forestå den landsdækkende rapportering af Overvågningsprogrammet inden for disse områder: Ferske vande, Marine områder, Landovervågning og Atmosfæren.

I Overvågningsprogrammet har der fra starten været opereret med en geografisk betinget ansvarsdeling mellem amtskommunale og statslige myndigheder.

Rapporten "Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer" er således baseret på amtskommunernes regionale rapportering af den amtskommunale overvågning af de ferske vande i 1989.

Rapporten "Marine områder - fjorde, kyster og åbent hav" er baseret på amtskommunernes regionale rapportering af den amtskommunale overvågning af fjorde og kystvande, samt Danmarks Miljøundersøgelser overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågning - næringsstofudvaskning fra rodzonen" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 6 landovervågningsoplande.

Endelig er rapporten "Atmosfæren - nedfald af kvælstofforbindelser" udarbejdet på baggrund af Danmarks Miljøundersøgelser overvågningsindsats.

Resume

I denne rapport gennemgås status for miljøet i de marine områder. Gennemgangen konkluderer, at målsætningerne, fastlagt gennem arbejdet med planlægningen for vandområderne, de fleste steder ikke er opfyldt, eller at målsætningen er truet. I det sydlige Kattegat, store dele af Bælthavet og i fjordområderne er målsætningen ikke opfyldt, mens den er truet i resten af Bælthavet, Øresund, det nordlige Kattegat, Skagerrak, Nordsøen og Østersøen.

Årsagen til disse forhold er de forhøjede koncentrationer af næringssalte, specielt nitrogen. Udviklingen i nitrogen koncentrationen viser, at stigningen er størst i Bælthavet og Kattegat, mens den er langsomt stigende i Skagerrak og uden stigning i Østersøen. Niveauerne af nitrogen koncentrationerne er lavest i Østersøen, middel i Bælthavet, Kattegat og de centrale dele af Skagerrak og Nordsøen. De højeste koncentrationer findes i Tyske Bugt, Jyske Kyststrøm og i fjordene.

Udviklingen i iltforhold, plankton, bundfauna og bundvegetation følger i store træk udviklingen i næringssalte, idet den stigende eutrofiering afspejles i disse parametre.

Tidsmæssigt viser flere analyser at skiftet i miljøtilstanden skete fra 1970'erne til 1980'erne. I slutningen af 1980'erne har eutrofieringen ligget på et konstant højt niveau.

Rapporten konkluderer, at effekterne af vandmiljøplanen endnu ikke kan ses i de indre danske farvande, og at det er vigtigt at fastholde begrænsningerne overfor kvælstofudledningerne, for på længere sigt at få en forbedring af miljøtilstanden i de danske marine områder.

1 Indledning

Formålet med denne rapport er at give et samlet billede af miljøtilstanden i de danske marine områder i 1989, samt påvise nogle udviklingstendenser for en række af de vigtigste parametre.

For mere detaljerede oplysninger om lokale områder henvises til de amtskommunale rapporter. Baggrundsmaterialet til rapporten er resultaterne fra overvågningsprogrammet for de marine områder, i form af data og rapporter fra amtterne, DMU's egne data og rapporter samt data fra andre af DMU's samarbejdspartnere. I næste afsnit gives en kort beskrivelse af overvågningsprogrammet for de marine områder.

De forskellige emner behandles i hvert sit afsnit. I det første afsnit beskrives de hydrografiske forhold i 1989. Forholdene i kystvandene sammenholdes med vandudvekslingen gennem de indre farvande, ligesom andre hydrografiske begivenheder af betydning i 1989 beskrives. De hydrografiske forhold er bearbejdet i tæt samarbejde mellem DMU og Dansk Hydraulisk Institut.

I afsnittet om næringssalte beskrives forholdene i kystvandene og i de åbne farvande i 1989, og koblingen til landbelastningen samt tilførslen af næringssalte fra Østersøen og Nordsøen.

Årstidsvariationerne i 1989 beskrives. For de vigtigste stoffer (nitrogen, fosfor og silicium) vises trendanalyser af vinterkoncentrationerne.

I fytoplanktonafsnittet beskrives klorofyl og primær produktionen i 1989 og udviklingstenden siden 1970'erne beskrives og forklares. Specielle algeopblomstringer og forekomst af toksiske arter i perioden 1980-89 beskrives.

Afsnittet om iltforholdene beskriver sæsonvariationerne i iltindholdet i 1989, og giver en oversigt over iltsvindsområderne i 1989 i de kystnære og åbne farvande. Iltsvind i perioden 1982-1989 beskrives år for år og langtidsudviklingen i iltforholdene vurderes. Til beskrivelse af iltforholdene er der benyttet en model udviklet af DMU, Dansk Hydraulisk Institut og Institut for Strømningsmekanik og Vandbygning (DTH).

I afsnittet om faunaen redegøres for effekter af iltsvind på bunddyr og fisk. De generelle ændringer i bundfaunaen som følge af eutrofie-

ring beskrives. I afsnittet om bundvegetation beskrives ligeledes ændringer i bundvegetationen som følge af eutrofiering.

I kapitel 9 gives en generel vurdering af den miljømæssige tilstand i de åbne farvande og i de kystnære havområder, fjorde og bugter. Miljøtilstanden vurderes i forhold til de fastlagte recipientkvalitetsmålsætninger. Sidst i rapporten gives en sammenfatning af konklusionerne i rapporten.

2 Overvågningsprogrammet for de marine områder

2.1 Formål og omfang

Overvågningsprogrammet for de marine områder omfatter en række forskellige målinger af vandkemi, fytoplankton, primærproduktion, bundfauna, sediment og vegetation samt i nogle få tilfælde zooplankton. Formålet er at registrere i hvilken grad og hvordan tilstanden er påvirket af næringsstofbelastningen, samt hvordan tilstanden udvikler sig som følge af ændringer i næringsstofbelastningen. Herudover ønskes mere generelt at følge udviklingen i den aktuelle fysiske, kemiske og biologiske tilstand i relevante områder.

Overvågningsprogrammet lægger først og fremmest vægt på målinger og observationer i de farvandsafsnit, som er direkte berørt af belastningen fra land, og hvor det antages, at resultaterne af indgrebene mest sikkert kan iagttages, d.v.s. kystvande samt Øresund og Bælthavet. Overvågningssystemet omfatter desuden målinger og observationer i de åbne havområder, bl.a. hvor de indre farvande støder op til Skagerrak og den egentlige Østersø, således at det bliver muligt at opstille en referenceramme for målingerne her og i kystvandene. Systemet suppleres med målinger og observationer af klimatiske faktorer (temperatur, vind, strøm, nedbør m.m), således at målingerne fra de danske farvande kan sættes ind i en større sammenhæng.

Overvågningssystemet opbygges på grundlag af følgende hovedelementer:

- Det amtskommunale tilsyn med tilstanden i fjorde, bugter og åbne kystvande
- Danmarks Miljøundersøgelsers (DMU) overvågning af miljøtilstanden i de åbne danske havområder
- Skov- og Naturstyrelsens overvågning af bundfauna og bundvegetation i Kattegat
- Havforskningsprogram 90.

Systemet suppleres med relevante data fra Danmarks Meteorologiske Institut, Forsøgsanlæg Risø og andre dele af vandmiljøplanens overvågnings-system (belastningsdata), samt med data fra vore nabolande.

Overvågningen af miljøtilstanden i de åbne danske havområder har foregået siden 1974, ligesom

nogle amter har tidsserier som rækker tilbage til 1970'erne. Disse data gør det muligt at undersøge udviklingstrends for nogle vigtige parametre.

2.2 Stationsplaceringer

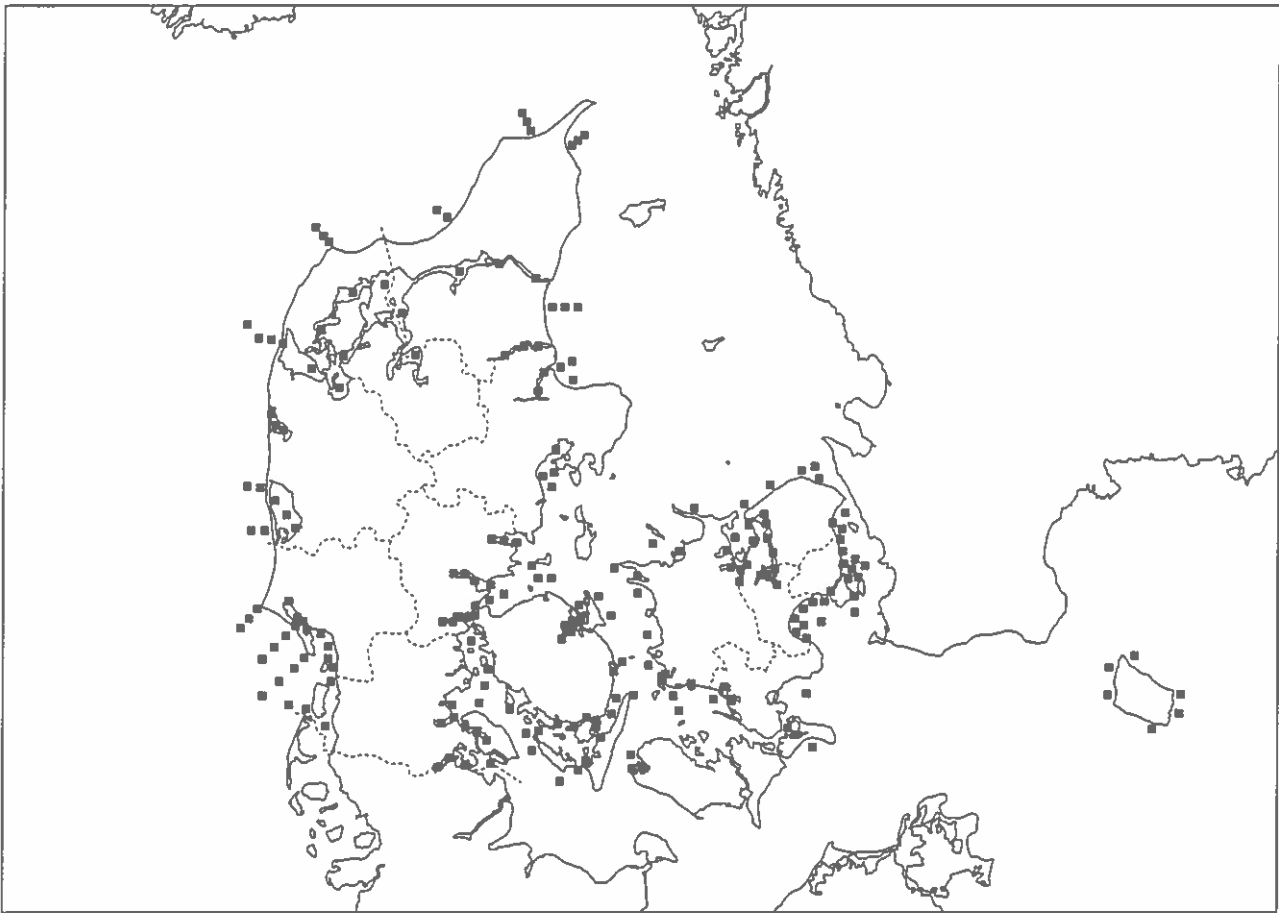
Det landsdækkende overvågningssystem for kystvande, fjorde og bugter blev baseret på amtskommunernes eksisterende og planlagte programmer for overvågning, suppleret med visse nye stationer, så alle relevante områder er dækket i tilstrækkelig grad. Målestationerne er for det meste placeret på linier. I fjorde og bugter fra den inderste del ud mod åbent hav, på åbne kyster fra kysten ud mod havet, og i åbne gennemstrømningsfarvande i linier gennem de respektive farvandsafsnit. Placeringen af amtskommunernes målestationer er vist på figur 2.1.

Overvågningssystemet for de åbne havområder er baseret på DMU's og Skov- og Naturstyrelsens monitoreringstogter. DMU gennemfører 10 togter pr. år til de indre danske farvande. To af togterne omfatter desuden stationerne i Skagerrak og Nordsøen, og et af togterne omfatter den egentlige Østersø. Placeringen af DMU's målestationer er vist i figur 2.2, idet Østersøen er udeladt. Skov- og Naturstyrelsen monitorerer bundfauna på 21 stationer og bundvegetation på 7 lokaliteter i Kattegat.

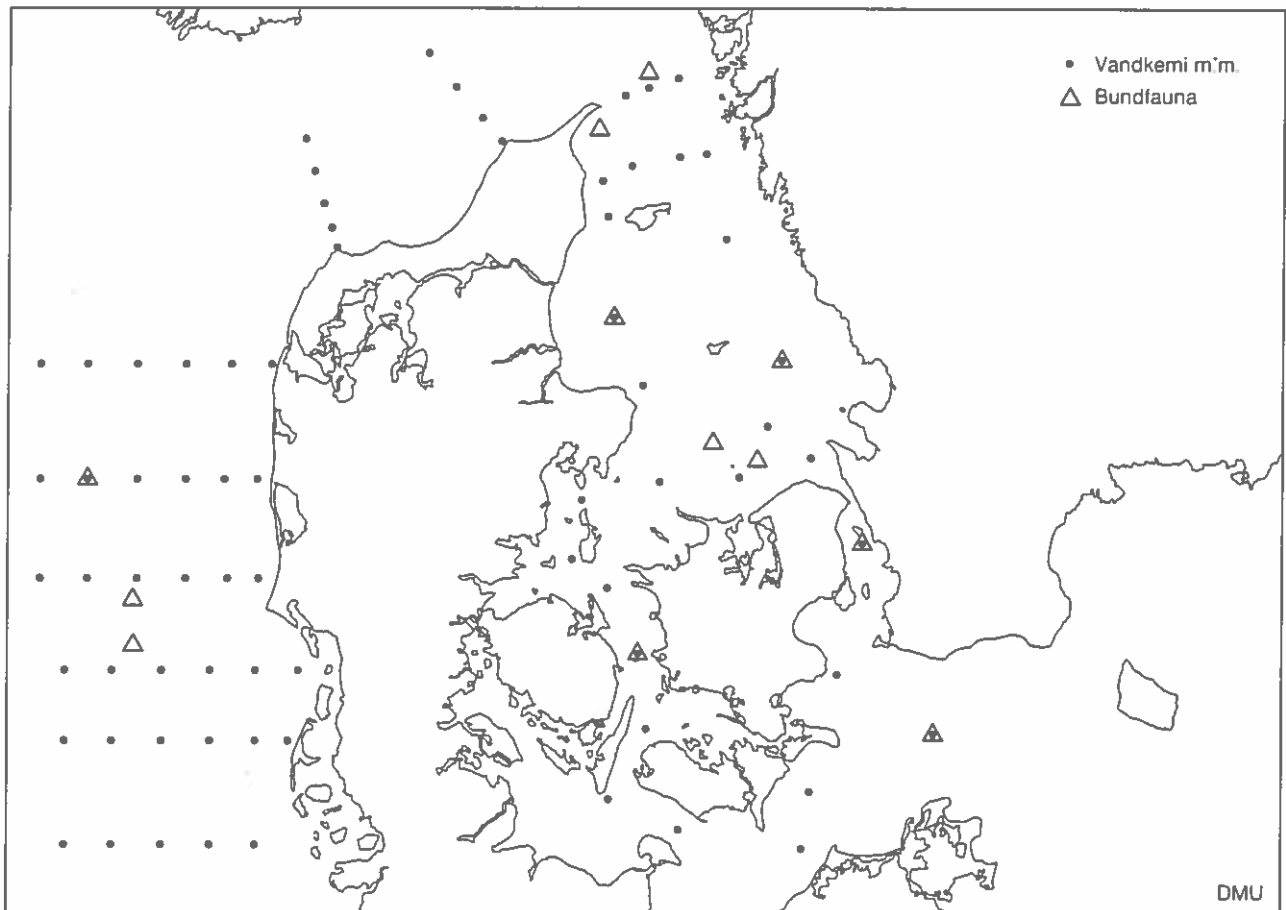
2.3 Måleprogrammet

Udførelsen af de enkelte undersøgelser i de kystnære områder og i de åbne havområder følger de anvisninger som er givet i "Retningslinier for marin overvågning" (Miljøstyrelsen, 1988). Måleprogrammet omfatter:

- Profilmålinger af salinitet, temperatur og iltindhold
- Sigtedybde
- Vandkemiske variable (total nitrogen, uorganisk nitrogen, total fosfor, orthofosfat, silicium, klorofyl, evt. sulfid, pH og total organisk stof).
- Biologiske forhold (primærproduktion, fytoplankton, bundfauna, bundvegetation og evt. zooplankton).



Figur 2.1. Amtskommunernes målestationer for vandkemi (efter Miljøstyrelsen 1989).



Figur 2.2. Danmarks Miljøundersøgelser's målestationer.

3 Hydrografiske forhold

Hydrografien i de danske farvande i 1989 med hovedvægt på de indre farvande er beskrevet i (Hansen et al., 1990a). I det følgende er de vigtigste observationer trukket frem, mens der for mere detaljerede oplysninger henvises til nævnte rapport.

3.1 Vind

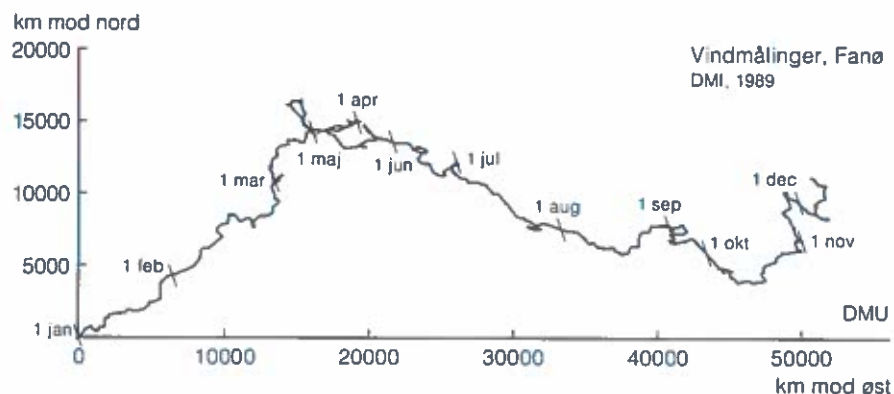
Vinden er den væsentligste drivende kraft for udviklingen i hydrografien. I Fig. 3.1 er vist det progressive vektordiagram for middelvinden fra en station, Fanø (måles af Danmarks Meteorologiske Institut, DMI).

Denne station og målinger fra Sprogø viser en næsten konstant SV vindretning fra januar til marts, hvor specielt februar var meget vindrig. Også i november og december 1988 var vindretningen hovedsageligt SV, altså en sammenhængende 5 måneders periode i vinteren 1988-89 med overvejende sydvestlig og ofte kraftig vind, hvilket er meget usædvanligt.

Fra april til juni var vinden generelt aftagende og varierede i retning. Juli og august var domineret af vestlige vinde. I september var vindretningen skiftende. Oktober var domineret af vestlige vinde, mens november og december havde skiftende vindretninger og for årstiden relativt lave hastigheder.

Relativt høj vindenergi forekom i 1989 i de 3 første uger af februar, omkring 1. april, fra midten af juli til begyndelsen af august, samt i slutningen af december.

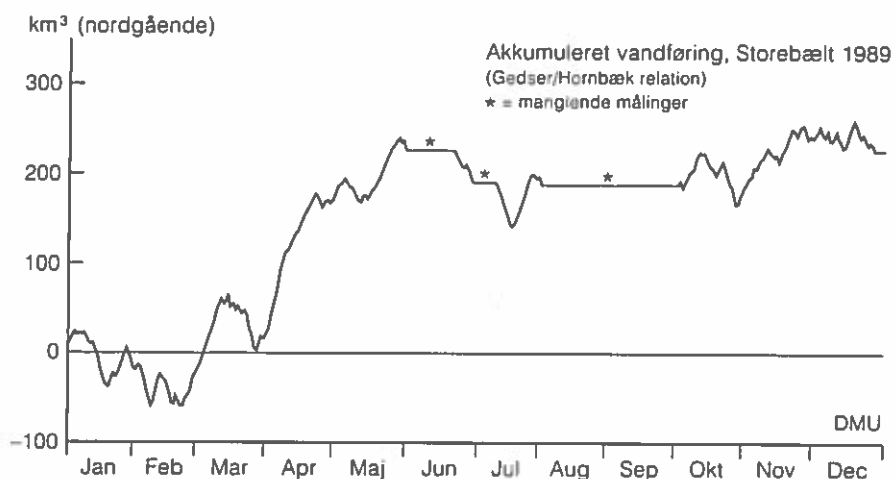
Figur 3.1
Progressiv vindvektor diagram for Fanø. Figuren viser, hvorledes vinden målt ved Fanø har blæst gennem 1989. For hver måling er længde og retning afsat der, hvor den foregående dag sluttede. Dette giver en vektorsum, og på denne er enkelte datoer afsat.



3.2 Udstrømning fra Østersøen

Nettoudstrømningen fra Østersøen gennem Storebælt, beregnet ud fra vandstands-differencen mellem Gedser og Hornbæk (målt af DMI), er vist i fig. 3.2. Da der er tre huller i observationerne, er den akkumulerede vandføring i Storebælt målt af A/S Storebæltsforbindelsen juni-december også inddraget i den efterfølgende beskrivelse.

Figur 3.2
Netto vandføring gennem Storebælt. I perioden hvor der mangler data sker der ingen netto-transport af betydning.



Samlet viser beregningerne, at der fra begyndelsen af januar og til slutningen af februar generelt har været indstrømning til Østersøen. Omkring 1. marts og igen omkring 1. april ses der at have været 2-3 ugers perioder med kraftig udstrømning (op til ca. 180.000 m³/s i Storebælt omkring 5. april), afbrudt af en kortere periode med kraftig sydgående strøm. Omkring begyndelsen af maj har strømmen i Storebælt været svag og skiftende, for derefter at blive nordgående frem til ca. 1. juni.

Fra juni og til slutningen af året er der kun en meget begrænset ændring i den samlede nettostrøm. Dog optrådte midt i juli først en uges kraftig indstrømning afløst af en uges kraftig udstrømning. Endvidere var der fra medio september til ultimo oktober generelt indstrømning til Østersøen, som herefter blev afløst af en kraftigere udstrømning primo november.

Strømem energien, beregnet som den øjeblikkelige vandføring i tredje potens, er meget høj i udstrømningssituationen omkring 1. april. De øvrige ugemiddelværdier af strømem energien for 1989 ligger generelt relativt lavt, specielt efter 1. juni, dog er der registreret 2 uger med relativ høj middelværdi omkring 1. august. Den samlede udstrømning fra Østersøen gennem Storebælt har været meget lav i dette år, kun 250 km³, mod normalt 320 km³.

3.3 Temperatur, saltholdighed og lagdeling

Temperaturmålinger fra DMI's kyststationer viser, ligesom DMU's og de amtskommunale observationer, at 1989 havde højere vandtemperaturer end et normalt år. Forhøjelsen var 4°C i januar gradvist faldende til en forhøjelse på 1°C i maj. Også i oktober-november var der højere temperaturer end langtidsmiddelværdien.

Salinitetsmålinger viser en væsentlig forøget månedsmiddelværdi i januar-februar måned sammenlignet med langtidsmidlerne, en lavere værdi i april og igen en forhøjet saltholdighed i august (alene ved Frederikshavn og Rødbyhavn).

For 1989 foreligger der endvidere salt og temperatur registreringer i de åbne dele af de indre danske farvande fra bl.a. DMU's togter, fra "Bøjeprojektet" i det sydlige Kattegat og fra A/S Storebæltsforbindelsens monitoringsprogram i Storebælt.

Ved en oversigtsmæssig gennemgang af disse data er følgende forhold i 1989 iagttaget:

- På DMU's togt 8.-16. februar var de indre danske farvande næsten overalt vertikalt velblandede som følge af kraftig vind.
- Lagdelingen var genskabt på næste DMU-togt (6.-15. marts) og ses på alle de efterfølgende månedlige togter i 1989, undtagen i det sydligste Storebælt og i Fehmarn Bælt på togtet 9.-13. oktober. På togtet 6.-10. november var lagdeling reetableret overalt.
- På de fleste DMU-togter registreredes en hældende skilleflade i Kattegat, hvor skillefladeniveauet er dybest ved den svenske kyst (faldende fra kote -7 m ved den jyske kyst til ca. -12-17 m ved den svenske kyst).

Dette er i overensstemmelse med observationer på lavt vand på Nordjyllands Amtskommunes to transekter i det vestlige Kattegat ud for henholdsvis Dokkedal i Ålborg Bugt og Jerup i Ålbæk Bugt. Her findes næsten hver sommer, også i 1989, en forskel i salinitet mellem overflade og bund. Det synes således ikke usædvanligt, at skillefladen om sommeren ligger højt i det vestlige Kattegat. Maj-juli 1989 fandtes dog en usædvanlig lagdeling i Hevring Bugt.

Sammenlignes vandføringen i Storebælt med salinitetsmålinger ses, at variationerne i saltholdighed passer førnævnte strømbetragtninger.

3.4 Opblanding og indstrømning fra Skagerrak

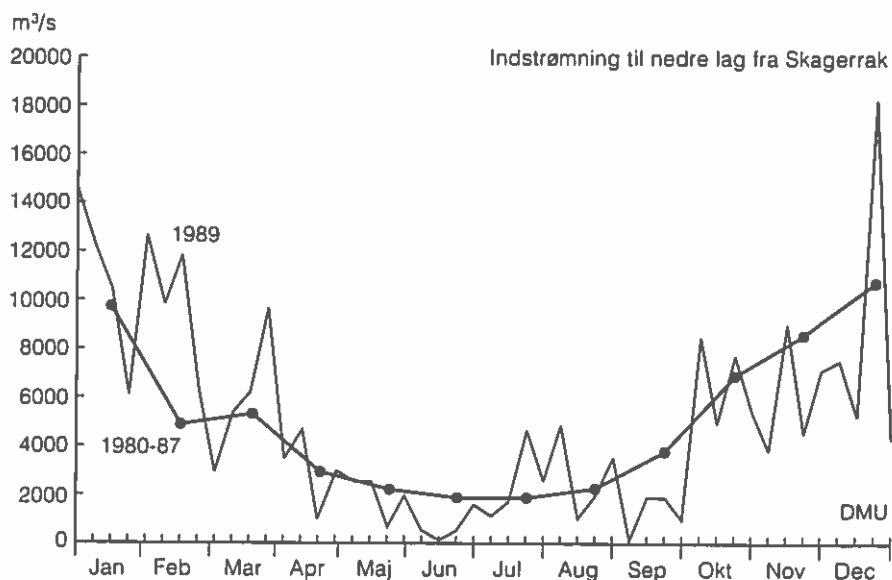
Som følge af vind og strøm sker der løbende en opblanding mellem det ferskere overfladevand og det saltere bundvand. Opblandingen kan i et tilnærmet 2-lagssystem beskrives som en medrivning af vand fra nedre lag til øvre lag og en modsat medrivning af vand fra øvre lag til nedre lag. Opblandingen resulterer i den observerede forøgede saltholdighed for det øvre ferskere lag på vejen ud gennem de indre danske farvande, og i den tilsvarende reduktion i saltholdigheden i det nedre tilstrømmende Skagerrakvand under strømmingen sydpå i de indre danske farvande.

Fluxen af vand op og ned er generelt proportional med energiinputtet (vindenergien og strømenergien) og omvendt proportional med massefyldforskellen mellem de 2 lag.

På denne baggrund er der opstillet en simpel hydraulisk model for medrivningen i de indre danske farvande (Hansen et al., 1990b). Med denne model er den samlede medrivning op og ned for året 1989 beregnet. Tallene viser, at perioderne februar, ultimo marts-primus april og ultimo juli-primus august har haft større opblanding end i middelperioden 1980-87, mens perioderne juni-medio juli, september og november-medio december har haft relativt lille opblanding (Hansen et al., 1990a).

Specielt bemærkes, at den stille periode medio april-medio juli er blevet efterfulgt af 3 uger med relativt kraftig opblanding, som har tilført nyt vand fra øvre lag til nedre lag. En sådan dynamisk periode omkring august kan ved at tilføre ekstra ilt være vigtigt for minimumskoncentrationer af ilt i nedre lag (se afsnit 6.2).

Figur 3.3
Modelberegnedede værdier over indstrømning fra Skagerrak til det nedre lag i Kattegat.



Som følge af volumenbevarelsen for nedre lag må summen af indstrømningen til Østersøen fra nedre lag og nettomedrivningen opad (medrivning opad minus nedad) kompenseres af en tilstrømning fra Skagerrak. Den beregnede årstidsvariation i denne tilstrømning er vist i fig. 3.3, dels for 1989 dels for middelperioden 1980-87. I begge perioder er indstrømningen til Østersøen fra nedre lag i modellen holdt konstant på langtidsårsmiddelværdien ($5100 \text{ m}^3/\text{s}$), da der ikke foreligger simple metoder til at beregne den aktuelle variation.

Modelberegninger viser, at der har været en større tilstrømning end normalt i februar-marts og igen omkring 1. august. Dette stemmer med salinitetsmålinger fra Rødbyhavn og andre målinger.

3.5 *Den Jyske Kyststrøm*

3.5.1 *Meteorologisk forudsætning*

Den Jyske Kyststrøm er betegnelsen for den lidt ferskere havstrøm ($S < 34\%$), som strømmer nordpå fra Tyske Bugt op langs den jyske vestkyst. Strømmen medfører det ferske flodvand med relativt højt indhold af nitrogen og fosfor fra de store tyske og hollandske floder.

Kystudledningen af nitrogen til den sydøstlige Nordsø via de tyske og hollandske floder var i 1988 på 774.200 ton total-N (North Sea Conference 1990). Denne N-kilde er stor i forhold til N-afstrømningen til de indre danske farvande, der fra Danmark, Sverige og Tyskland i middel er ca. 165.000 ton total-N pr. år (Hansen et al., 1990b), hvorfor eventuelle bidrag fra Tyske Bugt kan have mærkbar effekt for primærproduktion og iltforhold i de indre danske farvande.

Den Jyske Kyststrøm er ikke stationær, men varierer hovedsageligt med vindfeltet. Saltholdigheden stiger som følge af opblanding op langs den jyske vestkyst og vil, hvis den når Skagen, ligge på et niveau mellem saltholdigheden i øvre og nedre lag i Kattegat (mellem ca. 27 og 34%). Dette muliggør en intrusionsdannelse i Kattegat, hvor vandet fra Den Jyske Kyststrøm trænger ind mellem Kattegats 2 lag.

Kyststrømmens variation er analyseret og følgende foreløbige beskrivelse er givet (Kristensen, 1990 og Richardson & Jacobsen, 1990).

- For vindretninger mellem SØ-S-SV vil den Jyske Kyststrøm være uforstyrret op langs den

jyske vestkyst helt op til Skagen. I disse situationer vil der kunne ske en indstrømning i Kattegat, enten som intrusion eller som almindelig kompensationsstrømning til nedre lag.

- For vindretninger mellem NV-N-NØ sepererer kyststrømmen omkring Hanstholm, og kan dermed ikke bidrage direkte til vandfornyelsen i Kattegat.

I fig. 3.1 er optegnet det progressive vindvektordiagram baseret på vindmålinger fra Fanø. Figuren viser, at den meteorologiske betingelse for, at Den Jyske Kyststrøm har nået helt op til Skagen var tilstede fra starten af 1989 (og også i november-december 1988) og frem til ca. 1. april 1989, altså ialt 5 måneder.

I april og maj måned 1989 var vinden mere skiftende med østlige vindsituationer, hvilket kan have afbrudt Den Jyske Kyststrøm inden den nåede Skagen.

I perioden juni-august og ultimo oktober-medio november var vinden igen hovedsageligt indenfor intervallet SØ-S-SV således, at Den Jyske Kyststrøm kan være nået helt frem til Skagen. I september-medio oktober og i slutningen af året var vinden mere skiftende, og muligheden for at finde kyststrømmen ved Skagen mindre.

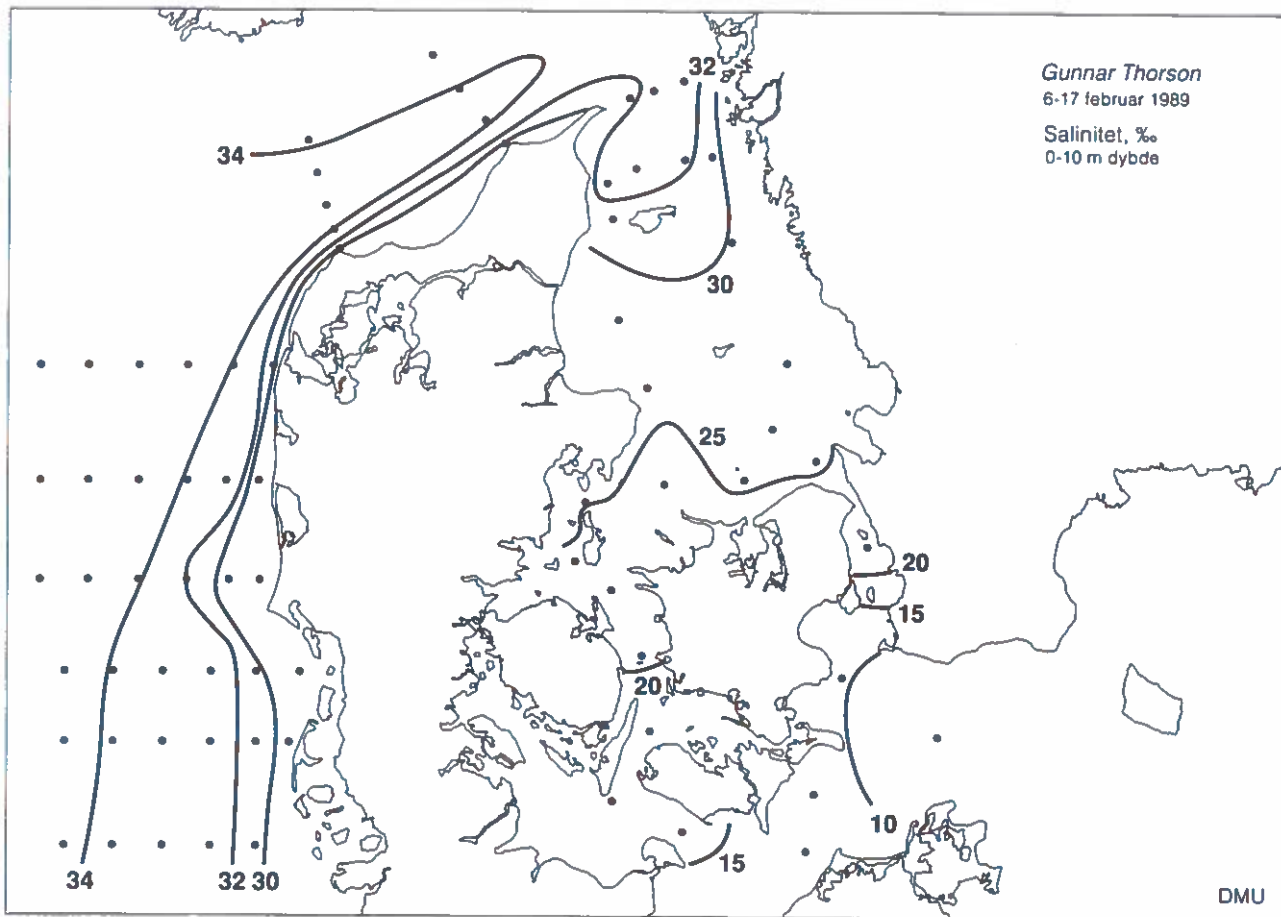
Med en typisk transporttid på ca. 2 måneder fra Tyske Bugt til Skagen er det således sandsynligt, at en del af vinterafstrømningen af næringssalte til Tyske Bugt er blevet ført op forbi Skagen og en del eventuelt ført ind i nedre lag i Kattegat.

Som tidligere nævnt er den stabile sydvestlige vind i november 1988-marts 1989 ikke typisk for årstiden.

