

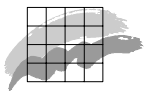


Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

NOVA 2003

# Vandløb og kilder 1998

*Faglig rapport fra DMU, nr. 292*



Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

---

NOVA 2003

# Vandløb og kilder 1998

*Faglig rapport fra DMU, nr. 292  
1999*

*Jens Bøgestrand (red.)  
Afdeling for Vandløbsøkologi*

# Datablad

Titel:	Vandløb og kilder 1998	
Undertitel:	NOVA 2003	
Redaktør:	Jens Bøgestrand (red.)	
Afdeling:	Afdeling for Vandløbsøkologi	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 292	
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser	
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>	
Udgivelsestidspunkt:	December, 1999	
Tegninger:	Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen	
EDB:	Jytte Erfurt, Marianne Pedersen, Carsten B. Nielsen	
ETB:	Anne-Dorthe Matharu	
Bedes citeret:	Bøgestrand, J. (red.) (1999): Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 132 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 292.	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Emneord:	Vandløb, kilder, miljøtilstand, overvågning, NOVA 2003	
ISBN:	87-7772-496-8 (trykt udgave) 87-7772-511-5 (elektronisk udgave)	
ISSN:	0905-815	
Papirkvalitet:	Cyclus Print	
Tryk:	Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-0084	
Sideantal:	132	
Oplag:	300	
Pris:	kr. 150,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)	
Supplerende oplysninger:	NOVA 2003 rapportererne er en fortsættelse af rapportererne om Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, som dækker årene 1989-1997 (udgivet 1990-1998).	
	Rapporten kan også findes på Danmarks Miljøundersøgelsers hjemmeside.	
Købes i boghandelen eller hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Postboks 314 Vejlsovej 25 DK-8600 Silkeborg Tlf.: 89 20 14 00 Fax: 89 20 14 14	Miljøbutikken Information og Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 <a href="mailto:butik@mem.dk">butik@mem.dk</a> <a href="http://www.mem.dk/butik">www.mem.dk/butik</a>

# Indhold

## Forord 5

## Resumé 7

### 1 Indledning 9

- 1.1 Om overvågningsprogrammet 9
- 1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden 10
- 1.3 Årets rapport 12

### 2 Klima og afstrømning 13

- 2.1 Vejret overordnet i 1998 13
- 2.2 Nedbør og temperaturforhold i 1998 14
- 2.3 Afstrømningsforhold 14
- 2.4 Nedbør og afstrømning 15

### 3 Vandkvalitet i kildebække 19

- 3.1 Udviklingen vandkvalitet 1989-98 19

### 4 Kvælstof 21

- 4.1 Tilstanden i 1998 21
- 4.2 Statistisk analyse af udviklingen i perioden 1989-98 24
- 4.3 Analyse af udviklingen i perioden 1978/79 til 1998/99 29
- 4.4 Konklusion 31

### 5 Fosfor 33

- 5.1 Tilstanden i 1998 33
- 5.2 Kilder til fosfor i 1998 34
- 5.3 Sammenligning af tilstanden i 1998 med tidligere år 34
- 5.4 Statistisk analyse af udviklingen i perioden 1989-98 36
- 5.5 Intensivstationer 39

### 6 Oplandsanalyse og -model 43

- 6.1 Indledning 43
- 6.2 Hydrologisk modellering 43
- 6.3 Resultater 45
- 6.4 Sammenfatning 47

### 7 Organisk stof (BOD<sub>5</sub>) 49

### 8 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer 51

### 9 Biologisk vandløbskvalitet 53

- 9.1 Nyt stationsnet til biologisk vandløbskvalitet 53
- 9.2 Ny metode til fastsættelse af biologisk vandløbskvalitet (DVFI) 54
- 9.3 Generel miljøtilstand i danske vandløb 54
- 9.4 Regionale forskelle i vandløbenes miljøtilstand 55
- 9.5 Miljøtilstanden i små og store vandløb 56
- 9.6 Konklusion 57

## **10 Udvidet biologisk program 59**

- 10.1 Indledning 59
- 10.2 Referencevandløb under det udvidede biologiske program 59
- 10.3 Sammenligning af referencevandløb og påvirkede vandløb 60
- 10.4 Plantesamfund og vandløbsmiljøet 66
- 10.5 Tema om grødeskæring 71
- 10.6 Perspektivering 74

## **11 Vand- og stoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit 77**

- 11.1 Vand- og stoftilførslerne til marine kystafsnit i 1998 77
- 11.2 Sæsonvariationerne i tilførslerne i 1998 81
- 11.3 Udvikling i den samlede vand- og stoftilførsel til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1998 83
- 11.4 Udvikling i vand- og stoftilførsel til hver af de ni 1. ordens marine kystafsnit i perioden 1989 til 1998 89
- 11.5 Udvikling i sæsonvariationer i tilførslerne til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1998 93
- 11.6 Sammenfatning 93

## **Sammenfatning 95**

## **Referencer 99**

## **Oversigt over amsrappporter 103**

## **Bilag 105**

- Bilag 2.1 Klimadata
- Bilag 2.2 Metode til opgørelse af ferskvandsafstrømningen
- Bilag 2.3 Opgørelsesgrundlaget for ferskvandsafstrømningen
- Bilag 2.4 Ferskvandsafstrømning til 2. ordens kystafsnit i  $l s^{-1}$  i 1998
- Bilag 2.5 Målestationer til opgørelse af ferskvandsafstrømningen
- Bilag 4.1 Udvikling i kvælstofdata, 1989-98
- Bilag 5.1 Udvikling i fosfordata, 1989-98
- Bilag 5.2 Resultater fra intensive stationer, 1998
- Bilag 11.1 Tilførsel af næringsstoffer til 1. ordens kystafsnit
- Bilag 11.2.1 Tilførsel af og kilder til kvælstof til 2. ordens kystafsnit
- Bilag 11.2.2 Tilførsel af og kilder til fosfor til 2. ordens kystafsnit
- Bilag 11.2.3 Tilførsel af og kilder til BOD til 2. ordens kystafsnit
- Bilag 11.3 Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og  $BOD_5$ -tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger i 1998
- Bilag 11.4 Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og  $BOD_5$ -tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger
- Bilag 11.5 Kvælstof- og fosforretention i udvalgte søer
- Bilag 11.6 Kildefordeling for de samlede kvælstof- og fosfortilførsler til de marine kystafsnit 1989 til 1998

## **Danmarks Miljøundersøgelser**

## **Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports**

# Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA), som fra 1998 afløser Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (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 ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringssalte. Med NOVA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet 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 Miljøundersøgelsers opgave at forestå den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne: ferske vande, marine områder, landovervågning og atmosfæren.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem amterne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Vandløb og kilder" og "Søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1998" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelsers og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 7 overvågningsoplande og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelser.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition af kvælstof" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågningsindsats.

Bagest i denne rapport findes en sammenfatning af resultaterne fra samtlige overvågningsrapporter fra Danmarks Miljøundersøgelser.



## Resumé

### *Høj afstrømning i 1998*

Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande var i 1998 ca. 15.600 mill. m<sup>3</sup> eller 11 % over normalen for perioden 1971-1990. Tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof via vandløb og direkte spildevandsudledninger var i 1998 henholdsvis godt 100 % (N), knap 40 % (P) og godt 30 % (BOD) større end de meget lave tilførsler i de tørre år 1996 og 1997.

### *Diffus afstrømning er hovedkilden til både kvælstof og fosfor*

Den diffuse afstrømning (inklusiv spredt bebyggelse) er hovedkilden til tilførslen af både kvælstof (godt 90 % i 1998) og fosfor (59 % i 1998) til de marine kystafsnit. For fosfor udgør den potentielle belastning fra spredt bebyggelse dog ca. 13 % af det diffuse bidrag. Tages der højde for retention i oplandet, udgør den diffuse tilførsel af kvælstof 96 % af den samlede tilførsel med ferskvand til marine kystafsnit mod kun 61 % for fosfor.

### *Reduktion i udledninger af næringsstoffer med spildevand*

Der har været en markant reduktion i de samlede udledninger af spildevand fra slutningen af 1980'erne til 1998, nemlig 65 % for kvælstof og 86 % for fosfor. For spildevandstilførslerne til ferskvand har de tilsvarende reduktioner været 50 % for kvælstof og 76 % for fosfor. Herved er betydningen af de diffuse kilder steget, specielt i afstrømningsrige år. En statistisk analyse viser et signifikant fald fra 1989 til 1998 i de samlede udledninger af fosfor og kvælstof til de marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger.

### *Ingen ændring i diffus tilførsel af næringsstoffer til ferskvand*

Der er ikke fundet signifikante ændringer i den samlede diffuse tilførsel af kvælstof til ferskvand. Gennemsnitligt er tendensen svagt faldende. Der findes ingen ændring overhovedet for den diffuse tilførsel af fosfor til ferskvand. Faldet i den samlede tilførsel kan altså kun tilskrives en reduktion i spildevandsudledninger pga. forbedret rensning.

### *Faldende fosfortransport i spildevandspåvirkede vandløb*

Resultaterne fra overvågningsvandløbene viser, at der er sket markante fald i fosfortransport i vandløb, der i 1989-91 var påvirkede af spildevandsudledninger fra rensningsanlæg og fra dambrugsudledninger. I gennemsnit ses et fald på 29 % efter korrektion for variationer i den årlige vandføring. I de fleste vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende punktkilder, er der også tendens til faldende fosfortransport siden 1989, gennemsnitligt 5 %. En medvirkende årsag hertil kan være en faldende udledning af fosfor fra spredt bebyggelse, idet der gennem perioden i stigende grad er anvendt mindre fosforholdige vaskemidler. I visse egne af landet ses dog en tendens til stigende fosfortransport i vandløb.

### *Faldende kvælstoftransport i spildevandspåvirkede vandløb*

Kvælstoftransporten er faldet i de fleste danske vandløb siden 1989, - også når der tages højde for variationer i vandføringen. Således beregnes et fald i 116 af 151 vandløb. Faldet, der typisk er på 9 % (median), er imidlertid kun statistisk signifikant i 35 vandløb. Størst og mest sikkert er faldet i vandløb, der tidligere var spildevandsbelastede, men der er også svagt faldende tendens i kvælstoftransporten i mange vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende spildevandsudledninger. I disse vandløb er der typisk sket et fald på ca. 5 % (median), men faldet er kun signifikant i få vandløb. Det bemærkes også, at der i enkelte vandløb er tendens til stigende



kvælstoftransporter, og at disse vandløb især findes i den nordlige og vestlige del af Jylland.

*Stigende nitrat i kildebække i dyrkede områder*

Det kan også fremhæves, at nitrat-koncentrationerne i kildebække, der er lokaliseret i dyrkede oplande har været svagt stigende siden 1989.

*Flest vandløb med en noget påvirket biologisk kvalitet*

Den biologiske vandløbskvalitet (DVFI) på det nye nationale stationsnet er domineret af stationer med faunaklasse 4 (noget påvirket), som udgjorde 43 % af stationerne. Fordelingen af DVFI værdier er som helhed i god overensstemmelse med amternes vurdering af miljøtilstanden i 1993-96. Derimod er der i data fra 1998 flere stationer med en dårlig tilstand (faunaklasse 1, 2 og 3) i forhold til de nationale stationer anvendt i perioden 1993-97. Årsagen hertil er omlægningen af stationsnettet, således at dette nu er repræsentativt for de danske vandløb.

Det er på samme måde som i tidligere undersøgelser fundet, at miljøtilstanden er signifikant bedre i Jylland og på Fyn sammenlignet med Sjælland, Lolland og Falster.

Det er endvidere på samme måde som i amternes undersøgelser fundet, at miljøtilstanden er signifikant bedre i store vandløb end i små vandløb.

*Grødeskæring har langvarig effekt på plantesamfundene*

Ved sammenligning af referencevandløb og påvirkede vandløb under det udvidede biologiprogram blev der fundet tydelige forskelle i plantesamfundene. Plantesamfundene i de påvirkede vandløb er generelt forarmede med kun gennemsnitlig 10 arter pr. station, hvilket er betydeligt lavere end i referencevandløbene, hvor der gennemsnitlig er 17 arter til stede. Resultaterne viser også, at plantesamfundene i høj grad kan dokumentere en af de vigtigste menneskelige forstyrrelser i vandløbene, nemlig grødeskæring. Resultaterne dokumenterer også, at plantesamfundene integrerer grødeskæringseffekter over længere tid, idet ikke kun grødeskæringspraksis i dag, men også praksis i 1993, er vigtig for fordelingen og sammensætningen af planter i dag.

Smådyrssamfundene er ligeledes mindre artsrige i de påvirkede vandløb sammenlignet med referencevandløbene, og DVFI er signifikant lavere både forår og sommer.