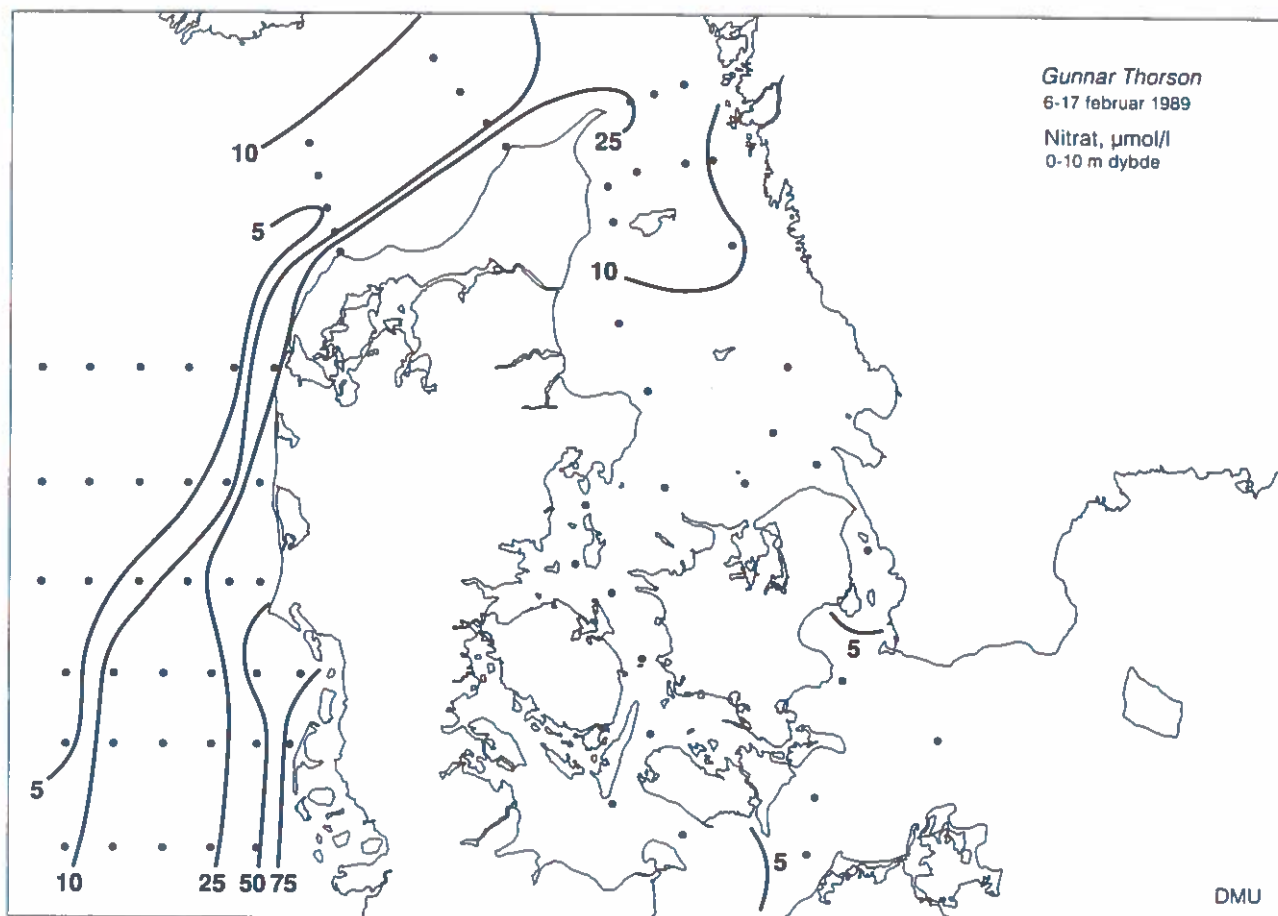
3.5.2 Målinger i Nordsøen og Skagerrak

Amtskommunerne langs den jyske vestkyst har gennem 1989 foretaget målinger i den kystnære zone af bl.a. saltholdighed, N-uorg., og N-total. De forskellige amtskommuners målinger har imidlertid ikke været tidsmæssigt koordineret, hvorfor det ikke har været muligt at sammensætte dækkende "øjebliksbilleder" af udbredelsen af Den Jyske Kyststrøm.

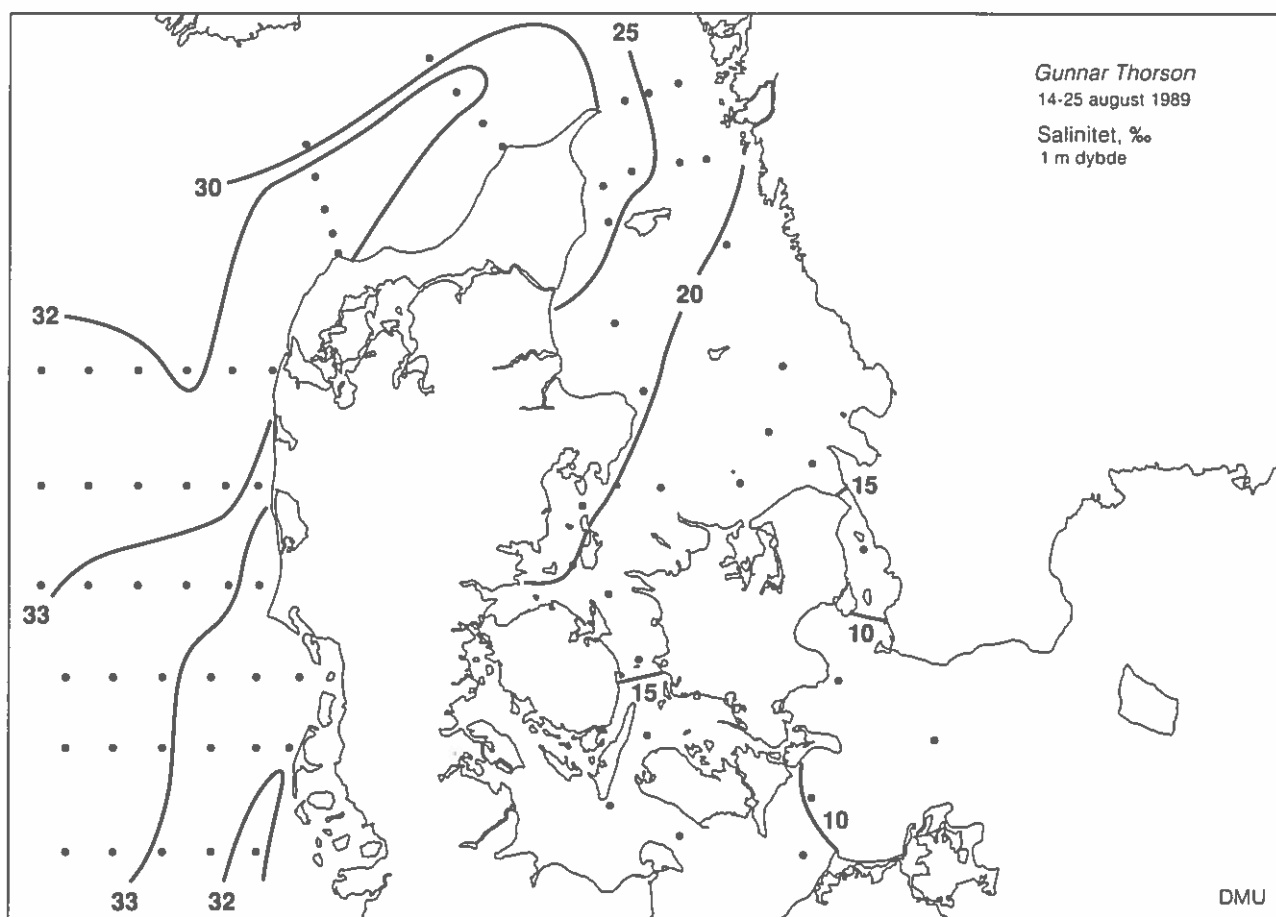
DMU har på 2 togter i 1989, 6.-17. februar og 14.-25. august, foretaget vandkemiske målinger i Nordsøen og Skagerrak, omfattende ca. 49 positioner. Endvidere har Norge gennemført 12 togter med vandkemiske målinger i snittet mellem Hirtshals og Torungen (Dahl et al., 1990).



Figur 3.4. Isohaliner i februar 1989, målt i overfladen.



Figur 3.5. Opløst N koncentrationer i februar 1989.



Figur 3.6. Isohaliner i august 1989, målt i overfladen.

Resultatet af salinitetsmålinger (fig 3.4) viser i februar en ubrudt Jysk Kyststrøm helt frem til Skagen, hvor saltholdigheden når op på ca. 31‰, mens NO_3 koncentrationen er faldet fra $75 \mu\text{mol/l}$ ved Rømø til ca. $30 \mu\text{mol/l}$ ved Skagen (fig. 3.5). I Nordsøen længere ude er saltholdigheden over 34‰ og NO_3 koncentrationen under $10 \mu\text{mol/l}$. Den opmålte udbredelse af Den Jyske Kyststrøm passer med den gunstige vestlige vind i januar-februar.

Resultater af salinitetsmålinger fra DMU-togtet i midten af august (fig 3.6) viser en forstyrret Jysk Kyststrøm, der imidlertid stadig har en vandmasse liggende ud for Hirtshals. Vinden er i perioden op til togtet svag og hovedsagelig sydvestlig, men er åbenbart ikke tilstrækkelig til at generere en kystnær strøm. N-uorg. koncentrationer i overfladen er på dette tidspunkt forsvindende grundet primærproduktion.

På baggrund af de vandkemiske målinger fra amtskommunerne, DMU og Norge er tabel 3.1 udarbejdet for Den Jyske Kyststrøms udbredelse til Skagensområdet. Der er generelt god overensstemmelse med den antagede vindafhængighed og observationer af Den Jyske Kyststrøm i området nord for Hirtshals.

Tabel 3.1. Mulighed for udbredelse af Den Jyske Kyststrøm helt til Skagen og observerede N-koncentrationer i området nord for Hirtshals. Ved indikeret kyststrøm forstås at saliniteten er under 33‰ tæt ved kysten.

Periode 1989	Gun- stig vind	Indikeret kyststrøm (S <33‰)	N-konc. (µmol/l) i overfladen	
			N-uorg.	N-total
7-8/1	ja	ikke på vanddybde 25 m	(5)	
9/1	ja	ja	20-26	39-50
8-27/2	ja	ja: 8/2, 8-16/2, 22-27/2	19-37	50-75
6/3	ja	ikke på vanddybde 25 m	15-25	
16-30/3	ja	ja: 16-17/3, 28-30/3	30-51	50-108
17-19/4	nej	(nej: 17/4, 18-19/4)	(1-4)	(19-30)
18/5-28/8	ja	ja: 18/5, 22/5, 14-15/6, 5-6/7, 28/7, 14-22/8, 28/8	0-4	5-90
12/9-12/10	nej	nej: 12/9, 13/9	2-10	24-48
31/10-6/11	ja	ja: 31/10-2/11, 6/11	0-6	34-64
13/11-31/12	nej	(nej: 14/12)		

Fra medio januar og til primo april er der således observeret vand med meget høje N-uorg. koncentrationer (17-51 µmol/l), i området nord for Hirtshals, som efterfølgende kan være trængt ind i Kattegats nedre lag eller ind langs skillefladen som en intrusion. Endvidere er der muligheden for, at Den Jyske Kyststrøm i sommerperioden, hvor overfladevandmassen i Nordsøen og Skagerrak er næsten drænet for fri N-næringssalt, kan føre vand med høj organisk koncentration op forbi Skagen. Dette vand vil medføre et ekstra iltforbrug på randen mellem Skagerrak og Kattegat og dermed iltsækning i det vand, der trænger ind i Kattegats nedre lag med ekstra iltsækning til følge i de indre farvande.

Der har således i flere perioder været høj aktivitet i Den Jyske Kyststrøm. Belastningen med næringssalte herfra vil blive estimeret i kapitel 4.

3.6 Hydrografi i udvalgte kystnære områder

På grundlag af indleverede data fra amtskommuner har DMU foretaget en nærmere sammenkobling af forholdene i de åbne farvande med forholdene i udvalgte typiske bugt- og fjordområder i de indre farvande.

De udvalgte områder er:

- Randers Fjord - Hevring Bugt
- Århus Bugt - Kalø Vig
- Farvandet nord for Fyn - Vejle Fjord
- Farvandet syd for Fyn - sydlige Lillebælt.

Der er ikke indkommet data fra Sejerø Bugt og kun fra enkelte stationer i Isefjord - Roskilde Fjord. Derfor er disse områder udeladt af analysen. Den følgende beskrivelse af hydrografien i 1989 i de øvrige 4 områder er baseret på amtskommunernes overvågningsdata, samt den generelle hydrografi i de indre åbne farvande beskrevet i foregående afsnit.

3.6.1 Randers Fjord - Hevring Bugt

Randers Fjord står i forbindelse med Hevring Bugt og det øvrige Kattegat gennem en smal passage ved Udbyhøj. Gudenåen udmunder i bunden af fjorden. Forholdene i fjorden er således meget afhængige af tilstrømningen fra land.

Århus Amtskommune kommenterer hydrografien i Hevring Bugt i 1989 bl.a. med, at i den lavvandede bugt "forekommer springlag generelt ikke særlig hyppigt. I maj, juni og juli 1989 var der imidlertid et permanent springlag i området". Denne observation passer med den fundne generelle tendens i 1989 til at skillefladen langs den jyske østkyst har ligget højt. Den høje beliggenhed har haft væsentlig betydning for vandskiftet i fjorden.

De generelle årstidsvariationer i 1989 i saltholdigheden i Hevring Bugt hænger sammen med:

- Den sydgående strøm i de Indre Danske Farvande i januar-februar (stor saltholdighed),
- den kraftige udstrømning fra Østersøen i marts og april (faldende saltholdighed, dog noget forsinket, da bugten ligger delvis afsnøret fra hovedstrømmen i Kattegat ved nordgående strøm),
- den dynamiske periode omkring 1. august (reduceret lagdeling), efterfulgt af en stille september (igen krafigere lagdeling) og herefter af mere dynamiske forhold resten af året (reduceret lagdeling).

I Randers Fjord er vandskiftet domineret af følgende hændelser:

- en kraftig ferskvandstilstrømning i marts, som nedbryder lagdelingen,
- en gradvis genopbygning af lagdelingen (svag indstrømning af havvand) gennem den stille, tidlige sommer,
- den dynamiske periode omkring 1. august, som først opblander fjorden og siden resulterer i saltvands indstrømning med 25% (kraftig lag-

deling samtidig med stigende overfladesalt-
holdighed),

- en mindre ferskvandstilstrømning i slutningen af året, der lægger sig i overfladen.

3.6.2 Århus Bugt - Kalø Vig

Århus Amtskommune angiver at vandet i Århus Bugt og Kalø Vig har en kort opholdstid (13 døgn), og at de hydrografiske forhold er domineret af forholdene i det sydlige Kattegat. Bugtområdet er normalt lagdelt det meste af året, med opblanding især efterår og vinter og især i de inderste og sydlige dele. Der er mindre variationer i temperatur, salinitet og lagdeling fra år til år.

Vandskiftet i bugten er meget afhængig af den af vinden inducerede skillefladehældning. Vandet i bugten vil også blive udskiftet gennem lock-exchange.

Vandskiftet i området synes specielt påvirket af følgende større hændelser:

- Den dynamiske periode januar-februar med dominerende vestenvind, som resulterer i et velbåndet vandområde med relativt høj salt-
holdighed (generel sydgående strøm i bælte-
ne og højtliggende skilleflade)
- den kraftige udstrømning fra Østersøen gennem bælte-
ne i marts og april (faldende salt-
holdighed idet bugtens vand udskiftes)
- den samtidige stigning i ferskvandstilstrøm-
ningen til bugten i marts
- en forstærket lagdelingen gennem den stille,
tidlige sommer, hvor meget salt vand trænger
ind i bugtens nedre lag
- den dynamiske periode omkring 1. august, som
reducerer lagdelingen idet øvre lags salt-
holdighed stiger
- en udstrømning fra Østersøen omkring 1. sep-
tember, som får saltholdigheden til at falde
i bugten
- de sidste dynamiske måneder af året, hvor
lagdelingen reduceres specielt ved at salt-
holdigheden i øvre lag stiger.

Som følge af bugtens åbne natur er vandskiftet imidlertid så hurtigt, at frekvensen af målinger på en måned er for lav.

3.6.3 *Farvandet nord for Fyn - Vejle Fjord*

Området ligger nord for Snævringen i Lillebælt, hvor vandmassen normalt opblandes fuldstændig for herefter at strømme videre, eventuelt i skillefladen mellem øvre og nedre lag i det modtagende vandområde. Ved nordgående strøm gennem Lillebælt vil bundvandet nord for Fyn ikke blive fornyet.

I 1989 er den overordnede hydrografi i området domineret af:

- den stigende saltholdighed i januar-februar viser, at den salte indstrømning til Østersøen også er kommet ind i farvandet.
- den kraftige udstrømning i marts-april fra Østersøen, som reducerer overfladesaltholdigheden
- den rolige periode maj-juni, hvor den svage opblanding giver mulighed for en kraftig lagdeling
- en stigende overfladesaltholdighed i den dynamiske periode omkring 1. august
- en generelt stigende overfladesaltholdighed i slutningen af året som følge af den kraftigere dynamik (opblanding).

Det nedre lag i området nord for Fyn synes at have været meget stillestående fra maj og året ud, i overensstemmelse med, at der ikke har været de store ind eller udstrømninger fra Østersøen i 2. halvår.

I den ydre del af Vejle fjord svarer forholdene til det ovenfor beskrevne. Specielt kan her bemærkes, at der tilsyneladende er sket en større ferskvandstilstrømning i juni, eventuelt forstærket af en mindre udstrømning fra Østersøen, som har fået saltholdigheden i fjorden til at falde. Fjorden er ellers i øvrigt generelt vertikalt velblandet, på nær maj-juli, hvor de rolige forhold giver mulighed for indtrængning af et saltere nedre lag.

3.6.4 *Farvandet syd for Fyn - sydlige Lillebælt*

I farvandet syd for Fyn og sydlige Lillebælt sker fornyelsen af nedre lag normalt ved tilstrømning fra Storebælt. Grundet den kraftige opblanding i Snævringen er tilstrømningen nordfra til nedre lag lille.

Den overordnede hydrografi i området har i 1989 været påvirket af følgende større hændelser:

- Den kraftige dynamik i januar-februar, som næsten opblandede vandsøjlen til 35 m dybde
- en kraftig gennemstrømning i øvre lag i marts-april under udstrømningen fra Østersøen, hvor saltholdigheden reduceres og en kraftig lagdeling skabes
- en tiltagende øgning af lagdelingen i de stille måneder maj til medio juli, hvor saltholdigheden i nedre lag formodentlig er øget (tilstrømning fra Storebælt)
- en forøgelse af saltholdigheden i øvre lag i forbindelse med den dynamiske periode omkring 1. august (tilstrømning til nedre lag)
- en reduceret lagdeling i slutningen af året som følge af mere dynamik.

Generelt forventes overfladelaget i området at være meget påvirket af selv mindre udstrømningssituationer fra Østersøen.

3.7 Specielle hydrografiske observationer i 1989

Limfjorden:

Gennemstrømningen af Nordsøvand skønnes i 1989 at have været en del større end normalt, blandt andet på grund af, at der i sommerperioden næsten ikke forekom vindstille. Saliniteten i fjorden var dog normal, mens temperaturen om vinteren, ligesom i alle andre farvande, var væsentlig højere end normalt.

Mariager Fjord:

I Dybet, hvor der normalt er stabile forhold med ca. 21‰ salinitet, temperaturer på 4,5- 6°C og ingen ilt, skete der et kortvarigt drastisk brud i stagnationen i februar 1989 ved indtrængen af salt, iltrigt Kattegatvand.

Sønderjyske Fjorde:

Saliniteten er faldet fra 1987 (19-23‰) til 1989 (15-17‰), hvilket vil have svækket lagdelingen, så mere ilt har kunnet tilføres bundvandet.

Isefjord-Roskilde Fjord:

Saliniteten i Roskilde Bredning var i hele 1989 2-4‰ over det normale p.g.a. ringe afstrømning. Også i Isefjorden var saliniteten høj om vinteren.

Køge Bugt:

Saliniteten i januar-marts var højere end normalt, svarende til kraftig indstrømning til Østersøen.

3.8 *Konklusionen af de hydrografiske forhold*

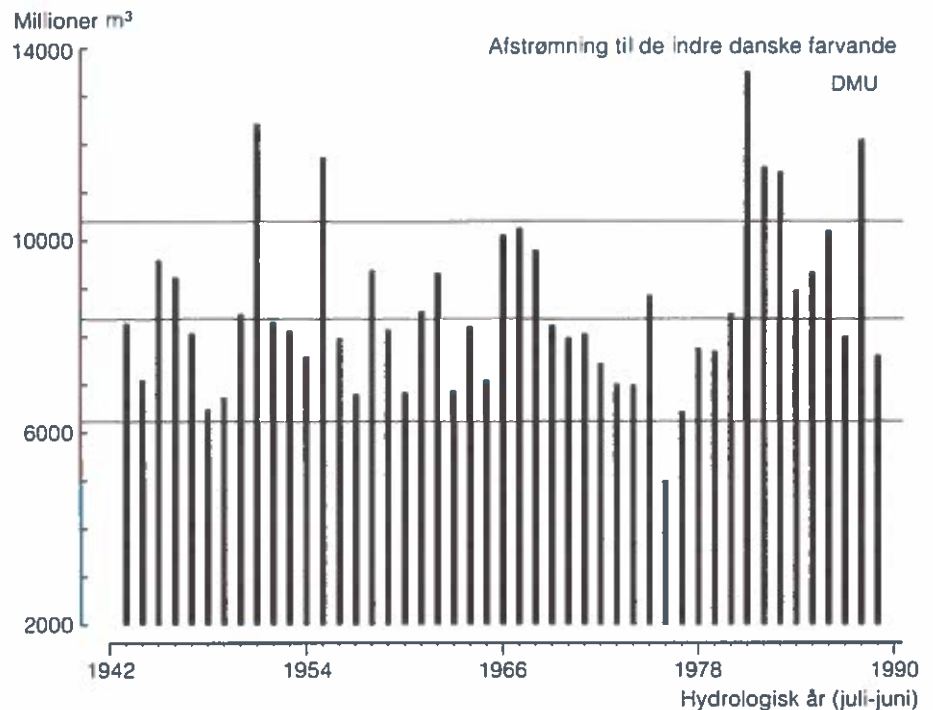
De overordnede dynamiske forhold med kraftig indstrømning til Østersøen i januar-februar, udstrømning marts-april den stille sommer, kraftig vind ved 1. august, stille september og mindre vind og strøm i resten af året genfindes i de amtskommunale målinger.

4 Næringssalte

4.1 Generelt om belastning

En stor del af nitrogen-belastningen (N-belastningen) stammer fra udvaskning fra jord, især dyrkede arealer. Totalt for Danmark udgør N-belastningen via afstrømning 82,5% af den samlede N-belastning. N-afstrømningen finder især sted i vinterhalvåret og varierer meget fra år til år p.g.a. forskelle i nedbør og ferskvandsafstrømning (fig. 4.1). Koncentrationen i det sydlige Kattegat og Bælthavet er derfor en funktion af afstrømningen (fig 4.2).

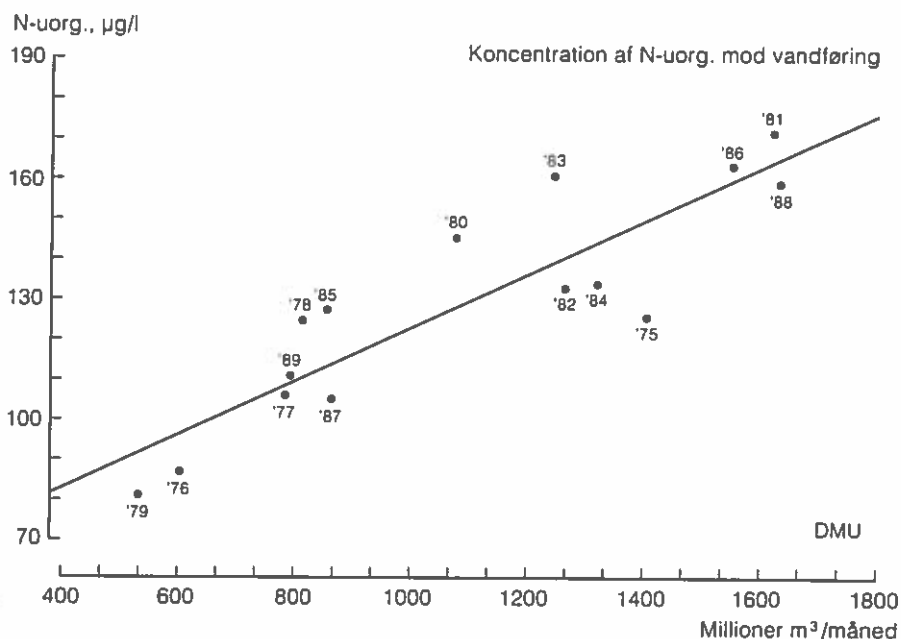
Figur 4.1
Afstrømning fra Danmark i de hydrologiske år (juli-juni) 1942/43-1988/89 til de indre danske farvande. Linierne angiver middel \pm s.d. for perioden. Baseret på månedsværdier beregnet af Hedeselskabets Hydrometriske Undersøgelser for DMU.



Den største del af P-belastningen stammer fra spildevand, der udledes konstant over året, og generelt i de senere år har været konstant fra år til år. F.eks. udgør P-belastningen fra punktkilder fra Bornholm 74% af den totale P-belastning. En mindre del af P-belastningen skyldes afstrømning og regnvandsbetingede udløb. F.eks. udgør den afstrømningsbetingede P-belastning fra Fyn fra 5 til 25% af den totale P-belastning.

På grund af konstant udledning over året får N-belastningen fra spildevand en større betydning for de lokale eutrofieringsforhold, idet der udledes i planternes produktionsperiode. F.eks. udgør N-belastningen via spildevand til Odense Fjord 23% af den årlige N-belastning, mens den i juni-september udgør 60%. I tørre år eller

Figur 4.2
Vinterkoncentrationen (middel jan.-feb.) i overfladelaget af N-uorg. (1989 kun NO₃) i det sydlige Kattegat og Storebælt som funktion af middelaflstrømningen i dec.-feb. Årstal er angivet ved punkterne.



ved reduceret udvaskning vil spildevandets betydning være større.

Spildevandets betydning stiger desuden med stigende indbyggerantal i forhold til afstrømningsopland. F.eks. udgør spildevandsbelastningen til den nordlige Køge Bugt og Øresund ud for Storkøbenhavn både for N og P mere end 90% af den totale belastning.

Med aftagende vandudveksling med åbne farvande, d.v.s. jo mere lukket et farvand er, jo større lokal betydning får den direkte belastning til farvandet, idet belastningen ikke opblandes og føres til de åbne farvande i væsentlig grad. I mere lukkede farvande med stor belastning forekommer derfor stærkt forhøjede næringskoncentrationer. I sådanne farvande er P ofte produktionsbegrænsende i en kortere periode om foråret, hvorved spildevandets P-belastning får en mere afgørende betydning for de lokale forhold.

Den generelle udvikling i belastningen med N og P antages at være:

P-belastningen er steget langsomt fra 1930'erne til 1950'erne og derefter hurtigere til begyndelsen af 1970'erne for derefter at have været nogenlunde konstant eller faldende. Den totale stigning er skønnet til en faktor ca. 7 fra 1930 til 1980 (Gerlach, 1990). Stigningen var uden større økologisk effekt i de åbne marine områder, hvor nitrogen overvejende er begrænsende for primærproduktionen.

N-belastningen er også steget langsomt fra 1930'erne til 1950'erne, derpå lidt hurtigere til medio 1960'erne for så at stige kraftigt til slutningen af 1970'erne. Derefter og frem til Vandmiljøplanens gennemførelse har N-be-

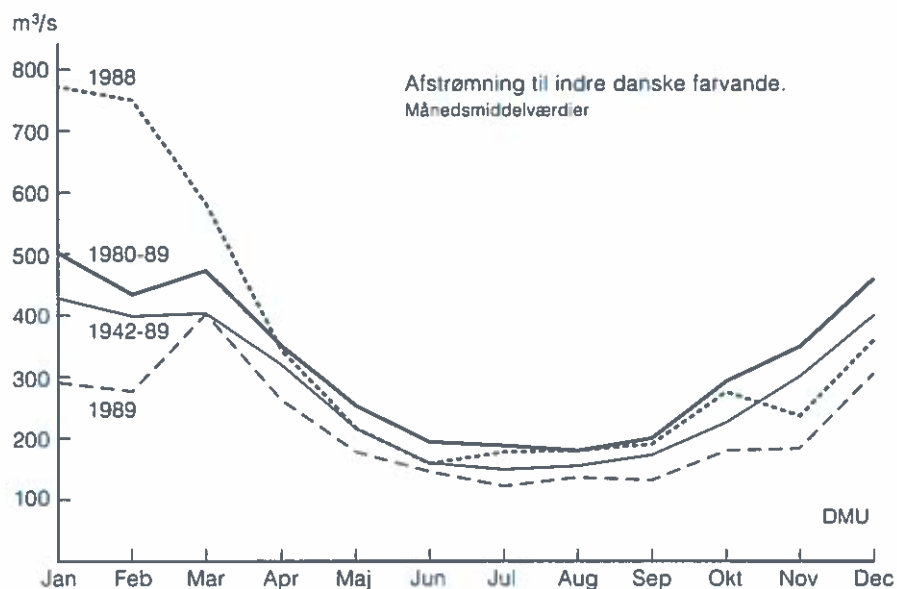
lastningens variation generelt været betinget af variationen i ferskvandsafstrømningen. Den totale stigning er estimeret til en faktor 4 i perioden 1930 til 1980 (Edler, 1984), mens stigningen i N-tabet fra dansk landbrug fra 1950 til 1980 er estimeret til mere end en fordobling (Schrøder, 1984). Udviklingen i N-belastningen siden 1967 er nærmere beskrevet i Kristensen et al., 1990.

Selvom Vandmiljøplanen endnu ikke er fuldført, er der dog i nogle områder i forbindelse med recipientkvalitetsplanerne allerede foretaget væsentlig udbygning af spildevandsrensningen for især P. Således er total P-belastningen til Limfjorden aftaget 17% og spildevandsbelastningen til Nissum Fjord 72% fra 1983 til 1988. P-belastningen til Mariager Fjord er gradvist aftaget markant i de sidste 5 år, og der er en markant nedgang i P-belastningen til det nordlige Kattegat og Skagerrak i 1989. Fra Fyn er punktkilde-belastningen både med N og P reduceret med 30-40% siden 1976.

4.2 Næringssalte 1989

Af fig. 4.1. fremgår, at ferskvandsafstrømningen i det hydrologiske år 1988/89 var under middel for perioden 1942/43-1988/89. Af fig. 4.3 fremgår at afstrømningen gennem hele 1989 var mindre end normalt og især var lav i januar og februar. I overensstemmelse hermed var nitrat-koncentrationen i de indre åbne farvandes overfladevand (excl. nordlige Kattegat) i februar 1989 relativt lav for 1980'erne (se fig. 3.5) og på niveau med middel for sidste halvdel af 1970'erne. Dog fandtes relativt høje ammonium koncentrationer (ca. 30 µg/l) i Bælthavet. Dette er eventuelt en akkumulering fra

Figur 4.3
Afstrømning til de indre danske farvande fordelt på de enkelte måneder.



1988, således at det samlede N-uorg. indhold var omkring middel for 1980'erne. Desuden fremgår det også af fig. 3.5, at den Jyske Kyststrøm i februar har ført nitratrigt vand ind i det nordlige Kattegat.

4.2.1 Nitrogen indstrømning fra Skagerrak

Den følgende vurdering af indstrømning af N-næringssalte fra Skagerrak til de indre danske farvande er baseret på DMU's 9 togter i 1989 i området fra Skagen til Arkona (Hansen et al., 1990a).

Allerede på februar-togtet (8.-16. februar) optræder som nævnt forhøjede N-koncentrationer i Kattegat (op til 260 µg/l), på grund af, at Den Jyske Kyststrøm i februar passerer Skagen, samt en kraftig indstrømning til Kattegats nedre lag (fig. 3.3). De indre danske farvande har iøvrigt kun svag lagdeling under togtet i februar, som følge af den kraftige vind.

Perioden fra februar til marts er dynamisk med en middelstor nettoindstrømning til Kattegats nedre lag. På togtet 6.-15. marts registreredes en markant N-uorganisk indstrømning over hele Læsø tværsnittet i dybden 15-40 m (28-33%) med maksimal koncentration op til 380 µg/l (ved 31,2%). De forhøjede N-værdier er nået forbi Fladen 50 km sydligere (250 µg/l). Under togtet var vandmasserne påvirket af en udstrømning fra Østersøen og en samtidig kompensations tilstrømning i Kattegats nedre lag. For havområdet inden for Skagen er den ekstra mængde af N (med reference 168 µg/l) medio marts opgjort til ca. 11.000-13.000 ton N. Vandmassens volumen er blevet multipliceret med den beregnede overkoncentration. Dette er et lavt sat skøn for den ekstra indstrømning pr. medio marts, da en del af det indstrømmende N må forventes at være blandet op i det næringsfattigere øvre vandlag.

Ved april-togtet (24.-28. april) har forårsopblomstringen fundet sted og det øvre lag ned til 10-15 m er så godt som drænet for N-næringssalt. Omkring starten af april var der kraftig opblanding i de indre danske farvande og april havde meget kraftig udstrømning fra Østersøen. Kompensationsstrømmen i nedre lag har frem til togtet ført den nedre vandmasse med N overkoncentration ned til overgangen mellem Kattegat og Storebælt (max. 283 µg/l ved 33,1% i 30 m dybde) og tilsvarende ind i Øresund (Ven: max. 280-294 µg/l ved 31,4-32,5% i 15-40 m dybde). Samtidig ses der tegn på en ny indstrømning (nr. 2) af N overkoncentration ved Læsø (336 µg/l ved 32,2% i 20 m dybde). Dette passer med en observation af Den Jyske Kyst-

strøm nord for Hirtshals på 10 m dybde den 18/4 på ca. 32% i overfladen. Den ekstra tilførsel af N-uorganisk med denne vandmasse er vurderet til 2-4.000 ton N. Vurderingen er dog behæftet med relativt stor usikkerhed.

Perioden frem til togtet 29. maj-2. juni var relativt rolig. Den første N-vandmasse er nu nået overgangen mellem Storebælt og Fehmarn Bælt (max 209 µg/l i 25 m dybde, noget fortyndet på vejen gennem Storebælt) og ligger stadig i Øresund (max. 266 µg/l i 20 m dybde, næsten ingen fortynding). N-vandmasse nr. 2 er nået det sydlige Kattegat og den nordlige del af Øresund (max. 220 µg/l i 25 m dybde).

Fra juni til medio juli var en meget stille periode. Den første N-vandmasse ses stadig i Fehmarn Bælt (max. 170 µg/l ved 26,6% i 25 m dybde) og i Øresund (210-225 µg/l ved ca. 33% i 25-50 m dybde). Disse blev målt 10.-14. juli. N-vandmasse nr. 2 har ligeledes været næsten stabil i det sydlige Kattegat (180-225 µg/l ved 33-34% i 25-55 m dybde).

Fra midt i juli og indtil togtet i august (14.-24. august) var forholdene meget dynamiske for årstiden og der har formentlig været 2 indstrømninger fra nedre lag i Fehmarn Bælt til Arkona Bassinet. Den første N-vandmasse ses da heller ikke mere i Fehmarn Bælt, men må dels været blandet op i øvre lag og dels ført ind i Arkona Bassinet. Derimod synes N-vandmasse nr. 2 at have delt sig, idet en del stadig ses i det sydlige Kattegat (140-154 µg/l ved ca. 33% i 30-55 m dybde) mens en anden del ses ved overgangen mellem Storebælt og Fehmarn Bælt (110-125 µg/l ved 27-31% i 20-35 m dybde). Delingen skyldes eventuelt en kortere periode med mere intens blanding i Storebælt.

I Øresund er det ikke længere muligt at skelne mellem de 2 N-vandmasser (140-180 µg/l ved 31-34% i 20-55 m dybde). Ud for Göteborg er dybvand fra Nordsøen-Skagerrak på vej ind med relativt normalt indhold af N-uorganisk (80-100 µg/l).

Den sidste del af august var relativt dynamisk, mens september (18.-22.) var meget rolig. Af de 2 første N-vandmasser er der kun spor tilbage i Fehmarn Bælt (140 µg/l ved 24% i 25 m dybde). Resten synes at være blandet op i øvre lag, specielt under transporten gennem Storebælt. Nordsøbundvandet ses nu at være trængt ned til midten af Kattegat (110-140 µg/l ved 33-34% i 40-75 m dybde).

Selve togtet i oktober (9.-13. oktober) har ligget i en meget dynamisk periode, mens perioden forud var stille. I Fehmarn Bælt og det sydligste Storebælt var lagdelingen meget svag.

Der er stigende N koncentrationer i det sydlige Kattegat (85-110 µg/l ved 32-33%) og i Øresund (100-125 µg/l ved 31%).

Perioden op til togtet i november (6.-10. november) er typisk for årstiden med relativt megen dynamik og også situationer med indstrømning til Østersøen fra nedre lag i Fehmarn Bælt. På togtet er der registreret relativt høje N-uorganisk koncentrationer i nedre lag i det sydlige Storebælt (100-110 µg/l ved 30%), i Øresund (100-110 µg/l ved 33%) samt i Århus Bugt (110-125 µg/l ved 31%), som sandsynligvis dels skyldes lokal frigivelse ved mineralisering (temperatur i bundvand steget), dels normal indstrømning af N-uorganisk holdigt vand fra Skagerrak-Nordsøen.

Samlet kan fremhæves følgende omkring N-tilstrømningen fra Skagerrak til Kattegats nedre lag:

- I februar-marts har Den Jyske Kyststrøm bidraget med min. 11-13.000 ton N-uorganisk mere end normalt
- i april-maj bidrog Den Jyske Kyststrøm med endnu en N-pulje til nedre lag i Kattegat, svarende til en ekstra tilførsel på 2-4.000 ton N-uorganisk.

4.2.2 Tilførsel af nitrogen-næringssalte til den fotiske zone

I de åbne farvande er fytoplanktonets årlige produktion af organisk stof generelt betinget af mængden af tilgængelige nitrogennæringssalte i den fotiske zone i produktionsperioden. Der er opstillet en analysemodel for mængden af N-næringssalte, der er til rådighed for ny primær produktion (excl. regenereret produktion) i de indre danske farvande i produktionsperioden marts-september, idet kun nyproduktion giver anledning til iltforbrug i nedre lag, mens den regenererede produktions iltforbrug forgår i øvre lag (Hansen et al., 1990b).

I analysemodellen beregnes følgende N-kilder til øvre lag i de indre farvande mellem Skagen og Drogden/Gedser (40.000 km²):

- 1: Den uorganiske N-pulje i øvre lag ved forårsopblomstringens start.
- 2: Tilstrømning af N-uorganisk fra Østersøen i produktionsperioden marts-september.
- 3: N-afstrømningen fra Danmark, Sverige og Tyskland i produktionsperioden marts-september.

4: N-uorganisk tilførselen ved opblanding fra nedre lag i produktionsperioden marts-september.

5: Atmosfærisk N-tilførsel i produktionsperioden marts-september.

Kilde 1 og 4 er påvirket af den forudgående vinters N-afstrømning til de indre farvande.

I tabel 4.1. er vist afvigelserne i de enkelte kilder for hvert år i 1980'erne i forhold til middel for perioden 1980-87 (Hansen et al., 1990a og b).

Tabel 4.1. Kilder af N-uorg. i tons til ny produktion i overfladelaget i de indre danske farvande i produktionsperioden marts-september i middel for perioden 1980-87, samt afvigelser herfra i de enkelte kilder og år fra 1980 til 1989. Se tekst eller Hansen et al., 1990b.

Årstal	Kilde 1 Indhold i øvre lag	Kilde 2 Tilstrøm- ning fra Øster- søen	Kilde 3 Afstrøm- ning fra land	Kilde 4 Opblan- ding nede fra	Kilde 5 Atmo- sfærisk nedfald	Sum
1980-87	58.000	4.000	79.000	110.000	33.000	284.000
1980	- 2.000	0	- 3.000	-38.000	+ 2.000	-41.000
1981	+ 6.000	+ 1.000	+18.000	+37.000	+ 5.000	+67.000
1982	- 1.000	+ 1.000	- 7.000	-20.000	- 3.000	-30.000
1983	+ 6.000	- 2.000	+21.000	+19.000	+ 3.000	+47.000
1984	0	+ 4.000	-19.000	- 5.000	- 6.000	-26.000
1985	+ 2.000	0	+ 5.000	+19.000	+ 3.000	+29.000
1986	+ 7.000	+ 4.000	-13.000	-17.000	- 7.000	-26.000
1987	-12.000	+ 6.000	0	- 6.000	+ 4.000	- 8.000
1988	+21.000	+ 2.000	- 2.000	+24.000	+ 3.000	+48.000
1989	+ 2.000	+ 2.000	-22.000	+39.000	- 7.000	+14.000

Året 1989 afveg markant fra middel ved en væsentlig mindre tilførsel ved afstrømning fra land, mens tilførslen af nitrogen-næringssalte ved opblanding til overfladelaget fra nedre lag var den største i 1980'erne. Dette skyldes først og fremmest den usædvanlige indtransport af minimum 13.000-17.000 t ekstra nitrogen fra Tyske Bugt via den Jyske Kyststrøm til de Indre Danske Farvande vinteren og foråret 1989. Dette medførte, at den samlede N-kilde sum til overfladelaget i produktionsperioden 1989 blev ca. 5% større end middel for 1980-87, trods en lav landafstrømning hele året.

4.2.3 Årstidsvariation og stedvariation

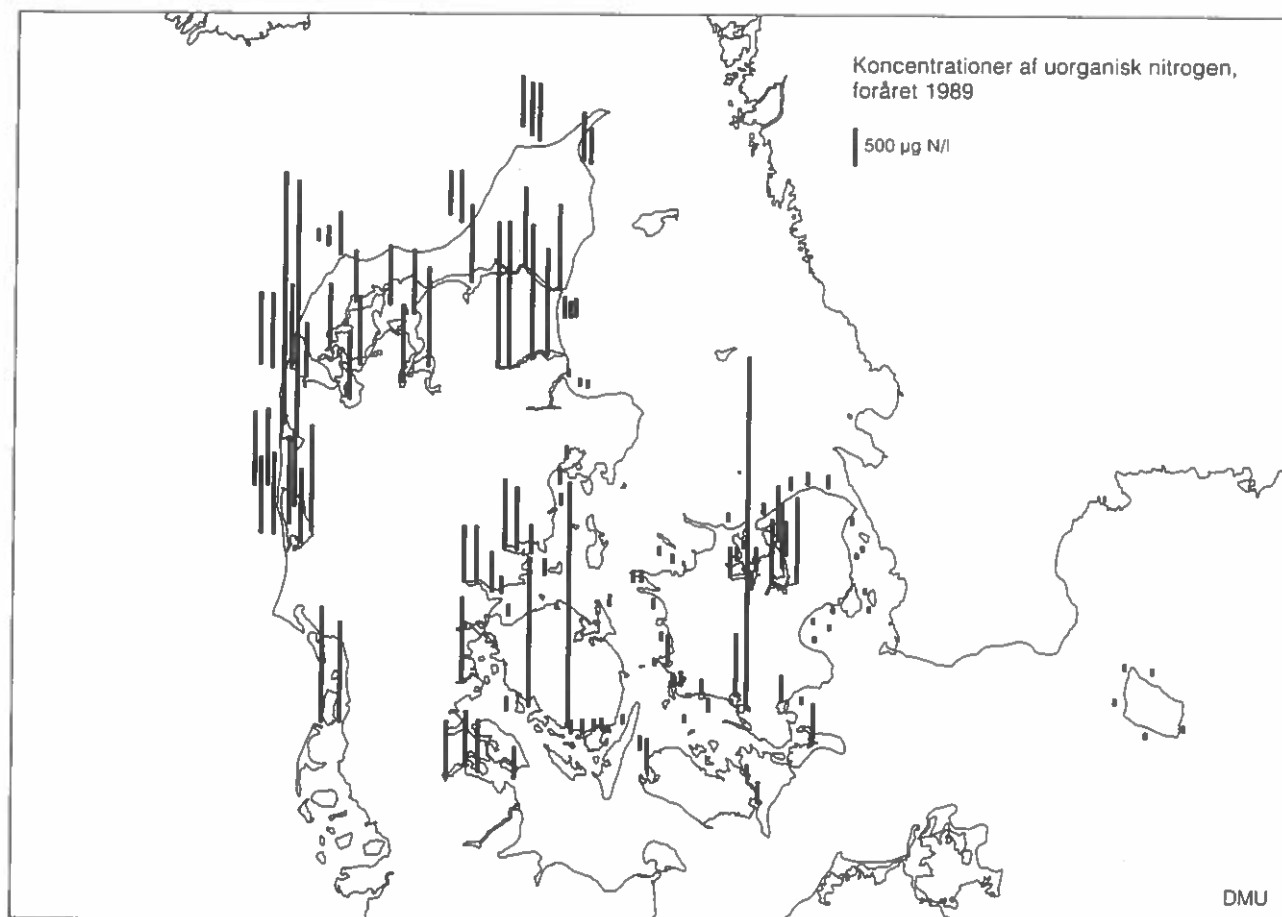
Samtlige Amtskommuner og DMU har målt uorganiske næringssalte i kystvande, fjorde og i åbne områder. Årstidsdynamikken udviser de fleste steder ens træk.

For uorganisk nitrogen er der en top om vinteren inden primærproduktionen går igang. Størrelsen af denne top er et mål for hvor stor den

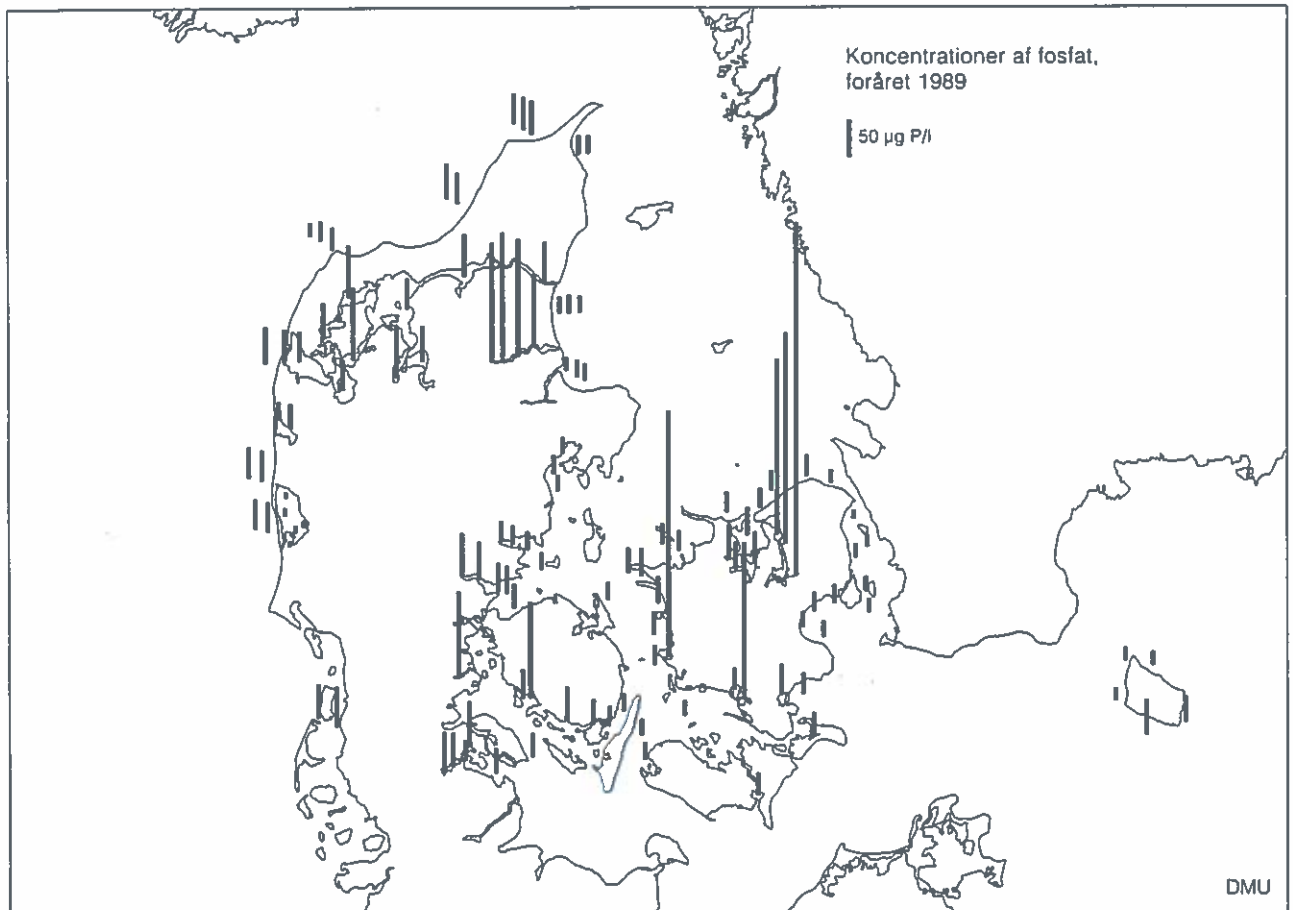
lokale påvirkning er. Sammenlignes fig 4.4-4.6 med fig. 3.5 får man et billede af overkoncentrationer i de amtskommunale områder. I løbet af marts måned reduceres det uorganiske nitrogen til meget lave koncentrationer i den fotiske zone, og disse lave koncentrationer varer indtil september/oktober, hvor nitrogen langsomt opbygges til en ny top i næste februar.

For fosfat er billedet, at der er et absolut maximum i september/november måned. Fra dette maximum falder koncentrationerne langsomt til forårsproduktionen medfører et hurtigt fald til tæt ved nul i april eller maj måned. De forbliver lave i kun en eller to måneder, hvorefter de opbygges med en relativt konstant hastighed. Der er i fig 4.4 givet forårstoppen i uorganisk nitrogen, i fig 4.5 forårstoppen for fosfat og i fig 4.6 efterårstoppen i fosfat. Nogle målinger er udeladt fra disse figurer for at gøre dem mere overskuelige. Dette gælder specielt for de østjyske fjorde.

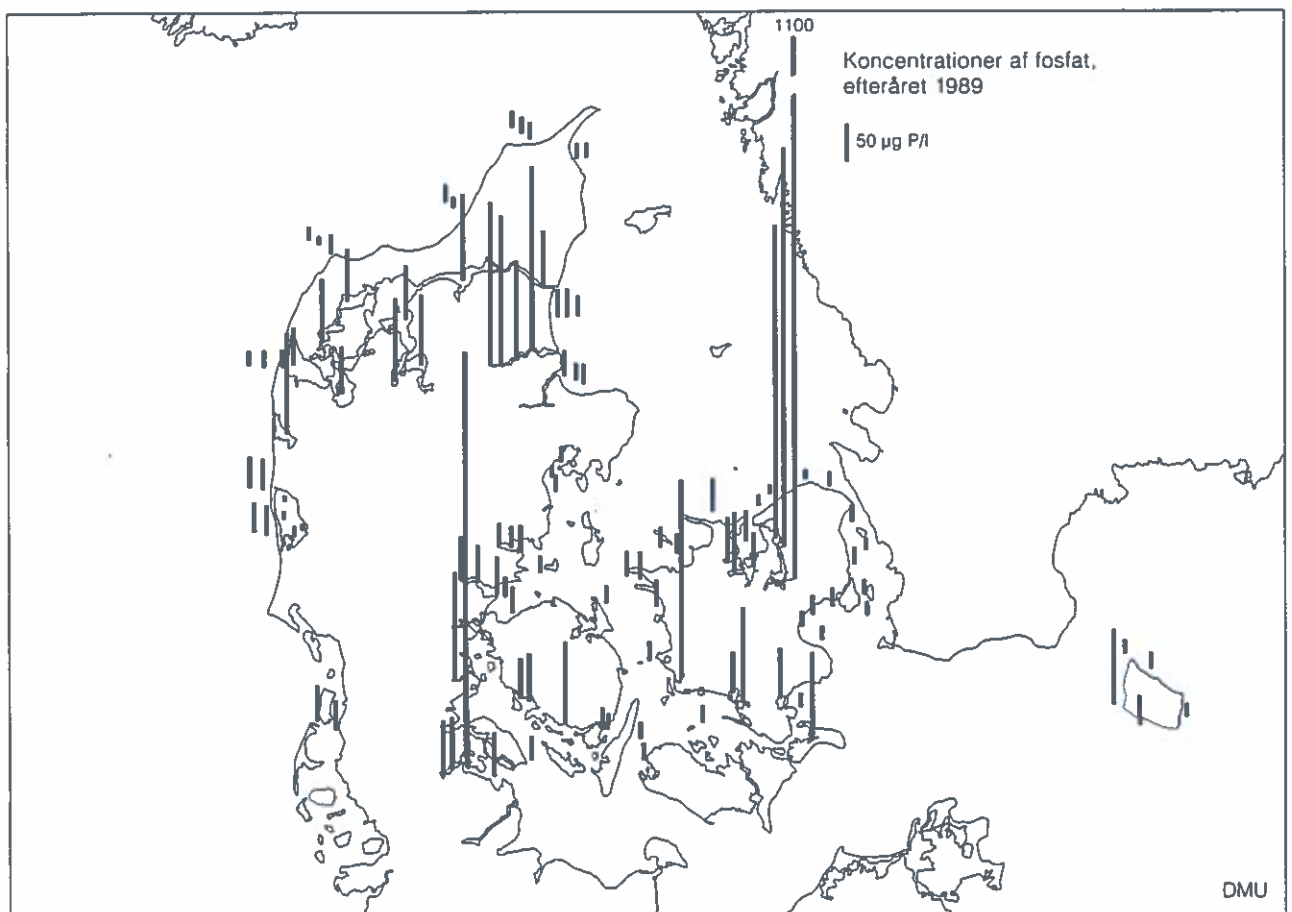
Der er en del variationer i dette generelle mønster. I nogle hårdt belastede lukkede fjorde og nor er der et absolut maximum af fosfat i april til juli måned. Dette må skyldes frigørelse fra sedimentet. Dette gælder Genner Bugt, Korsør Nor, Stege Nor, Karrebæk Fjord og Skælskør Nor. I Roskilde Fjord bliver fosfat kon-



Figur 4.4. Koncentrationer af uorganisk nitrogen i foråret 1989.



Figur 4.5. Koncentrationer af fosfat i foråret 1989.



Figur 4.6. Koncentrationer af fosfat i efteråret 1989.

centrationerne aldrig lave. I områder med lagdeling ses høje koncentrationer af fosfat i bundvandet. Dette er observeret i Sejrø Bugt og ved Endelave. Uorganisk nitrogen opnår ikke lave koncentrationer førend i august måned ved Højer dyb og Rømø/Sild. I Flensborg Fjord er der høje uorganiske nitrogen koncentrationer (400 µg N/l) i juni måned, mens fosfat er lav. Det tyder på P-begrænsning.

4.3 Udvikling i næringssaltskoncentrationer

DMU har systematisk målt næringssaltskoncentrationer i de indre danske farvande siden 1974. Disse målinger skal sammen med andre målinger i det følgende benyttes til redegørelse for, hvorledes udviklingen har været.

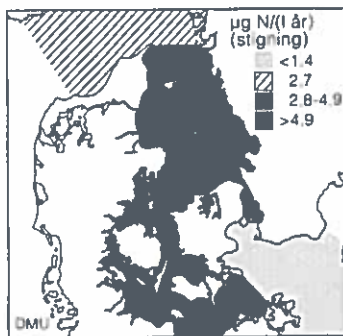
Den statistiske metode er som følger. Alle målinger udført af DMU i månederne december, januar, februar og marts er blevet undersøgt. Hvis produktion af fytoplankton er gået i gang, er de pågældende målinger ikke medtaget i analysen. Dette er undersøgt ved at beregne variansen for den pågældende station og dag. Hvis denne varians overstiger 5 koncentrationsenheder er det anset, at der har været en gradient i koncentrationerne. Denne grænse er fundet ved at gennemgå et stort antal prøvetagninger. Den pågældende prøvetagning er derfor blevet udeladt af den videre analyse, når produktionen er gået igang. Der er derpå lavet en lineær regression gennem den fremkomne punktmængde. Hældningskoefficienten for denne rette linie er blevet testet for at undersøge om den er forskellig fra nul. Hvis den er større end nul, er det vist, at koncentration af det uorganiske næringssalt er stigende i perioden. Analysen er gennemført for summen af uorganisk nitrogen, d.v.s. at koncentrationerne af nitrat, nitrit og ammonium er lagt sammen. Der er også udført analyser for total fosfor, fosfat, silikat, nitrat og i kapitel 5 for ammonium. Den analyse-rede periode er 1975-1989. For uorganisk nitrogen er der udført specielle analyser af øvre og nedre lag i vandmasserne. Det er i den forbindelse antaget, at der er en skilleflade mellem 10 og 20 meter.

Der er endvidere beregnet, om hældningskoefficienten er signifikant forskellig fra nul, og værdien for denne sandsynlighed er opgivet. Dette er gjort ved en parametrisk test. Når denne sandsynlighed opnår store værdier, over 95%, er stigningen for de målte variable signifikant med det pågældende niveau. I det følgende er udviklingen vist som hældningskoefficienten for den rette linie.

4.3.1 Nitrogen

Den statistiske analyse af total uorganisk nitrogen viser generelt en stigning for alle stationer i det danske marine område, når perioden fra 1975-1989 behandles. Stigningen er signifikant på 95%'s niveauet for alle stationer undtagen Stevns, Arkona og Ålborg Bugt (tabel 4.2).

Resultaterne for nitrat udviser en trend, der er identisk med udviklingen for total uorganisk nitrogen. Dette er ikke overraskende, idet nitrat de fleste steder udgør over 85% af summen af nitrat, nitrit og ammonium.



Figur 4.7
Udviklingen af vinterkoncentrationen af uorganisk nitrogen i overfladelaget i perioden 1975-1989.

Tabel 4.2. Udvikling givet som hældningskoefficient i koncentrationerne i uorganisk nitrogen, altså sum af nitrat, nitrit og ammonium, målt om vinteren i alle dybder. Koncentrationen er givet i $\mu\text{mol N/l}$.

Station	Udvikling $\mu\text{mol N/l}\cdot\text{år}$	Konc i 1980	Konc i 1988	SS i hældn.
Arkona	0,107	4,2	5,1	94%
Stevns	0,092	4,4	5,1	88%
Gedser Rev	0,261	5,8	7,9	97%
Fehmarn Bælt	0,447	6,4	10,0	95%
Kelds Nor	0,467	6,7	10,4	99%
Halsskov Rev	0,414	8,1	11,4	99%
Ven	0,453	8,4	12,0	99%
Kullen	0,381	7,7	10,8	99%
Gniben	0,414	8,3	11,6	99%
Anholt Ø	0,234	9,4	11,3	99%
Fladen	0,190	8,4	9,9	99%
Ålborg Bugt	0,381	6,2	9,2	91%

Betragter man hældningskoefficienten for den rette regressionslinie får man en typisk værdi omkring $0.45 \mu\text{mol N}/(\text{l}\cdot\text{år})$ lig med $6,3 \mu\text{g N}/(\text{l}\cdot\text{år})$, som hældningskoefficient for total uorganisk nitrogen. Hældningskoefficienten er lavest ved Arkona og Stevns. I det nordlige Kattegat forefindes også lavere værdier ved Fladen og Anholt Ø. Stationen ved Gedser Rev viser tydeligt at den er en blanding af vand fra den egentlige Østersø, uden nævneværdig stigning og vand fra de indre danske farvande med en signifikant stigning (tabel 4.2 og fig. 4.7).

Den lavere stigning ved Anholt Ø og Fladen må skyldes at dette vand er en blanding af Skagerrakvand og vand fra de indre danske farvande. Undersøgelser i Skagerraks salte vand (salinitet $>30\%$) viser en stigningstakt på $0,19 \mu\text{mol N}/(\text{l}\cdot\text{år})$ for perioden 1971-1982 (Andersson og Rydberg, 1988). Denne periode skulle dog fange en stigning i trenden, hvis udviklingen i Skagerrak var den samme som i de indre danske farvande. Udviklingen i Østersøen viser, at eventuelle stigninger ikke er forekommet i perioden 1975-1989. Der er dog målinger der indikerer, at der i perioden mellem

1965 og 1975 var en stigning fra mellem 3 og 4 $\mu\text{mol N/l}$ til de nuværende værdier på ca. 5 $\mu\text{mol N/l}$.

Resultaterne ved kun at analysere de øvre vandmasser fra dybder ned til og med 10 meter viser, at de stigninger som forefindes i hele vandmassen også er i det øvre lag. Sammenlignes trendværdier fra det øvre lag med trendværdier for de nedre vandmasser ses at stigningstakten for alle stationer er større i det øvre lag end i det nedre lag (tabel 4.3 og 4.4).

Tabel 4.3. Udvikling givet som hældningskoefficient i uorganisk nitrogen, altså sum af nitrat, ammonium og nitrit målt om vinteren i de øvre vandmasser. Måleperioden er 1975-1989.

Station	Udvikling $\mu\text{mol N/l}\cdot\text{år}$	SS i hældning	Antal målinger
Arkona	0,061	54%	36
Stevns	0,088	55%	34
Gedser Rev	0,253	89%	28
Fehmarn Bælt	0,453	79%	9
Kelds Nor	0,495	98%	24
Halsskov Rev	0,447	98%	27
Ven	0,424	99%	30
Kullen	0,354	96%	27
Gniben	0,422	94%	20
Anholt Ø	0,298	94%	14
Fladen	0,347	93%	20
Aalborg Bugt	0,329	90%	22

Tabel 4.4. Udvikling givet som hældningskoefficient i opløst nitrogen, altså sum af nitrat, ammonium og nitrit målt i alle dybder i de nedre vandmasser. Måleperioden er 1975-1989.

Station	Udvikling $\mu\text{mol N/l}\cdot\text{år}$	SS i hældning	Antal målinger
Arkona	0,066	91%	413
Stevns	0,018	21%	121
Gedser Rev	0,081	71%	143
Fehmarn Bælt	0,153	67%	111
Kelds Nor	0,131	92%	212
Halsskov Rev	0,112	97%	454
Ven	0,260	99,9%	562
Gniben	0,121	98%	391
Anholt Ø	0,051	64%	372
Fladen	0,066	79%	348
Aalborg Bugt	Denne station er ikke dyb nok		

Der er udført en separat analyse af trendudviklingen gennem tid, ved at starte med året 1975 og beregne trendværdier for 1975-1976, derpå 1975-1977, derpå 1975-1978 og i det følgende gradvist inkludere et år ad gangen. Der er kun benyttet vinter koncentrationer, hvor fytoplankton produktionen ikke har været i gang. Resultaterne er vist grafisk på figur 4.8. Som det ses, er områderne geografisk slået sammen til kun 4 områder, nemlig Arkona Bassinet, den vestlige Østersø (med Fehmarn Bælt), Bælterne og Kattegat.

Trenden for Bælterne, Kattegat og Arkona Bassinet i perioden 1975-1981 var negativ. Dette viser, at konklusionen i afrappoteringen af Bæltprojektet var korrekt - der var ikke tegn på eutrofiering i slutningen af 1970'erne. For de første 3 år i Bæltprojektet var der endvidere en signifikant negativ trend i total uorganisk nitrogen koncentrationerne. Først i 1983 kan man ved hjælp af vinter koncentrationerne finde en signifikant stigning i trenden. Udfra figuren ser man endvidere at usikkerheden omkring trendværdien bliver mindre som årene går.

Trenden i Arkona Bassinet udviser først et fald, derpå er værdierne konstante omkring en trendværdi som er ganske lidt positiv, men ikke signifikant.

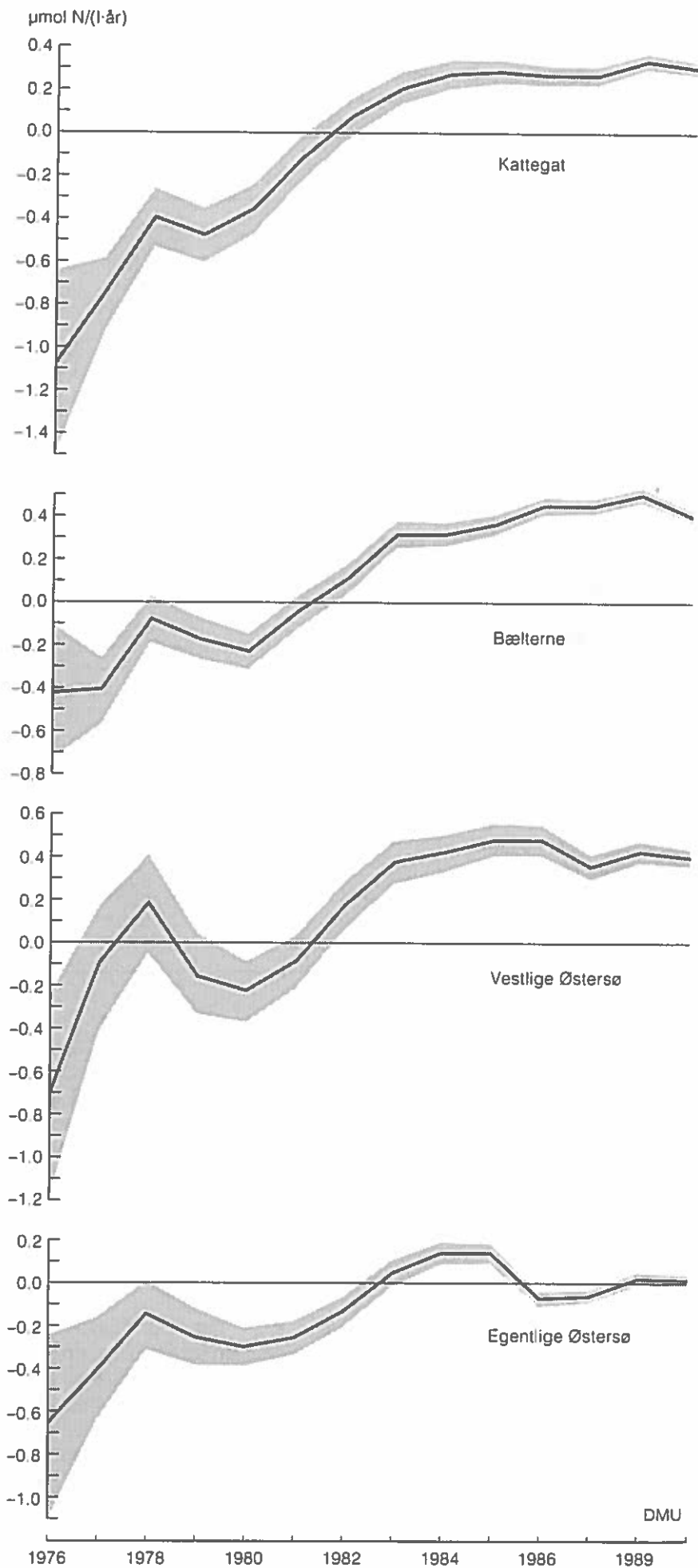
Analyseres på samme måde de sidste 6 år separat for trendværdier, finder man en signifikant positiv trend ved Fladen, Kullen og Vinga og en signifikant negativ trend ved Stevns og Gedser Rev. Der er positive trendværdier for Aalborg Bugt, Halsskov Rev og Anholt, mens trenden er tæt ved nul ved Ven, Arkona, Fehmarn Bælt og Kelds Nor. Det er således ikke i de sidste 6 år, at der har været en markant udvikling i nitrogen koncentrationerne. Den her nævnte nedgang på nogle enkelte stationer skal ikke tages som et tegn på, at eutrofieringsprocessen er ved at ophøre. Sammenlignes 70'erne med 80'erne er der stadig forskel på koncentrationerne.

Der er udfra trendanalyserne ingen tvivl om, at der er en stigning i næringssaltskoncentrationerne i de indre danske farvande, og de steder, hvor disse er påvirket af andre vandmasser, er stigningstakten mindre.

4.3.2 Fosfor

Udviklingen i koncentrationerne i total fosfor viser en signifikant stigning på alle stationer i perioden 1974-1989. Stigningen er størst i Bælthavet (tabel 4.5).

Som det ses af tabel 4.6 og af figur 4.9, er der et mere uklart billede med hensyn til udviklingen af fosfat koncentrationerne. Nogle steder er der en stigning, f.eks ved Arkona, Stevns og Gedser Rev samt ved Vinga, Fladen, Anholt Ø og Halsskov Rev, mens der ved Ven er et fald. Ved Griben, Kullen, Kelds Nor, Aalborg Bugt og Fehmarn Bælt er der ikke en signifikant trend. Udfører man en multipel regression mod både tid og salinitet, observerer man, at fosfat ved alle stationer har en bedre korrelation mod salinitet end mod tid. Man kan udfra tabel 4.6 og den bedre korrelation mod salinitet konkludere, at stigningen i fosfat er stør-

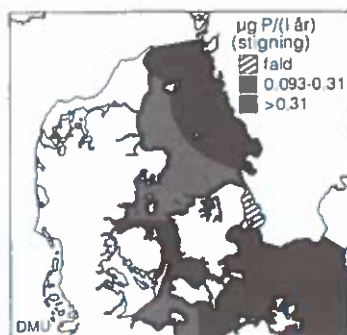


Figur 4.8
 Udviklingen af trend for uorganisk nitrogen målt om vinteren i hele vandsøjlen. Figuren viser et fald i koncentrationen, hvis kurven ligger under referencelinien, og en stigning hvis kurven ligger over. Bæltet omkring kurven angiver standard afvigelse på gennemsnittet. Se tekst for yderligere forklaring

DMU

Tabel 4.5. Udvikling givet som hældningskoefficient i total fosfor målt i hele vandsøjlen over alle tidspunkter. Måleperioden er 1974-1989. Alle stigninger er signifikante på 99.9% niveauet, undtagen Ålborg Bugt som er signifikant på 95% niveauet.

Station	Udvikling $\mu\text{mol P/l}\cdot\text{år}$	Antal Målinger
Arkona	0,0486	286
Stevns	0,0378	170
Gedser Rev	0,0383	177
Fehmarn Bælt	0,0555	123
Kelds Nor	0,0567	206
Halsskov Rev	0,0548	325
Ven	0,0202	358
Kullen	0,0299	193
Gniben	0,0585	285
Anholt Ø	0,0306	250
Fladen	0,0301	191
Ålborg Bugt	0,0363	72
Vinga	0,0358	117



Figur 4.9
Udviklingen af vinterkoncentrationen af fosfat i hele vandsøjlen i perioden 1975-1989.

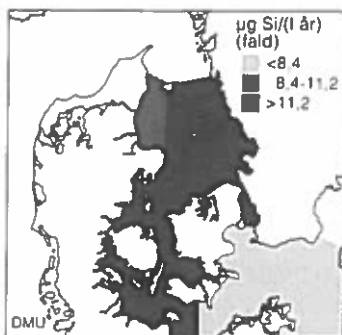
Tabel 4.6. Udvikling givet som hældningskoefficient i opløst fosfat målt om vinteren. Hele vandmassen er inkluderet i analysen. Måleperioden er 1975-1989.