# 1 Indledning

*Jens Bøgestrand*

## 1.1 Om overvågningsprogrammet

*Første år med det reviderede  
overvågningsprogram -  
NOVA 2003*

Med 1998 er vi gået ind i en ny periode i overvågningsprogrammets historie. Programmet har været igennem en revision for at fastlægge strukturen i perioden 1998-2003. Der er derfor sket en række ændringer i forhold til perioden 1993-97. Samtidig har programmet fået nyt navn, "National Overvågning af Vandmiljøet" - eller i sin forkortede udgave blot NOVA. Baggrunden for navneændringen er, at formålet med overvågningen er ændret og har fået et bredere sigte. Tidligere var hovedformålet at følge resultaterne af de tiltag, der blev vedtaget under vandmiljøplanen. Fremover skal en række andre formål tilgodeses i langt højere grad, herunder forpligtelser overfor EU, HELCOM, OSPAR og andre internationale organer. Samtidig med at disse nye elementer er introduceret, er der sket en vis reduktion i andre dele, navnlig er antallet af vandkemistationer reduceret.

*Tungmetaller og  
miljøfremmede stoffer*

På 5 målestationer i større vandløb skal der fremover måles koncentrationer af en række tungmetaller. Desuden skal der på disse stationer samt de 25 landovervågningsstationer måles en lang række miljøfremmede stoffer. Det drejer sig både om pesticider og deres nedbrydningsprodukter samt andre organiske forbindelser, som kan have en direkte giftvirkning eller kan akkumuleres i fødekæden, herunder restprodukter fra industri og husholdningsspildevand.

*Mere vandløbsøkologi*

På 80 stationer vil der blive udført et udvidet biologiprogram for at belyse sammenhængen mellem den biologiske tilstand i vandløbene og påvirkningen fra menneskeskabte faktorer. Der skal således foretages undersøgelser af både bunddyrsfauna, vegetation, fysiske forhold og fiskebestand. Desuden skal der på godt 1000 stationer laves en kvalitetsbedømmelse ud fra dansk vandløbsfauna indeks (DVFI) for at få et landsdækkende billede af vandløbenes tilstand.

*Oplandsanalyser*

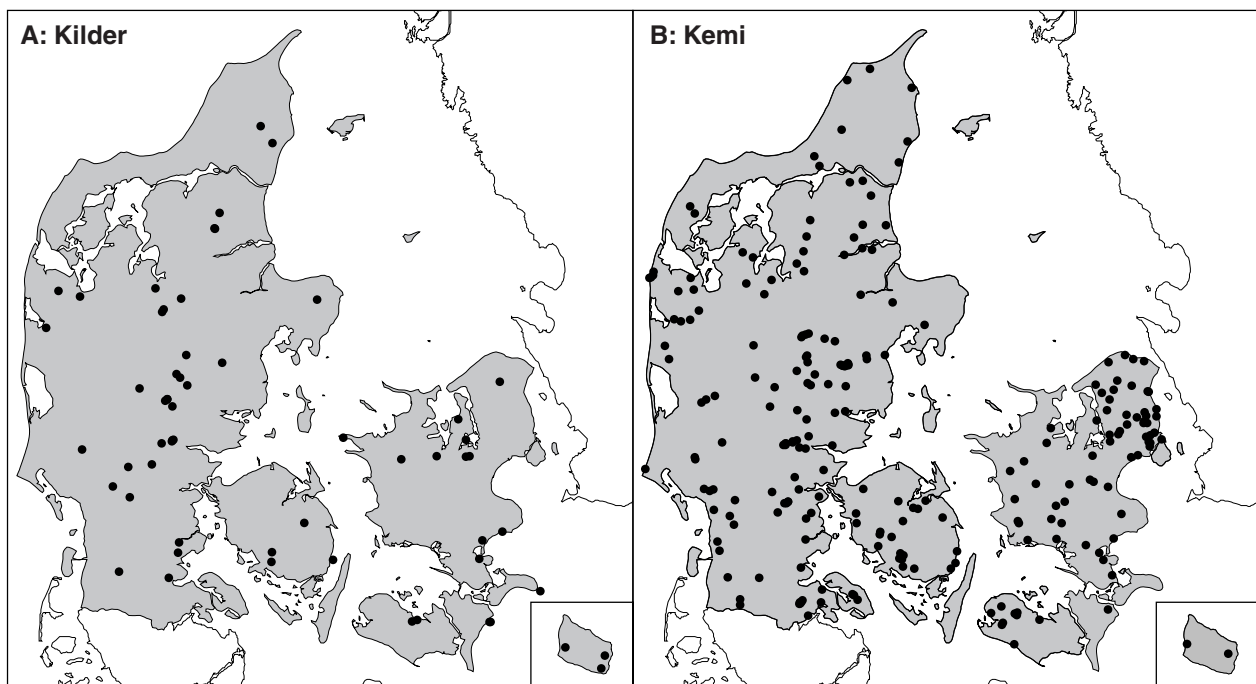
På de 25 stationer, som indgår i landovervågningsprogrammet, vil der blive lavet detaljerede opgørelser over både naturgivne og menneskeskabte forhold i oplandene, især i relation til næringsstoffer. Resultaterne skal anvendes til opstilling af simple modeller for vand- og stofkredsløb i oplandene for at opnå en bedre beskrivelse af stoftabet fra det åbne land til vandløbene.

*Stationsnet og måleprogram*

Mange dele af programmet er videreført med mindre ændringer. Der indgår nu 231 vandkemiske målestationer og 58 kilder (figur 1.1).

*Data og informationer  
indsamlet*

Måleprogrammet omfatter vandføring samt en række fysiske og kemiske parametre. Næringsstofferne kvælstof og fosfor samt organisk stof er vigtige elementer, men der indgår også pH, vandtemperatur og andre fysiske parametre. Desuden tilvejebringes en række oplandsrelaterede informationer omfattende oplandsafgrænsning, arealanvendelse, jordtype, spildevandsudledninger, dyrkningspraksis m.m.



Figur 1.1 Kort over vandløb og kilder

## 1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden

Gennem overvågningsårene har der været nogle gennemgående principper for databehandling, analyse og præsentation.

### *Beregningsmetoder*

Hvis intet andet er nævnt er gennemsnit beregnet som tidsvægtede for at tage højde for at målingerne ikke er jævnt fordelt over året. I relation til stoftransport er der dog ofte anvendt vandføringsvægtede gennemsnitskoncentrationer, som tager højde for svingninger i vandføring, både over året og fra år til år. De beregnes ved for en given periode at dividere den samlede stoftransport med den samlede vandafstrømning.

### *Typeoplande og typevandløb*

I mange af rapportens analyser inddeles vandløbsstationerne i klasser på grundlag af karakteren af menneskelig påvirkning i oplandet:

- Naturoplande (Type 1)
- Dyrkede oplande (Type 2 og 3)
- Oplande med punktkilder (Type 4)
- Oplande med dambrug (Type 5)
- Vandløb i byer (Type 6)

Mange vandløb har skiftet klasse siden overvågningsprogrammets start, fx på grund af reduceret spildevandstilledning eller nedlæggelse af dambrug.

Kriterierne for dyrkede oplande er lidt forskellige for kvælstof og fosfor. Antallet af stationer i denne kategori er derfor ikke det samme i kvælstof- og fosforkapitlerne.

*Tabel 1.1* Stationstyper i vandløb. I kriterier for opdeling af typeoplande er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Antal stationer fordelt på oplandstyper anvendt i tidsserie-analyse (1989-98) og aktuelt 1998. Oplandstyper for tidsserie-analyser opgjort efter situation i 1991.

Oplandstype		1989-98 tidsserie-analyser type 91	1998 aktuel status type 98
Naturoplande	Type 1	7	9
Vandløb i dyrkede oplande (P) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 25 g P/ha, 0,5 kg N/ha	Type 2	38	60
Vandløb i dyrkede oplande (N) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 0.5 kg N/ha	Type 3	63	94
Vandløb med punktkilder	Type 4	78	70
Vandløb med dambrugsudledninger P fra dambrug > 30 % af total transport > 40 % af punktkildebidrag	Type 5	15	5
Vandløb i bebyggede områder > 50 % bebyggelse	Type 6	5	6

#### *Udviklingen gennem årene*

Udviklingen i vandkvalitet og stoftransport siden overvågningsprogrammets start i 1989 vurderes ud fra resultaterne fra ca. 150 vandløb, som alle har været i drift siden 1991. Ved analyse af udviklingen i de forskellige typer af vandløb anvendes typeinddelingen fra 1991. Enkelte vandløbsstationer udelades, hvis der er en nærliggende station i det samme vandløb, ligesom afløb fra søer ikke anvendes.

Langtidsudviklingen i kvælstoftransport vurderes ud fra resultater fra 55 vandløb, hvorfra der også foreligger målinger fra før overvågningsprogrammets start i 1989.

#### *Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet*

Ca. 170 vandløbsstationer, som ligger tæt på vandløbets udmunding i havet, anvendes ved beregning af tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet. Oplandet til disse stationer dækker ca. 57 % af Danmarks areal. I de 170 stationer indgår nogle af amternes regionalt drevne stationer, som udgør 5-10 % af den arealmæssige dækning. Stoftilførslen fra den resterende del af landets areal (det umålte opland) samt direkte spildevandsudledninger i havet opgøres efter metoden beskrevet af *Svendsen (1998)*.

#### *Tilførsel fra forskellige forureningskilder*

For at vurdere betydningen af forskellige forureningskilder er bidraget til den samlede stoftransport fra disse opgjort. Dette gøres både for de enkelte vandløbsstationer og for den samlede stoftransport til havet. Beregningsmetoderne er detaljeret beskrevet i *Svendsen 1998*, men går i korthed ud på at man på basis af den kendte samlede stoftransport samt det kendte bidrag fra en række punktkilder (byspildevand, industri m.m.) beregner bidraget fra det åbne land som differensen mellem punktkildebidraget og den samlede transport.

### **1.3 Årets rapport**

Dette års overvågningsrapport ligner på mange måder tidligere års rapporter. Den vigtigste forskel ligger i de nye områder, som er inddraget i overvågningen. Der er således medtaget kapitler om både oplandsanalyser og om det udvidede biologiprogram. Det udvidede biologiprogram gennemføres kun i årene 1998, 2000 og 2003 og er derfor vægtet relativt højt i årets rapport.

## 2 Klima og afstrømning

Lars M. Svendsen & Niels B. Ovesen

### 2.1 Vejret overordnet i 1998

*1998 var lun, meget våd med underskud af sol*

Vejret i 1998 var overordnet lunt, meget vådt og med et underskud af solskinstimer. Middeltemperatur på 8,2 °C var 0,5 °C over normalen (1961-90) og 0,2°C under gennemsnittet for overvågningsperioden 1989-98 (tabel 2.1). De ti overvågningsår har været betydeligt varmere (0,7 °C) end normalen. Med 860 mm var 1998 det næstmest nedbørsrige år, siden DMI startede målingerne i 1874, kun overgået af 880 mm i 1994. Nedbøren i 1998 var således hele 148 mm over normalen og langt over gennemsnittet for de ti overvågningsår. De 10 overvågningsår har været lidt mere tørre end normalen trods tre meget nedbørsrige år (1990, 1994 og 1998). Solen skinnede kun 1571 timer i 1998 mod normalt 1670 timer (1971-90). Vindhastigheden var med 7,6 m s<sup>-1</sup> som middel for 1998 ved kyststationerne noget over normalen på 6,6 m s<sup>-1</sup>.

*Ekstremer i 1998*

Nedbøren i oktober på 171 mm, den næstvådeste måned, der er registreret i Danmark, var det mest usædvanlige træk ved 1998. Endvidere var sommeren kølig, idet både juni, juli og august var op til 1 °C under normalen i modsætning til den rekordvarme sommer i 1997. Februar blev med 5,0 °C den næstvarmeste, der er registreret, med hele 5,0 °C over normalen. 1998 blev på verdensplan den varmeste, og ni af de ti overvågningsår har været over eller lig normalen (tabel 2.1 og figur 2.1 i bilag 2.1). September satte bundrekord med solskinstimer (88 timer).

Tabel 2.1 Årsmiddelværdier for temperatur, nedbør, beregnet potentiel vandbalance (korrigeret nedbør minus beregnet potentiel fordampning) samt ferskvandsafstrømningen. Endvidere er angivet vinterværdier (middel for perioden fra fx december 1988 til marts 1989, som er angivet under 1989) for temperatur, nedbør og afstrømning. Endelig findes midler for de ti overvågningsår og normaler (middel af 1961-90, dog 1971-90 for afstrømning).

Periode	Temperatur		Nedbør		Vandbalance	Afstrømning		
	År °C	Vinter °C	År mm	Vinter mm	Potentiel mm	År mm	År 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	vinter mm
1989	9,2	4,7	581	210	131	241	10800	133
1990	9,3	4,7	812	271	420	315	14000	151
1991	8,2	2,1	654	197	317	296	12700	154
1992	9,0	3,5	706	208	280	294	12600	129
1993	7,6	2,4	758	199	413	325	14000	155
1994	8,7	1,8	880	360	524	455	19600	259
1995	8,2	2,8	652	337	245	363	15600	246
1996	6,8	-1,6	505	70	129	190	8200	68
1997	8,5	1,4	622	153	244	207	8900	104
1998	8,2	3,5	860	243	561	362	15600	136
<b>1989-98</b>	<b>8,4</b>	<b>2,5</b>	<b>703</b>	<b>224</b>	<b>326</b>	<b>305</b>	<b>13100</b>	<b>136</b>
1961-90	7,7	0,9	712	207	336	327	14000	159

Kilder

Oplysningerne om de klimatiske forhold i dette kapitel stammer fra Cappelen og Jørgensen (1999). Fordampningsdata er fra Dansk JorbrugsForskning (DJF) og Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) beskrevet i Scharling (1999). Beregningsmetodikken bag fordampningsdata er beskrevet i Mikkelsen og Olesen (1991).