Station	Udvikling $\mu\text{mol P/l}\cdot\text{år}$	SS i hældning	Antal Målinger
Arkona	0,0100	99,9%	310
Stevns	0,0111	99,7%	172
Gedser Rev	0,0102	97,0%	182
Fehmarn Bælt	0,0089	67%	108
Kelds Nor	0,0062	62%	205
Halsskov Rev	0,0105	98,8%	332
Ven	-0,0114	99,2%	382
Kullen	0,00347	49%	199
Gniben	0,00359	60%	278
Anholt Ø	0,00952	99,3%	247
Fladen	0,0127	99,9%	182
Ålborg Bugt	0,0057	58%	72
Vinga	0,0799	99,9%	103

re og mere signifikant i de områder der er tilstødende til de indre farvande, altså områder som Arkona bassinet og Skagerrak end, hvad stigningen har været i bæltområdet. Faldet i Øresund, som også kan spores ved Kullen, må være et udtryk for den reducerede lokale belastning med fosfat fra rensningsanlæg og industri i Øresundsområdet.

4.3.3 Silikat

Af tabel 4.7 og af figur 4.10 fremgår det, at silikat koncentrationerne på alle stationer har udvist et fald. Årsagen til dette fald kan være, at de menneskeskabte tilledninger af silikat ikke er øget. Silikat afstrømningen er bestemt af forvritringen af lermineraller og andre silikatholdige forbindelser. Derimod er de andre næringssalte for primærproduktionen (N og P) blevet forøget. Dette har i sær medført en større sedimentation af kiselalger, således at



Figur 4.10
Udviklingen af vinterkoncentrationen af silikat i overfladelaget i perioden 1975-1989.

Tabel 4.7. Udvikling givet som hældningskoefficient i silikat målt inden forårsproduktionen starter. Måleperioden er 1975-1989 og der er målt i hele vandmassen.

Station	Udvikling $\mu\text{mol Si/l}\cdot\text{år}$	SS i hældning	Antal Målinger
Arkona	-0,293	99,9%	210
Stevns	-0,192	96%	14
Gedser Rev	-0,274	97%	121
Fehmarn Bælt	-0,565	95%	50
Kelds Nor	-0,414	97%	114
Halsskov Rev	-0,381	99,8%	203
Ven	-0,694	99,9%	237
Kullen	-0,637	99,9%	116
Gniben	-0,650	99,9%	136
Anholt Ø	-0,486	99,9%	125
Fladen	-0,545	99,9%	88
Aalborg Bugt	-0,397	98,7%	48

silikat i mindre omfang tilføres det marine område. Det er også muligt at sedimentationen af kiselalger i det marine område har medført, at silikat sedimentationen er større end frigørelsen fra sedimenterne.

De aftagende silikat koncentrationer vil medføre et skift i algesammensætningen væk fra kiselalger mod andre algearter, der ikke behøver silikat til sin vækst.

5 Fytoplankton

5.1 Klorofyl-a og primær produktion

Primær produktion i de indre farvande er generelt karakteriseret af en sæsonvariation med meget lav produktion om vinteren (november-februar), en udtalt forårsopblomstring i marts, lav produktion om foråret (april-maj/juni), og relativt høj produktion om sommeren (juli-september/oktober).

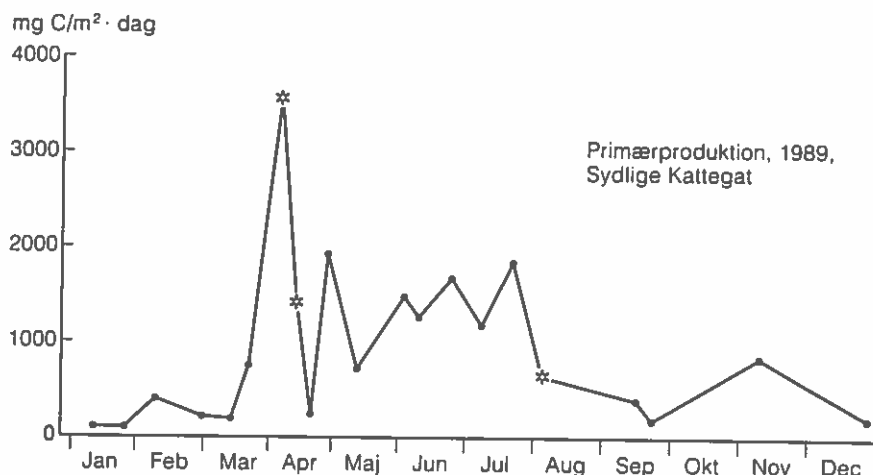
Starten af forårsopblomstringen afhænger af solindstrålingen og vandsøjleens stabilitet. Selvom der generelt findes en permanent haloclin i ca. 14 m. dybde, og overfladelaget, der stort set svarer til den fotiske zone, derfor er relativt stabilt, kan starten på forårsopblomstringen variere fra begyndelsen af februar (i 1987) til slutningen af marts (i 1989). Hvis forholdene for forårsopblomstringen er optimale, varer den kun ca. en uge, men kan under dynamiske vind- og strømforhold vare adskillige uger. Dette gør størrelsen af forårsopblomstringen meget vanskelig at bestemme og uegnet for trend-monitoring. Imidlertid fortsætter forårsopblomstringen, indtil alt uorganisk nitrogen i øvre lag er opbrugt, og størrelsen af opblomstringen kan derfor estimeres ud fra mængden af N-næringssalte tilgængelige i øvre lag før forårsmaximaet.

I resten af produktionsperioden afhænger primær produktionen af den hastighed, hvormed begrænsende næringssalte, d.v.s først og fremmest nitrogen, tilføres den fotiske zone. Produktionen udgøres af en basal "regenereret produktion" baseret på recykling af næringssalte gennem mineralisering i overfladelaget, og en "ny produktion" baseret på tilførsler fra bundlaget, atmosfæren, det omgivende land og tilstødende farvande. Vigtigst for nyproduktionen i de åbne farvande er den vind- og strømgenererede opblanding af bundvand til overfladelaget. Dette medfører, at størrelsen af den produktion, der på et givet tidspunkt om sommeren måles på en station, er meget afhængig af vind- og strømforholdene i dagene forud for målingen. Disse variationer vanskeliggør trend-analyser, når målefrekvensen er relativt lav (Wulff, 1979).

5.1.1 Klorofyl og primær produktion 1989.

De mest intensive målinger af klorofyl og primær produktion i de åbne farvande i 1989 blev foretaget af Danmarks Fiskeri- og Havundersø-

Figur 5.1
Primærproduktion
målt ved "Bøje-
stationen" i det
sydlige Kattegat
gennem 1989. * mar-
kerer intensive
måleperioder (Ri-
chardson & Christof-
fersen, 1990).



gelser på "Bøjestationen" i det sydlige Kattegat (fig. 5.1). Forårsopblomstringen indtraf sent, nemlig omkring 1. april og varede mindre end 2 uger, dog med en mindre opblomstring igen ultimo april. I juni-juli var produktionen relativt høj (Richardson og Christoffersen, 1990).

Sammenlignes klorofyl-indholdet og primær produktionen med vind- og strømenergien ses, at trods relativt rolige forhold i de 3 første uger af marts fandt forårsopblomstringen ikke sted før under den meget dynamiske periode omkring 1. april. Solindstrålingen var mindre end normalt indtil dette tidspunkt. Dette tyder på, at forårsopblomstringens start i de permanent lagdelte indre danske farvande med en haloclin i ca. 14 m dybde først og fremmest er afhængig af solindstrålingen. I Arkona Bassinet, hvor haloclinen ligger i 35-40 m dybde, er forårsopblomstringens start afhængig af dannelsen af en termoclin nærmere overfladen, hvilket normalt finder sted i april (Schultz 1986).

DMU's og mange amters togter fangede ikke den sene forårsopblomstring i 1989. Op til DMU's togter i slutningen af april og omkring 1. juni var blandingsenergien lav. I overensstemmelse hermed målttes meget lav produktion, selvom der under det sidste af togterne fandtes relativt høje klorofyl-indhold. I begyndelsen af juli og i sidste halvdel af september var strømenergien over normal og fra medio juli til primo august var vindenergien usædvanligt høj. På DMU's togter, der faldt i forbindelse med disse tre mere dynamiske perioder, målttes generelt høj produktion trods relativt lavt klorofyl-indhold. I denne periode (juli-september) tilførtes overfladelaget næsten hele bundlagets pulje af nitrogen-næringssalte, incl. den ekstra mængde næringssalte, der var tilført bundlaget fra den Tyske Bugt med Den Jyske Kyststrøm. I resten af året var blandingsenergien relativt lav. Alligevel var der i november opbygget ret høje klorofyl-indhold, og produktionen målt på "Bøje-

stationen" i november og december var usædvanligt høj for årstiden. Dette skyldes sandsynligvis en usædvanlig stor solindstråling i efteråret, samtidigt med at græsningen er aftaget med den faldende temperatur.

I overensstemmelse med den lave vinterbelastning med nitrogen-næringssalte var primær produktionen i de danske kystnære farvande i 1989 generelt lavere end i de foregående år, især i første halvår. Dette observeredes f.eks. i Skagerrak, Limfjorden, det vestlige Kattegat, Århus Bugt, Kalø Vig, Horsens Fjord, Vejle Fjord, Kolding Fjord, farvandene omkring Fyn, Roskilde Fjord, Øresund og Køge Bugt.

I modsætning hertil var produktionen i Isefjorden og i de sønderjyske fjorde, især Flensborg Fjord, Augustenborg Fjord og Haderslev Fjord, i 1989 højere end i 1988, trods lavere belastning. Dette skyldes muligvis akkumulering af næringsstoffer fra 1988, idet der blev målt usædvanligt høje ammonium-koncentrationer. Dette tyder på høj heterotrof omsætning af organisk stof, som muligvis delvist stammer fra året før (intern belastning), hvor N-belastningen var meget stor.

5.1.2 *Udvikling i klorofyl og primær produktion*

Som nævnt er forårsopblomstringens størrelse vanskelig at måle, men da den fortsætter indtil det begrænsende næringssalt i overfladelaget er opbrugt, må det have udviklet sig parallelt med vinterkoncentrationen af det begrænsende næringssalt. Forårsopblomstringens størrelse må altså generelt have fulgt stigningen i vinterkoncentrationerne i uorganisk nitrogen fra 1970'erne til 1980'erne. I visse lukkede fjordområder kan forårsopblomstringen være P-begrænset, og dermed i højere grad følge udviklingen i vinterkoncentration af uorganisk fosfor.

For at udglatte variationerne er målinger af dagsproduktion, potentiel produktion, klorofyl, samt produktion pr. klorofylenhed indenfor perioden juli-september/primo oktober i de åbne farvande blevet midlet til gennemsnitlige sommerværdier pr. år. Disse værdier er derefter benyttet til simple linære trends-analyser. Nogle få meget afvigende (oftest høje) værdier er udeladt.

Den aktuelle dagsproduktionen ($\text{mg C/m}^2 \cdot \text{d}$) om sommeren er steget signifikant i det vestlige og sydlige Kattegat, Øresund og Storebælt siden midten af 1970'erne (tabel 5.1). I det østlige Kattegat (Anholt E) samt i Arkona Bassinet har ingen stigning kunnet observeres, undtagen i de seneste to henholdsvis et år. På stationer,

Tabel 5.1. Trend i sommergennemsnit af klorofyl-a, produktion af fytoplankton, maximal produktion og assimilations ratio.

	Kloro- fyl	SS %	Assimi- lation	SS %	P.max %	SS	Prod. %	SS
Arkona							7,2	38
Stevns							23,5	84
Gedser R							12,1	61
Fehmarn Bælt							22,3	99,6
Kelds Nor	39	59	28	11	606	75	62,7	97,9
Halsskov Rev	16	29	15	10	327	76	19,1	99,9
Ven	44	57	94	79	270	72	22,6	96,1
Gniben	59	49	0	2	123	27	41,3	98
Kullen	19	21	111	77	403	90	34,4	98,5
Anholt Ø	99	63	330	89	602	74	6,6	96,5
Ålborg Bugt	68	85	38	27	216	45	22,3	99,6
Læsø Rende	60	89	-45	26	1140	89	31,4	97,1

Enhederne for trendværdierne er, for klorofyl: mg klorofyl/(m³·år), assimilation: mg C/mg klorofyl/(time·år), P.max: mg C/(m³·time·år) og produktion: mg C/(m²·d·år).

hvorfra der findes længere tidsserier ses ingen væsentlig ændring fra 1950'erne til begyndelsen af 1970'erne, hvorefter der er sket ca. en fordobling til 1980'erne.

Den potentielle sommerproduktion d.v.s. produktionen målt ved optimalt lys (P-max, mg C m⁻³ t⁻¹), i overfladelaget (0-10 m) 1976-89 viser også en stigende, men ikke statistisk signifikant trend i Kattegat, Øresund og Storebælt. Det samme gælder sommer klorofyl-a (mg m⁻³), hvor værdierne varierer meget fra år til år. Den potentielle produktion pr. klorofyl-enhed (assimilations ratioen) er ikke ændret væsentligt fra 1970'erne til 1980'erne, men de fleste tendenser er stigende. Det er karakteristisk, at de højeste sommerværdier af P-max og klorofyl generelt forekommer i de år, hvor iltsvindet har været mest alvorligt, nemlig i 1981 og 1988 og tildels i 1983 og 1986.

Den stigende koncentration af N-næringsalte i bundvandet fra 1970'erne til 1980'erne har forøget den tidslige variation i klorofyl og produktion i sommerperioden, idet størrelsen af en top i nyproduktion efter kraftig opblanding i 1980'erne vil være højere end tidligere p.g.a. højere N-indhold pr. volumen opblandet bundvand, mens den regenererede produktion i stille perioder sandsynligvis ikke er ændret væsentligt. Dette medfører mindre signifikante trendanalyser. En stigende næringstilførsel til overfladelaget kan også have ændret assimilationsratioen, da denne generelt er højere under nyproduktion end under stærkt næringsbegrænset regenereret produktion. Dette illustreres af, at assimilations ratioen i Øresund og Storebælt er højere (middel 1981-89: 5,4 mg C/mg Chl.·time) end i Kattegat (3,9 mg C/mg Chl.·time) p.g.a. større dynamik og næringstilførsel til overfladelaget. I overensstemmelse

med dette viste trendanalyserne af assimilationsratioen generelt stigende tendens, måske som udtryk for den stigende eutrofiering.

Sandsynligheden angiver, hvilket signifikansniveau stigningen har. Er niveauet over 95% er stigningen statistisk signifikant.

Trendværdierne for klorofyl, assimilation og P.max begynder i 1975/76. Trendværdierne for produktion begynder for Ven i 1972, Anholt Ø i 1954, Ålborg Bugt i 1966, Læsø Rende i 1966, Halsskov i 1953 og de øvrige i 1975. Kelds Nor omfatter 1975-1983.

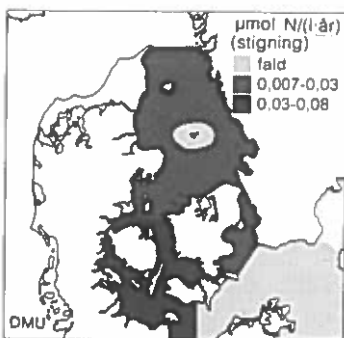
I de kystnære farvande er der målt klorofyl og primær produktion i farvandene omkring Fyn siden 1976. Her er, ligesom i dele af de åbne farvande, observeret ca. en fordobling i årsproduktionen frem til et absolut maksimum i 1980-81. Produktionen forblev derefter relativt høj i resten af 1980'erne, højest i 1983 og 1988 og lavest i 1989, mens klorofyl-indholdet var højest i 1980-81, 1983 og 1986-87. I Århus Bugt og Kalø Vig, hvor der er målt siden 1978, er de højeste fytoplankton biomasser og produktioner ligeledes målt i de seneste år, specielt 1987-88, mens de laveste målt i 1978-79.

I det lavvandede Sydfynske Øhav, hvor fytoplankton produktionen er lavere p.g.a konkurrence med bundvegetationen om næringsstoffer, steg fytoplanktonets årsproduktion fra 1977 til 1983 og forblev derefter på et relativt højt niveau med absolut maximum i 1988. I 1989 var fytoplankton produktionen næsten på niveau med 1977-78, men i 1989 var der istedet absolut maksimum i forekomsten af enårige makroalger.

I den lavvandede Ringkøbing Fjord var fytoplankton produktionen i 1972 helt uden betydning sammenlignet med bundvegetationen. I 1986-87 var fytoplankton p.g.a. kraftigt stigende belastning helt dominerende og havde bortskygget hovedparten af bundvegetationen med iltsvind tilfølgelse. I 1989 var forholdene generelt uændret. I de øvrige kystnære farvande dækker tidsserierne for fytoplankton klorofyl og produktion generelt kun kortere perioder af 1980'erne, hvor produktionen har ligget på et højt niveau (undtagen 1989) uden markante udviklingstendenser. I Vesterhavet ud for Ringkøbing Amtskommune er der dog målt en markant stigende produktion fra 1984 til 1989, sammenfaldende med et fald i saltholdighed og en stigning i nitrogenindhold, mens fosfor har været konstant. Dette indikerer en stigende påvirkning af afstrømning fra land, muligvis til Tyske Bugt og herfra ført nordpå med Den Jyske Kyststrøm.

I Roskile Fjord er fytoplanktonets biomasse delvis afhængig af mængden af tilstedeværende filtrerende muslinger. I isvinteren 1986/87 døde mange bunddyr, og den mindre mængde muslinger i sommeren 1987 medførte høje fytoplankton koncentrationer. Vinteren 1988/89 var meget mild, og samtidigt var nitrogenbelastningen lav. Dette medførte, at en stor bestand af aktivt filtrerende muslinger nedgræssede fytoplanktonet, så forårsopblomstringen blev lille, og produktionen i 1989 blev meget lav.

Selvom fytoplanktonets produktion i store træk følger udviklingen i N-belastning og koncentrationniveauet af uorganisk nitrogen, er der i 1980'erne undertiden observeret høje produktio-ner i år med relativt lille N-belastning og lav koncentration af uorganisk nitrogen. Dette kan måske delvis tilskrives hydrografiske variatio-ner, men der er forskellige observationer, der tyder på en stigende intern belastning, hvor næringsstoffer akkumuleres fra år til år ved, at en stigende mængde er bundet i organisk stof, der ikke når at blive nedbrudt, således at næringsstofferne kan blive elimineret ved borttransport, denitrifikation eller sedimentdeponering inden starten af næste produktions-sæson. Trendanalyser af DMU's data fra de åbne indre farvande viser, at vinterkoncentrationer af total-fosfor er steget ca. 4 gange mere end fosfat fra 1970'erne til 1980'erne (tabel 4.5 og 4.6). Tilsvarende analyser for nitrogen i Kattegats overfladevand viser, at total-nitrogen er steget ca. 5 gange mere end vinterkoncentrationen af uorganisk nitrogen fra begyndelsen af 1970'erne til begyndelsen af 1980'erne (Andersson og Rydberg, 1988). Desuden viser trendanalyser af DMU's data for vinterkoncentrationer af ammonium en signifikant stigning især i Bælthavet fra 1975 til 1989, ligesom der i de sønderjydske fjorde observeredes usædvanligt høje ammoniumindhold i 1989 som tegn på stigende heterotrof omsætning af organisk stof (fig. 5.2). Der findes altså i dag en større vinterpulje af organisk bundne næringsstoffer, der muligvis via mineralisering tilfører flere næringsstoffer til primær produktionen i den efterfølgende vækstsæson end målinger af de uorganiske fraktioner indikerer. En stigende produktion i de lavvandede farvande af enårige makroalger, der omsættes langsommere end fytoplankton, er ligeledes medvirkende til at akkumulere næringsstoffer indenfor de pågældende områder. Hyppigere iltsvind med iltfrit sediment medfører også en øget intern belastning med fosfat ved frigivelse fra sedimentet.



Figur 5.2
Udviklingen i vinterkoncentrationen af ammonium i hele vandsøjlen i perioden 1975-1989.

5.2 *Fytoplanktonarter*

Arts sammensætningen af fytoplankton er bestemt af samspillet mellem de enkelte arters egenskaber og det ydre miljø. Indflydelsen af det ydre miljø er ikke kun bestemt af "her og nu" situationen, men i høj grad af variationen i tid og rum.

Den kombination og variation i det ydre miljø, der fører til en arts succes, er et samspil mellem mange faktorer. Artens tilvækst er en funktion af de kår (lysintensitet, temperatur, næringssalttilgængelighed, græsning, udsynkning etc.), den udsættes for, og flere "kombinationer" af optimale og suboptimale kår kan give en positiv vækst. Under visse omstændigheder kan en enkel arts vækst være særlig begunstiget, således at arten forekommer i stort antal og bliver altdominerende i algesamfundets masseopblomstringer. Begunstigelsen kan også være hjulpet af toxinproduktion, der hæmmer bl.a. græsningen.

For at vurdere eutrofieringseffekter og virkninger af foranstaltninger til nedsættelse af belastningen har det ofte vist sig mere oplysende at se på forekomsten og den relative betydning af funktionelle grupper af alger end på forekomsten af enkelte arter

De udviklingstendenser, der er konstateret ved eutrofiering af marine områder er 1) forlængelse af forårsopblomstringen, idet kiselalgemaksimæet efterfølges af en flagellatopblomstring, 2) øget nanoplanktonbiomasse (alger <20 µm) i sommermånederne, 3) øget forekomst af (exceptionelle) masseopblomstringer, ofte domineret af en enkelt art og 4) ubalance i systemet resulterende i store populationssvingninger.

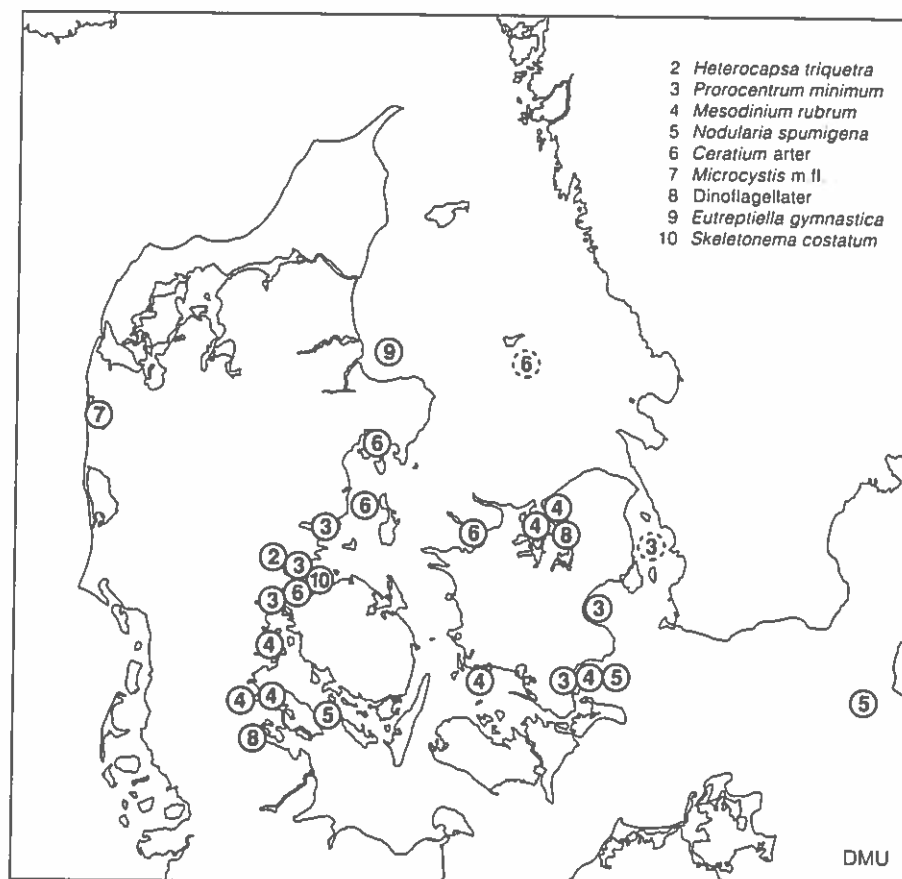
Statistisk påvisning af udviklingstendenser i sammensætningen af marint fytoplankton kræver meget tilbundsgående undersøgelser gennem en lang årrække.

Mere beskrivende analyser af algefloraen bygget på kvantitative opgørelser over en kortere årrække er imidlertid et værdifuldt element sammen med udviklingstendenser i klorofyl og primærproduktion for vurderingen af eutrofieringsbetingede forandringer i det marine miljø.

5.2.1 *Fytoplanktonforekomster 1989*

Udviklingen i artssammensætning og enkelt-artsforekomster af fytoplankton i 1989 adskilte sig ikke fra tidligere år. Mængden af kiselalger syntes lav i forårs månederne, men dette er muligvis snarere udtryk for vanskeligheder med at

Figur 5.3
Masseforekomst af
alger i danske
marine områder i
1989.



tilrettelægge prøvetagningsprogrammerne, så de rammer forårstoppen end for en reel nedgang. Forårsopblomstringen var som tidligere beskrevet tidsmæssigt meget kortvarig.

Der var ingen exceptionelle algeopblomstringer i 1989, men lokale opblomstringer, som p.g.a. deres geografiske begrænsede udbredelse og/eller årlige tilbagekomst ikke har den store bevågenhed. Mange af disse forekom i fjorde og bugter.

I Vejle Fjord sås store forekomster af *Heterocapsa* i marts måned. I sommer-sensommer månederne blomstrede *Prorocentrum minimum* op i flere østjyske fjorde, i den nordlige del af Køge Bugt, i Fakse Bugt og i Karrebæksminde Bugt. Rødfarvning af vandet som følge af store forekomster af andre furealger og af den autotrofe ciliat *Mesodinium rubrum*, observeredes i sønderjyske fjorde, Roskilde Fjord - Isefjord og Fakse Bugt. Blågrønalgene *Nodularia spumigena* dannede vandblomst bl.a. i det sydfynske Øhav og omkring Bornholm.

I Nissum Fjord gav store blågrønalgeforekomster anledning til frarådning af badning p.g.a. algernes potentielle toksiske effekt.

I efterårsmånederne var biomassen af *Ceratium*-arter stor både i det åbne Kattegat og i flere kystnære områder, men kun i sidstnævnte obser-

veredes masseforekomster (bl.a. Århus Bugt, Kalø Vig, det nordlige Lillebælt og Nekselø Bugt).

Potentielt toksinproducerende alger er almindelige i danske marine områder. I 1989 blev fiskeriet af blåmuslinger periodevis forbudt i østjyske fjorde og Lillebælt som følge af DSP (diarrhettic shellfish poisons) i muslinger. Toksinforekomsten hang sandsynligvis sammen med tilstedeværelsen af *Dinophysis*-arter.

5.2.2 Fytoplankton-opblomstringer 1980-89

Algeopblomstringer er ikke et nyt fænomen for de nordlige tempererede havområder, men i løbet af firserne synes antallet af algeopblomstringer at være øget.

I de åbne farvande oplevede vi i 1960'erne og 1970'erne en enkelt større opblomstring i hvert årti; i 1968 masseforekomst af furealgen *Gyrodinium aureolum* langs Skagerraks kyster og i 1975 og 1976 *Nodularia spumigena* vandblomst i store dele af Kattegat. I løbet af firserne er både frekvensen af geografisk vidtspredte opblomstringer og antallet af arter, der danner opblomstringer, øget (se tabel 5.2).

I flere kystnære områder er der konstateret stigninger både i mængden af fytoplankton og i frekvensen af opblomstringer. I Limfjorden er mængden af fytoplankton generelt væsentligt højere end observeret i andre kystnære områder og for enkelte bredninger er der en tendens til øgede planktonalgebiomasser i perioden 1983-87. Gennem året forekommer der 3-4 opblomstringer, som hovedsageligt er domineret af få arter. Algepopulationerne udviser store svingninger. Ringkøbing Fjord er undersøgt i starten af 1970'erne og igen i 1980'erne. I 1972 var fytoplanktonproduktionen uden større betydning og planktonalgebiomassen lav; den væsentligste del af primærproduktionen var knyttet til bundvegetationen og de dertil knyttede epifytter. Ved undersøgelsen i 1986-87 var der sket et radikalt skift i den relative betydning af primærproducenterne, således at fytoplankton nu er helt dominerende. Skiftet fandt sted før 1982.

Tabel 5.2 giver en oversigt over de mest almindelige arter, der har givet masseopblomstringer i danske farvande i 1980 til 1989. Det fremgår af tabellen, at nogle arter nu optræder i masseforekomst hvert år eller med få års mellemrum til eksempel *Prorocentrum minimum*, *Phaeocystis pouchetii* og *Gyrodinium aureolum*. Andre arter som *Dictyocha* (tidligere *Distephanus*) *speculum* og *Chrysochromulina polylepis* er kun set i masseforekomst en enkelt gang.

Tabel 5.2. Almindelige dominerende arter ved masseforekomster af fytoplankton i danske farvande. Hyppighed for masseforekomster i fjorde, bugter og åbent hav er angivet ved Å = årligt tilbagevendende, H = hyppige, E = sjældne forekomster. 0 ved toksicitet angiver, at arten kan have en indirekte toksisk effekt og (+) at arten anses for potentiel toksisk, men effekter er aldrig konstateret herhjemme.

Dominerende art	Hyppighed	Toksisk effekt	Hovedudbredelse	Årstid	I åbne farvande
<i>Gyrodinium areolum</i>	H	+	Nordsøen Kattegat	aug.- sept.	1968, 1981, 1988, 1990
<i>Ceratium</i> arter	H		Kattegat kyster	aug.- nov.	(1982), (1989)
<i>Noctiluca scintillans</i>	H	0	Nordsøen Limfjord	juli- aug.	1983-90
<i>Prorocentrum minimum</i>	Å	(+)	fjorde	juli- sept.	1981
<i>Dinophysis acuminata</i>	E	+	Limfjord	juni- aug.	
<i>Heterocapsa triquetra</i>	E		fjorde		
<i>Chrysochromulina polylepis</i>	E	+	Kattegat	maj- juni	1988
<i>Prymnesium parvum</i>	E	+	Lavsaline nor og søer		
<i>Phaeocystis pouchetii</i>	Å		Nordsøen	april- juli	
<i>Heterosigma akashiwo</i>	E	+	Limfjord	sommer	
<i>Dictyocha speculum</i>	E				1983
<i>Eutreptiella gymnatica</i>	E		bugter	sommer	
<i>Mesodinium rubrum</i>	Å		fjorde, bugter	maj- okt.	
<i>Nodularia spumigena</i>	Å	+	fjorde bugter	juli- sept.	1975, 1976

Prorocentrum minimum var ny for den danske fytoplanktonflora, da den dannede masseopblomstring i Kattegat og Bælterne i 1981. Siden algens introduktion til danske farvande er den blevet en almindelig del af fytoplanktonsamfundet og optræder nu hvert år i større mængder, især i fjorde.

Arter af *Ceratium* er almindelige i fytoplanktonet og har været det så langt tilbage vi har observationer. Slægten har imidlertid i firserne fået en øget kvantitativ betydning i sensommer-efterårs algesamfundet, og forekommer nu i koncentrationer, der til tider giver rødfarvning af vandet i kystnære områder.

Dictyocha speculum forekomsten i 1983 var usædvanlig ved at være domineret af et indtil da ukendt stadie af algen. Dette store multinukleare stadie har siden optrådt almindeligt i fytoplanktonsamfundet uden at danne opblomstringer.

I forbindelse med *D. speculum* forekomsten blev der fundet døde fisk i havbrug og net. Fiske døden blev forbundet med toksinproduktion hos algen, men det er aldrig vist, at den kan producere toksiner.

Af tabel 5.2 fremgår det, at flere af de nævnte alger kan have toksiske effekter. *Prymnesium parvum*'s og *Gyrodinium aureolums* virkning som fiskedræbere er velkendt. Det er karakteristisk, at det er fisk i bure eller net uden mulighed for at flygte, der dør, mens effekten på fritlevende dyr synes begrænset. *Chrysochromulina polylepis* kan ligeledes producere ichtyotoksiner, og under opblomstringen i 1988 blev der konstateret skadelige effekter på såvel bunddyr og bundvegetation som fisk (specielt fisk i havbrug). *Prorocentrum minimum* anses ligeledes for at være potentiel giftig, men der er på intet tidspunkt, heller ikke under den meget store forekomst i 1981, registreret effekter på dyrelivet ved dens forekomst.

Nodularia spumigena er den eneste af arterne, som er sat i forbindelse med død af pattedyr. Under den stor opblomstring i midten af halvfjerdserne blev der registreret en række dødsfald hos hunde, der havde badet i Århus Bugt.

Mange toksinproducerende alger behøver ikke være tilstede i stort antal for at give toksiske effekter, og flere toksindannende alger er aldrig eller kun meget sjældent observeret i større koncentrationer i danske farvande. Dette gælder især PSP (PSP = paralytic shellfish poisons) og DSP producerende arter som via human konsumering af forgiftede blåmuslinger kan have mere eller mindre skæbnesvangre effekter på mennesker. Den stærke giftvirkning af små algekoncentrationer skyldes dels toksinernes styrke i sig selv, dels at toksinerne opkoncentreres i muslingerne.

I Danmark blev opmærksomheden henledt på algers potentielle toksiske effekter på mennesker, da der i 1985 blev rapporteret fund af furealgen *Alexandrium tamarense* i Limfjorden. *A. tamarense* producerer stærkt virkende nervegifte, som selv ved meget lave koncentrationer kan medføre lammelse eller død hos mennesker. Algen er fundet i Nordsøen og i Limfjorden, hvor den observeres hvert år i meget lave koncentrationer. Muslingefiskeriet i Danmark har dog kun få gange være forbudt på grund af PSP forekomst, mens

lukning på grund af DSP (diarrhetic shellfish poisons) er årligt tilbagevendende. Hovedproducerne af DSP anses for at være arter af fu-realgeslægten *Dinophysis*. *Dinophysis* arterne er meget almindelige i lave koncentrationer i det marine fytoplankton. Én gang, i Limfjorden i 1982, er *D. acuminata* observeret i større mængder resulterende i en rødfarvning af vandet.

Konklusion: I perioden 1980-89 har masseopblomstringer af fytoplankton været almindelige i de danske farvande, og i mange fjorde og bugter er de blevet et årligt tilbagevendende fænomen.

6 Iltforhold

Formindsket iltindhold i det bundnære vand er en direkte konsekvens af stigende eutrofiering, idet en stigende belastning med næringssalte medfører en stigende produktion af organisk stof, som igen medfører et stigende iltforbrug til nedbrydning af det producerede stof. Iltforbruget fører eventuelt til iltsvind, hvorved forstås lave iltkoncentrationer, der er kritiske for formering, opvækst og/eller overlevelse af fisk og bunddyr. I det følgende er iltsvind defineret ved iltkoncentrationer lig med 4 mg/l eller lavere, og kraftigt iltsvind ved koncentrationer lig med 2 mg/l eller lavere. I ekstreme tilfælde, hvor al ilt er opbrugt incl. ilten i eventuelt tilstedeværende nitrat (denitrifikation), kan der ved anaerobe bakteriers sulfatrespiration frigives svovlbrinte til vandet.

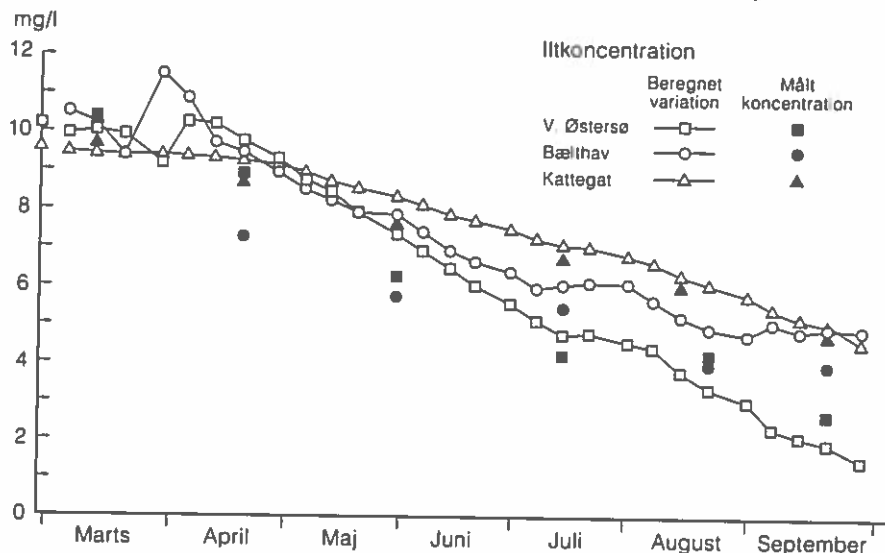
Det første alvorlige iltsvind med fiske- og bunddyrdød i store områder af også de åbne farvande incl. Nordsøen, samt svovlbrinte udvikling i det sydlige Bælthav fandt sted i september 1981. Omfanget og årsagerne til dette er grundigt bearbejdet i Miljøstyrelsen (1984). Derfor vil der i det følgende først og fremmest blive lagt vægt på beskrivelse af forholdene i årene 1982 til 1989, med en detaljeret gennemgang af 1989.

6.1 Sæsonvariation i åbne farvande 1989

DMU's målinger af iltkoncentrationen i det nedre lag i de åbne indre farvande gennem foråret og sommeren 1989 i figur 6.1 viser, at 1989 havde en relativt lav iltkoncentration før starten af primærproduktionsperioden (marts-oktober). Herefter falder middel iltkoncentrationen i Kattegat jævnt til 4,8 mg/l i slutningen af september, hvor forholdene i området bliver meget dynamiske. I Bælthavet falder koncentrationen frem til juni. Fra juni til juli er koncentrationen næsten uændret, hvorefter den falder til den målte minimumsværdi på 4,0 mg/l (middel for Bælthavet) midt i august. Frem til slutningen af september, hvor området bliver udsat for kraftig dynamik, holder iltkoncentrationen sig på dette niveau. I Fehmarn Bælt er variationen omtrent parallel med forholdene i Bælthavet, men der er nogen usikkerhed om iltkoncentrationen i september, da nedre lag her er meget tyndt og af begrænset udbredelse.

Variationen i iltkoncentrationen i det nordlige Kattegat tyder endvidere på, at det tilstrømmende vand fra Skagerrak til Kattegats nedre lag har haft rimeligt højt iltindhold i 1989.

De observerede iltvariationer passer således i store træk til forventningen på baggrund af observerede vind og strømforhold. Resultatet af en direkte beregning af variationen i iltforholdene på baggrund af meteorologi, hydrografi og N-uorganisk registreringerne med en model er vist i fig. 6.1 (Hansen et al., 1990a og b).



Figur 6.1
Modelberegninger
over iltkoncentrationer i 1989 (optrukne linier), og målte værdier (fritliggende punkter) (Hansen et al., 1990)

Den beregnede udvikling i Kattegat og V. Østersø (= Fehmarn Bælt) passer rimeligt med de observerede iltkoncentrationer, og modellen giver her information om, hvad der er sket mellem de enkelte målinger. F.eks. må den dynamiske periode omkring 1. april have hævet iltkoncentrationen i V.Østersø, da iltkoncentrationen ellers ville have været lavere end den målte ved DMU's togt i april.

I Bælthavet må iltkoncentrationen også være blevet øget i den meget dynamiske situation omkring 1. april. Analysemodellen synes imidlertid at give en for stor forøgelse i iltindholdet. Dette skyldes formodentlig, at den forudsatte 2-lags strømning i den meget dynamiske situation ikke er opfyldt, og ilttilførslen til nedre lag derfor i modellen bliver for stor. Netop i denne periode er der en intrusion af den jyske kyststrøm, som omtalt i kapitel 3. Efter april passer den beregnede iltvariation rimeligt med målingerne ved en korrektion for startniveauet ultimo april.

Et andet forhold, der kan medvirke til forklaring af uoverensstemmelsen, er de senere års registrerede tendens til et stigende iltforbrug om foråret (se fig. 6.10).

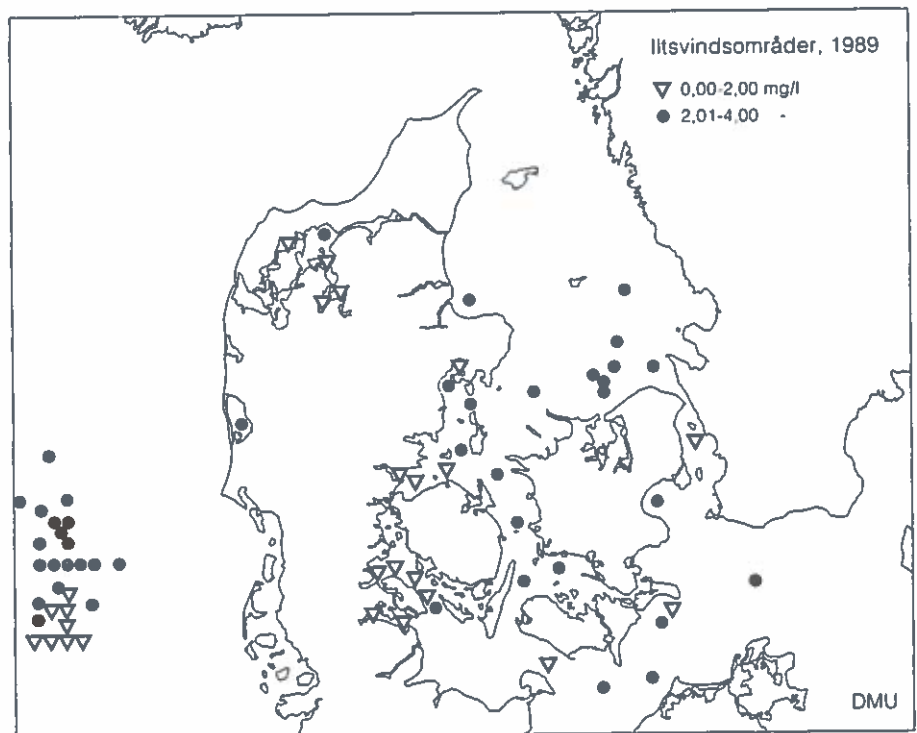
Samlet viser analysemodellen, at de månedsvise DMU-togter i 1989 har givet en rimelig informa-

tion om udviklingen i iltindholdet og om det minimale iltindhold i de 3 delområder. Endvidere synes der ikke at være andre faktorer af betydning for iltudviklingen end de her behandlede. F.eks. synes tilstrømning af vand fra Den Jyske Kyststrøm til Kattegats nedre lag i perioden efter forårsopblomstringen ikke at have tilført betydelige mængder organisk materiale, som ved nedbrydning ville give anledning til ekstra ilt-sænkning i Kattegat.

Endvidere viser beregninger med analysemodellen, at den dynamiske periode medio juli-primø august ikke har den store indflydelse på iltforholdene i september.

6.2 Iltsvind i 1989

De områder, hvor der i 1989 er observeret iltsvind, er vist i fig. 6.2.



Figur 6.2
Iltsvindsområder i
1989.

I det sydlige Kattegat var der allerede i sidste halvdel af august udbredt iltsvind i den sydligste og østlige halvdel af området. Iltsvindet vedblev til efter midten af oktober (mindst 2 måneder). Minimumværdierne på 2,3-2,6 mg/l var højere og udbredelsen mod nord væsentlig mindre end i 1988. Langs kysten meldtes om døde fladfisk i garn nord for Liseleje i september 1989, og der målttes ned til 1,5 mg/l på 11-13 m dybde. Der blev ikke observeret iltsvindsproblemer om foråret eller døde bunddyr i efteråret.

Selvom iltsvindet i det sydlige Kattegat var mindre alvorligt end i 1988 synes iltsvindet i Øresund og store dele af Bælthavet i 1989 at have været kraftigere end i 1988. I Øresund målttes de hidtil laveste iltindhold på 1,1 mg/l på dybder over 35 m i oktober og under 4 mg/l fra 15-20 m dybde. Selv medio november målttes ca. 3 mg/l mellem Amager og Saltholm. Iltsvindet har i Øresund strakt sig fra august til november (ca. 3 måneder).

I farvandet nord for Fyn, det nordlige og sydlige Lillebælt opstod iltsvind allerede i juni. Dette iltsvind importeredes i slutningen af juni til Vejle Fjord og ydre Horsens Fjord ved indstrømning af iltfattigt bundvand. Af fig. 3.1. ses, at der var vestlige vinde i denne periode. I Vejle Fjord ophørte iltsvindet (min. ca. 2 mg/l) i slutningen af juli, men kom tilbage i september-oktober med ned til 1,2-1,6 mg/l. I det sydlige og nordlige Lillebælt og dele af farvandet nord for Fyn holdt iltsvindet sig uafbrudt fra juni til ultimo oktober, altså i 5 måneder. Også i Flensborg, Als og Åbenrå Fjorde var der langvarigt iltsvind fra juli/-august til oktober/november, længstvarende på de dybeste stationer, hvor der var under 2 mg/l. Omkring Fyn var alle områder dybere end 15 m ramt af iltsvind i 1989. I betydelige områder varede iltsvindet i 3 måneder (august-oktober) og i enkelte som nævnt i 5 måneder. I Århus Bugt og Kalø Vig observeredes i 1989 de hidtil laveste iltindhold i disse områder, og der blev meldt om døde fisk i garn.

Det usædvanligt langvarige iltsvind i store dele af Bælthavet kan relateres til, at der i hele perioden juni-oktober ikke forekom perioder med tilstrækkelig dynamik til fornyelse af bundvandet, specielt var udstrømningen gennem bæltene ringe.

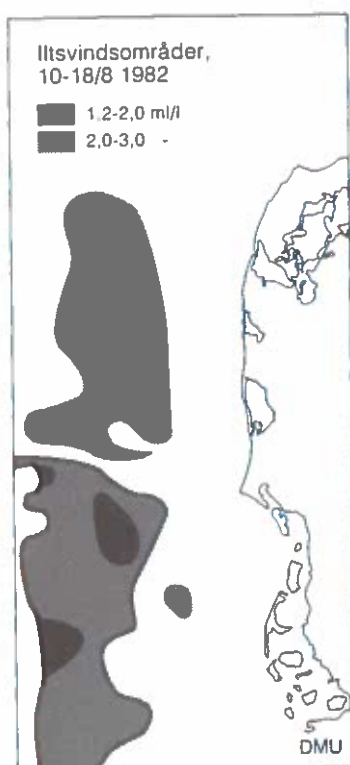
I Fehmarn Bælt, Hjelm Bugt og Smålandsfarvandet adskilte iltsvindene i 1989 sig ikke væsentligt fra de to foregående år. I Køge Bugt var iltsvindet i 1989 blandt de mest omfattende på linie med 1983 og 1988. I Arkona Bassinet observerede Vesttyskland i juni 1989 svovlbakterier (ligklæde) på sedimentoverfladen på 45 m dybde. Iltsvindet vedblev, med en kort afbrydelse i august, til og med oktober, og bundfaunaen blev udryddet. Oftest indtræffer iltsvind i Arkona Bassinet, Køge Bugt og Fehmarn Bælt tidligere og ophører ofte før end iltsvind i det øvrige Bælthav, Øresund og Kattegat.

I Limfjorden, der gennem en lang årrække generelt hvert år har været ramt af omfattende iltsvind, var iltsvindene i 1989 af meget beskeden udstrækning og kortere varighed end ellers. Også i Mariager Fjord var iltforholdene i 1989

relativt gode, idet det stagnerende vand i Dybet var iltet ned til 13 m i sommerperioden mod normalt 10 m.

I Nordsøen observerede DMU og DF&H i august iltsvind i et område ca. 55 sømil vest for Blåvands Huk med ned til 3,0 mg/l i bundvandet ved 9,5°C og over 34‰ salinitet. Efterfølgende fulgte Vesttyske forskere iltsvindet, gennem september til primo oktober, hvor der stadig fandtes ned til 1,6 mg/l. Omkring medio oktober ophørte iltsvindet, der da havde varet i ca. 2 måneder (fig. 6.2).

6.3 Iltsvind i de åbne farvande 1982-88



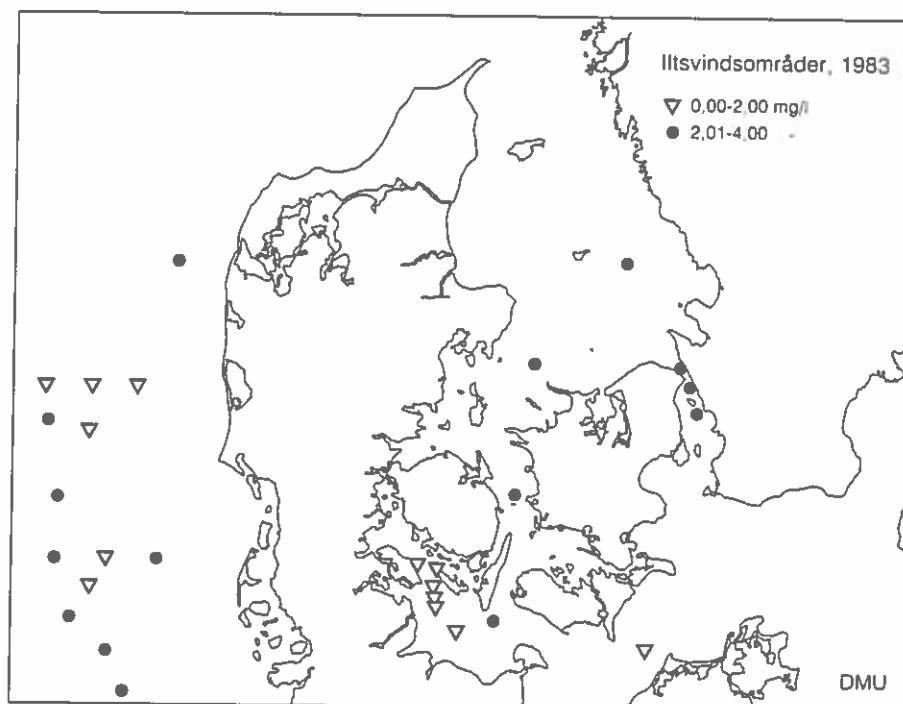
Figur 6.3
Iltsvindsområder i
Nordsøen 10-18/8
1982.

I fig. 6.4-6.9 er vist de stationer, hvor DMU har målt henholdsvis under 4 mg O₂/l og under 2 mg/l i de enkelte år 1983-89.

1982. I 1982 målttes kun lige under 4 mg/l i Arkona Bassinet primo juni. Trods relativt stor vinterafstrømning var N-uorganisk indholdet i nedre lag og dermed opblandingen til overfladelaget relativt lav i produktionsperioden i de Indre Farvande. Desuden sørgede høj vind- og strømenergi i august-september for tilførsel af ilt til bundlaget. Den stille varme sommer skabte imidlertid kraftige iltsvind i en del fjordområder. Således var store dele af Isefjordskomplekset ramt af iltsvind, og der var svovlbakterier (liglagen) på sedimentoverfladen i Inderbredningen. I Nordsøen fandt Vesttyskland udbredt iltsvind med bunddyrdød medio august i meget store områder og usædvanligt tæt på kysten (fig. 6.3). Ved DMU's togt omkring 1. september var iltsvindet dog overstået p.g.a. kraftig vind i slutningen af august.

1983. I 1983 fandtes usædvanligt lave iltindhold i de åbne farvande incl. Nordsøen i slutningen af august. Iltindholdet var endog lavere end på samme tidspunkt i 1981, hvor det i september førte til udbredt iltsvind, svovlbrinte dannelse og fiskedød. Meget høj vind- og strømenergi primo september 1983 gjorde dog en brat ende på iltsvindet også i Nordsøen, så det blev relativt kortvarigt og i de indre farvande kun nåede kritiske værdier i Øresund og Bælthavet, især det sydlige Bælthav, hvor der var under 2 mg/l primo september, i Fehmarn Bælt kun 0,1 mg/l. I Nordsøen var iltsvindet udbredt i samme områder som i 1981 og 1989 og som også var berørt i 1982, nemlig ca. 55 sømil fra kysten på over 30 m dybde, hvor der ofte opstår temperaturlagdeling (fig. 6.4). Betingelserne for iltsvindet i 1983 skyldes stor afstrømning december 1982-januar 1983 og især marts-maj, hvor N

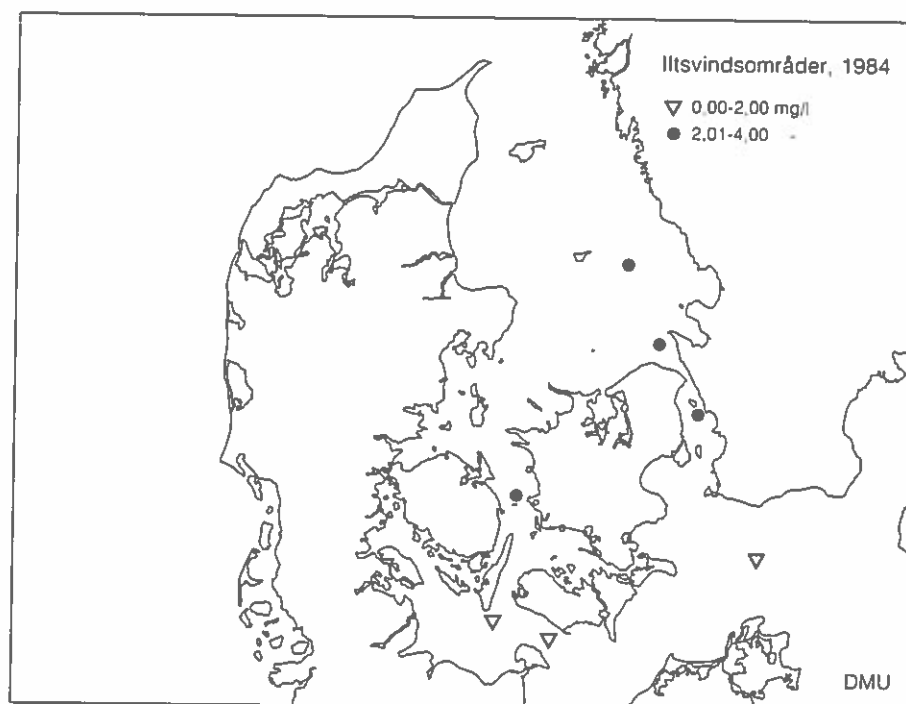
Figur 6.4
Iltsvindsområder i
1983.



fra de forårsgødede marker blev udvasket. Desuden var iltindholdet i det indstrømmende Skagerrakvand relativt lavt, ligesom blandingsenergien i august var lavt.

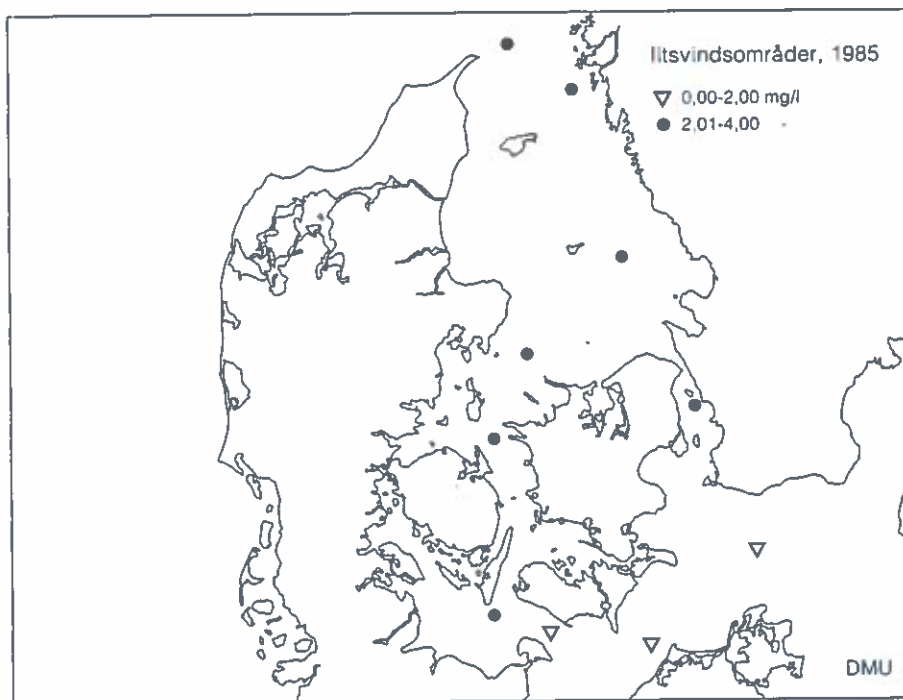
1984. I 1984 var vinterafstrømningen relativt lille for 1980'erne. Desuden var der høj strøm-energi ultimo august-september. Imidlertid var iltindholdet i det indstrømmende Skagerrakvand relativt lavt. Der var tegn på forårstilsvind på lavt vand langs Sjælland nordkyst i marts. Længerevarende iltsvind i efteråret optrådte kun i Øresund og vestlige Østersø (Arkona Bassinet, Fehmarn Bælt, Kiel Bugt) I Øresund fandtes under 4 mg/l fra juli til primo oktober med

Figur 6.5
Iltsvindsområder i
1984.



minimum på 2,8 mg/l i juli. I den vestlige Østersø var der iltsvind i august-oktober med iltindhold under 2 mg/l ultimo august (fig 6.5).

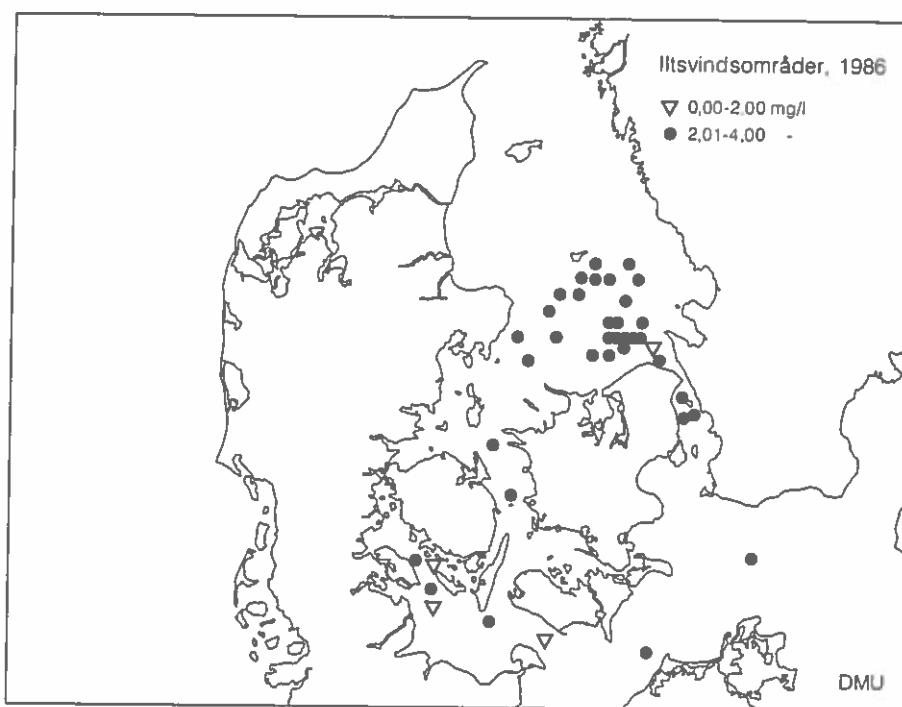
1985. Vinteren 1984/85 var en isvinter, hvorfor vinterafstrømningen først fandt sted i februar-april i forbindelse med produktionsperiodens start. Dette medførte høje N-koncentrationer, samtidigt med at iltindholdet i det indstrømmende Skagerrakvand var relativt lavt. Høj vindenergi primo august og i september medførte, at iltsvindet i de danske farvande dog ikke blev særlig kraftigt undtagen i den vestlige Østersø. I Arkona Bassinet strakte iltsvindet sig fra juli til primo oktober. Det samme var tilfældet i Fehmarn Bælt, hvor der også var under 4 mg/l ultimo marts. Det laveste iltindhold på 0,8 mg/l målt ved Gedser Rev ultimo august. I den svenske del af det sydlige Kattegat udvikledes et kraftigt iltsvind, der reducerede bestanden af jomfruhummere til et meget lavt niveau (fig 6.6).



Figur 6.6
Iltsvindsområder i
1985.

1986. Vinterafstrømningen december-85-januar-86 var ekstremt høj og medførte høje N-koncentrationer i overfladen ved produktionsperiodens start. Desuden var iltindholdet i sommerperioden relativt lav i det indstrømmende Skagerrakvand. Høj vindenergi primo august og i september forhindrede et tidligt efterårs-iltsvind. Men fra ultimo september til primo november rantes hele det sydlige Kattegat, Øresund og i begyndelsen også Storebælt af udbredt iltsvind. Iltindholdet i vandet var dog over 2 mg/l. Dette år blev bestanden af jomfruhummere i det centrale sydlige Kattegat decimeret, og det gik

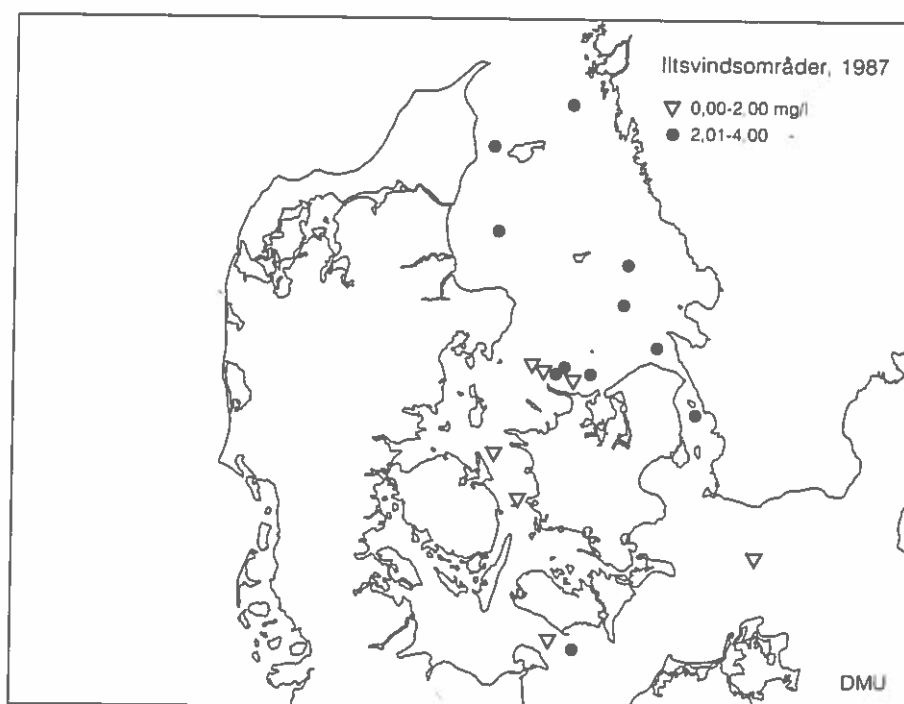
Figur 6.7
Iltsvindsområder i
1986.



hårdt ud over andre krebsdyr, irregulære søpindsvin og søpølser. I den vestlige Østersø var der allerede iltsvind medio august med minimum ned til 0,5 mg/l i Fehmarn Bælt. Iltsvindet medførte svovlbrinte udvikling i den sydlige Kiel Bugt, hvilket førte til omfattende fiske- og bunddyrdød i Kiel Fjord ultimo oktober. Primo november fandtes stadig iltsvind i den danske del af Kiel Bugt og i det sydlige Lillebælt (fig 6.7).

1987. Vinteren 1986/87 var ligesom de to foregående en isvinter, men afstrømningen selv efter tøbruddet i marts var usædvanligt lav, hvilket medførte lave vinter N-koncentrationer

Figur 6.8
Iltsvindsområder i
1987.



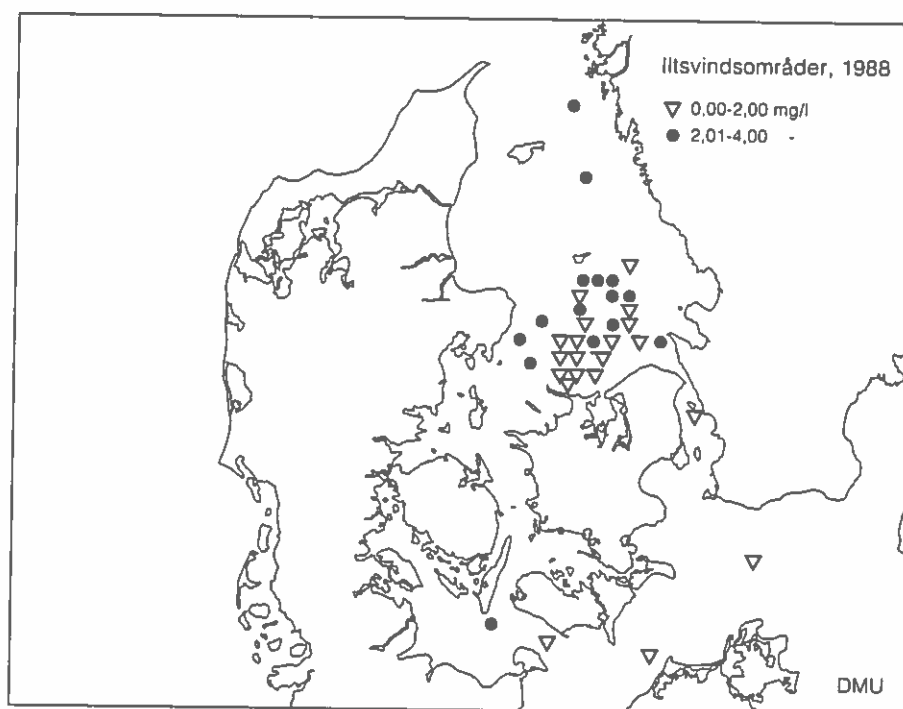
i farvandene. Samtidigt var opblandingen nedefra i produktionsperioden relativt lav p.g.a. generel lav vindenergi. Iltindholdet i det indstrømmende Skagerrakvand var relativt lav. Ultimo marts 1987 opstod omfattende iltsvind langs Sjællands nordkyst fra Sjællands Odde til Tisvildeleje på 3-15 m dybde og i Sejerø Bugt, hvorved mange fisk døde i garn, og der observeredes døde bunddyr. Lave iltindhold fandtes sommer og efterår lejlighedsvis på næsten alle DMU-stationer i Kattegat, men kun langs Nordvestsjælland Kyst udviklede det sig til egentligt iltsvind af længere varighed. I Øresund observeredes iltsvind mellem 2,5 og 4 mg/l fra juli til november. På DMU's stationer i Storebælt målttes for første gang under 2 mg/l ultimo september, og iltsvindet strakte sig her generelt fra medio august til ultimo oktober. I det sydlige Lillebæltsområde blev alle bunddyr på over 25 m dybde elimineret. I den vestlige Østersø observeredes 1,5 mg/l medio juli i Arkona Bassinet og ned til 1,4 mg/l i Fehmarn Bælt i august (fig. 6.8).

1988. Vinterafstrømningen 1987/88 var ekstrem høj (se fig. 4.3) og medførte meget høje N-koncentrationer i farvandene (jfr. tabel 4.1). Iltindholdet i det indstrømmende Skagerrakvand var relativt lavt i juli-august. Periodevis kraftig vind frem til juni medførte stor opblanding nedefra, mens ringe vind- og strømenergi juni-medio september medførte relativt lille ilttilførsel til bundvandet.

I april 1988 opstod ligesom i 1987 et omfattende forårsiltsvind langs Sjælland nordkyst fra Sjællands Odde til Tisvildeleje og i Sejerø Bugt, som medførte store gener for garnfiskeriet, idet fiskene i garnene blev kvalt. I september-oktober observeredes det hidtil alvorligste iltsvind i det sydlige Kattegat, både hvad angår varighed, udbredelse og minimumskoncentrationer af ilt. Svovlbakterier på sediment blev for første gang observeret i Kattegat, nemlig nord for Rågeleje og ud for Øster Hurup. I størstedelen af området syd for Falkenberg-Anholt-Grenå fandtes i september under 2 mg/l og ofte under 1 mg/l. Ultimo oktober var det meste af området stadig ramt af iltsvind. Fiskerne berettede om fangst af store mængder rådne bunddyr, og de sidste fiskebare bestande af jomfruhummere i det sydlige Kattegat blev næsten udryddet. Først primo november forbedredes situationen væsentligt, dog fandtes stadig mindre områder med iltsvind, og den sidste indberetning om døde fisk fanget i garn indløb 24. november.

Iltsvindet strakte sig ned i Øresund og Balthavet. I Øresund fandtes 1,6-2,0 mg/l fra medio september til medio oktober. I store områder

Figur 6.9
 Iltsvindsområder i
 1988.



omkring Fyn og i østjyske fjorde fandtes under 4 mg/l allerede i juni (mod tidligere normalt først i august), faldende yderligere i efteråret indtil en forbedring indtraf i oktober/november. I Arkona Bassinet fandtes kun 0,6 mg/l ultimo august, og iltsvindet strakte sig forbi medio oktober. Også i Fehmarn Bælt var der iltsvind i august og medio oktober fandtes kun 0,3 mg/l (fig. 6.9).

I Ålborg Bugt-Hevring Bugt blev der i oktober 1988 konstateret bunddyrdød på en 35 km lang kyststrækning på grund af iltsvind og eventuel svovlbrinte udvikling i forbindelse med indtrængen af bundvand. Nordjyllands Amtskommune har i Ålbæk Bugt og Ålborg Bugt konstateret en tendens til dårligere iltforhold på 10 m dybde i 1988 og 89 end tidligere. Ved Dokkedal i Ålborg Bugt er der lejlighedsvis set dårlige iltforhold på 6 m dybde, og i 1988 observerede sportsdykkere svovlbakterier på sedimentet ud for Østre Hurup.

6.4 Langtidsudvikling i iltforholdene

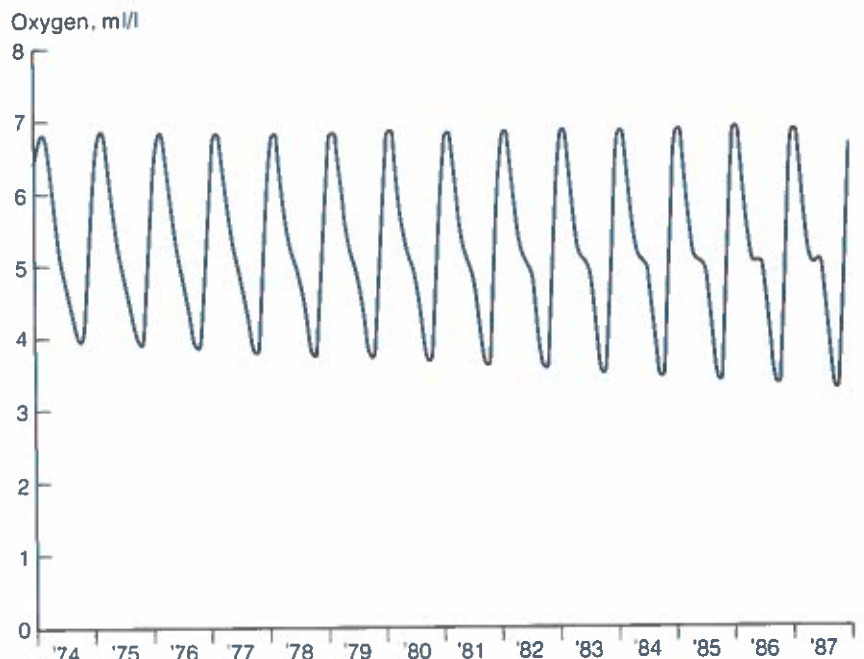
Iltsvind i især de inderste dele af Århus Bugt og i Kalø Vig har ligesom i hovedparten af de danske farvande i 1980'erne været hyppigere, længerevarende og kraftigere end tidligere. Siden 1983 er der også observeret lave iltindhold (2-5 mg/l) i foråret/forsommeren, og siden 1981 er der næsten årligt rapporteret om fiskedød.