## 2.2 Nedbør og temperaturforhold i 1998

Store geografiske forskelle i nedbør

Der var store geografiske forskelle i de nedbørsmængder, der faldt i 1998 (figur 2.2 i bilag 2.1). I centrale dele af Syd- og Sydvestjylland faldt der over 1100 mm (200-250 mm over normalen). Mindst faldt der over Storebæltsregionen og den sydlige del af Kattegat med 600-650 mm eller 100 mm over normalen. Nordøstsjælland og de centrale dele af Bornholm fik 900 mm svarende til 250 mm over normalen. De resterende dele af landet fik mellem 50 og 150 mm over normalen.

Kølig sommer, meget varm februar og kold november

I 1998 var januar til og med maj samt september varmere end normalt, de øvrige måneder var koldere end normalt. Februar var usædvanlig varm (5 °C over normalen), men også januar (2,4 °C over normalen) og marts (1,7 °C) var varme (figur 2.3 i bilag 2.1). Vinteren 1997/98 (midten for december til marts) var med 3,5 °C hele 2,6 °C over normalen. Alle vintre på nær 1995/96 har været varmere end normalt i de 10 overvågningsår, som middel 1,6 °C over normalen (tabel 2.1). Sommeren var kølig i 1998 og kun september var over normalen i perioden fra juni og året ud. Specielt var november kold og vinterlig (2,8 °C under normalen). For overvågningsperioden som helhed har januar, februar og marts i gennemsnit været op til 2 °C over normalen, mens april, juli og august har været godt 1 °C over normalen. De øvrige måneder har været meget tæt på normalen.

## 2.3 Afstrømningsforhold

Opgørelsesmetodik og grundlag

I bilag 2.2 til 2.5 beskrives, hvordan afstrømningen er opgjort, det anvendte beregningsgrundlag og stationsnet, og der findes en detaljeret opgørelse på månedsplan for ferskvandsafstrømningen til de 49 2. ordens kystafsnit.

Relativ høj ferskvandsafstrømning i 1998

Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande er for 1998 opgjort til 15.577 millioner m<sup>3</sup> svarende til en arealspecifik afstrømning fra Danmark på 362 mm (tabel 2.1 i bilag 2.2). Årets afstrømning var hermed godt 11 % over normalen for perioden 1971 – 1990, der er på 327 mm (ca. 14.000 millioner m<sup>3</sup>). Afstrømningen var samtidig 19 % over midlen for 1989-98. Til sammenligning var nedbøren i 1998 21 % over normalen og 22 % over midlen for 1989-98 (se senere).

Ferskvandsafstrømningen størst fra Jylland

Afstrømningsforholdene udviser ligesom nedbøren en stor geografisk variation i 1998. Oplandet til farvandsområde 14 (Nymindegab-Blåvand) og 82 (Sydlige Bælthav Øst) havde de laveste ferskvandsafstrømninger med henholdsvis 147 og 184 mm. De største afstrømninger forekom til farvandsområde 57 (Snævringen i Lillebælt) og 52 (Als Fjord og Sund) med henholdsvis 540 og 532 mm (figur

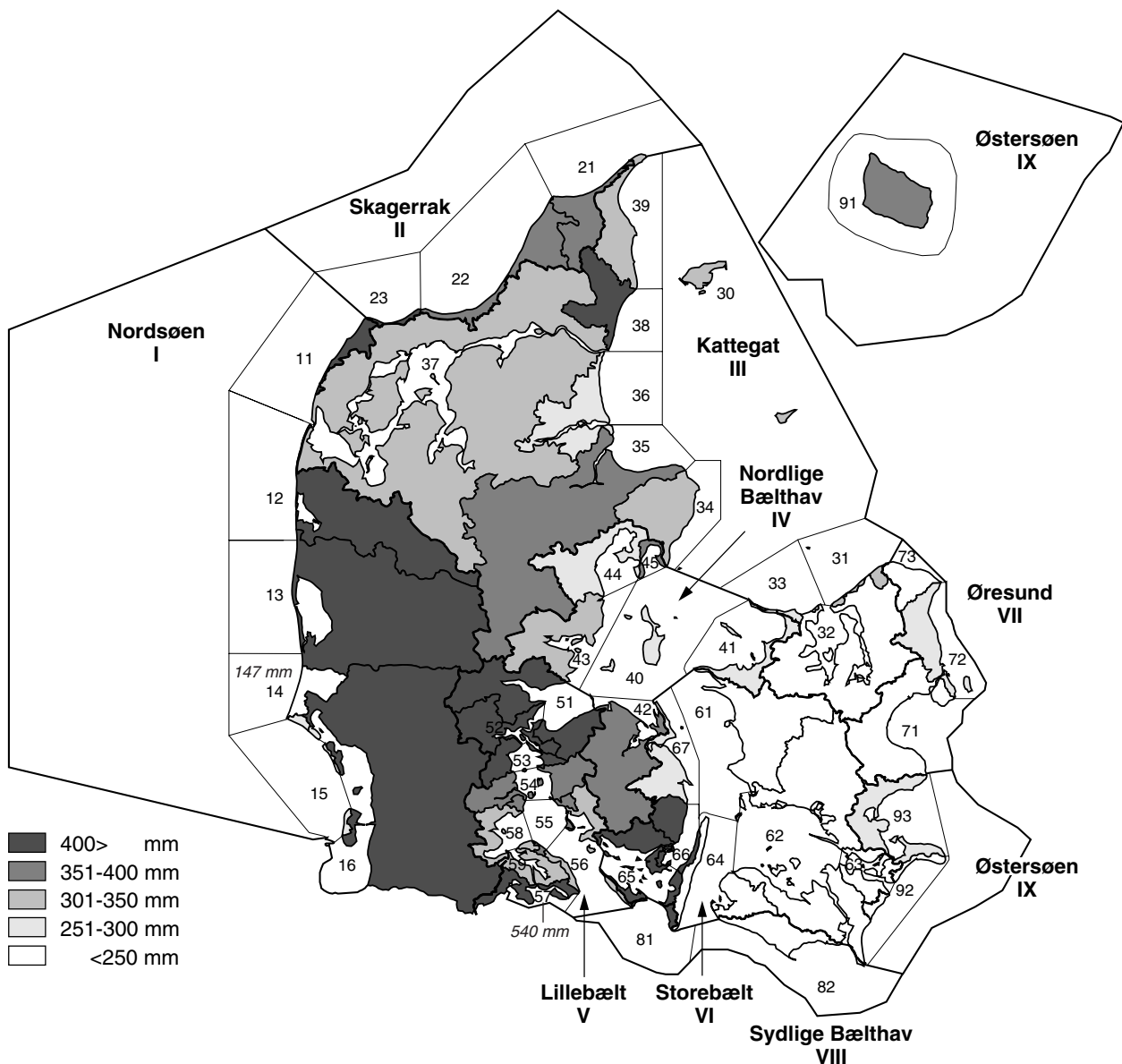


Figure 2.1 Ferskvandsafstrømningen (i mm) til de 49. 2. ordens marine kystafsnit i 1998.

2.1). I øvrigt ses overordnet det sædvanlige mønster med de største afstrømninger til Nordsøen og fra Gudenå systemet samt omkring det Nordlige Lillebælt. Der er generelt en rimelig overensstemmelse mellem ferskvandsafstrømningen og (netto)nedbør. Grundvandsmagasinerne påvirker dog også disse mønstre (se næste afsnit).

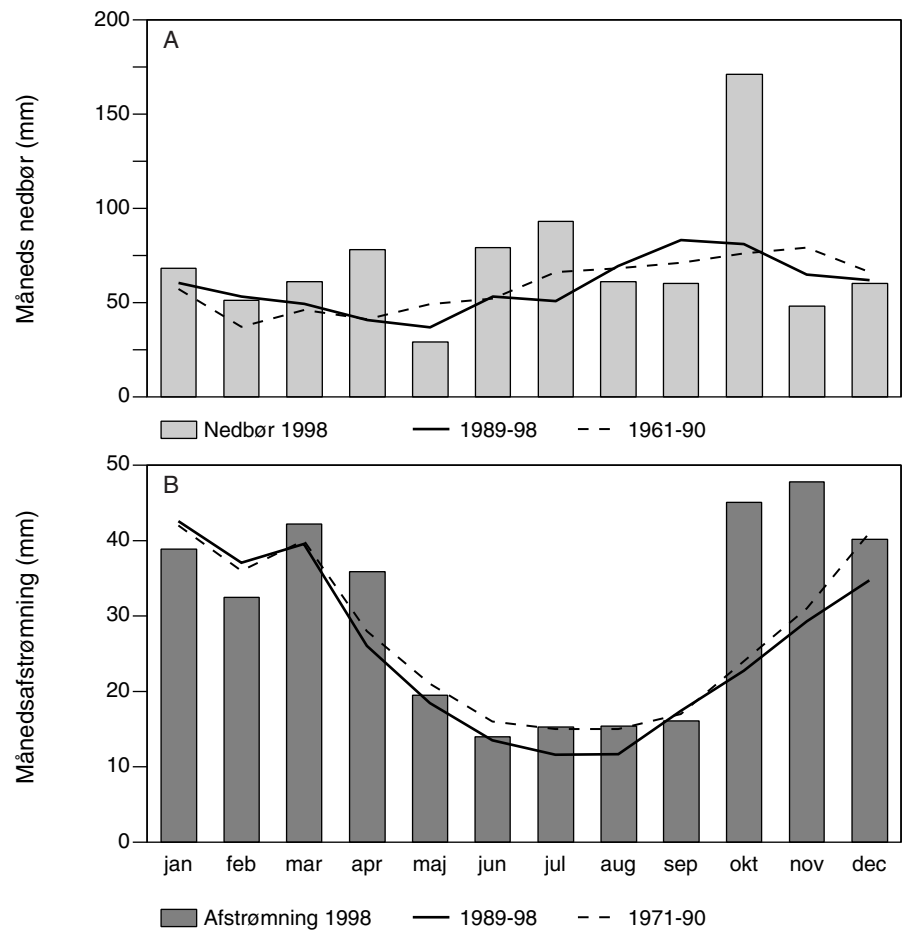
## 2.4 Nedbør og afstrømning

*Fjerde kvartal med større afstrømning end normalt*

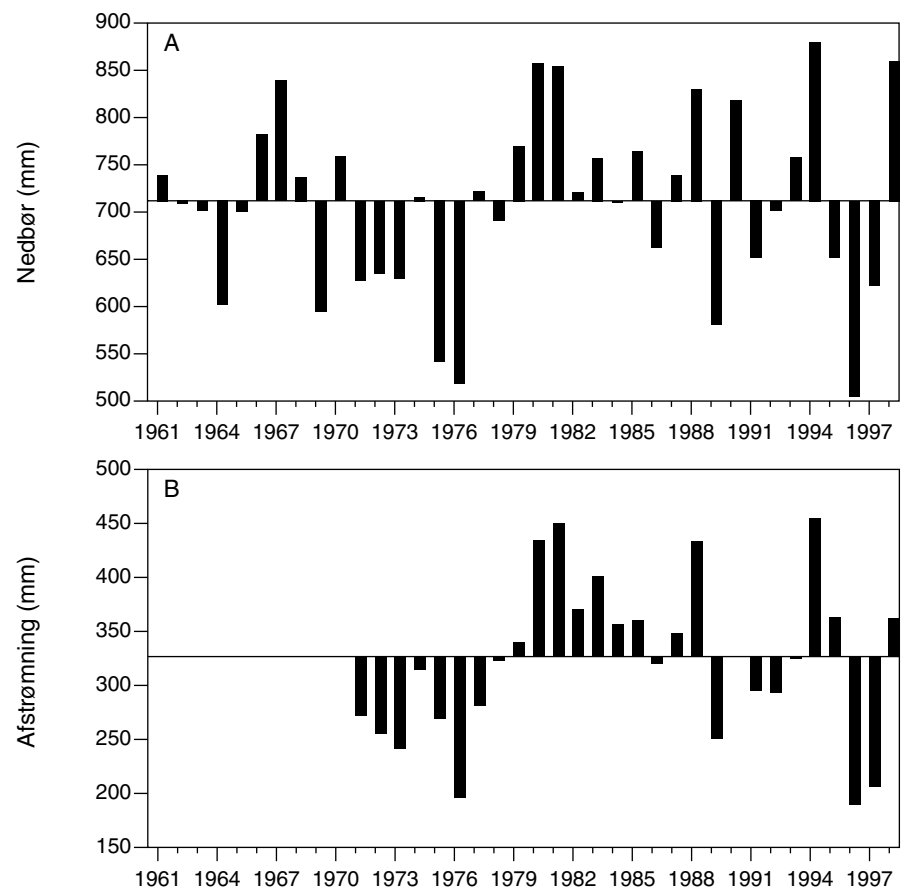
Nedbørsfordelingen i løbet af 1998 var ret uensartet med 29 mm i maj som minimum og hele 171 mm i oktober som maksimum (figur 2.2A). Juni og juli var relativt våde (og samtidigt kølige), og afstrømningen var i sommeren 1998 også relativ stor sammenlignet med de foregående tre somre, men nær midlen for 1971-90 (figur 2.2B). Den meget nedbørsrige oktober afspejles i ret højre månedsafstrømninger i oktober og november 1998, som begge var betydeligt over midlen for 1971-90.