I Limfjordens blødbundsområder er der altid forekommet situationer med iltmangel og bund-

dyrdød, men der er ikke tvivl om, at hyppigheden er tiltaget. Områderne fra Livø til Skive Fjord og Lovns Bredning, samt fra Thisted Bredning til Visby Bredning rammes hver sommer, og der er ofte iltmangel i store dele af Løgstør Bredning og Venø Bugt. I 1988 optrådte det hidtil mest omfattende iltsvind med død af betydelige mængder bunddyr, især fra Livø til Skive Fjord og Lovns Bredning, men også i Thisted Bredning og enkelte andre steder. Ialt var 30% af Limfjordens areal omfattet af iltsvind. I Nibe Bredning synes iltmanglen dog aftaget i de senere år. I 1989 var iltsvindet i Limfjorden af meget beskednen udstrækning og varede kortere tid end tidligere.

I lavvandede og mere lukkede fjorde som Isefjord, Roskilde Fjord, Kolding Fjord, Horsens Fjord, Randers Fjord, Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord optræder iltsvind kun sporadisk og kortvarigt ved eventuel lagdeling, undtagen under måtter af især enårige alger eller ved langvarigt isdække. I Ringkøbing Fjord har der dog i 1986-89 været iltsvind i nogle områder og i 1988-89 har der været tiltagende problemer med fiskedød i garn. I Isefjord og mange andre fjorde og bugter udvikledes i den varme stille sommer 1982 et omfattende iltsvind med fiskedød af især ålekvabber, og i marts 1985 udvikledes et kraftigt iltsvind i Isefjorden under isen (Kristensen, 1987), idet en stor forårsopblomstring udvikledes og bundfældte inden isens afsmeltning. I Roskilde Fjord døde mange bunddyr og fisk i vinteren 1986/87 p.g.a langvarigt isdække.

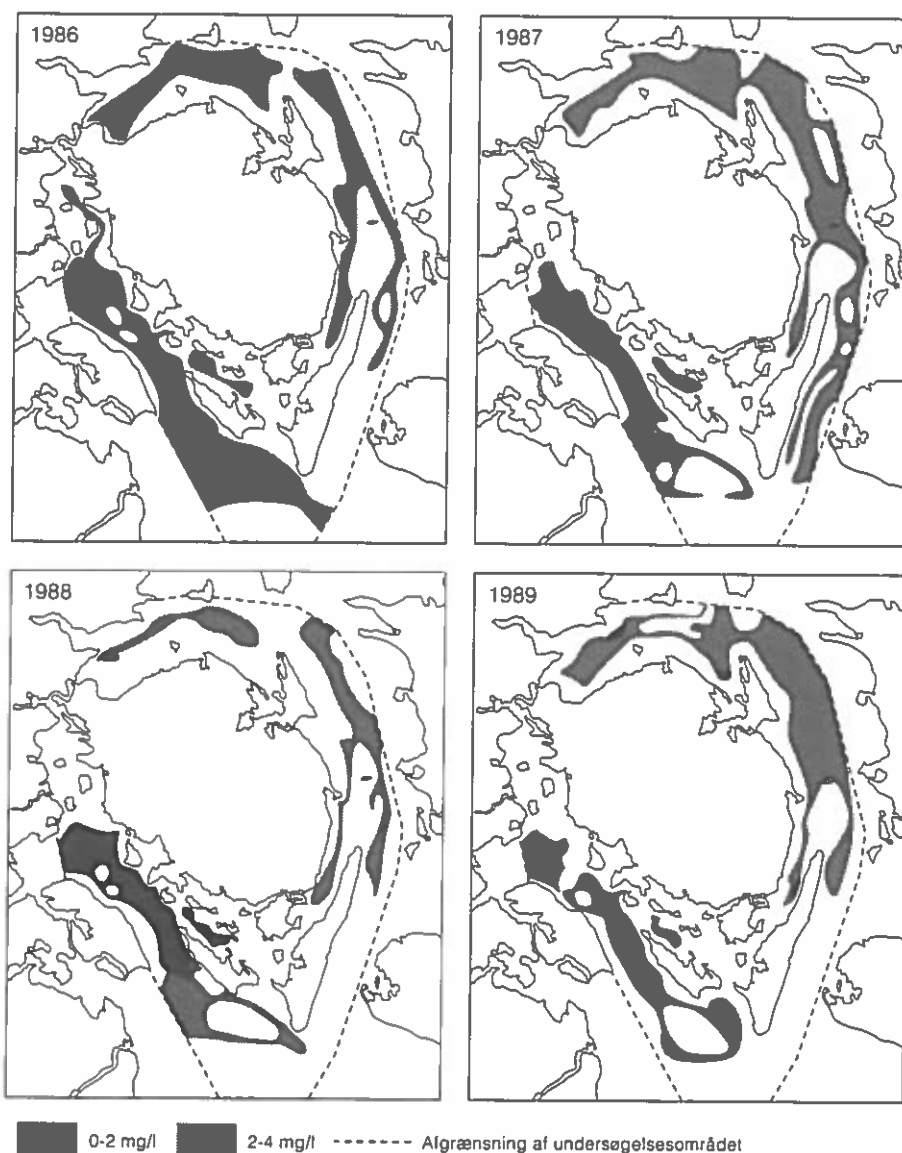
En overordnet modelanalyse af udviklingen i iltindholdet i bundvandet (>20 m) i det nordlige Øresund, sydlige Kattegat og centrale Storebælt i perioden 1974-87 på baggrund af DMU's



Figur 6.10
Generel modellering af udviklingen af iltindholdet i bundvandet i Øresund, det sydlige Kattegat og Storebælt i perioden 1974-87. DMU-data suppleret med svenske målinger.

data suppleret med svenske målinger er vist i fig. 6.10. Den generelle udvikling i perioden er en aftagende iltkoncentration i sensommeren i overensstemmelse med, at der ikke før 1981 er observeret omfattende iltsvind i området. Desuden ses et tiltagende iltminimum om foråret efter fytoplanktonets forårsopblomstring. Dette forårsminimum førte i marts/april 1984, 1987 og 1988 til iltsvind med fiskedød langs Sjælland nordkyst. Forårsiltsvindet er desuden siden 1983 næsten årligt registreret i Århus Bugt-Kalø Vig og ydre Vejle Fjord, samt i farvandene rundt om Fyn.

Iltsvindsområderne i farvandene omkring Fyn i 1986-89 er vist i fig. 6.11. Fyns Amtskommunes analyse af udviklingen i iltindholdet i månederne juni-oktober fra 1976 til 1989 viser aftagende iltindhold i Storebælt, og især i det nordlige Lillebælt og Det Sydfynske Øhav, både generelt og med hensyn til årlige minimumskoncentrationer. I det sydlige Lillebælt blev der også i begyndelsen af århundredet målt lave iltindhold (naturgivent iltsvind), men iltsvin-



Figur 6.11
Områder omkring Fyn
med iltsvind mindst
en gang i perioden
august-oktober for
årene 1986-1989
(Fyns Amt).

det optræder idag oftere, varer betydeligt længere og dækker større områder end tidligere (tabel 6.1).

Tabel 6.1. Udvikling i iltkoncentrationer i bundvandet, bestemt ved lineær regression af Fyns Amtskommune.

Station	Udvikling mg O ₂ /l·år	Koncentration i 1989, mg O ₂ /l
Storebælt ved Fyns hoved	-0,12	5,6
Nordlige Lille- bælt	-0,29	3,8
Sydlig Lille- bælt, ved Lyø	-0,038	3,4
Sydlig Lillebælt, mellem Erø og Avernakø	-0,017	2,8
Mellem Langeland og Fyn	-0,23	6,4

For den sydlige Kiel Bugt er der foretaget en analyse af udviklingen i iltindholdet fra 1957 til 1986 for hver af månederne maj-september både for overflade- og bundlag (tabel 6.2) (Babenerd 1988). Det fremgår, at der trods variationer fra år til år er sket et generelt fald i bundvandets iltindhold i juli-august på 4,4 mg/l. Den faldende tendens i overfladelaget, samt i bundvandet i maj, er ikke signifikant.

Tabel 6.2. Udvikling af iltkoncentrationen i den sydlige Kiel Bugt målt i bundvandet i perioden 1957-1986, måned for måned. Bestemt ved lineær regression.

Måned	Udvikling mg O ₂ /l·år	Koncentration 1986, mg O ₂ /l
Maj	-0,022	8,9
Juni	-0,099	5,9
Juli	-0,151	3,2
August	-0,153	2,6
September	-0,136	2,6

En analyse af iltdata fra Arkona Bassinet fra perioderne 1902-12, 1949-59 og 1973-79 viser, at iltindholdet var uforandret frem til 1950'erne, mens efterårets iltindhold er aftaget fra 1950'erne til 1970'erne. En tilsvarende analyse af iltdata fra Fehmarn Bælt fra perioderne 1902-12, 1926-38 og 1973-79 viser, at iltindholdet var uforandret frem til 1930'erne, mens iltindholdet er aftaget væsentligt fra 1930'erne til 1970'erne. Der findes ikke tilstrækkeligt med data fra Fehmarn Bælt fra 1950'erne, men formodentligt er faldet i iltindholdet ligesom i Arkona Bassinet først sket efter 1950'erne.

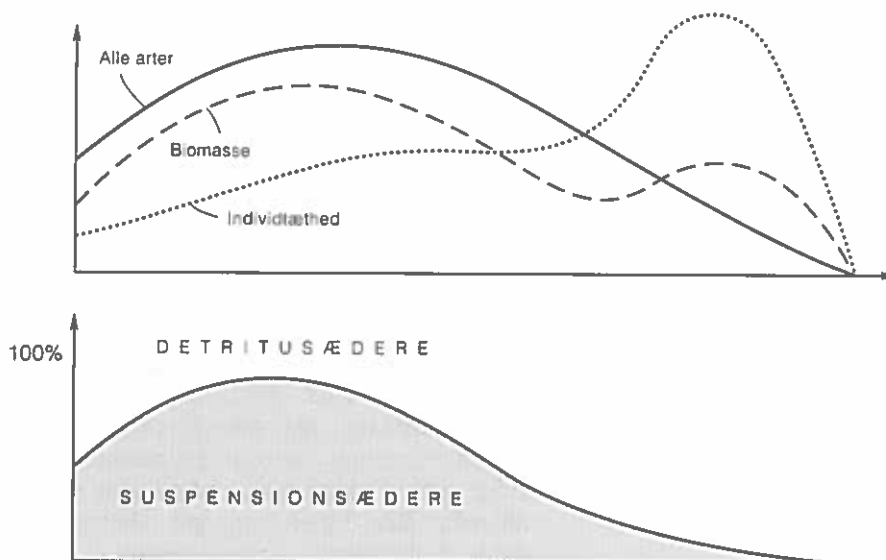
7 Fauna

7.1 Generelt om bundfauna

For at kunne vurdere effekterne af eutrofiering på faunaen er det nødvendigt at kende omfanget af de "tilfældige" variationer såsom varierende meteorologiske forhold. Lange tidsserier af bundfaunadata er derfor et bedre grundlag for en vurdering af eutrofieringseffekter end enkelte undersøgelser foretaget med års mellemrum. Den tilfældige variation forårsaget af meteorologiske forhold vil generelt være af større betydning i de mere lavvandede kystnære områder. Vurderingen af eutrofieringseffekter i disse områder vil derfor være baseret på kontinuerlige serier af data.

De enkelte bunddyrs tolerance overfor lave iltkoncentrationer er meget forskellig. Enkelte arter er kendt for at kunne overleve op til flere måneder ved meget lave iltspændinger, mens andre arter dør efter få dage i iltfattigt vand. Det er derfor misvisende alene at tale om en bestemt iltkoncentration ("grænseværdi"), hvor effekter på bundfaunaen vil være markante, idet varigheden af iltsvindet og artssammensætningen i det pågældende samfund er af afgørende betydning for effekterne.

Iltsvind med bunddyrdød til følge er naturligvis den ekstreme situation langs en belastningsgradient enten i tid eller i rum. Bundfaunasamfundet undergår markante ændringer inden dette stadie. På basis af en række undersøgelser af organisk belastning fra punktkilder har Pearson & Rosenberg (1978) opstillet en grafisk model til belysning af effekterne på bundfaunaen (fig. 7.1).



Figur 7.1
Effekter på bundfaunaen som følge af stigende organisk belastning (Pearson & Rosenberg, 1978).

Følger man antal arter, individtæthed og biomasse langs en gradient eller gennem en periode med stigende organisk belastning, vil man indledningsvis observere en stigning i alle parametre, idet den øgende mængde af organisk stof udgør en fødekilde for bunddyrene. Biomassen og antallet af arter når et maksimum ved en intermediær belastning. Ved større belastning vil iltforholdene gradvis blive begrænsende for flere og flere arter. Arter som tolererer lave iltkoncentrationer har til gengæld mulighed for at leve godt nu, hvor konkurrencen om føde er mindsket. Perioder med iltsvind vil favorisere arter med stor reproduktionsevne og kort livscyklus, primært små former, hvilket medfører en reduktion i biomasse på trods af en stigning i individtætheden. Den ekstreme situation, hvor bunden er uden makroskopisk liv, indtræder ved iltsvind af måneders varighed, hvor selv de mest tolerante arter som f.eks. molboøsters, *Arctica islandica* og hampefrømusling, *Corbula gibba* bukker under.

Sideløbende med disse ændringer i individtæthed, antal arter og biomasse observeres ofte en forskydning i forholdet mellem de 2 ernærings typer detritusædere (der mere eller mindre selektiv æder sedimentet med dets indhold af dødt organisk stof og bakterier) og suspensionsædere, der filtrerer bundvandet for plankton og dødt organisk stof. Langs en gradient med stigende belastning vil andelen af suspensionsædere øges indtil en intermediær belastning, hvorefter andelen af suspensionsædere vil falde igen. Stigningen ved en mindre belastning kan forklares ved, at det i første indstans er suspensionsæderne, som kan udnytte det sedimentrende organiske stof. Nedgangen ved en høj belastning forklares med en tilstopning af suspensionsædernes filtrationsapparat ved høj belastning.

Modellen er naturligvis et stærkt forenklet billede af virkeligheden. Forløbet af biomasse-, individtætheds- og artsantalkurverne langs en belastningsgradient i tid eller rum vil sjældent forløbe så jævnt som på figuren. Et kraftigt iltsvind vil således kunne forårsage et kraftigt fald i alle 3 parametre.

Et problem ved fortolkning af data i forhold til modellen er, at man sjældent kender den aktuelle belastning med organisk stof til det pågældende dyresamfund. Man ved med andre ord ikke, hvor på akse man befinder sig. En øgende biomasse vil således kunne tolkes både som en forbedring og en forværring. Endvidere vil den belastning, hvor biomasse og individtætheden når et maksimum variere fra samfund til samfund. En løsning på dette problem er at skele til artsammensætningen i det pågældende samfund.

7.2 Udvikling i bundfauna

Kontinuerte serier af bundfaunadata af 7-17 års varighed findes fra stationer i det østlige Skagerrak, Kattegat, Storebælt og Øresund.

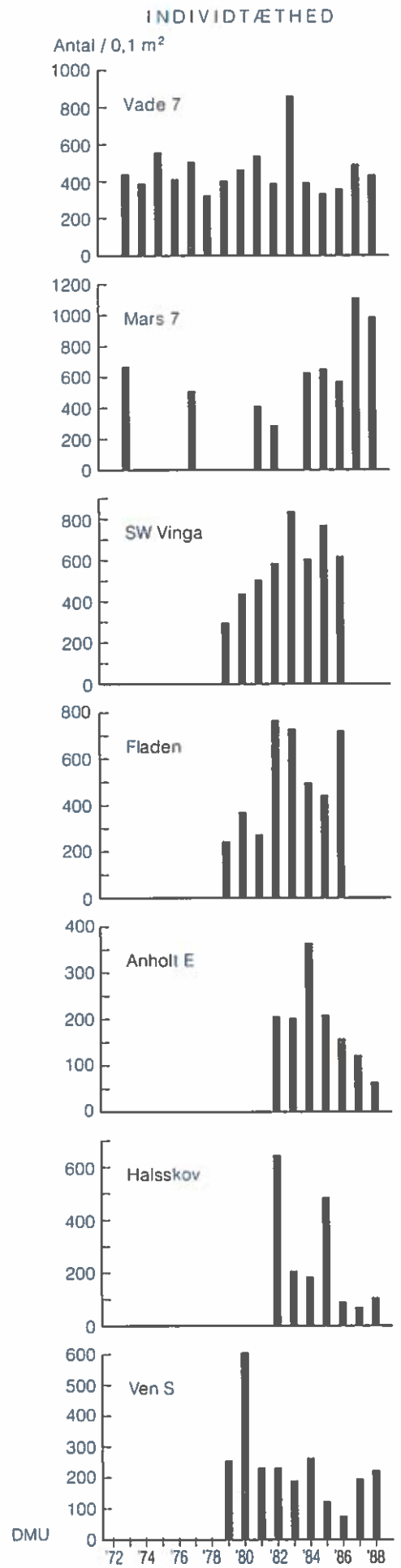
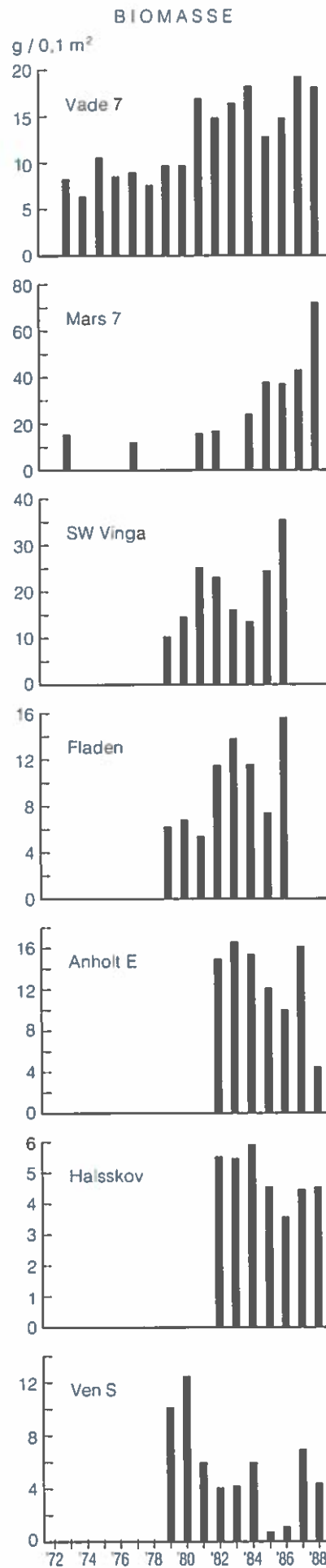
Den tidslige variation i individtæthed og biomasse på 7 stationer i østlige Skagerrak, Kattegat, Storebælt og Øresund monitoreret fra svensk og dansk side fordelt på systematiske grupper og totalt fremgår af fig. 7.2.

Placeringen af bundfaunastationer ses af figur 2.2. Udviklingen udviser forskellig trend nord og syd for Anholt, hvorfor de 2 områder behandles separat i det følgende.

Betragtes hele undersøgelsesperioden under et, udviser de 3 stationer i det nordlige Kattegat en statistisk signifikant øgning i individtætheden, hvorimod Skagerrak-stationen ikke udviser nogen signifikant tendens. Alle stationer med undtagelse af Fladen udviser en statistisk øgning af den totale biomasse. Udelukkes de store dyr (søpindsvin og Molboesters), fra data er der en signifikant øgning af biomassen på alle stationer. En stor del af den øgede individtæthed og biomasse er forårsaget af børsteormen *Heteromastus filiformis* og slangestjernen *Amphiura filiformis* som øger i individtæthed og biomasse igennem 80'erne. Diversiteten målt som antallet af arter på de enkelte stationer udviser mindre variationer.

De sydlige stationer i Kattegat og i Bælthavet udviser en anden udvikling med hensyn til individtæthed og biomasse (fig.7.2). De enkelte stationer udviser i nogle tilfælde ingen klar tendens, mens der i nogle tilfælde er en signifikant tilbagegang i både biomasse og individtæthed. I perioden 1982-88 udviste stationerne Anholt E og Halsskov en tilbagegang i individtæthed. Den totale biomasse (excl. store former) udviste en tilbagegang på Halsskov. På station Anholt E blev både biomasse og individtæthed reduceret med mere end 50% mellem 1987 og 1988. I 1989 var biomassen på Anholt E fortsat på det lave 1988-niveau.

Antallet af arter synes at vise en faldende tendens på stationerne Anholt E og Halsskov, mens Ven S udviste et varierende antal arter. En ændring i fordelingen på de systematiske grupper og en signifikant reduktion i individtæthed og biomasse af krebsdyr kunne observeres på stationen øst for Anholt. Lignende træk kunne ses ved Halsskov Rev. En signifikant reduktion i biomassen af pighude kunne endvidere observeres på stationen øst for Anholt.

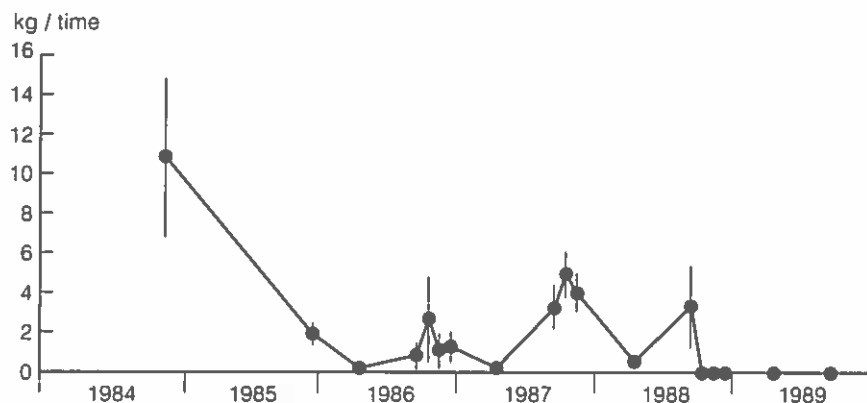


Figur 7.2
 Udviklingen i bio-
 masse (venstre søj-
 le) i g/0.1 m² og
 indvidtæthed (højre
 søjle) i antal/0.1
 m². Stationerne er
 placeret således at
 den nordligste er
 øverst på figuren.
 Stationsplacering:
 Vade 7: ca. 90 km
 nord for Skagen,
 Mars 7: mellem
 Skagen og Marstrand,
 SW Vinga: mellem
 Læsø og Göteborg,
 Fladen: mellem Læsø
 og Varberg, Anholt
 E: ØSØ for Anholt,
 Halsskov: midt i
 Storebælt,
 Ven S: syd for Ven.

Et besøg i 1989 på stationer i det sydlige Kattegat synes at vise, at de stationer som udviste den største reduktion i total biomasse siden 1984 ligger i et område, hvor der i efteråret 1988 blev målt iltkoncentrationer under 1 ml/l. Ved Skov- og Naturstyrelsens videoovervågning kunne der i oktober 1988 i dette område observeres døde bunddyr på havbunden. Noget sådant kunne ikke registreres i oktober 1989. Disse stationer ligger på dybder mellem 20 og 30 m. Biomassen af *Amphiura filiformis* var generelt meget større og biomassen af søpindsvinet *Echinocardium cordatum* meget lavere end i starten af dette århundrede. Biomassen af børsteormene var derimod reduceret i forhold til 1984. Det fald i den gennemsnitlige størrelse af individerne som blev observeret i 1984, var forsat og i 1989 var den i gennemsnit 50% af størrelsen i 1984.

Det sydlige Kattegat har indtil efteråret 1986 været genstand for et betydeligt fiskeri efter Jomfruummer, *Nephrops norvegicus*. I efteråret 1985 kom de første meldinger om døde jomfruummere i området. I 1986 og igen i 1988 blev der rapporteret om døde jomfruummere fra mange områder i hele det sydøstlige Kattegat. Fangststatistikken viser at fangsten i forhold til indsatsen toppede i 1982 med ca 30 kg/time. Forsøgsfiskeri i perioden viser en nedgang i fangst (fig. 7.3).

Figur 7.3
Udvikling i fangsten
af jomfruummer
Nephrops norvegicus
med konstant fiske-
riindsats i det syd-
lige Kattegat
(Baden, 1990).



Den følgende gennemgang af udviklingen af bundfaunaen i de kystnære områder vil primært være baseret på kontinuerte serier af data af flere års varighed fra det amtskommunale overvågningsprogram.

Siden 1980 er der indsamlet bundprøver 2 gange årligt langs 6 transekter i det danske vadehav. Tre af disse transekter er beliggende i Ho Bugt og 3 transekter er placeret omkring Rømø. Biomassen viser en opadgående tendens på 2 af de 3 transekter omkring Rømø, mens individtætheden ikke viser nogen klar tendens. Biomassen på de 3 transekter i Ho Bugt viser alle en opadgående tendens, mens individtætheden er stigende på 2

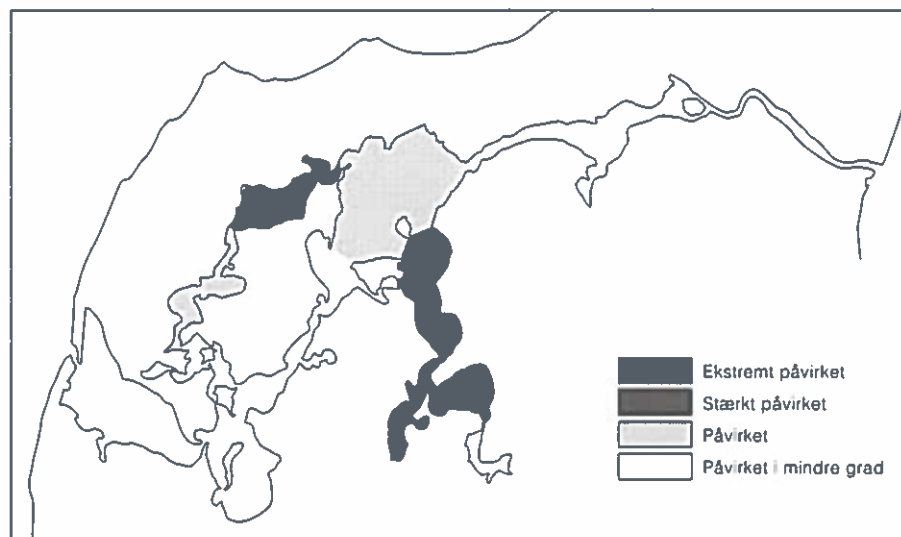
transekter og nedadgående på den sidste. Årsagen til den øgende biomasse er efter al sandsynlighed en stigende belastning med nærings-salte.

Limfjordskomiteen har indsamlet bundprøver 2 gange årligt på en række stationer siden 1978. Endvidere er der indsamlet prøver i perioden 1973-76.

I store dele af Limfjorden er bundfaunaen stærkt påvirket af lave iltkoncentrationer i sommer og efterårsmånederne. Den største påvirkning finder sted i de østlige bredninger Bjørnsholm Bugt, Lovns Bredning og Skive Fjord samt i Thisted Bredning. I disse bredninger opstår der iltsvind hvert år. Faunaen i Visby, Løgstør og Livø Bredninger er i nogen grad påvirket af dårlige iltforhold. Den stedlige variation i bundfaunaens sammensætning kan for en stor del henføres til forskelle i organisk belastning og forekomst af iltsvind.

Analyser af den tidsmæssige udvikling viser en forbedring af faunaen i området mellem Hals og Aggersund som følge af gradvist forbedrede iltforhold. Faunaen i dette område var påvirket af dårlige iltforhold i 1979 til 1982, men fra 1983 blev iltforholdene gradvist bedre med en ændring i faunasammensætningen til følge. I området vest for Aggersund er det ikke muligt at påvise nogen generel ændring i faunasammensætningen indenfor perioden 1978-87. Dog synes forholdene at være forværret i Bjørnsholm Bugt, Risgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning. Blødbunden i Lovns Bredning er idag praktisk taget uden makrofauna.

Figur 7.4
Oversigt over i hvor høj grad bundfaunaen er påvirket af organisk stof i havbunden og af forekomst af iltsvind i sommer- og efterårsmånederne i de forskellige dele af Limfjorden (1983-1987) (Limfjordskomiteen, 1989).



Ved Nordjylland østkyst er der siden 1984 undersøgt 3 transekter med stationer på 4, 6 og 10 meters dybde ved Jerup, Lyngså og Dokkedal. En analyse af den tidsmæssige udvikling på Jerup og Dokkedal transekterne i perioden 1984-88

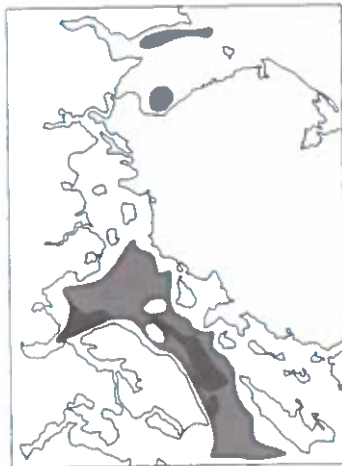
viser, at ændringer i bundfaunasammensætningen for en stor del kan relateres til en øget eutrofiering. Primærproduktionen er steget kraftigt i perioden 1984-88 og rutinemæssige målinger viser en faldende iltkoncentration på de dybe stationer i samme periode.

Ud for Fornæs ved Grenå er der foretaget kvantitative undersøgelser af bundfaunaen siden 1980. En årlig prøvetagning er henlagt til maj-juni. Faunaen ved Fornæs er påvirket af en lokal spildevandsudledning, men synes også at være påvirket af den generelle eutrofiering af Kattegat. Årene 1980-82 var præget af høje arts- og individantal som følge af slamaflejringer på havbunden. Efter 1982 falder arts- og individantallet og biomassen holder sig på stort set samme niveau til og med 1986. I 1987 og 1988 stiger både arts- og individantal. I 1985-88 er biomassen generelt større end i perioden 1980-84 til trods for at udledningen af slam og organisk stof falder i samme periode. Ved Fornæs vil der i fremtiden ske en reduktion af spildevandsbelastningen. De lokale forhold får derved mindre betydning, og forholdene i Kattegat får da en stigende betydning også ved Fornæs.

I Århus Bugt og i Kalø Vig har der været foretaget kvantitative bundfaunaundersøgelser siden 1971, men først fra 1981 og frem er der foretaget prøvetagning årligt om efteråret. Det er ikke muligt at se nogen generel effekt på bundfaunaen i Århus Bugt og Kalø Vig som følge af de tilbagevendende dårlige iltforhold gennem 80'erne. Årsagen er at artsammensætningen allerede er præget af arter som er robuste overfor dårlige iltforhold. I et område omkring bugttrøret er bundfaunaen reduceret til nogle få individer af de mest tolerante arter p.g.a. de vedvarende dårlige iltforhold. Et kraftigt iltsvind i 1981 slog det meste af faunaen ihjel i Århus Bugt og Kalø Vig. På basis af populationsstrukturen hos nogle velundersøgte børsteorme *Nephtys hombergii* og *N. ciliata* vurderes det, at det tager mindst 4 år før faunaen har retableret sig efter et så kraftigt iltsvind som det i 1981.

I Horsens, Vejle og Kolding Fjord er der indsamlet kvantitative bundfaunaprøver siden 1972, men det er først fra 1985 at prøvetagningen er forgået på sammenlignelig vis. Artsammensætningen af bundfaunaen i Horsens Fjord er karakteristisk for områder med høj organisk belastning, og år med de laveste arts- og individantal er sammenfaldende med lave iltværdier for de samme år. På de yderste stationer i Vejle Fjord er arts- og individantallet reduceret i perioden 1984-89 i forhold til perioden 1972-84. Denne udvikling er korreleret med hyppigere

og længerevarende iltsvind siden 1972. Den yderste station er præget af dyr som ikke bliver mere end 1 år gamle, dog med undtagelse af den iltsvindstolerante musling, *Arctica islandica*. Kolding Fjord har været udsat for et stigende arts- og individantal siden 1984, hvilket kan henføres til en reduktion i belastningen siden spildevandet fra Kolding er blevet afskåret til Lillebælt i 1979. Dyresamfundet må dog stadig betragtes som ustabil, idet dyrene som i Vejle Fjord sjældent bliver ret gamle.



■ Stort set årlige iltsvind i perioden 1910-1987
 ■ Områder hvor iltforholdene er forværret i perioden 1930-1986

Figur 7.5
 Udbredelsen af iltsvindsområder siden 1910 i Lillebælt, kortlagt på baggrund af udbredelsen af iltsvindsfølsomme bundfauna arter (Lillebæltssamarbejdet).

Lillebæltssamarbejdet har foretaget en kvalitativ vurdering af udviklingen i bundfaunasammensætningen i Lillebælt på basis af bundfaunaundersøgelser tilbage til 1910. Ud fra udbredelsen af de iltsvindsfølsomme arter *Ophiura albida*, *Terebellides stroemi*, *Macoma calcarea*, *Echinocardium cordatum* og *Nephtys ciliata* har man forsøgt at kortlægge udbredelsen af iltsvindsområder i fortid og nutid. De nævnte arter er endvidere kendte for at kolonisere relativt langsomt, hvilket gør fortolkningen af data sikker. Desuden støttes fortolkningen af forekomsten af mere tolerante arter såsom *Arctica islandica* og *Corbula gibba*. Som det fremgår af fig. 7.5 er de områder, hvor bundfaunaen er påvirket af iltsvind, øget i areal siden starten af dette århundrede.

På en enkelt lokalitet ud for Assens har man observeret en bedring i bundfaunaen efter udledningen fra en lokal punktkilde blev stoppet, men faunaen er stadig præget af arter som favoriseres af en stor organisk belastning.

Bundfaunaen omkring Fyn er siden 1983 fulgt rutinemæssigt på 7 stationer ved 2 prøvetagninger årligt, henholdsvis forår og efterår. Det er ikke muligt at se en generel trend i arts- og individantal eller biomasse i denne periode, men faunaen i sedimentationsområderne synes at være stærkt reduceret i forhold til starten af dette århundrede. Udviklingen i Langelandssund og Ringsgårdbassinet synes at være parallel til udviklingen i Lillebælt.

Konklusion: Den stigende tendens i den totale biomasse som er observeret i det nordlige Kattegat og det østlige Skagerrak er efter al sandsynlighed en effekt af en øget belastning med organisk stof.

Den forklaring bliver understøttet af den kendsgerning at forøgelsen af biomassen er forårsaget af en fremgang hos en lang række af arter med forskellige ernæringsstrategier og forskellig livslængde. Der er indtil nu ikke nogen målinger af lave iltkoncentrationer i dette område.

Den reduktion som kan observeres på stationer i det sydlige Kattegat kan relateres til de hypopige iltsvind i dette område op gennem 80'erne.

I visse områder bliver individstørrelsen holdt på et lavt niveau som resultat af gentagen rekolonisering efter iltsvind.

Situationen i Kattegat synes at være et resultat af en generel eutrofiering, idet det ikke er muligt at observere nogen trend i salinitet eller temperatur, som kan forklare de observerede ændringer. En alternativ forklaring kunne være et ændret predationstryk. Den øgende biomasse i det nordlige Kattegat kunne således tolkes som et resultat af et mindsket predationstryk. Der er dog ikke nogen indikationer på at mængden af fisk skulle være reduceret i dette område relativt til det sydlige område. En ændring i predationstrykket kan således ikke forklare de observerede ændringer i bundfaunaen.

I overensstemmelse med udviklingen i det nordlige Kattegat kan man observere en stigende biomasse langs Nordjyllands østkyst og i et område ud for Fornæs. I Vadehavet finder man ligeledes generelt en stigende biomasse. I alle andre kystnære områder, hvorfra man har lange tidsserier, er det ikke muligt at se nogen generel trend gennem de sidste 10 år, men i nogle områder er bundfaunaen i 80'erne reduceret i forhold til starten af dette århundrede.