Figur 2.2 Månedsnedbør i Danmark i 1998 sammenlignet med midlen for perioden 1989-98 og med normalen 1961-90 (A). Månedsmiddel ferskvandsafstrømningen fra Danmark i 1998 sammenlignet med midlen for perioden 1989-98 og med normalen 1971-90 (B).



Figur 2.3 Årsnedbøren for Danmark i perioden 1961-98 angivet i forhold til normalen 1961-90 (A) og ferskvandsafstrømningen for Danmark i perioden 1971-98 angivet i forhold til normalen 1971-90 (B).



*Betydeligt lavere ferskvandsafstrømning end nedbøren kunne betinge*

Generelt har afstrømningen responderet mindre på nedbøren end det kunne forventes, hvilket skyldes, at der i de tre foregående år har været tæret betydeligt på grundvandsmagasinerne. En stor del af nettonedbøren i 1998 ser derfor ud til at være endt som en vis genopbygning af grundvandsmagasinerne ovenpå tre nedbørsfattede år. Dette erkendes også ved at sammenligne den årlig nedbør med den årlig ferskvandsafstrømning fra Danmark, hvor ferskvandsafstrømningen typisk er større end forventet år 1 efter nedbørsrige år (eksempel 1995), men lavere end forventet efter 1 til 2 nedbørsfattede år som fx i 1997 og 1998 (figur 2.3A og 2.3B).

*Potentiel vandbalance*

Den potentielle vandbalance kan anvendes til at vurdere om der er foregået en opbygning af grundvandsdepoterne i 1998. Den beregnes som den korrigerede nedbør (nedbør korrigeret for aerodynamiske effekter og wetting tab, så der opnås et mål for, hvor meget nedbør der når til jordoverfladen) minus den potentielle fordampning. Dette giver en potentiel vandbalance som sammenlignet med afstrømningen giver et bud på ændringer i grundvandsmagasinerne. Det forudsætter, at den potentielle fordampning ikke afviger væsentligt fra den aktuelle fordampning (men ofte er den potentielle fordampning på årsplan lidt højere end den aktuelle fordampning, dvs. at den faktiske vandbalance burde være lidt større end angivet). Den potentielle vandbalance er blevet justeret i forhold til tidligere års rapporter, da DMI anbefaler nye standardværdier for nedbørskorrekationer (*Allerup et al., 1998*). Ved middel læ-forhold, som kan antages at gælde som et gennemnit for samtlige anvendte nedbørsmålere, skal den målte årsnedbør øges med 21 % for at få nettonedbøren. Tidligere er anvendt 16 %, således også i *Windolf et al. (1997)*. Den nye korrektionsfaktor er i tabel 2.1 anvendt på alle år. Sammenlignes den potentielle vandbalance med den målte afstrømning, fremgår det, at hvor der i 1996 tilsyneladende var en betydelig tæring af grundvandsmagasinerne, er disse sandsynligvis blevet forøget lidt i 1997 og meget betydeligt i 1998 (tabel 2.1). Umiddelbart burde der være afstrømmet yderligere ca. 200 mm i 1998 eller 55 % mere end den beregnede ferskvandsafstrømning på 362 mm. I 1995 og 1998 var afstrømningen lige store (15.600 millioner m<sup>3</sup>), men nedbøren tilsvarende var henholdsvis 652 mm og 860 mm eller netop 200 mm større i 1998. Dette understøtter, at en betydelig del af overskudsnedbøren er gået til at opbygge grundvandsmagasinerne i 1998, men at der for 1999 ikke kan forventes at ske en yderligere væsentlig opbygning af grundvandsmagasinerne.

*Nedbør og afstrømning lagt op til en relativ stor kvælstof- og fosfortilførsel til vandmiljøet*

Der faldt meget lidt sne i januar til marts 1998, og der var ingen egentlige tøbrud i løbet af vinteren, som ellers kan give større input af ikke mindst partikulært fosfor til vandmiljøet. Vinteren 1997/98 var dog relativ fugtig. Sommeren var kølig og vådere end normalt, hvorfor afstrømningen i modsætning til de foregående ca. 3 år blev nogenlunde normal. Oktober var usædvanlig nedbørsrig, og afstrømningen var da også stor i oktober og efterfølgende også i november. Selv om en del af nedbøren er gået til opbygning af grundvandsmagasinerne, har afstrømningsmængder specielt i efteråret 1998 givet et potentiale for en relativ stor diffus tilførsel af vand og næringsstoffer til vandmiljøet i denne periode og et stykke ind i 1999.

Da 1998 endvidere efterfølger tre tørre år, har der også været en pulje af kvælstof, der har kunnet udvaskes. Samtidig er der akkumuleret en del partikulært fosfor i vandløbssystemerne efter tre afstrømningsfattige år, som potentielt kan være blevet resuspenderet og ført til de marine kystafsnit i løbet af 1998.

### 3 Vandkvalitet i kildebække

Hans L. Iversen, Søren E. Larsen & Jens Bøgestrand

Overvågningsprogrammet omfatter i alt 58 kildebække, hvor udvalgte vandkemiske variable overvåges. Hensigten med delprogrammet er at følge langtidsudviklingen i vandkvalitet, at få bedre viden om koncentrationsniveauet af især fosfor og kvælstof i kilder i forskellige oplandstyper og dermed bedre viden om kvaliteten af og udviklingen i det grundvand, der naturligt strømmer til vandløbene. I det reviderede overvågningsprogram er prøvetagningsfrekvensen sat ned fra 4 til 1 prøve årligt. Dette vurderes at være tilstrækkeligt, men betydningen vil blive nærmere belyst de kommende år.

#### 3.1 Udviklingen i vandkvalitet 1989-98

*Stigende nitratinhold i kilder i dyrkede områder*

I hele perioden har nitratkoncentrationerne i kilder i dyrkede områder i gennemsnit været ca. 10 gange større end i kildebække, der er lokaliseret i naturområder (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Koncentrationer i kilder 1989-98 – gennemsnit.

<b>Dyrkede oplande</b>				
År	n	NO <sub>3</sub> -N mg N/l	Total-P mg P/l	PO <sub>4</sub> -P mg P/l
1989	43	5,65	0,082	0,042
1990	44	5,65	0,083	0,040
1991	44	5,60	0,076	0,038
1992	44	5,65	0,084	0,038
1993	44	5,94	0,074	0,035
1994	44	6,03	0,069	0,034
1995	44	6,23	0,068	0,034
1996	44	6,37	0,075	0,039
1997	44	6,21	0,073	0,038
1998	40	6,83	0,074	0,039
<b>Naturoplande</b>				
År	n	NO <sub>3</sub> -N mg N/l	Total-P mg P/l	PO <sub>4</sub> -P mg P/l
1989	12	0,51	0,051	0,037
1990	12	0,56	0,055	0,038
1991	12	0,64	0,055	0,040
1992	12	0,60	0,061	0,040
1993	12	0,64	0,056	0,038
1994	12	0,67	0,063	0,041
1995	12	0,63	0,054	0,039
1996	12	0,58	0,052	0,037
1997	12	0,56	0,048	0,036
1998	12	0,53	0,054	0,034

Siden 1989 har det gennemsnitlige nitratindehold været stigende i kilder i dyrkede oplande. I perioden 1989-93 var gennemsnitskoncentrationen således under  $6 \text{ mg N l}^{-1}$  alle årene, mens den i årene efter har været over  $6 \text{ mg N l}^{-1}$ . I 10 kilder har der været en signifikant stigning frem til 1997, mens der kun i 3 kilder har været et signifikant fald. For kilder i naturoplande ses derimod ingen tendenser til ændring. Hvis 1998 tages med i analysen på trods af ændret prøvetagningsfrekvens ses næsten det samme billede, men en nøjere analyse af betydningen af prøvetagningstidspunktet er påkrævet.

Den stigende koncentration i kilder i dyrkede oplande er ikke sammenfaldende med de tendenser til faldende kvælstofkoncentrationer, der beregnes for mange vandløb (kapitel 4).

En forklaring kan være, at der stadig i det lidt dybere og ældre grundvand i kildebækkene er en dyrkningsbetinget stigning relateret til landbrugspraksis i tidligere år, og at det beregnede fald i vandløb dermed er relateret til en reduktion i den mere overfladenære tilstrømning af vand.

En nærmere vurdering af årsagerne til udviklingen i kildebækkene vil bl.a. fordre, at alderen på kildevandet inddrages.

#### Uændret indhold af fosfor

Der er tendens til lidt højere gennemsnitlige koncentrationer af totalfosfor i vandet fra kildebække i dyrkede områder end i naturområder, mens koncentrationerne af ortho-fosfat gennemsnitligt er ens. Der synes ikke at være nogen udvikling i koncentrationerne, hverken i kilder i natur eller dyrkede områder.

De gennemsnitlige koncentrationer af øvrige målte variable for perioden 1989-98 er vist i tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gennemsnit af supplerende vandkemiske målinger fra kilder 1989-98 fordelt på oplandstype og jordtype.

Oplandstype	pH	Alkalinitet	Konduktivitet	Fe
Dyrket	7,40	2,87	56,14	0,66
Natur	7,30	2,49	52,73	0,57
Ler	7,53	4,74	69,21	0,82
Sand	7,29	1,74	44,72	0,56

Der er ikke væsentlige forskelle i niveauerne mellem kilder i dyrkede områder og kilder i naturområder. Derimod ses, som forventeligt, at alkalinitet i kilderne i sandede områder er mindre end i lerede områder.

Vandføringen i kilder er vist i tabel 3.3.

Tabel 3.3 Gennemsnit og medianværdi for målt eller skønnet vandføring i kilder fra lerjords- og sandjordsoplände (1989-98)

	Gennemsnit	75% fraktil	Median	25% fraktil
20 kilder i lerjordsoplände	2,9	3,0	0,6	0,1
36 kilder i sandjordsoplände	10,7	10,8	3,4	1,2

## 4 Kvælstof

*Hans L. Iversen, Brian Kronvang & Søren E. Larsen*

Kapitlet omhandler resultaterne af den landsdækkende overvågning af kvælstof i vandløb. Hovedvægten er lagt på en beskrivelse af tilstanden i 1998 og statistiske analyser af udviklingen i kvælstofkoncentrationerne i perioden 1989-98. Desuden er langtidsudviklingen i den afstrømningskorrigerede kvælstoftransport analyseret på en dataserie omfattende 55 vandløb, der rækker tilbage til midten af 1970'erne.

### 4.1 Tilstanden i 1998

*Mest kvælstof i vandløb, der afvander dyrkede oplande*

Koncentrationen af total kvælstof er, i lighed med tidligere år, højest i de vandløb, der afvander dyrkede oplande (tabel 4.1). Koncentrationen af total kvælstof er ca. 5 gange større i disse vandløb end i vandløb, der afvander naturoplande. Forskellen i koncentrationen af nitrat er større (faktor 7), mens den er mindre for ammonium (faktor 4). Vandløb i naturoplande indeholder derfor relativt mere organisk kvælstof end vandløb i dyrkede oplande. Koncentrationen af kvælstof er generelt mindre i de noget større spildevandsbelastede vandløb end i vandløbene, der afvander dyrkede oplande. Det skyldes både forskelle i deres hydrogeologi, og at omsætningen af kvælstof stiger med stigende ferskvandsareal, især ved passage af søer. I de dambrugsbelastede vandløb er koncentrationen af total kvælstof og nitrat noget lavere end i spildevandsbelastede vandløb og vandløb i dyrkede oplande. Forskellen kan igen primært tilskrives, hvordan vandet når frem til vandløbene, hvor de dambrugsbelastede vandløb oftest er meget grundvandsfødte og dermed modtager gammelt vand med et forholdsmæssigt lavt indhold af nitrat. Derimod er koncentrationen af ammonium højere i de dambrugsbelastede vandløb, end i de andre vandløbstyper, hvilket formentlig både kan tilskrives en effekt af kvælstofbelastningen fra dambrug og den store grundvandstilstrømning.

*Afstrømninger og dermed kvælstoftransporten var stor i 1998*

Afstrømningen var i 1998 omkring det dobbelte af afstrømningen i 1997 (bilag 4.1). Derfor var transporten af kvælstof også meget stor i 1998 og størst fra de dyrkede oplande (tabel 4.1). Oplandstabet af total kvælstof, nitrat og ammonium var henholdsvis 10, 13 og 7 gange så stort fra de dyrkede oplande som fra naturoplande i 1998. 1998 kan derfor karakteriseres som et vådt år med en stor afstrømning og et stort tab af kvælstof fra alle oplandstyper.

Afstrømningen er relativ stor og stabil i vandløb med udledninger fra dambrug. Disse vandløb opretholder derfor, i modsætning til andre vandløbstyper, en høj arealspecifik kvælstofafstrømning i tørre år som 1996 og 1997, men en mindre i våde år som 1998.

Afstrømningen i det enkelte overvågningsår er primært bestemt af nedbør og fordampning samt oplandets hydrogeologi og arealanvendelse. Afstrømningen er generelt meget mindre i vandløbene i skov- og naturoplande end i de andre oplandstyper.

Tabel 4.1 Gennemsnitlig årsmiddelkoncentration, arealkoefficient og vandføringsvægtet koncentration af kvælstof fra typeoplande i 1998. De gennemsnitlige årsmiddelkoncentrationer er tidsvægtede. Der er færre "dambrugsvandløb" end i 1997 (13) pga. at næringsstoftransporten var så stor i 1998, at belastningen fra dambrug udgjorde mindre end 30 % i en del af vandløb med udledninger fra dambrug. De 5 dambrugsvandløb i 1998 er ikke væsentligt forskellige fra de 13 i 1997, hvad kvælstoftransporten angår.

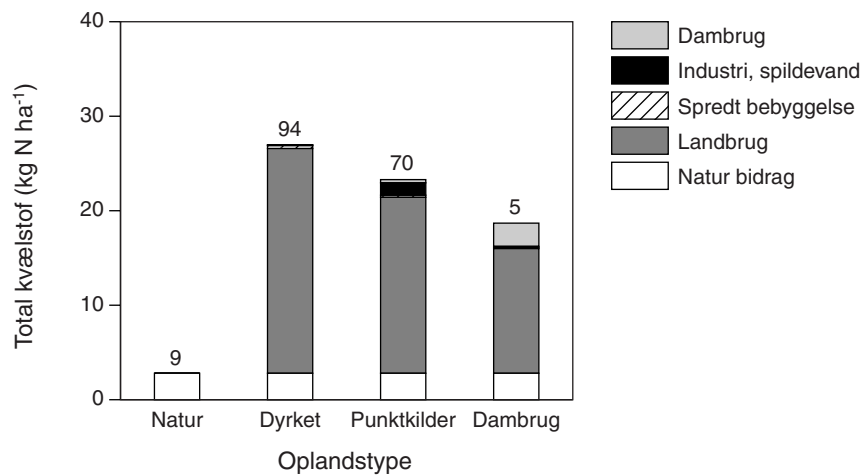
Kvælstof 1998	Naturoplande TYPE 1		Dyrkede oplande TYPE 3		Oplande m. punktkilder TYPE 4		Dambrug TYPE 5		
	gns.	median	gns.	median	gns.	median	gns.	median	
Antal stationer	9		94		69		5		
Årsmiddelkoncentration N mg l <sup>-1</sup>									
Total N	mg N l <sup>-1</sup>	1,35	1,33	6,99	6,78	5,81	5,99	4,78	3,75
NO <sub>3</sub> -N	mg N l <sup>-1</sup>	0,90	0,91	6,42	6,06	5,16	5,12	4,30	4,58
NH <sub>4</sub> -N	mg N l <sup>-1</sup>	0,03	0,03	0,12	0,12	0,13	0,11	0,29	0,20
Arealkoefficient									
Total N	kg N ha <sup>-1</sup>	2,80	2,95	27,0	25,0	23,3	24,0	18,70	19,50
NO <sub>3</sub> -N	kg N ha <sup>-1</sup>	1,90	2,33	24,2	21,6	19,9	20,2	15,60	16,90
NH <sub>4</sub> -N	kg N ha <sup>-1</sup>	0,06	0,05	0,39	0,31	0,46	0,37	1,05	0,95
Vandføringsvægtet koncentration									
Total N	mg N l <sup>-1</sup>	1,64	1,53	8,66	8,50	7,01	6,98	4,85	3,99
NO <sub>3</sub> -N	mg N l <sup>-1</sup>	1,15	1,05	7,80	7,48	6,27	6,07	4,35	4,69
NH <sub>4</sub> -N	mg N l <sup>-1</sup>	0,03	0,03	0,12	0,11	0,14	0,12	0,28	0,20
Afstrømning mm		192	158	327	313	352	329	432	441
Oplandsstørrelse km <sup>2</sup>		5,1	3,4	39,7	15,2	230	118	186	91,8

Dette skyldes formentlig en kombination af at oplandene er forholdsvis små og derfor mister grundvand til andre områder, samt har en mindre nettonedbør pga. den store interception i netop skove. Forskellene i afstrømning vanskeliggør i nogen grad sammenligninger mellem resultaterne fra de forskellige vandløbstyper, både når det gælder det enkelte år og udviklingen.

#### Kilder til kvælstof i 1998

Kilderne til kvælstoftransporten i vandløb i 1998 er opgjort for 4 forskellige oplandstyper (figur 4.1):

- Naturoplande (Type 1)
- Dyrkede oplande (Type 3)
- Oplande med punktkilder (Type 4)
- Oplande med dambrug (Type 5)



Figur 4.1 Kilder til total kvælstoftransport i vandløb i 4 forskellige oplandstyper i 1998 (jf. kap.1). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier.

*Landbruget er den vigtigste kilde til kvælstoftransporten i vore vandløb*

Landbruget er den vigtigste kilde til kvælstoftransporten i alle typer af vandløb. Vandløb i de dyrkede oplande modtog 88 % af kvælstoftransporten fra landbrugsarealer, mens landbruget i de spildevands- og dambrugsbelastede vandløb udgjorde henholdsvis 80 % og 71 %. I kildeopsplitningen er det antaget, at baggrundsbidraget i alle oplande har været det samme som det gennemsnitlige oplandstab af kvælstof i naturvandløbene. Hvis der i stedet anvendes vandføringsvægtede koncentrationer i beregningen af baggrundsbidraget, vil det betyde en formindskelse af bidraget fra landbrugsarealer. Det landbrugsrelaterede bidrag til stoftransporten er nemlig fundet som differencen mellem målt transport og summen af spildevandsudledninger og naturbidrag.

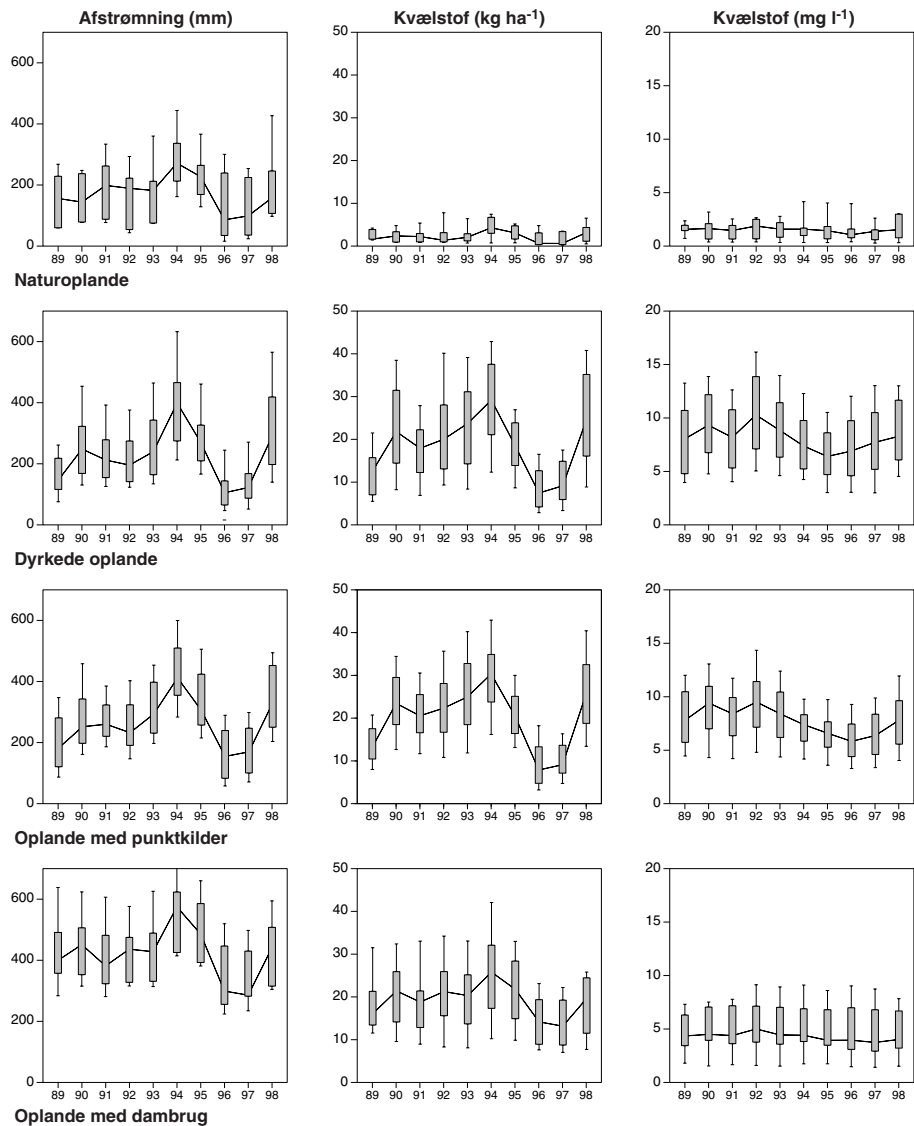
#### Sammenligning af tilstanden i 1998 med tidligere år

År til år variationerne i oplandstabet af kvælstof i de 4 oplandstyper (natur, dyrkede, punktkilder, dambrug) har siden 1989 generelt fulgt år til år variationerne i afstrømning (figur 4.2). Således var afstrømningen og dermed også kvælstoftransporten meget stor i 1998.

*Vurdering af effekten af miljøforbedringer vanskeliggøres af store variationer i afstrømning*

Den store år til år variation i afstrømning inden for overvågningsperioden vanskeliggør identifikation af generelle udviklingstendenser og dermed også en vurdering af effekten af de gennemførte miljøforbedrende tiltag. Ved beregning af vandføringsvægtede koncentrationer kan der dog i et vist omfang kompenseres for de naturbetingede år til år variationer i afstrømning. Men kun i et vist omfang. I tørre år vil en større del af afstrømningen nemlig udgøres af grundvand, og dermed vil der ofte være et mindre kvælstofindhold i vandløbsvandet. Det skyldes, at grundvand er mere eller mindre gammelt vand, og at nitrat ofte har været udsat for en omsætning (denitrifikation), inden det når frem til vandløbene. I våde år med en større andel af overfladenær og hurtig tilstrømning af kvælstof fra rodzonen til vandløb vil kvælstofkoncentrationen i vandløb omvendt ofte være højere. Dog med mulighed for en vis fortyndingseffekt i år med ekstremt høje afstrømninger på grund af det lave kvælstofindhold i overfladisk afstrømning og/eller en begrænset udvaskbar pulje af uorganisk kvælstof i rodzonen.





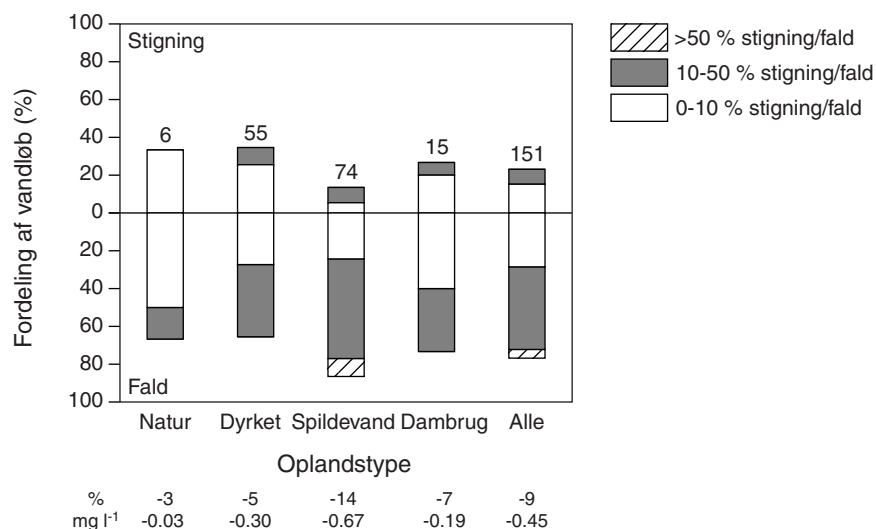
Figur 4.2 Udviklingen i arealafstrømningen af vand og kvælstof og den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof i vandløb i 4 oplandstyper 1989-98. Typer karakteriseret efter status i 1991 (kapitel 1). Median, 10, 25, 75 og 90 % fraktiler vist. Kalenderår.