7.3 *Udvikling i fiskebestande*

Det Internationale Havundersøgelsesråd (ICES), har udfra fangstdata foretaget en beregning af bestandene af torsk, rødspætte, ising, og tunge i Kattegat gennem de sidste 20 år (ICES, 1990). Endvidere er der foretaget bestandsopgørelser over pelagiske fisk, men det er i første omgang bestandene af de nævnte bundnære fisk som er interessant i eutrofieringssammenhæng.

Udviklingen i landingerne, fiskeriindsats, gydebiomasse og antallet af rekrutter af torsk fremgår af tabel 7.1. Der er i tabellen også beregnet 3-årsgennemsnit. Både landinger, gydebiomasse og rekrutteringen udviser en nedadgående tendens i perioden 1980-88. Samtidigt er der sket en stigning i fiskeridødelighed som først og fremmest er et resultat af en øget bifangst i forbindelse med fiskeri efter jomfruhummer.

Ligesom hos torsk udviser landingerne, gydebiomasse og rekrutnantallet af rødspætte en nedad-

gående tendens fra 1980-88 (tabel 7.2). Nedgangen i antallet af rekrutter starter endog allerede i slutningen af 70'erne. Fiskeridødeligheden ligger på et relativt konstant niveau gennem perioden, dog med en faldende tendens fra

Tabel 7.1. Bestandsopgørelse af torsk i Kattegat.

År	Fangst 1000 t		Voksne fisk 1000 t		Total biomasse 1000 t	Antal rekrutter i millioner	
1971	15.7	} 17.3	29.2	} 35.0	66.1	37.2	} 25.1
1972	17.4		37.9		68.7	22.7	
1973	18.8		38.0		65.2	15.5	
1974	21.9	} 17.9	36.4	} 32.9	68.7	30.3	} 25.3
1975	15.5		24.2		63.8	26.0	
1976	16.3		31,6		57.9	11.0	
1977	20.1	} 16.8	32.4	} 26.5	60.9	29.5	} 21.2
1978	13.4		20.7		58.4	23.4	
1979	14.8		26.3		50.5	10.8	
1980	13.5	} 10.4	26.5	} 21.3	44.3	14.4	} 17.4
1981	15.3		21.9		41.3	17.1	
1982	12.5		15.6		38.7	20.6	
1983	12.8	} 12.5	15.7	} 16.1	40.3	20.5	} 13.6
1984	11.9		16.4		36.5	11.4	
1985	12.7		16.3		29.4	8.8	
1986	9.1	} 8.9	12.5	} 9.7	28.6	17.1	} 12.5
1987	11.5		9.0		21.6	5.7	
1988	6.1		7.7		19.2	14.7	

Tabel 7.2. Bestandsopgørelse af rødspætte i Kattegat.

År	Fangst 1000 t		Voksne fisk 1000 t		Total biomasse 1000 t	Antal rekrutter i millioner	
1968	11.6	} 10.8	21.2	} 24.7	47.0	67.9	} 53.6
1969	9.8		23.7		47.2	48.5	
1970	10.9		29.2		47.7	44.3	
1971	15.0	} 13.7	29.7	} 21.8	42.5	17.1	} 33.2
1972	15.8		23.6		37.3	56.8	
1973	10.2		12.2		29.2	25.7	
1974	11.7	} 10.6	17.2	} 14.2	32.1	54.5	} 49.7
1975	10.5		12.1		40.7	94.5	
1976	9.7		13.3		46.7	54.4	
1977	11.9	} 11.7	30.0	} 25.9	47.0	28.7	} 18.1
1978	13.1		27.5		36.9	17.2	
1979	10.0		20.2		24.6	8.5	
1980	5.8	} 4.2	13.9	} 10.8	16.8	7.4	} 13.8
1981	4.0		10.1		14.2	14.4	
1982	2.9		8.4		17.0	19.5	
1983	3.5	} 3.5	8.1	} 8.5	18.3	18.5	} 15.5
1984	3.6		8.3		17.2	17.3	
1985	3.4		9.2		16.3	10.7	
1986	2.7	} 2.7	9.5	} 9.0	13.4	6.2	} 4.2
1987	3.2		10.3		13.1	4.3	
1988	2.1		7.3		8.9	2.0	

midten af 80'erne. Det er helt enkelt ikke mere rentabelt at fiske efter rødspætter i Kattegat.

De danske landinger af ising fra Kattegat har i gennemsnit ligget på 1700 t i perioden 1978-1985, men er faldet til omkring 1000 t siden 1986. Trods de faldende landinger synes bestanden af ising at være øget siden 1984. Landinger af tunge har fluktueret mellem 200 og 800 t siden 1975. Tunger fanges hovedsagligt som bifangst ved fiskeri efter jomfruhummer.

Bestandsstørrelse og fangsten af Limfjordens karakteristiske fiskearter som ål, ålekvabbe, ulk, skrubbe og delvis rødspætte er reduceret kraftigt gennem de senere år. De totale landinger af konsumfisk er faldet fra et gennemsnit på 3500 t i perioden indtil 1950 til 400-500 t i perioden 1986-88. Det kan slås fast at nedgangen ikke er forårsaget af et for kraftigt fiskeri, men efter al sandsynlighed er et resultat af en forringet vandkvalitet samt ændringer i bundsediment og bundvegetation.

I Bælthavet og den vestlige Østersø var gydebiomassen af torsk i perioden indtil omkring 1980 konstant, men blev i perioden 1986-88 reduceret med 40%. Rekrutteringen er faldet med 80% siden 1979-82 (ICES, 1990). Landingerne af rødspætte er faldet fra 4560 t i 1969 til 200 t i 1989 - det lavste tal siden 1950. Den beregnede gydebiomasse er faldet fra næstne 6000 t i 1970 til ca. 1000 t i midten af 80'erne. De danske landinger af ising har svinget mellem 1500 og 1900 t siden 1979. Bestanden af ising er øget i dette område siden 1982. Landingerne af skrubber fra området er faldet fra 3000 til 2000 t i perioden 1979-1986. Landinger i Lillebæltsområdet alene følger i store træk det generelle mønster for hele området (Fyns Amt, 1990). Op til 40% af de fangne torsk i Lillebæltsområdet er inficeret med hudsårssyge, hvilket er et højt tal sammenlignet med andre områder.

Nedgangen i bestanden af torsk og rødspætte i Kattegat og Bælthavet er efter al sandsynlighed et resultat af ændrede opvækstbetingelser for ynglen og de stadigt hyppigere iltsvind, dog er fiskeridødeligheden af torsk øget og medvirker således også til at decimere bestanden. For rødspætte sker nedgangen i bestanden til trods for en faldende fiskeridødelighed. En forøget hyppighed af visse sygdomme (Lymphocystis og epidermal papillomas) hos ising synes endvidere at være forårsaget af stress i forbindelse med lave iltkoncentrationer.

I de kystnære områder er de forringede iltforhold formentlig den væsentligste årsag til tilbagegangen i fiskebestandene. F.eks. er arealer

ramt af iltsvind her øget 5-6 gange siden 1930'erne. En anden faktor af betydning er forekomsten af store mængder af trådalger, som formodes at hæmme fiskeyngelens fødesøgning og forårsager dårlige iltforhold under forrådnelsen.

Bundvegetationens forankring til bunden gør den velegnet til vurdering af eutrofieringseffekter i kystnære områder. Bundvegetationen giver et integreret udtryk for eutrofieringen på en given lokalitet og kan desuden indikere kilder til eutrofieringen.

Stigende eutrofiering kommer i bundvegetationen til udtryk ved ændringer i udbredelsen af vegetationen og ved kvantitative og kvalitative forskydninger i sammensætningen. Øget eutrofiering af kystområder medfører generelt, at mængden af enårige makroalger og fytoplankton stiger i forhold til flerårige alger og rodfæstede planter. Den øgede forekomst af enårige makroalger og fytoplankton nedsætter dybdeudbredelsen af de fastsiddende planter som følge af skygningseffekter, og ved svær eutrofiering skygges de fastsiddende planter helt væk.

De enårige makroalger danner i næringsrige områder store fritliggende måtter eller gror, så længe substratet er til stede, som epifytter på de fasthæftede flerårige alger og rodfæstede planter. Men mangel på masseforekomst af enårige makroalger kan ikke tages som udtryk for lave næringsstofniveauer, da andre faktorer som strømforholdene og græsning kan forhindre akkumulering af algerne (Geertz-Hansen 1989).

Ændringer i plantesamfundets struktur har konsekvenser for stofomsætningen på bunden og i vandsøjlen, sedimentets stabilitet og dyrelivet i såvel bunden som vandsøjlen.

For dyrelivet vil især forandringerne i fødeemnesammensætningen og iltforholdene i bundvegetationen have betydning. Iltforholdene i kystnære områder med store forekomster af enårige makroalger er ofte dårlige. Dette hænger dels sammen med de højere produktions- og respirationsrater og en tilsyneladende afkobling af produktion og respiration (Borum et al., 1990) dels med store iltforbrug i forbindelse med nedbrydningen af døde alger. Er iltmanglen længevarende eller hyppigt tilbagevendende vil bundfaunaen dø.

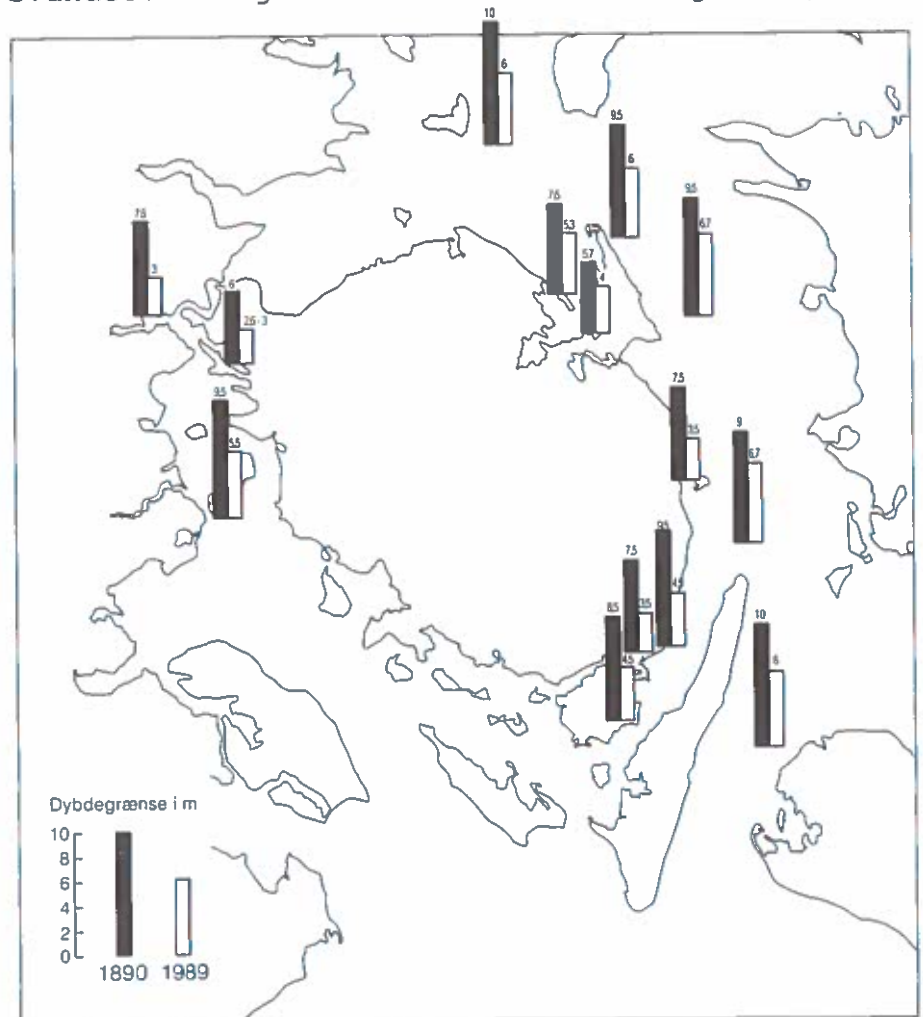
Iltsvind som følge af masseforekomster af alger vil forstærke forureningseffekten, idet fosfatfrigivelsen fra bunden stiger og de højere fosfatkoncentrationer øger væksten af algerne samtidig med græsningstrykket på algerne går ned som følge af dyrenes tilbagegang.

8.1 Udviklingstendenser i bundvegetationen

Bundvegetationsundersøgelser er endnu et forholdsvis nyt element i danske overvågningsprogrammer, og det er derfor for tidligt at gennemføre større landsdækkende analyser af udviklingen. For enkelte kystområder gør ældre undersøgelser det dog muligt at vurdere udviklingen og i mange fjorde giver bundvegetationens horizontale udbredelsesmønstre og plantesamfundets struktur tydelige indikationer af eutrofieringsgraden.

Dybdegrænsen for bundvegetationen er mindsket radikalt siden århundredets start. I Århus Bugt var dybdegrænsen for ålegræs i 1900 omkring 11.5 m, mens der i 1989 ikke blev fundet ålegræs dybere end 6.5 m. I Lillebælt er arealet dækket af ålegræs mere end halveret, og dybdegrænsen er reduceret med 2-4 m. Algedybdegrænsen er i dag 10-15 m svarende til en reduktion på 20-25 m. På de åbne, eksponerede kyster omkring Fyn og Endelave er bundvegetationsgrænserne ligeledes reduceret, for ålegræs fra 9-10 m til 5-7 m og for alger fra 30-35 m til 10-12 m.

Bundvegetationen er i nogle områder helt forsvundet. Det gælder for dele af Limfjorden,



Figur 8.1
Udvikling af dybdegrænser for ålegræs omkring Fyn (Fyns Amt).



Figur 8.2
 Eksempel på udviklingen i ålegræsbestanden. Udbredelsen af ålegræs i Nissum fjord i 1966, 1983, 1985 og 1988 (Ringkøbing Amt).

Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord. Ringkøbing Fjord blev undersøgt i 1972, og på dette tidspunkt var der tætte makrofytvegetationer i store dele af fjorden. Makrofyterne stod for hovedparten af primærproduktionen, mens fytoplankton var uden betydning. I dag er makrofyterne helt forsvundet på dybder over 80 cm og fjordens planteliv er domineret af fytoplankton. Den radikale ændring skal ses i sammenhæng med en øget belastning, mens mindre vandudskiftning og mindskelse af saliniteten i fjorden vurderes kun at have haft mindre betydning for udviklingen.

I Limfjorden er mængden af ålegræs generelt gået ned især i bredningerne indenfor Oddesund og i Skive Fjord. Ålegræssets dybdegrænse er i dag 4 m i den vestlige del af fjorden og 2-3 m i den østlige del mod tidligere mindst 5.5 m. I Nibe Bredning er dybdegrænsen for ålegræs reduceret med 70% i perioden 1978 til 1985.

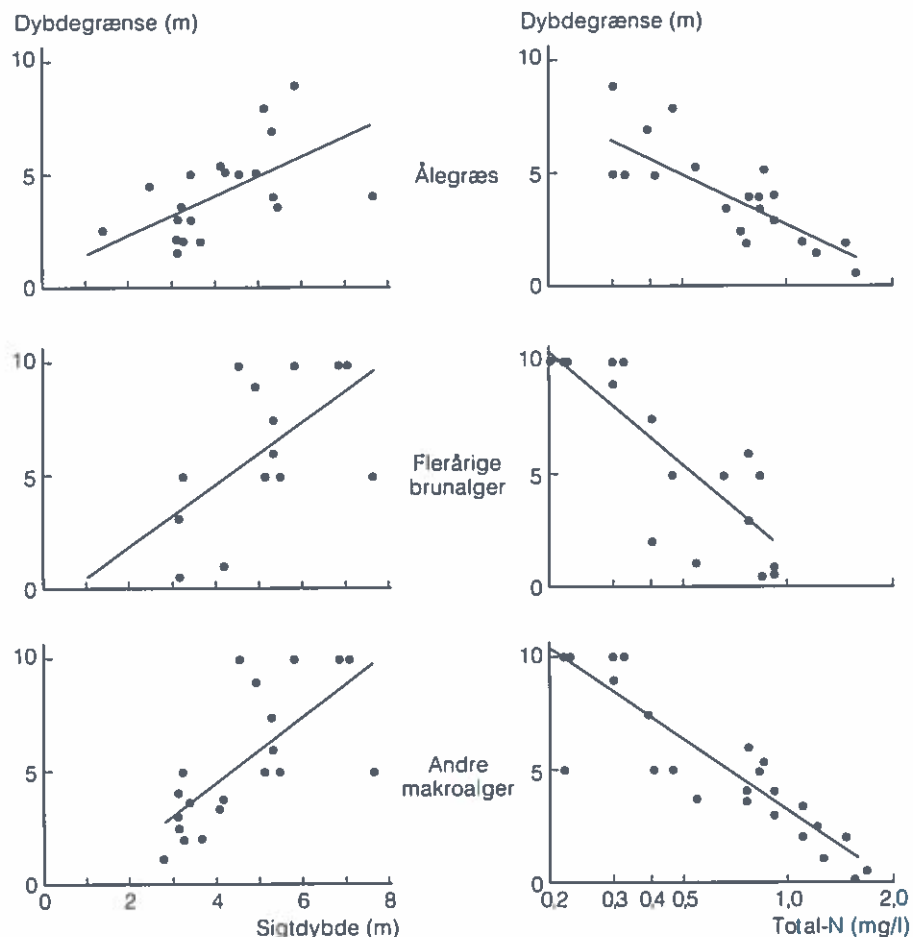
Samme markante reduktion i ålegræs' dybdegrænse er konstateret i en lang række andre fjorde og kystområder som f.eks. Bøvling Fjord, Nissum Fjord og Roskilde Fjord.

I det åbne Kattegat, omkring øen Læsø, er der ingen tegn på eutrofieringseffekter i bundvegetationen. Øens nordside er karakteriseret ved en artsrig stenrevsflora med mange flerårige arter, mens den sandede bund på sydsiden er domineret af store ålegræsvegetationer.

Sammenstillinger af data fra flere danske kystområder viser at der er signifikante, empiriske relationer mellem næringsrigdommen udtrykt ved koncentrationen af total-nitrogen, fytoplanktonbiomassen, lysforholdene og dybdegrænsen for fastsiddende alger og rodfæstede planter (Borum et al., 1990). En tilsvarende relation kunne ikke påvises for fosfor.

Et markant træk for de kystnære områder er den store forekomst af enårige makroalger. Store algemåtter og epifytforekomster domineret af arter af trådalgerne *Pilayella*, *Ectocarpus*, *Ceramium*, *Cladophora* og *Chaetomorpha* og de bladformede *Enteromorpha* og *Ulva* ses i dag på mange typer lokaliteter fra åbne bugter til lukkede fjorde. Langs Øresundskysten er vegetationen fra Charlottenlund i nord til Køge Bugt i syd domineret af brune og grønne (forår) trådalger med særlig store forekomster ved Charlottenlund og i Køge Bugt. Om sommeren er algerne nogle steder dækket af hvide svovlbakterie belægnings. I Det sydfynske Øhav ses store måtter af drivende grønalger om sommeren, og i 1989, hvor *Chaetomorpha* dominerede, blev der målt biomasser på 42 til 223 g tørvægt pr kvadratmeter. En anden grønalge, *Ulva* (søsa-

Figur 8.3
Relation mellem
nedre dybdegrænse
for makrofytter og
henholdsvis lysned-
trængning udtrykt
ved sigtedybde og
totalkvælstof i
danske kystnære
områder (Borum et
al., 1990).



lat), nåede i Seden Strand og Nakkebølle fjord biomasser på omkring 1000 g tørvægt pr kvadratmeter.

Generelt findes de største forekomster af enårige alger i lukkede, lavvandede og stærk næringssaltbelastede fjorde som f.eks. Odense Fjord, Karrebæk Fjord og Sakskøbing Fjord. I de fynske fjorde er der et tydeligt fald i algemængden med afstanden fra kilden.

I de dybere og åbne østjyske fjorde ses en gradient i artsantal og algesammensætning fra de indre mest belastede dele til ydrefjordene med få arter (3-9) og dominans af grøn- og brunalger inderst og flere arter (12-22) og dominans af rød- og brunalger samt ålegræs i de yderste dele. Mængden af enårige makroalger er lavere end i de lukkede fjorde, men om sommeren ses spredte måtter af *Ulva* (inderfjord) og *Ectocarpus* og *Cladophora* (midt- og yderfjorde).

På de åbne kyster er algefloren karakteriseret ved stor diversitet og mange flerårige alger samt rodfæstede planter, men på afgrænsede lokaliteter kan mængden af trådalger også her være relativ stor.

Omkring Bornholm er der siden 1960'erne sket et skift fra algesamfund domineret af de flerårige

alger Blæretang og Savtang til en vegetation med mange enårige arter, især *Cladophora glomerata* og *Ceramium* spp.

På langt sigt er der sket en mindskelse af bundvegetationens dybdegrænser, men fra 1988 til 1989 er der i nogle områder iagttaget en markant øgning i mængden af ålegræs samtidig med at dybdegrænserne er blevet større. Dette gælder især for Limfjorden. Øgningen hænger sandsynligvis generelt sammen med den lille afstrømning i 1989, der også gav lavere fytoplankton-produktioner, som igen gav forbedrede lysforhold ved bunden, men for nogle områder som f.eks. Limfjorden skal øgningen også ses i relation til flere års nedsættelse af nærings-saltbelastningen. Vi ved ikke om fremgangen i 1989 er udtryk for et vendepunkt i udviklingen for bundvegetationen, men den demonstrerer, at nedsættelse af belastningen af de kystnære områder vil have en positiv effekt. Nedsættelse af belastningen kan dog ikke generelt forventes at give umiddelbare forbedringer, idet for eksempel resuspension af bundmateriale vil forsinke bundvegetationens reetablering.

Konklusion: Bundvegetationen i de kystnære områder bærer tydeligt præg af meget næringsrige forhold. Specielt er der sket en markant mindskelse af dybdegrænserne for bundvegetationen i såvel fjorde og bugter som på kysterne ud til de større havområder. Mange fjorde og bugter har høje biomasser af enårige makroalger. Fra 1988 til 1989 er der nogle steder sket en fremgang i udbredelsen af ålegræs. Fremgangen indikerer, at nedsættelse af belastningen kan give umiddelbare forbedringer for bundvegetationen, men dette kan dog ikke forventes i alle områder.

9 Miljøtilstand i forhold til målsætning

9.1 Beskrivelse af målsætning

I forbindelse med recipientkvalitetsplanlægningen er der opstillet økologiske kvalitetsmålsætninger for de danske kystvande (Miljøstyrelsen, 1983). Den generelle målsætning, der skal være opfyldt i alle kystvande, undtagen i begrænsede områder omkring udledninger og ved anden menneskelig aktivitet, f.eks. havne, forudsætter ingen eller kun svag påvirkning af dyre- og planteliv i forhold til den naturlige tilstand i det enkelte område, samt god hygiejnisk vandkvalitet, gode lysforhold, gode iltforhold og lav eller nul-koncentration af toksiske stoffer i vand, sediment og organismer. Biologiske kriterier for den generelle målsætning kan yderligere specificeres som følger: Fytoplankton må kun forekomme i moderate mængder, og der må ikke forekomme unaturlige masseforekomster. Bundvegetationen skal på blød bund bestå af tætte bestande af ålegræs med god dybdeudbredelse, mens algevegetationen på hårdt substrat skal udvise en naturlig zonerings med god dybdeudbredelse, og der må ikke forekomme en unaturlig dominans af enårige alger. Bundfaunaen skal have en høj artsdiversitet med moderate individantal af de enkelte arter og uden ensidig dominans af forureningstolerante dyregrupper. Fiskefaunaen skal bestå af almindelige arter som ål, skrubbe, ising, rødspætte, torsk og ørred uden unormal hyppighed af sygdomme og uden afsmag. Der skal være en sæsonbetinget regelmæssig optræden af sild, hornfisk og makrel, samt på lavt vand af kutlinger og fladfiskeyngel.

For specielle områder er der opstillet skærpede krav i forhold til den generelle målsætning. Dette kan være områder af speciel naturvidenskabelig interesse eller af speciel betydning for fiskeri eller rekreative aktiviteter. Desuden områder med kritiske naturforhold eller referenceområder for den generelle målsætning.

Det er ofte vanskeligt at bestemme et områdes naturlige tilstand, men ud fra observerede udviklinger i miljøtilstanden, samt kendskab til effekter af f.eks. eutrofiering, er det muligt at vurdere omfanget af påvirkning og om målsætningerne er opfyldt.

Ved starten af recipientkvalitetsplanlægningen for kystvandene i 1970'erne var det forudsat, at den generelle målsætning "automatisk" var opfyldt i de åbne farvande. Udviklingen i

1980'erne har imidlertid vist, at dette ikke er tilfældet. Med udgangspunkt i, at den generelle målsætning er gældende for alle danske farvande (undtagen i førnævnte begrænsede områder), er følgende generelle vurdering af miljøtilstanden i de danske farvande foretaget.

9.2 Miljøtilstanden i de forskellige havområder

Nordsøen - Skagerrak

Der er i Nordsøen flere gange i 1980'erne observeret iltsvind og undertiden fiske- og bunddyrdød i bestemte områder langt fra kysten. Iltsvindene er delvist naturbetingede, men sandsynligvis forstærket af den store næringsbelastning til den sydøstlige Nordsø. En del af denne belastning føres også med den Jyske Kyststrøm op langs Jyllands vestkyst og undertiden forbi Skagen. Der er i Vadehavet og ud for Ringkøbing Amtskommune observeret stigende næringsindhold og primærproduktion siden 1984, og i Vadehavet er der konstateret en øget biomasse af bunddyr. Langs hele vestkysten ses næsten årligt, og tilsyneladende med tiltagende hyppighed, masseforekomster af skumalge, *Phaeocystis pouchetii* og morildalge, *Noctiluca scintillans*. Den generelle målsætning synes således ikke opfyldt fuldt ud i især Nordsøen, og er ikke opfyldt i Vadehavet.

Kattegat

I hele Kattegat er der konstateret stigende næringsindhold og i de syd- og vestlige områder en stigende primærproduktion. I 1980'erne er der ofte observeret unormale masseforekomster af planktonalger som *Ceratium*, *Gyrodinium aurelium* og *Chrysochromulina polylepis*. Det sydlige Kattegat er næsten årligt ramt af alvorlige iltsvind, bundfaunaen er i tilbagegang. Renta-belt fiskeri efter rødspætter og jomfruhummere er ophørt. Den generelle målsætning er således ikke mere opfyldt i det sydlige Kattegat.

I det nordlige Kattegat er miljøtilstanden endnu ikke så dårlig, men der er en række tegn på stigende eutrofiering. Der er i 1980'erne ofte observeret relativt lave iltindhold i det indstrømmende bundvand. Iltforholdene langs Jyllands østkyst er gradvist forringet, og bundfaunaens biomasse er øget som konsekvens af en stigende primærproduktion. Dog synes bundvegetationen omkring Læsø stadig upåvirket. Den generelle målsætning er stadig opfyldt men truet i det nordlige Kattegat og tilgrænsende Skagerrak.

Limfjorden

I Limfjorden har næringsindholdet i 1980'erne generelt været højt med stor fytoplankton produktion og ringe sigtedybde til følge. Det pelagiske system udviser store svingninger i både fytoplankton og zooplankton som tegn på ubalance, og masseforekomster optræder jævnligt. Der er hyppigt langvarige og udbredte iltsvind i op til 30% af fjordens areal med bunddyrdød til følge og fiskebestandene er gået stærkt tilbage. Bundfaunaen er stærkt påvirket af eutrofiering og iltsvind. Bundvegetationen er kraftigt reduceret i areal og dybdeudbredelse. Den generelle målsætning er således ikke opfyldt i Limfjorden.

Der er allerede i begyndelsen af 1980'erne igangsat tiltag til reduktion af næringsaltbelastningen gennem forbedret spildevandsrensning. Fosforbelastningen er siden 1983 reduceret med 17% indtil 1988, mens den nedbørskorrigerede nitrogen-belastning stort set er uændret. Der er konstateret mindre forbedringer i iltforholdene og bundfaunaen i nogle områder (mellem Hals og Aggersund), mens der i andre ikke kan ses ændringer, eller miljøtilstanden er blevet forværret, især i de mest lukkede områder. Selvom primærproduktionen i Limfjorden synes fosfor-begrænset i en kortere periode om foråret, skal der tilsyneladende en betydelig reduktion i nitrogen-belastningen, som f.eks. den mindre afstrømning i 1989, til før miljøtilstanden forbedres væsentligt, muligvis p.g.a. intern P-belastning ved sedimentfrigivelse.

Nissum Fjord - Ringkøbing Fjord

I disse lavvandede fjorde er der fra 1970'erne til 1980'erne sket en drastisk ændring fra et bundvegetationsdomineret til et fytoplanktondomineret samfund med ringe sigtedybde, iltsvind, bunddyrdød og undertiden fiskedød, bl.a. p.g.a. forhøjet pH (Nissum Fjord).

Fosfor-belastningen til Nissum Fjord blev i 1988 reduceret med 23% i forhold til 1984, hvilket medførte tilbagevenden af blomsterplanter i Felsted Kog, men den reducerede belastning har ellers endnu ikke haft en klar effekt på fjordens økologi. Heller ikke i Ringkøbing Fjord er der sket en forbedring. I begge fjorde medfører den blotlagte fjordbund ringe sigtedybde p.g.a. resuspenderet materiale. Dette vil forsinke effekten af mindskede næringstilførsler, idet bundvegetationen kun langsomt vil kunne retablere sig. Den generelle målsætning er ikke opfyldt.

De Sønderjyske Fjorde

De sønderjyske kystvande er eutrofierede i stigende grad med stigende intern belastning, stigende primærproduktion, iltsvind, forekomster af forureningstolerante dyr og planter, reduktion af bundvegetationens dybdegrænser og stærk tilbagegang af økonomisk vigtige fiskearter til følge. Den generelle målsætning er ikke opfyldt.

Århus Bugt - Kalø Vig

De indre dele af Århus Bugt og Kalø Vig har trods stor vandudveksling med Kattegat forhøjede næringskoncentrationer og tendens til forhøjet fytoplankton biomasse og produktion, og masseforekomster optræder ofte. Iltsvind i området strækker sig over en længere periode og er generelt kraftigere end i de øvrige områder omkring Djursland. Bundfaunaen er overalt påvirket af spildevand og består af robuste arter, der undertiden slås ud af iltsvind. Ålegræssets dybdegrænse og arealudbredelse er ca. halveret siden 1900, og vegetationen er stærkt påvirket af eutrofiering. Den generelle målsætning er ikke opfyldt. Det samme gælder området ud for Fornæs p.g.a. spildevandsbelastning, samt i Randers Fjord - Hevring Bugt og Mariager Fjord.

Horsens Fjord - Vejle Fjord - Kolding Fjord

Den generelle målsætning er ikke opfyldt i disse fjorde, der alle er præget af forhøjede næringsbelastninger med tydeligt stigende koncentrationer ind gennem fjordene. Dette afspejles igen i generelt højere fytoplanktonforekomster i inderfjordene. Bundvegetationen forarmes markant ind gennem fjordene med faldende antal arter, skudtæthed og dybdeudbredelse. Desuden forekommer iltsvind, især i de dybeste lagdelte områder og specielt i Vejle yderfjord. Nedsættelse af forsforbelastning i Horsens og Kolding Fjorde har kunnet ses ved vandkemi-målinger, men har endnu kun i mindre omfang vist biologiske effekter.

I nærområdet omkring Endelave må den generelle målsætning ud fra vegetationsundersøgelser, siges at være opfyldt, selvom der også her er tegn på en vis eutrofiering og årligt tilbagevendende iltsvind i de tilstødende vandområder.

Lillebælt

Miljøforholdene i Lillebælt viser forhøjede koncentrationer af næringsstoffer og planktonalger, specielt i snævringen, udbredt og længe-

revarende iltsvind i nordlige og sydlige Lillebælt, reduktion af bundvegetationens dybdeudbredelse og øget forekomst af eutrofierings-tolerante alger, iltsvindspåvirket bundfauna, især i de sydlige dele og bestandstilbagegang i de økonomisk og vægtmæssigt mest betydende fiskearter. Miljøtilstanden i Lillebælt er gradvist forværret siden midten af 1970'erne, og den generelle målsætning er idag ikke opfyldt.

Farvandene omkring Fyn

Næringsindholdet synes specielt for P steget mere end belastningen, indikerende en stigende akkumulering/intern belastning i området. Fytoplanktonets biomasse og produktion er steget frem til 1980/81, og der forekommer undertiden masseopblomstringer. Iltindholdet er faldet i sedimentationsområderne og i Storebælts strømrender. Store dele af farvandene rammes hvert år af iltsvind, en del af disse områder i sammenhængende 3 måneder (august-oktober). Bundfaunaen reduceres årligt i iltsvindsområderne og er kraftigt reduceret i samtlige sedimentationsbassiner i Lillebælt og i Ringsgårdbassinnet. Dybdegrænsen for ålegræs er reduceret med 4 m til 4-6 m og udbredelsen med 50% siden århundredeskiftet. Forekomsten af enårige alger er tiltaget, især i beskyttede næringsbelastede områder, men også i de mere åbne områder som det Sydfynske Øhav. I en række områder er flerårig bundvegetation helt forsvundet. Det kan generelt siges, at målsætningen i de fynske farvande ikke er opfyldt. Kun i den åbne del af Storebælt vurderes målsætningen at være opfyldt i perioder, omend stærkt truet af stadig hyppigere og længerevarende forekomst af iltsvind, samt nedgang i fiskebestandene. Det samme gælder de åbne dele af det sydlige Bælthav sydøst for Langeland.

Isefjord - Roskilde Fjord

I Roskilde Fjord er ålegræssets dybdeudbredelse siden 1970'erne reduceret fra 5 m til 2 m, mens fytoplankton og enårige alger er øget kraftigt og sigtedybden gået ned. Noget tilsvarende har fundet sted i Isefjorden, hvor et af de væsentligste problemer er tilslamning af bunden, idet 2/3 af fjorden er dækket af tykke slamlag, der medfører dårlige iltforhold, ændringer i bundfauna sammensætning og dermed fødegrundlag for fisk. Eutrofieringen er værst i de inderste dele af fjordsystemet, hvor der på lavere vand udvikles store mætter af enårige alger. Den generelle målsætning er ikke opfyldt i fjordkomplekset.

Øresund

I Øresund er der observeret en række lokale eutrofieringseffekter som slamaflejringer, store forekomster af enårige alger langs kysterne, samt reduktion af vegetationens dybdeudbredelse. Desuden ses øgede nitrogenniveauer og øget fytoplankton biomasse og produktion. På dybere vand optræder efterhånden årligt alvorlige iltsvind, og erhvervsfiskeriet er gået stærkt tilbage både på dansk og svensk side. Trods stor vandudveksling er opfyldelsen af den generelle målsætning stærkt truet i Øresund, dels p.g.a. lokal belastning, dels p.g.a. af forholdene i de tilstødende farvande, især det sydlige Kattegat.

Køge Bugt

I Køge Bugt er de største eutrofieringsproblemer produktionen af store mængder enårige alger langs kysterne, samt næsten årlige kraftige iltsvind i de dybere dele. Den generelle målsætning er ikke opfyldt.

Farvandene omkring Storstrøms Amtskommune

I de mere lukkede fjorde og sunde med relativt lille vandskifte som Nakskov Fjord, Sakskøbing Fjord, Hunseby Strand, Karrebæk Fjord, Stege Nor, Dybsø Fjord, Præstø Fjord og Guldborgsund, er der forhøjet til stærkt forhøjet næringsindhold, og undertiden iltsvind. Bundvegetationen fremtræder som stærkt til middel påvirket af eutrofiering med store mængder af løstliggende enårige alger. Den generelle målsætning er ikke opfyldt i disse områder. Smålandsfarvandet fremtræder som let til middelsvært belastet, og trods ringe vanddybde og stor vandudveksling optræder undertiden iltsvind. Opfyldelsen af den generelle målsætning må betragtes som truet i Smålandsfarvandet.