## 4.2 Statistisk analyse af udviklingen i perioden 1989-98

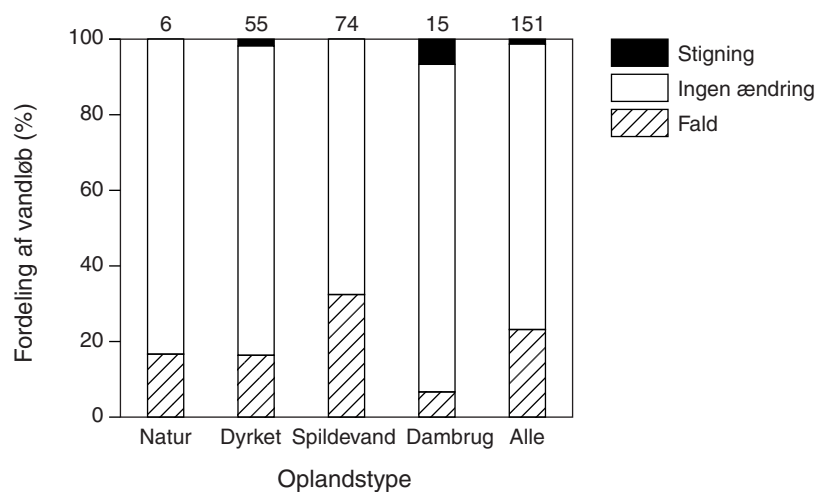
*Målte data korrigeres for vandføring*

For bedst muligt at vurdere om tiltagene for at mindske kvælstofudledningerne til vandmiljøet har haft en effekt på kvælstof i vandløbene, er det nødvendigt at forsøge at rense de målte data for klimatisk betingede år til år variationer. For de 151 vandløb i typeoplande, hvorfra der foreligger mindst 8 års data siden 1991, er dette gjort ved at korrigere for vandføringen på de enkelte måledage. Metoden baseres på en estimeret sammenhæng for *hvert* vandløb mellem målte kvælstofkoncentrationer og samtidigt målte vandføringer for hele måleperioden 1989-98 (CQ-sammenhæng).

Der er gennemført to statistiske test af, om der har været en tidlig udvikling i de målte koncentrationers afvigelse fra den estimerede CQ-sammenhæng. For det første er det med Sen's hældningsestimat beregnet, hvor meget koncentrationerne har ændret sig i forhold til startåret 1989 (figur 4.3). Desuden er det testet, hvorvidt de beregnede ændringer er signifikante på 95 % konfidensniveau ( $p < 0.05$ ) med Kendall's sæson test (figur 4.4).



Figur 4.3 Procentuelle koncentrationsændringer 1989-1998 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper. Vandløbene er underopdelt efter ændringens størrelse. Vandløb med koncentrationsstigninger og fald er hhv. over og under nullinjen. Nederst i figuren er angivet median ændring for hver vandløbstype (udtrykt som både procent og koncentration). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Sen's hældnings estimat.



Figur 4.4 Udvikling i kvælstofkoncentration 1989-1998 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper på 95 procent konfidensniveau ( $p < 0.05$ ). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Kendall's sæson test.

Den samlede koncentrationsændring, der beregnes med metoden, er forsøgsvis omregnet til ændring i absolut arealspecifik transport samt som procentuel ændring i forhold til en normaliseret transport i startåret 1989. I beregningerne af effekten på kvælstoftransporten anvendes medianvandføring for de enkelte måneder i hele perioden 1989-98. Metoden og dens forudsætninger er nærmere omtalt i *Kronvang et al. (1998)*. Målestationernes placering og de beregnede ændringer ved hver station kan ses af kortbilaget bagerst i rapporten.

### Alle vandløb

For 116 ud af i alt 151 vandløb kan der beregnes et fald i kvælstofkoncentrationen, mens 35 viser en stigning (figur 4.3). Det typiske fald (median) for alle vandløb er på ca. 9 % svarende til 0,45 mg N l<sup>-1</sup> (figur 4.3, nederst). Faldet er signifikant ( $p < 0,05$ ) for 35 af vandløbene, mens kun 2 vandløb udviser en signifikant stigning (figur 4.4). Det gennemsnitlige fald i den normaliserede kvælstoftransport i overvågningsperioden er beregnet til ca. 10 % (1,6 kg N ha<sup>-1</sup>).

### Vandløb i skov- og naturoplande

I 4 ud af 6 naturvandløb er kvælstofkoncentrationen faldet (figur 4.3), men kun i ét vandløb var faldet signifikant (Skærbæk, Århus amt). De absolutte ændringer i kvælstofkoncentration i naturvandløbene er små.

### Vandløb i dyrkede oplande

I de 55 vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende udløb af spildevand fra punktkilder ( $< 0,5$  kg N ha<sup>-1</sup> i 1991), kan der beregnes et typisk fald (median) på ca. 5 % svarende til ca. 0,3 mg N l<sup>-1</sup> for hele perioden. Der er dog stor forskel på udviklingen i de enkelte vandløb. I godt 60 % af vandløbene er der således beregnet et fald, der dog kun er signifikant ( $p < 0,05$ ) i 9 vandløb. I ét vandløb er der beregnet en signifikant stigning.

De vandløb, der udviser tendens til stigning er hovedsageligt koncentreret i bestemte regioner af landet (Nord- og Vestjylland; se kortbilag).

DMU har på foranledning af Limfjordsamterne foretaget en trendanalyse for perioden 1984-98 af 25 vandløb med udløb i Limfjorden (Larsen, 1999). Vandløbene afvander primært dyrkningspåvirkede oplande. Analysen viste i 22 vandløb stigende koncentrationer af total kvælstof efter korrektion for vandføring. Stigningen var signifikant på 5 %-niveau i 13 af vandløbene. DMU foretog i 1998 en tilsvarende analyse for perioden 1984-96 af 11 vandløb med udløb i Mariager Fjord (Larsen, 1998). Her kunne der konstateres stigende koncentrationer i 10 vandløb, hvoraf udviklingen var signifikant i 5 vandløb. Analyserne understøtter således billedet af en stigende tendens i Nordjylland, også ved anvendelse af en længere tidsserie end overvågningsprogrammets.

Modelberegninger af udvaskningen af kvælstof fra rodzonen i de 6 landovervågningsoplande ved normalt klima viser, at ændringen i

*Der kan beregnes et fald i kvælstofkoncentrationen i 75 % af vandløbene, som dog i de fleste tilfælde kan bero på tilfældige udsving.*

*Vandløbene, der udviser en tendens til stigning, er koncentreret i Nord- og Vestjylland.*

landbrugspraksis fra 1989/90 til 1997/98 over en årrække vil medføre en reduktion i udvaskningen på i gennemsnit ca. 25 % (Grant et al., 1999).

*Reduceret udvaskning fra rodzonen vil først efter en årrække slå fuldt igennem i vandløbene*

Det beregnede generelle fald i kvælstofkoncentrationen i vandløb i dyrkede oplande er kun signifikant i 16 % af de 55 testede vandløb. Beregninger viser, at faldet i den normaliserede transport i vandløb i dyrkede oplande er ca. 5 % ( $0,9 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Dette er betydeligt mindre end den modelberegnete reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen ved normalt klima. Dette resultat var også forventet, da den modelberegnete reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen først slår igennem efter en årrække. Desuden nedsiver en større eller mindre del af det udvaskede kvælstof fra rodzonen til grundvand for først efter flere års transporttid at nå frem til vandløb. Reduktioner i kvælstofkoncentration og -transport vil derfor først kunne erkendes i rodzonen, derefter i øvre grundvand og først senere i kvælstoftransporten i vandløb. Først efter mange år vil reduktionerne i kvælstofudvaskning fra rodzonen derfor slå fuldt igennem i vandløb. Responstiden (forsinkelsen) vil være meget afhængig af naturgivne forhold som jordtype og hydrogeologi i det enkelte vandløbsopland. Reduktioner i kvælstofudvaskningen fra rodzonen vil heller ikke medføre den samme mængdemæssige reduktion i kvælstoftilførslen til vandløb. Det skyldes, at en del af kvælstoffet under passagen af jorden fjernes ved denitrifikationsprocesser. Den forventede forsinkelse i reduktion af kvælstoftransport i vandløb som følge af grundvandets indflydelse understøttes af, at kvælstofkoncentrationen i kilder og kildebække i landbrugsområder generelt har været stigende i overvågningsperioden (jævnfør kapitel 3).

*Kun svage tegn på et fald i kvælstoftabet fra landbrugsjorden.*

Sammenfattende må det konkluderes, at der er grund til at antage, at det forholdsvis lille fald, der er beregnet i kvælstofkoncentrationen i mange vandløb i dyrkede oplande, skyldes en mindre generel kvælstofudvaskning fra landbrugsjorden. Men der er også en række vandløb som udviser en svag tendens til stigende kvælstofkoncentrationer. En nærmere analyse af årsagerne til de konstaterede forskelle i udvikling mellem de forskellige oplande og regioner af landet er påkrævet med henblik på bedre at kunne fortolke samspillet mellem ændringer i dyrkningspraksis, kvælstofudvaskning og kvælstoftransport i vandløb.

### **Punktkildebelastede vandløb**

*Forbedret rensning af spildevand har haft en effekt på vandkvalitete*

Kvælstofkoncentrationen i spildevandsbelastede vandløb er typisk faldet ca. 14 % (median), svarende til  $0,7 \text{ mg N l}^{-1}$ . Der er beregnet et fald i ca. 85 % af undersøgte vandløb og faldet er signifikant i ca. en tredjedel af vandløbene. Faldet varierer en del i de enkelte vandløb, men er generelt større end i dyrkede oplande.

Den forbedrede rensning af spildevand fra byer og industrier efter Vandmiljøplanens vedtagelse har således haft effekt på koncentrationen af total kvælstof i vandløb. Det gælder især i de mest forurenede vandløb, hvor der er sket de største reduktioner i spildevandsudledning af kvælstof og kvælstofkoncentrationen i vandløb.

Fordelingen af spildevandsbelastede vandløb, hvor der beregnes fald

og stigning, kan ses i kortbilag. De 10 vandløb, hvor der beregnes stigende kvælstofkoncentration er hovedsageligt lokaliseret i bestemte regioner i Jylland.

### Dambrugsbelastede vandløb

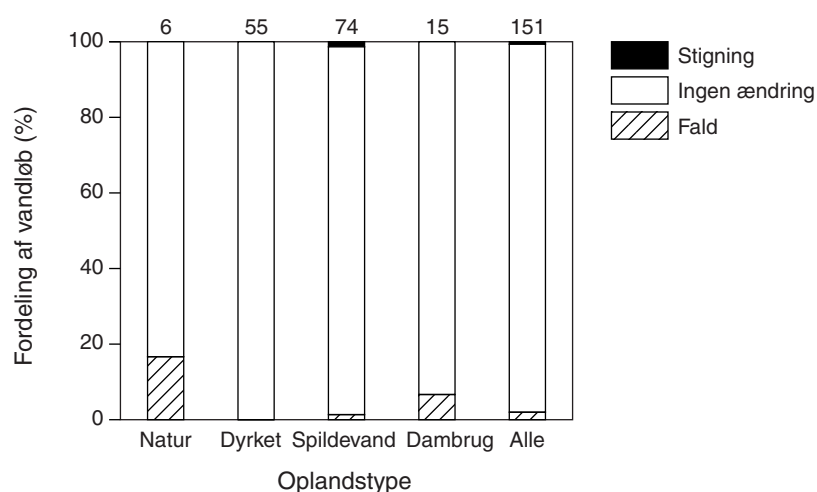
I de 15 vandløb, hvor en stor del af kvælstofudledningen fra punktkilder stammer fra dambrug, kan der beregnes et typisk fald (median) i koncentrationen af total kvælstof på ca. 7 % i perioden 1989-98, svarende til 0,2 mg N l<sup>-1</sup>. Kun i ét af vandløbene er faldet signifikant (Omme å, Ringkjøbing Amt), mens der omvendt også er et enkelt vandløb med en signifikant stigning, (Villestrup å, Ouegård, Nordjyllands amt).

Der er beregnet et gennemsnitligt fald i den normaliserede transport af kvælstof på 0,50 kg N ha<sup>-1</sup> i de dambrugsbelastede vandløb siden 1989. I samme periode er kvælstofudledningerne fra dambrug i de pågældende vandløb i gennemsnit reduceret med 47 %, svarende til 1,49 kg N ha<sup>-1</sup>.

### Udvikling i vandføring

I tolkning af analyseresulaterne af udviklingen i kvælstofkoncentrationen forudsættes det, at en evt. tidlig udvikling i de målte koncentrationers afvigelse fra den beregnede CQ-sammenhæng (for hver enkelt vandløb) alene skyldes generelle ændringer i kvælstofkoncentrationen. Man skal dog være opmærksom på, at såfremt også vandføringen ændrer sig over tid, er resultaterne ikke helt entydige. Der er beregnet et signifikant fald i kvælstofkoncentrationen i godt 20 % af de undersøgte vandløb, mens vandføringen kun er faldet signifikant i ca. 2 % af vandløbene (figur 4.5). Derfor forventes de beregnede ændringer i kvælstofkoncentrationen i vandløb ikke generelt at være påvirket af ændrede afstrømningsforhold i overvågningsperioden.

*Der er ikke tegn på generelle ændringer i vandføringen i overvågningsperioden*



Figur 4.5 Udvikling i vandføring 1989-1998 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper på 95 procent konfidensniveau ( $p < 0.05$ ). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Kendall's sæson test.

### 4.3 Analyse af udviklingen i perioden 1978/79 til 1998/99

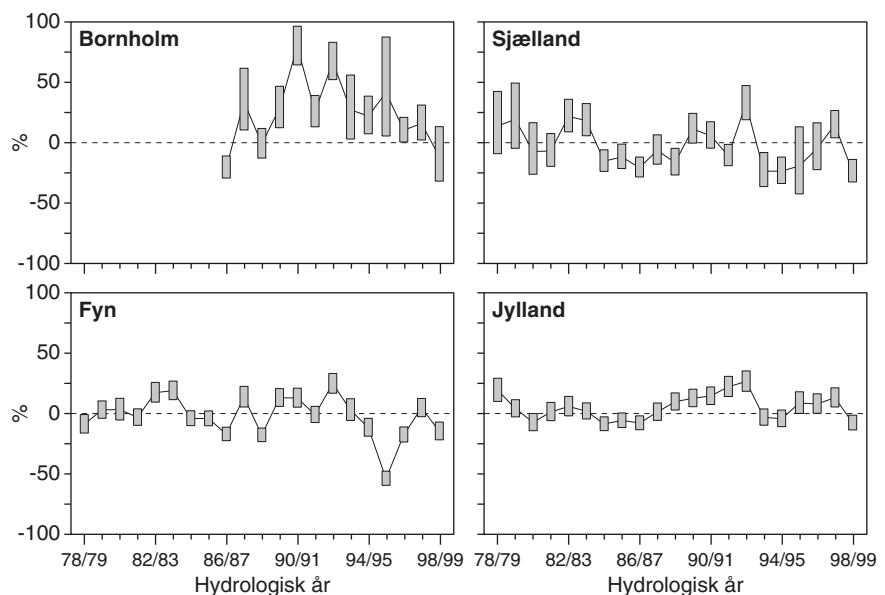
55 stationer med tidsserier tilbage til slutningen af halvfjerdserne giver indblik i tilstanden før overvågningsperioden

I perioden forud for Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er koncentrationen af kvælstof regelmæssigt blevet målt i enkelte danske vandløb i forbindelse med amternes tilsynsprogrammer. Der findes således tidsserier af kvælstofkoncentrationer og kvælstoftransport fra omkring 55 vandløb i perioden 1978/89 til 1998/99. Amternes daværende tilsynsprogrammer opfyldte ikke de standardiserede krav til overvågningen, som i dag er aftalt i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Det drejer sig primært om prøvetagningsfrekvensen, som typisk var mindre end nu.

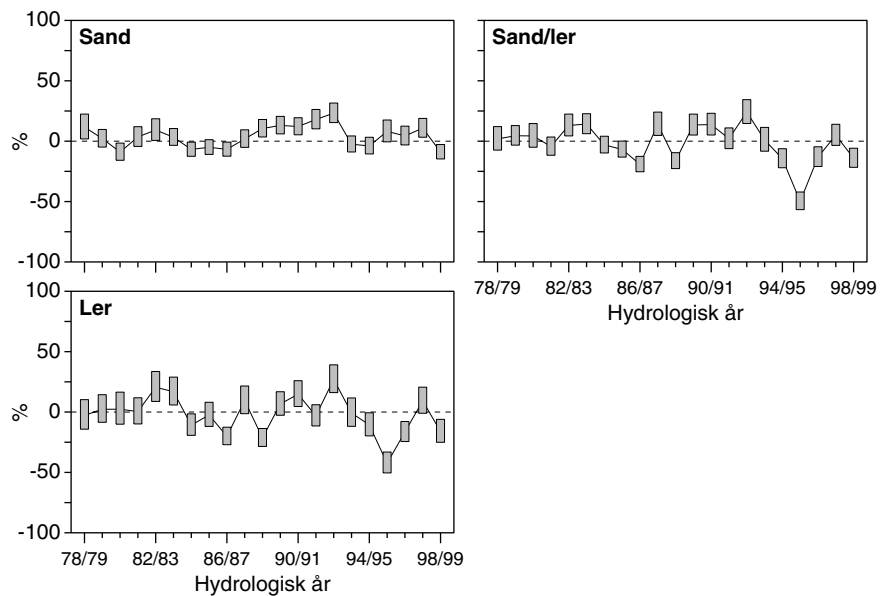
De forholdsvis mange vandløbsstationer med kvælstofanalyser fra før 1989 bedømmes dog som egnede til at give en vurdering af udviklingen i transporten af kvælstof i de danske vandløb i perioden før og efter Vandmiljøplanen blev vedtaget. De 55 vandløb fordeler sig med 23 i Jylland, 23 på Fyn, 6 på Sjælland og 3 på Bornholm. Oplandene til de 55 vandløb dækker mellem 12 og 50 % af det samlede areal i regionerne. Bedst dækket er Fyn med 50 % af arealet og dårligst Sjælland med 12 % af arealet.

Kvælstof transporten er korrigeret for vandafstrømningen

Den anvendte metodes normaliserede nitrat-transport for de 4 regioner er vist i figur 4.6 og på de tre hovedjordtyper i figur 4.7. I metoden er der søgt korrigeret for år til år ændringer i de klimatiske forhold ved at inddrage vandafstrømningen. Temperaturen er tidligere forsøgt inddraget, men har ikke vist sig at kunne bidrage med nogen yderligere forklaring af år til år variationerne i kvælstoftransport.



Figur 4.6 Klimatisk (vandafstrømning) korrigeret transport af nitratkvælstof i grupperne af vandløb i 4 regioner af Danmark i perioden 1978/79 til 1998/99. For hver region er indlagt et referenceniveau (nul-niveauet) som en stiplede linie, der angiver gennemsnittet for 9-årsperioden for Vandmiljøplanen blev vedtaget, dvs. perioden 1978/79 til 1986/87. I figuren er der for hvert hydrologisk år angivet det korrigerede relative transportniveau af kvælstof for den analyserede gruppe af vandløb med et sikkerhedsbånd ( $\pm 2$  gange standardafvigelsen).



Figur 4.7 Klimatisk (vandafstrømning) korrigeret transport af nitratkvælstof i grupperne af vandløb, der henholdsvis afvander sandjord, blandede sand- og lerjord og ren lerjord. For hver jordtype er indlagt et referenceniveau (nul-niveauet), som en stiplede linie, der angiver gennemsnittet for 9-års perioden for Vandmiljøplanen blev vedtaget, dvs. perioden 1978/79 til 1986/87. I figuren er der for hvert hydrologisk år angivet det korrigerede relative transportniveau af kvælstof for den analyserede gruppe af vandløb med et sikkerhedsbånd ( $\pm 2$  gange standardafvigelsen).

I perioden fra Vandmiljøplanens vedtagelse og frem til 1992/93 har det klimatiske korrigerede transportniveau af kvælstof, med små udsving fra år til år, ligget omkring gennemsnittet for 9-års perioden forud for Vandmiljøplanen (figur 4.6). Det gælder især for vandløbene, der afvander lerjord og de sand- og lerblandede jorder. I vandløb på de sandede jorder har der i samme periode været en svag, men entydig stigende tendens (figur 4.7).

*Ingen sikre tegn på ændringer i transportniveauet efter 1992/93*

Efter 1992/93 er det klimatiske korrigerede transportniveau af kvælstof i generelt faldet og er således i gennemsnit mindre end de forudgående 15 år i alle jordtyper. Faldet er mest udtalt på lerjorde (16 %), men er dog ikke signifikant ( $p=0,09$ ). For vandløb på sandjord er det korrigerede transportniveau af kvælstof kun faldet 3 % efter 92/93.

*Kvælstoftransporten i de enkelte år*

Det store fald i det korrigerede transportniveau af kvælstof, som er konstateret i 1995/96 for vandløbene på lerjord og de sand- og lerblandede jorder, skyldes altovervejende de meget specielle klimatiske forhold i dette hydrologiske år. Året var det mest tørre i dette århundrede. I løbet af året faldt der så lidt nedbør, at der næsten ikke var nogen overskudsnedbør til rådighed til nedsivning i jorden.

I løbet af 1995/96 blev der derfor ikke udvasket ret meget kvælstof fra rodzonen til vandløb og grundvand på Øerne og i Jylland. Dette ekstreme forhold er også påvist ud fra direkte målinger af jordvand og dræn i de 3 landovervågningsoplande på lerjord. I to af oplandene (beliggende på Fyn og Sjælland) kunne der således ikke beregnes nogen afstrømning og dermed kvælstofudvaskning fra rodzonen i 1995/96 (Grant et al., 1997).

Der er således i løbet af 1995/96 opbygget en stor pulje af uorganisk kvælstof i jorden både i form af det nettotilførte kvælstof i handels- og husdyrgødning, dels den mineraliserede mængde af kvælstof fra jordens organiske pulje. Ved fastsættelse af gødskningsnormerne i driftsåret 1996/97 er der kun delvist kompenseret for denne pulje (*Fyns amt, 1997*).

I 1996/97 steg det korrigerede transportniveau af kvælstof i vandløb på lerjord og de sand- og lerblandede jorder i forhold til året før. Det skyldes givetvis en udvaskning af dele af den opsparede uorganiske kvælstofpulje i rodzonen fra året før. Stigningen i dette ene år skyldes altså opsparet kvælstof i jorden og kan ikke henføres til nogen generel udvikling i landbrugets brug og håndtering af kvælstofgødning.

Da 1996/97 også var et forholdsvist tørt år har der formentlig stadigvæk været en meget stor pulje af uorganisk kvælstof i jorden, og der er i det hydrologiske år 1997/98 sket en betydelig udvaskning fra denne pulje. Den normaliserede afstrømning af nitratkvælstof i det hydrologiske år 1997/98 var således af samme størrelse som i perioden forud for Vandmiljøplanens vedtagelse. En sådan situation har tidligere optrådt i forbindelse med det meget tørre hydrologiske år i 1976/77. Året efter faldt der normale nedbørsmængder, og der blev målt en kraftig forøget kvælstoftransport og dermed vandføringsvægtet koncentration af kvælstof i vandløbet.

I det hydrologiske år 1998/99 var afstrømningen og målt kvælstoftransport større end normalt, hvorimod det korrigerede transportniveau af kvælstof var under normalen. På Sjælland var afstrømningen 43 % over gennemsnittet for de seneste 21 år, mens den målte kvælstoftransport kun var 1 % større end gennemsnittet i samme periode. Det korrigerede transport niveau af kvælstof på Sjælland er således blandt de laveste siden 1978/79. På Fyn var den korrigerede transport af kvælstof i 1998/99 også noget lavere end normalt, men dog ikke så lav som på Sjælland, måske fordi husdyrholdet er stort på Fyn og endog har været stigende i de senere år (*Fyns amt, 1999*).

#### 4.4 Konklusion

*Stor kvælstoftransport i 1998*

Kvælstoftransporten i danske vandløb i 1998 var forholdsvist stor, på grund af en stor vandafstrømning.

*Usikre tegn på faldende kvælstofkoncentrationer*

Der er foretaget en analyse af udviklingen i koncentrationen af total kvælstof i forskellige danske oplandstyper, hvor der korrigeres for ændringer i vandføringen på data fra overvågningsperioden 1989-98. I vandløb, der afvander dyrkede oplande, er der beregnet et typisk fald (median) i kvælstofkoncentrationen på 5 % ( $0,3 \text{ mg N l}^{-1}$ ) siden startåret 1989. Faldet er dog kun signifikant i 16 % af de analyserede vandløb. Vandløb, der udviser tendens til stigning, er hovedsageligt koncentreret i bestemte regioner af landet (Nord- og Vestjylland). Analyser af vandløb med udløb i Limfjorden og Mariager Fjord, hvor data tilbage fra 1984 inddrages viser ligeledes en stigende tendens.

*Tendenser til stigning i Nord- og Vestjylland*

*Effekt af forbedret spildevandsrensning*

I spildevandsbelastede vandløb er der beregnet et typisk fald i kvælstofkoncentrationen på 14 % i perioden 1989-98. At faldet er større i



de spildevandsbelastede end i de landbrugspåvirkede vandløb, viser effekten af indsatsen overfor spildevandsrensning. I vandløb i dyrkede, skov- og naturoplande har kvælstofkoncentrationen generelt været uændret.

I dambrugsbelastede vandløb er der beregnet et gennemsnitligt fald i kvælstofkoncentrationen på 7 % i perioden 1989-98, svarende til 0,19 mg N l<sup>-1</sup>. Faldet i kvælstofkoncentrationen er omregnet til et gennemsnitligt fald i normaliseret transport af kvælstof på 0,50 kg N ha<sup>-1</sup> siden 1989. I samme periode er kvælstofudledningerne fra dambrug i de pågældende vandløb i gennemsnit reduceret med 47 %, svarende til 1,49 kg N ha<sup>-1</sup>.