Arkona Bassinet

I Arkona Bassinet var iltforholdene allerede i 1970'erne undertiden relativt dårlige, men er blevet forværret i 1980'erne, således at den i forvejen forarmede bundfauna i de dybere dele blev udryddet i juni 1989 og p.g.a. tilbagevendende iltsvind vil få svært ved at retablere sig. Opfyldelsen af den generelle målsætning må siges at være stærkt truet i området, idet forværingen i iltforholdene er kulturbetinget og sket siden 1950'erne.

Farvandene omkring Bornholm

Bornholms kyster er åbne og en del af den egentlige Østersø. Der forekommer ikke iltsvind i de bornholmske kystvande og forholdene følger i høj grad udviklingen i den øvrige Østersø. Der er tiltagende eutrofiering med årlige opblomstringer af blågrønalger, især *Nodularia spumigena*, samt tilbagegang af blæretang og savtang, der afløses af enårige alger som *Cladophora glomerata* og *Ceramium* spp. til gene for fiskeri og turisme, især på syd- og vestkysten. Foruden disse tegn på stigende eutrofiering er der i de senere år observeret stigende problemer med møg i fiskegarn. Møget består af en slimet masse med ubestemmeligt indhold af organiske rester og enkelte levende ciliater og encellede alger. Møget nedsætter garnenes effektivitet og er besværligt at vaske bort. Møget er formodentligt et led i omsætningen af en øget produktion af organisk stof p.g.a. eutrofiering. Der er således væsentlige tegn på en øget eutrofiering, og den generelle målsætning må siges at være truet i de bornholmske kystvande.

9.3 Konklusion

Den generelle målsætning om et upåvirket eller kun svagt påvirket dyre- og planteliv i de danske farvande, er ikke opfyldt i de allerfleste kystnære farvande og slet ikke i de mere lukket bugter og fjorde. Målsætningen er heller ikke opfyldt i det sydlige Kattegat. Målsætningen er desuden truet eller stærkt truet i en stor del af de mere åbne farvande som Smålandsfarvandet, Storebælt, det sydlige Bælthav, Arkona Bassinet, Øresund, det nordlige Kattegat og den vestlige Nordsø.

10 Sammenfatning

De hydrografiske forhold i 1989 var præget af en periode fra oktober 1988 til og med marts 1989 med unormalt kraftige vinde fra vest og sydvest. Dette gav en kraftig aktivitet i Den Jyske Kyststrøm. En vandmasse med forhøjede næringssaltkoncentrationer blev presset ind i Kattegat som bundvand. Vandmassen kunne spores på DMU's togter gennem 1989, og det ekstra nitrogen input blev samlet beregnet til minimum 13.000-17.000 tons nitrogen. Det er første gang siden monitoringsprogrammet begyndte i 1974, at der har været et inflow af denne størrelse. Der har dog sandsynligvis undertiden været mindre inflow.

Vandudvekslingen gennem bæltterne til og fra Østersøen viste en indstrømning i januar og februar, en udstrømning i marts og april. Der var 3 uger omkring den 1. august med kraftig vind og strøm, der dog ikke forbedrede iltforholdene. Resten af året var strømmen skiftende og netto svagt nordgående. Vinden var under middel i hele efteråret.

Totalt var vandudvekslingen ringe, der blev kun transporteret 250 km³ ud gennem Storebælt, mod normalt 320 km³. Specielt i de sidste 7 måneder af året var udstrømningen ringe. De skiftende ud- og indstrømninger fra Østersøen kan ses i de amtskommunale målinger og på DMI's kyststationer med salinitetsmålinger. De ringe vind- og strømenergier havde stor betydning for varigheden af iltsvindet i bundvandet. Året 1989 fik et kraftigere iltsvind end et normalt år med samme belastning.

Afstrømningen fra land var under middel i 1989. Dette medførte, at udvaskning af nitrogen fra land var mindre og gav en ringere belastning af havet end normalt i 1980'erne. Indstrømningen fra Skagerrak udgjorde en ekstra belastning i forhold til et normalt år. Dette medførte, at de næringssalte der var tilgængelige for produktion i forårs- og sommerperioden var ca. 5% større end middel for 1980'erne.

Den mindre belastning fra land kan også ses i de amtskommunale data. Koncentrationerne af næringssalte er lavere end middel for 80'erne i lukkede fjordområder. Dette har givet bedre forhold for bundvegetation og bundfauna, specielt i Limfjorden. De ekstra næringssalte fra den Jyske Kyststrøm kom ikke ind i Limfjorden. I anden halvdel af 1989 blev forholdene i de åbne kystområder påvirket af de ekstra næringsalte fra denne strøm.

Der er i den afstrømningskorrigerede N-koncentration i 3 danske vandløb og dermed i N-be-

lastningen til farvandene observeret en stigning på ca. 2,5% pr. år fra 1967 til 1978, hvorefter N-koncentrationen i danske vandløb har været nogenlunde konstant (Kristensen et al, 1990), og N-belastningen til farvandene er derfor betinget af afstrømningens størrelse. I overensstemmelse med udviklingen i afstrømningen er der fra 1975 til 1981 sket en stigning i vinterkoncentrationen af uorganisk nitrogen i farvandene, hvorefter koncentrationsniveauet gennem 1980'erne ikke viser nogen generel udvikling, men varierer omkring et højt niveau. Stigningen fra sidste halvdel af 1970'erne til 1980'erne er kraftigst på stationerne i Bælthavet og i Kattegat. Der kan knapt ses nogen stigning i den egentlige Østersø, begyndende øst for Gedser Rev og syd for Dragør-Limhamn. I Skagerrak er stigningen i de uorganiske nitrogenkoncentrationer også mindre end i de indre danske farvande.

Koncentrationerne af silikat er faldende overalt, mest i de områder, hvor uorganisk nitrogen stiger mest. Fosfat koncentrationen udviser kun få steder en stigning, dette er specielt i den egentlige Østersø. I Øresund er der et svagt fald.

Endringerne betyder sammenlagt, at der må påregnes et skift i fytoplanktonsammensætningen, således at kiselalger vil gå relativt tilbage.

Udviklingen i opløst nitrogen har medført en stigning i dagsproduktionen af fytoplankton, stort set en fordobling siden 1970'erne.

I perioden 1980-89 har masseopblomstringer af fytoplankton været almindelige i de danske farvande, og i mange fjorde og bugter er de blevet et årligt tilbagevendende fænomen.

Iltkoncentrationerne har i de sidste 9 år udvist et generelt fald. Iltsvindets størrelse kan i de enkelte år tydeligt relateres til næringssaltkoncentrationerne og vandtransporterne. Den iltmodel, der blev udviklet under HAV-90 blev verificeret ved at benytte data for 1989. Verifikationen viser, at iltsvindet størrelse i høj grad kan forudsiges, når vind, næringssalte og strøm kan benyttes som tvangsfunktioner.

Sammenlignes de enkelte år udviser 1988 det kraftigste iltsvind og 1982 det mindste i perioden 1982-89.

Biomasse og individtæthed af bundfaunaen synes generelt at øge i det nordlige Kattetat, Vadehavet, sydøstlige Skagerrak, langs Nordjyllands østkyst og i et område ud for Fornæs. I disse områder findes ingen observationer om, at ilt-

koncentrationerne i bundvandet har haft kritiske niveauer for makrobenthos trods faldende tendens i Kattegat, og den simpleste forklaring til denne stigning er, at den er et svar på en forøget belastning med organisk stof. En reduceret biomasse igennem 80'erne er signifikant i de åbne dele af det sydlige Kattegat, hvor det er belagt, at iltkoncentrationerne har opnået kritiske niveauer under den aktuelle periode. I andre, mere kystnære områder f.eks. farvandet omkring Fyn, hvorfra man har tidsserier, er det vanskeligt at se trender i de sidste 10 år. Sammenlignes disse med målinger fra begyndelsen af århundredet ses en markant tilbagegang også i de kystnære områder.

Nedgangen i fangsttal og bestandene af torsk og rødspætte i Kattegat og Bælthavet synes at hænge sammen med den stigende eutrofiering og stadig hyppigere iltsvind. Et øget fiskeri kan ikke forklare nedgangen i bestandene, og et rentabelt fiskeri efter jomfruhummer og rødspætte er ikke længere muligt i det sydlige Kattegat og Bælthavet.

Bundvegetationen i de kystnære områder bærer tydelige præg af meget næringsrige forhold. Specielt er der sket en markant mindskelse af dybdegrænserne for bundvegetationen i såvel fjorde og bugter som på kysterne ud til de større havområder. Mange fjorde og bugter har høje biomasser af enårige makroalger. Fra 1988 til 1989 er der nogle steder sket en fremgang i udbredelsen af ålegræs. Fremgangen indikerer at nedsættelse af belastningen kan give umiddelbare forbedringer for bundvegetationen, men dette kan dog ikke forventes i alle områder.

Samtlige problemer med opfyldelse af den generelle målsætning og forringet miljøkvalitet, kan tilskrives forøget belastning med næringsalte, først og fremmest nitrogen og til dels fosfor. Enkelte er kun i ringe grad forårsaget af danske udledninger. Dette gælder først og fremmest forholdene i Nordsøen og den egentlige Østersø incl. Arkona Bassinet. I de åbne indre farvande indgår belastning fra vore nabolande Sverige, Øst- og Vesttyskland på linie med den danske belastning, og fjerntransport fra især Nordsøen og i mindre grad Østersøen kan undertiden spille en rolle. Dette bekræfter behovet for internationalt samarbejde om reduktion af næringsbelastningen til havområderne. Når indtransport fra Østersøen i denne sammenhæng spiller en mindre rolle trods stor belastning til Østersøen, skyldes det, at vandets midleopholdstid her er meget lang (20-30 år), således at hovedparten af belastningen når at blive elimineret før udstrømningen gennem de danske farvande, enten ved denitrificering af nitraten eller ved deponering i sedimenterne af især

fosfat. Koncentrationerne af omsættelige næringsstoffer i det fra Østersøen indstrømmende vand er betydeligt lavere end i de indre danske farvande og Skagerrak/Nordsøen og har generelt stadig en væsentlig fortyndende effekt, trods let stigende niveauer af næringssalte i Østersøen. Derimod er transporttiden fra Tyske Bugt til Skagerrak og evt. ind i de indre farvande kun måneder, så mulighederne for eliminering af omsættelige næringsstoffer er stærkt begrænset. Kun i vinter/forårsperioden transporteres uorganiske næringssalte i den Jyske Kyststrøm, mens disse i resten af produktionsperioden er indbygget i organisk stof. Sidstnævnte kan imidlertid p.g.a. nedbrydning under iltforbrug reducere iltindholdet i det fra Skagerrak indstrømmende bundvand til de indre danske farvande og derved forstærke iltsvindene her.

De forværede miljøforhold i de indre danske farvande er imidlertid først og fremmest bestemt af de direkte belastninger, hvilket ses af, at næringsindholdet i selv de åbne farvande normalt er højere og steget kraftigere end i både Østersøen og Skagerrak/Nordsøen (når der ses bort fra den Jyske Kyststrøm) og følger variationerne i den lokale belastning nøje.

En forbedring af miljøtilstanden i de indre danske farvande og mere lukkede fjordområder mod Nordsøen kræver først og fremmest en reduktion i den direkte næringsbelastning.

Vandmiljøplanens målsætning er at reducere belastningen fra Danmark med henholdsvis 80% for fosfor og 50% for nitrogen inden udgangen af 1993. Udbygningen af rensningen af spildevand fra bebyggelse og industri tegner til at blive gennemført planmæssigt, hvilket vil medføre, at målsætningen vedrørende reduktionen i fosforbelastningen sandsynligvis vil blive opnået, mens effekten på nitrogenbelastningen generelt vil være ringe, da hovedparten af nitrogenbelastningen sker via diffus udvaskning fra jorden, især landbrugsarealer. Gennemførelsen af spildevandsrensningen vil sandsynligvis medføre forbedringer i en del mere lukkede områder, hvor der ofte er fosfor-begrænsning af primærproduktion i en kortere periode om foråret og, hvor spildevandets nitrogen-belastning har en væsentlig betydning, idet det udledes konstant over året og dermed også i produktionsperioden, mens kvælstof-udvaskningen især finder sted om vinteren (jfr. kapitel 4). Effekten af spildevandsrensningen alene synes dog at være af begrænset og lokal virkning, jfr. de hidtil begrænsede forbedringer opnået ved begrænsning i fosfor-belastningen til Limfjorden, Nissum Fjord, Kolding Fjord og Horsens Fjord, hvor manglen på effekter dog kan skyldes frigivelse af fosfat fra sedimenterne (intern belastning).

En væsentlig forbedring i miljøtilstanden både i de kystnære områder og i de åbne danske farvande opnås kun ved en væsentlig reduktion i nitrogen-belastningen svarende til Vandmiljøplanens målsætning på 50%. Dette illustreres af, at den naturbetingede reducerede nitrogen-belastning i 1989 straks medførte positive forbedringer i miljøtilstanden i en række marine områder, der ikke i væsentlig grad påvirkedes af det exceptionelle inflow af nitrat fra Tyske Bugt.

- Andersson, L. & L. Rydberg (1988). Trends in nutrient and oxygen conditions within the Kattegat: Effects of local nutrient supply. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 26: 559-579.
- Baden, S.P. (1990). The ecology and physiology of epibenthic crustaceans used as biomarkers of oil pollution and hypoxia. Disputats, Göteborgs Universitet. 136 pp.
- Borum, J., O. Geertz-Hansen, K. Sand-Jensen og S. Wiium-Andersen (1990). Eutrofiering - effekter på marine primærproducenter. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, C3, Miljøstyrelsen, København.
- Dahl, E., D. S. Danielssen & P.T. Hognestad (1990). Hydrografisk snitt Torungen - Hirtshals 1989. Flødevigen Meldinger nr. 1-1990; 28 pp.
- Edler, L. (1984). Västerhavet. I: Gødning av havsområder kring Sverige. En kunskapsöversikt. Red.: R. Rosenberg. Naturvårdsverket, PM 1808, Stockholm, : 74-111.
- Geertz-Hansen, O. (1989). Vækst og omsætning af søsalat *Ulva lactuca* langs en næringsstofgradient i Roskilde Fjord. Ph. D. afhandling, Københavns Universitet.
- Gerlach, S.A. (1990). Nitrogen, phosphorus, plankton and oxygen deficiency in the German Bight and in Kieler Bucht. (In press).
- Hansen, I.S., L.A. Jørgensen & G. Ertebjerg (1990). Danmarks Hydrografi 1989. (in press).
- Hansen, I.S., F. Bo-Petersen, L.A. Jørgensen & G. Ertebjerg (1990). Analyse af iltsænkning i Kattegat, Bælthavet og vestlige Østersø. HP-90 projekt 2-19 (in press).
- ICES (1990). Baltic Fish. I: Second periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1984-1988. Background document. Baltic Sea Environment Proceedings No. 35B (in press).
- Kristensen, J. (1987). Planktonundersøgelse i Isefjord 1984-85. Hydrografi; Forekomst af copepoder i Isefjord Inderbredning med særligt henblik på den islagte periode i 1985. Specialerapport, Københavns Universitets Zoologiske Museum, 84 pp.
- Kristensen, K.B. (1990). Analysis of time series from the two Danish light Vessels "Vyl" and "ER". HP-90 projekt 2-05.
- Kristensen, P. et al. (1990). Ferske vandområder - Vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1989. Danmarks Miljøundersøgelser (in press).
- Miljøstyrelsen (1983). Vejledning fra Miljøstyrelsen. Del II. Kystvande. Vejledning Nr 2/1983, 95 pp.

- Miljøstyrelsen* (1984). Iltsvind og fiskedød i 1981. Omfang og årsager. *Miljøstyrelsen*, 247 pp.
- Miljøstyrelsen* (1989). Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Miljøprojekt nr. 115, 64 pp.
- Miljøstyrelsens Havforureningslaboratorium* (1988). Retningslinier for marin overvågning. *Danmarks Miljøundersøgelser*.
- Pearson, T.H. & R. Rosenberg* (1978). Macroben-
thic succession in relation to organic
enrichment and pollution of the marine
environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16:
229-311.
- Richardson, K. & A. Christoffersen* (1990). Sea-
sonal distribution and production of phyto-
plankton in the southern Kattegat. (In
press.)
- Richardson, K. & T.S. Jacobsen* (1990). Jyl-
landsstrømmen - en transportmekanisme fra
Tyske Bugt til Kattegat? NPO-projekt 2-05.
- Schrøder, H.* (1984). Udviklingen i kvælstof-
tabene fra dansk landbrug og konsekvenserne
for vandmiljøet. *Vandkvalitetsinstituttet*,
Hørsholm, 186 pp.
- Schulz, S., G. Breuel, A. Irmisch & H. Siegel*
(1984). Results of ecological investigations
during the spring bloom in the Arkona Sea.
Ophelia, Suppl. 3: 213-227.
- Wulff, F.* (1979). The effects of sampling fre-
quency on estimates of the annual pelagic
primary production in the Baltic. In: *The use
of ecological variables in environmental mo-
nitoring*. *Naturvårdsverket*, PM 1151: 147-150.

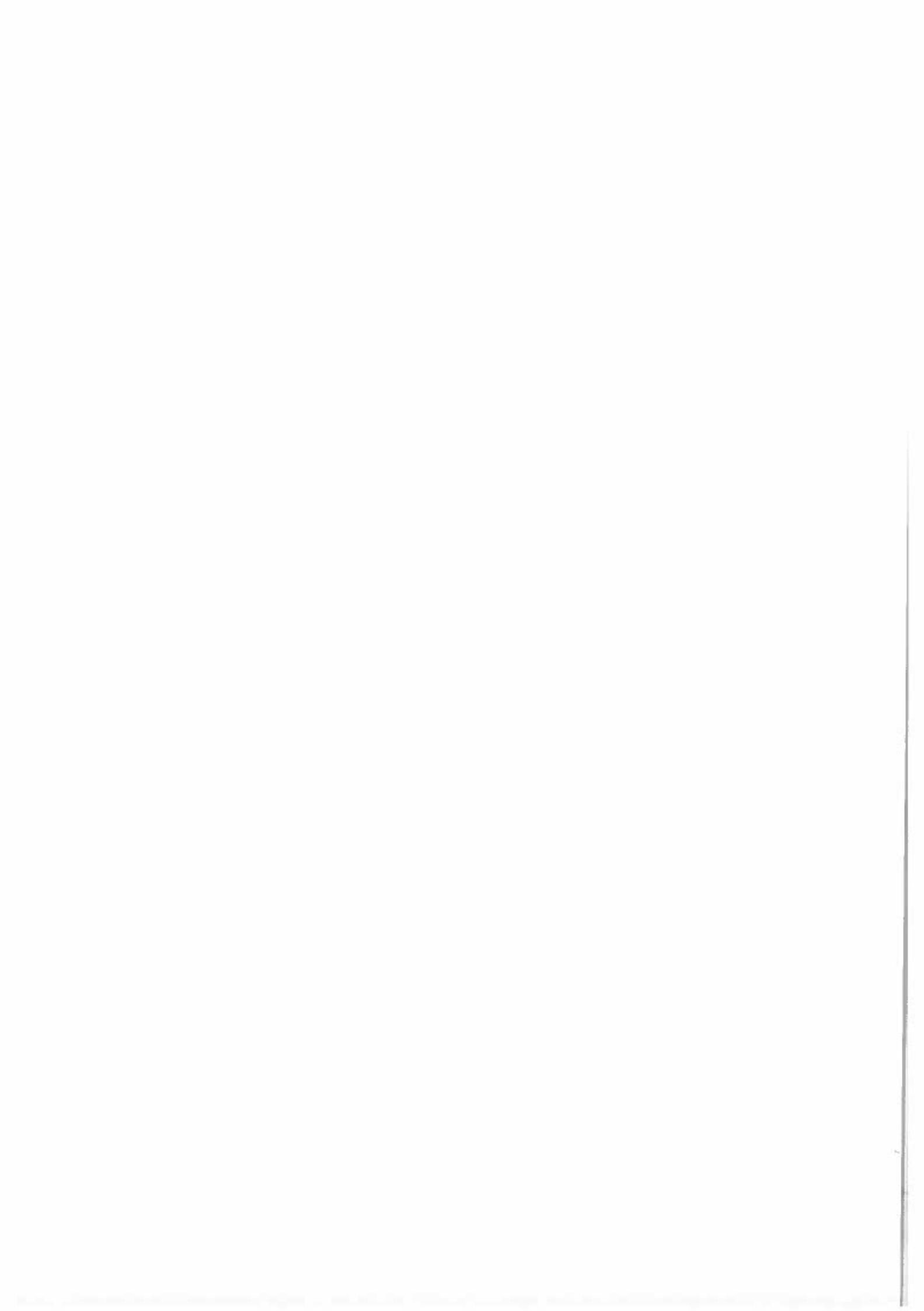
Oversigt over materiale fra amterne:

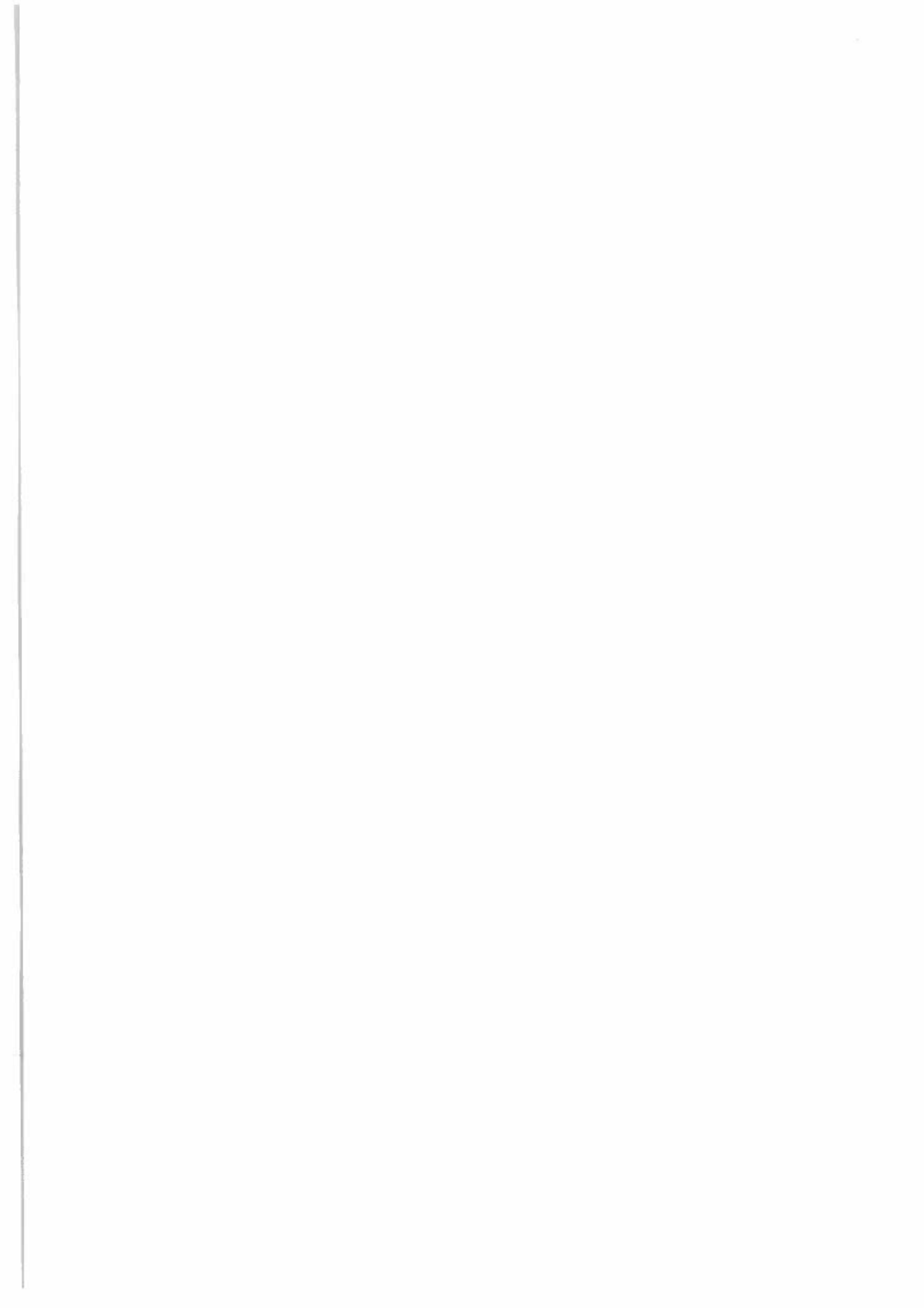
<i>Bornholm</i>	Vandmiljø og overvågning.	69 s
<i>Frederiksborg</i>	De kystnære vandområder i Frederiksborg amt 1987 til 1989.	41 s + bilag
<i>Fyn</i>	Havet omkring Fyn.	287 s
	Vandmiljø overvågning. Lillebælt 1989.	50 s
	Odense Fjord 1976-1988.	30 s
	Helnæs Bugt 1978-1989.	20 s + bilag
	Nakkebølle Fjord.	13 s + bilag
	Thurø bund 1989.	10 s + bilag
	Skårupøre Sund 1989.	11 s + bilag
	Vejlen 1977-1989.	15 s + bilag

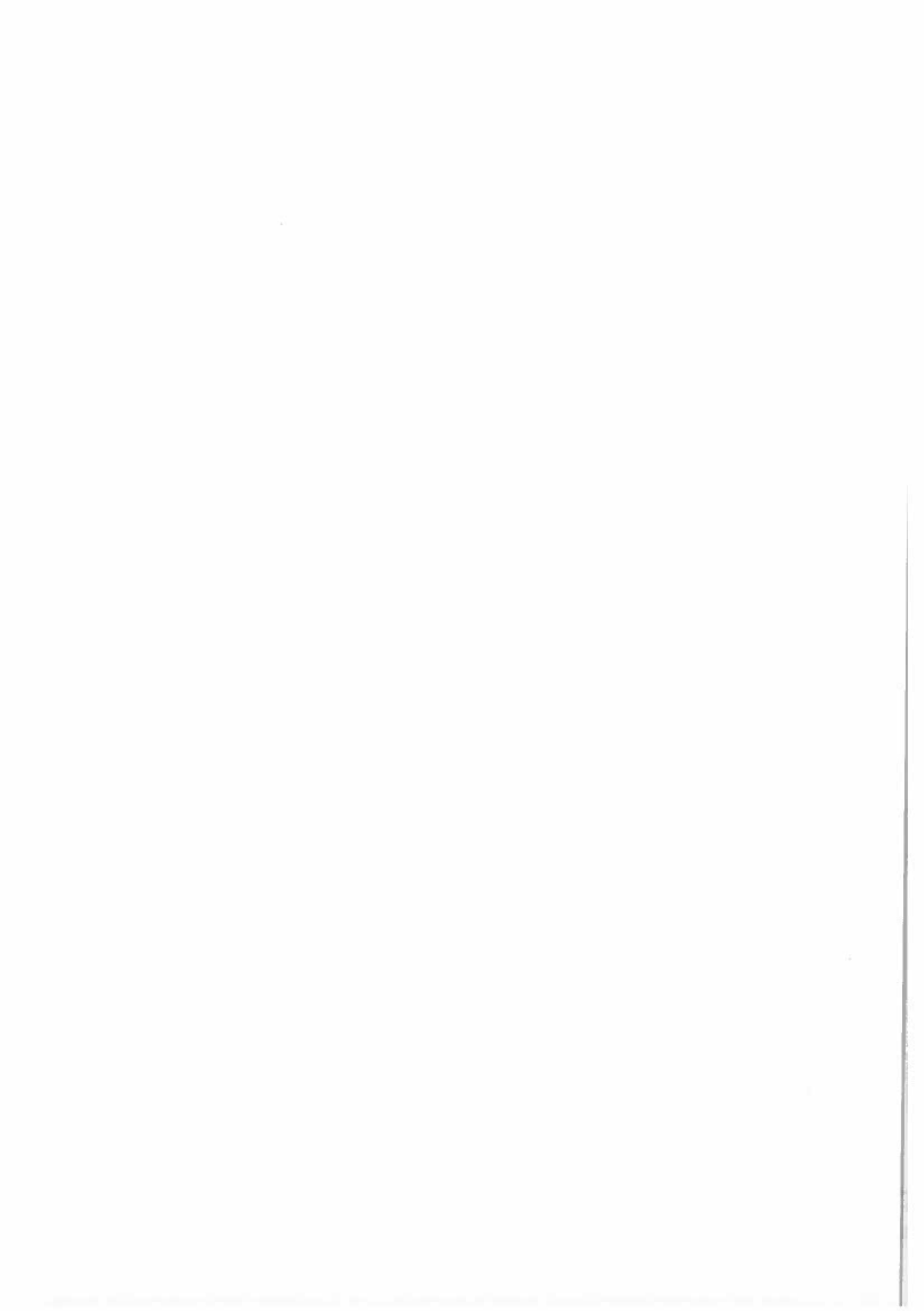
	Vandmiljø overvågning. Kystvandene 1989.	142 s + bilag
	Trådalger i det Sydfynske Øhav.	video
<i>Københavns amt</i>	Vandmiljøplanens Overvågnings- program. Kystvande afrap. 1989.	96 s
<i>Københavns kommune</i>	Brev af 30.april 1990.	4 s
<i>Nordjylland</i>	Vandmiljø overvågning. Hav og fjord	23 s + bilag
<i>Ribe</i>	Vandmiljø og overvågning. Marine områder.	119 s + bilag
<i>Ringkøbing</i>	Statusbeskrivelser 1989.	14 s
	Vandkvaliteten i Vesterhavet 1989.	59 s
	Vandkvaliteten i Vesterhavet 1984 - 1988.	115 s
	Vandkvaliteten i Vesterhavet 1984 - 1988.	bilag
	Phyto- og protozooplankton. Vesterhavet 1988.	73 s
	Vandkvalitet Ringkøbing Fjord 1986 - 88.	67 s
	Vandkvaliteten i Ringkøbing Fjord 1989.	44 s
	Vandkvalitet i Nissum Fjord 1986, 1987 og 1988.	93 s
	Vandkvalitet i Nissum Fjord 1986, 1987 og 1988.	bilag
	Vandkvaliteten i Nissum Fjord 1989.	44 s
	Bundvegetation Nissum Fjord 1988.	57 s
	Phyto- og zooplankton. Nissum Fjord 1988.	68 s + bilag
	Databehandling af tilsynsdata fra Skagerrak/Nordsøen 1986-1989.	72 s
	Databehandling 1986-1989. Nordsøen & Skagerrak.	bilag
	Limfjorden. Vandmiljø - udvikling og status 1974-1988.	169 s
	Limfjorden 1985-1989. Vandkvalitetsdata.	bilag

<i>Roskilde</i>	Kystnære farvande. Roskilde Fjord, Isefjord, Køge Bugt.	74 s
<i>Storstrøm</i>	Vandmiljøet i kystvande omkring Storstrøms amt 1972-1989.	235 s + bilag
<i>Sønderjylland</i>	Vandmiljø overvågning. Lillebælt 1989.	33 s + bilag
	Vandmiljø overvågning. Kystvande. Teknisk rapport.	23 s
	Vandmiljø overvågning. Kystvande. Bilag 1-6.	bilag (2 bind)
<i>Vejle</i>	Vandmiljø og overvågning. Vejle amt 1989. Samlenotat.	135 s
	Vandmiljø og overvågning. Vejle amt 1989. Kystvande.	bilag
	Vandmiljø overvågning. Lillebælt 1989.	33 s + bilag
	Vandkvalitetsundersøgelser i Horsens, Vejle og Kolding fjorde.	55 s
	Planteplanktonundersøgelser i Horsens, Vejle og Kolding fjorde.	71 s + bilag
	Vegetationsundersøgelser i kystvandene.	44 s + bilag
	Bundfaunaundersøgelser. Vejle amt 1919-1988.	96 s
<i>Vestsjælland</i>	Vandmiljøplan. Overvågning af kystvande 1989.	bilag
<i>Viborg</i>	Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Samlerapport 1989.	22 s
	Vandmiljø overvågning. Vesterhavet 1989.	7 s + bilag
	Viborg amtskommune. Recipientkvalitetsplan 1989-2000.	400 s
<i>Århus</i>	Næringssalttilførsel til havområder fra Århus amt i 1989.	47 s + bilag
	Undersøgelser i Randers fjord og Hevring bugt.	11 s + bilag
	Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof. Århus Bugt Kalø Vig. Status 1989.	18 s
	De frie vandmasser. Århus bugt og Kalø vig. Status 1989.	152 s + bilag

Bundfaunaundersøgelser 1975-88 Århus Bugt og Kalø Vig. Status 1989.	80 s + bilag
Bundvegetation. Århus Bugt og Kalø Vig. Status 1989.	62 s + bilag
Recipientundersøgelser og spildevandsudledning ved Fornæs 1986-89	61 s + bilag
Vegetationsundersøgelse omkring Fornæs, 1989.	55 s
Diverse farveplots.	bilag







Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.

Opgaverne er at varetage og rådgive om dataindsamling og øge kendskabet til de processer og sammenhænge i naturen, der er af betydning for såvel anvendelsen som beskyttelsen af Danmarks natur- og miljøverdier.

Desuden skal Danmarks Miljøundersøgelser udvikle værktøjer og metoder, der kan sikre en sammenhængende og konsekvent politisk prioritering samt formidle resultaterne af forskningen og rådgive offentlige myndigheder og private virksomheder.

Den overordnede ledelse af Danmarks Miljøundersøgelser varetages af en bestyrelse, mens den daglige ledelse varetages af direktør og vicedirektør. Institutionen er i øvrigt organiseret med et økonomi- og personalesekretariat, et forsknings- og udviklingssekretariat og syv forskningsafdelinger.

Direktion:

Direktør Henrik Sandbech
Vicedirektør John Tychsen
Direktionssekretær Jytte Keldborg

Økonomi- og personalesekretariat:
Sekretariatschef Marianne Viltøft

Forsknings- og Udviklingssekretariat:
Vicedirektør John Tychsen

Adresse: Danmarks Miljøundersøgelser
Thoravej 8, 2450 København NV
Tlf. 31 19 77 44
Telefax: 38 33 26 44 og 31 19 76 92

Forskningsafdelinger:

Afd. for Forureningskilder og
Luftforurening
Forskningschef: vakant
Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde
Tlf. 42 37 11 37. Telefax: 42 37 21 03

Afd. for Miljøkemi
Forskningschef: vakant
Mørkhøj Bygade 26 H, 2860 Søborg
Tlf. 31 69 70 88. Telefax: 31 69 88 07

Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi
Forskningschef: Merete Reuss
Jægersborg Allé 1B, 2920 Charlottenlund
Tlf. 31 61 14 00. Telefax: 31 61 09 06

Afd. for Ferskvandsøkologi
Forskningschef: Torben Moth Iversen
Lysbrogade 52, 8600 Silkeborg
Tlf. 86 81 07 22. Telefax: 86 81 14 13

Afd. for Terrestrisk Økologi
Forskningschef: Hans Løkke
Vejlsovej 11, bygn. J., 8600 Silkeborg
Tlf. 86 81 60 99. Telefax: 86 81 49 90

Afd. for Flora- og Faunøkologi
Forskningschef: Helmuth Strandgaard
Kalø, 8410 Rønne
Tlf. 86 37 25 00. Telefax: 86 37 24 35

Afd. for Systemanalyse
Forskningschef: John Holten-Andersen
Thoravej 8, 2450 København NV
Tlf. 31 19 77 44. Telefax: 38 33 26 44

Konsulent i systemeksport: Hans Flyger
Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde
Tlf. 42 37 11 37. Telefax: 42 37 21 03

15 OKT. 1990

MARITIME ORIENTACI