*Det er endnu for tidligt at vurdere effekten af ændret landbrugspraksis*

Der skal flere års målinger af kvælstofkoncentrationen- og -transporten i vandløb til, før det er muligt at påvise en statistisk sikker og generel respons på ændringerne i landbrugspraksis og kvælstofudvaskning fra rodzonen. Det skyldes både den tid, der går, inden den fulde effekt af omlægningerne i landbrugspraksis slår igennem i kvælstofudvaskningen fra rodzonen og den forsinkelse, der er forbundet med kvælstoffets transport gennem grundvand til vandløb. En nærmere analyse af årsagerne til de indtil nu konstaterede ændringer i kvælstofkoncentration og -transport i vandløb, der afvander oplande med forskelle i naturgivne forhold og landbrugsdrift i forskellige egne af landet, vil formentlig kunne understøtte de kommende års tolkninger af de statistiske udviklingstest.

Faldet i kvælstofkoncentration er omregnet til et fald i normaliseret kvælstoftransport på ca. 5 % siden 1989 i vandløb i dyrkede oplande. Der er betydelig usikkerhed forbundet med at omsætte ændringer i vandløbvandets kvælstofkoncentration til ændringer i transporterede mængder. Udvasningen af kvælstof fra landbrugsjord er dog uden al tvivl fortsat den altdominerende kilde til kvælstoftransporten i danske vandløb.

*Mere detaljerede undersøgelser af vand- og kvælstof-strømme i de kommende år*

Der er derfor behov for at videreudvikle statistiske test af udviklingstendenser, der kan inddrage mere specialiseret viden om vand- og kvælstofstrømme på oplandsniveau. I det reviderede overvågningsprogram for perioden 1998-2003 er der derfor afsat resurser til nærmere oplandsanalyser af vand- og næringsstofstrømme (nærmere beskrevet i kapitel 6).

Først i løbet af de kommende år vil målingerne i vandløb med sikkerhed kunne afdække, om de konstaterede ændringer i kvælstofudledningerne til vandløb fortsætter, og dermed hvilken betydning ændringerne i landbrugspraksis har haft for kvælstofudledninger til overfladevand.

Det noteres også, at udviklingen mod reduceret kvælstoftransport i mange af vandløbene i dyrkede oplande, ikke genfindes i resultaterne fra de kildebække, der overvåges (kapitel 3). I disse er der en generel tendens til stigende nitratkoncentrationer, muligvis netop fordi vandet i kilderne er gammelt grundvand.

## 5 Fosfor

Anker R. Laubel, Hans L. Iversen, Søren E. Larsen & Jens Bøgestrand

I dette kapitel gennemgås resultaterne af den landsdækkende overvågningsindsats i perioden 1989-98 med hovedvægten lagt på udviklingen i fosforkoncentration og -transport i danske vandløb.

### 5.1 Tilstanden i 1998

*Mest fosfor i punktkildebelastede vandløb*

Koncentrationerne af total fosfor var i 1998, ligesom i tidligere år, højest i vandløb i oplande med punktkilder fulgt af vandløbene i de dyrkede oplande (tabel 5.1). I vandløb med dambrug lå koncentrationerne af total fosfor lidt under dette. Mindst var koncentrationerne og transporten i naturvandløbene. Koncentrationerne i vandløb i dyrkede oplande og punktkildebelastede vandløb er 2 til 3 gange så høje som i vandløb der afvander naturoplande.

Natur-oplandene har en væsentligt lavere vandafstrømning end andre vandløb. Det betyder, at der er endnu større forskel på naturvandløb og andre vandløb, hvis man ser på den arealspecifikke transport.

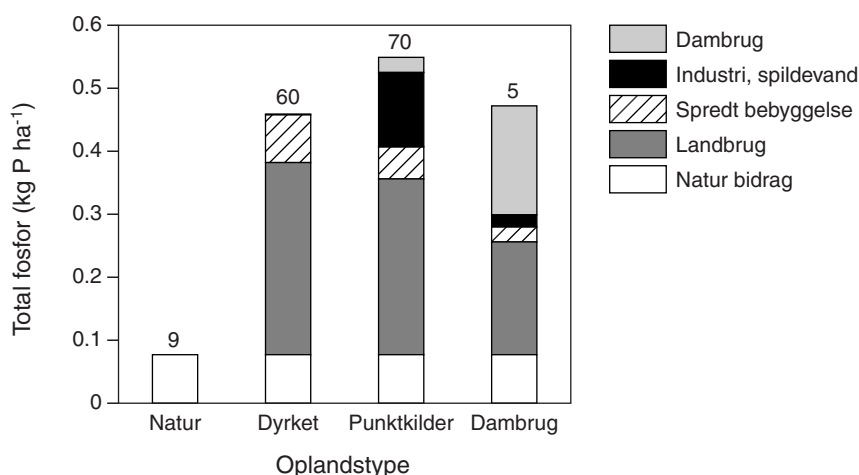
Tabel 5.1 Årsgennemsnit og median (1998) for tidsvægtede koncentrationer, arealkoefficient og vandføringsvægtet koncentration for Total P og ortho-P samt vandafstrømning (mm) for vandløb i 4 oplandstyper (kategori 1998 - se kap.1)

Fosfor 1998	Naturoplande TYPE 1		Dyrkede oplande TYPE 2		Oplande m. punktkilder TYPE 4		Dambrug TYPE 5		
	gns.	median	gns.	median	gns.	median	gns.	median	
Antal stationer	9		60		69		5		
Årsmiddelkoncentration P mg l <sup>-1</sup>									
Total P	mg P l <sup>-1</sup>	0,051	0,052	0,145	0,119	0,191	0,155	0,118	0,090
PO <sub>4</sub> -P	mg P l <sup>-1</sup>	0,021	0,021	0,074	0,053	0,106	0,073	0,063	0,035
Arealkoefficient									
Total P	kg P ha <sup>-1</sup>	0,077	0,072	0,460	0,341	0,550	0,510	0,472	0,405
PO <sub>4</sub> -P	kg P ha <sup>-1</sup>	0,031	0,025	0,189	0,133	0,243	0,216	0,232	0,205
Vandføringsvægtet koncentration									
Total P	mg P l <sup>-1</sup>	0,048	0,050	0,139	0,115	0,164	0,154	0,119	0,090
PO <sub>4</sub> -P	mg P l <sup>-1</sup>	0,021	0,019	0,060	0,052	0,076	0,068	0,063	0,035
Afstrømning mm		191,8	158,2	334,9	317,5	351,6	329,4	432,3	440,8
Oplandsstørrelse km <sup>2</sup>		5,04	3,37	15,53	10,35	230,2	118,5	185,9	91,8

## 5.2 Kilder til fosfor i 1998

Kilderne til fosfortransporten i vandløb i 1998 er opgjort for hver af de 4 forskellige oplandstyper (figur 5.1):

- Naturoplande (Type 1)
- Dyrkede oplande (Type 2)
- Oplande med punktkilder (Type 4)
- Oplande med dambrug (Type 5)



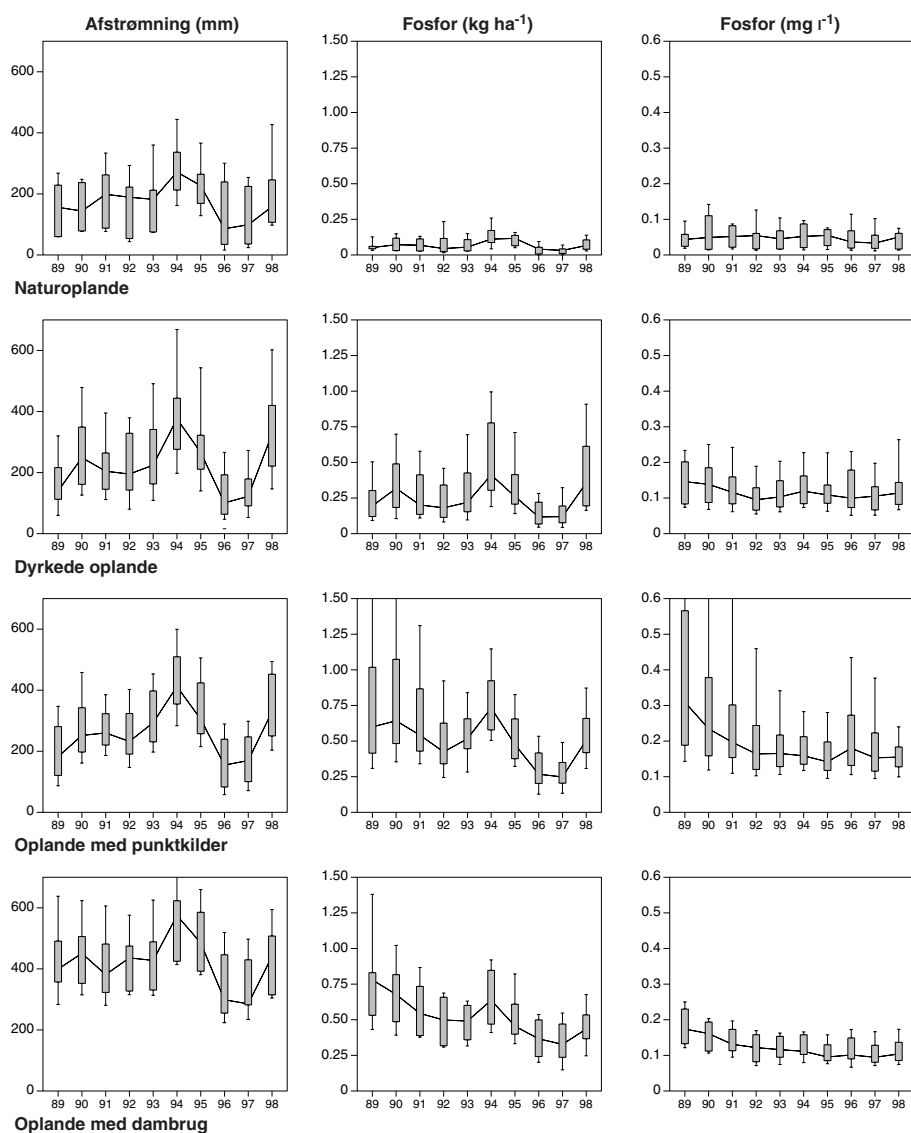
Figur 5.1 Kilder til fosfortransport i vandløb i 4 forskellige oplandstyper i 1998, (jf. kap.1). Vandløb er typefastsat efter 1998-situation. Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier.

*Landbruget den vigtigste kilde til fosfor i vandløb*

I kildeopsplitningen er naturbidraget i alle vandløb antaget at være det samme som det gennemsnitlige arealtab af fosfor i naturvandløbene. Landbruget var i 1998 den vigtigste kilde til fosfortransporten både i dyrkede oplande og i oplande med punktkilder - og bidrager i dambrugsvandløbene med lige så stor en andel som dambrugene selv. Spildevandsudledningerne udgjorde en væsentlig andel af fosfortransporten i oplandene med punktkilder, men er på grund af forbedret spildevandsrensning ikke længere den dominerende kilde. Udledninger fra spredt bebyggelse udgjorde som i tidligere år en væsentlig andel af fosfortransporten i vandløbene i de dyrkede oplande. Den store vandafstrømning i 1998 har betydet et relativt stort tab af fosfor fra det åbne land og dermed bidraget til, at landbruget har udgjort en så dominerende andel af tilførslerne. I de tørre år 1996-97 udgjorde bidraget fra landbruget en væsentligt mindre, men stadig betydende, andel.

## 5.3 Sammenligning af tilstanden i 1998 med tidligere år

Udviklingen i fosforafstrømningen i vandløb i 4 oplandstyper (natur, dyrkede, punktkilder og dambrug) er vist i figur 5.2. Vandløbene, der indgår, er karakteriseret efter belastningsforhold i oplandet i 1991.



Figur 5.2 Udviklingen i arealafstrømningen af vand og fosfor og den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor i vandløb i 4 oplandstyper 1989-98. Typer karakteriseret efter status i 1991 (kapitel 1). Median, 10, 25, 75 og 90 % fraktiler vist. Kalenderår.

Udviklingen i fosfortransporten i natur-vandløbene og vandløbene i dyrkede oplande uden punktkilder har siden 1989 generelt fulgt udviklingen og variationen i vandafstrømningen. Således var vandafstrømningen, og dermed også fosfortransporten, højere i 1998 end i både 1996 og 1997.

*Markant fald i oplande med punktkilder og dambrug*

De vandføringsvægtede koncentrationer, der i mindre grad er påvirket af år til år variationen i vandafstrømningen, viser ikke nogen markant generel udvikling i natur-vandløbene. I vandløbene i de dyrkede oplande er de vandføringsvægtede koncentrationer faldet svagt fra et niveau på 0,13-0,15 mg P l<sup>-1</sup> i 1989-91 til 0,11-0,13 mg P l<sup>-1</sup> i 1994-98, (figur 5.2 og bilag 5.1). For vandløbene i oplande med udledninger af spildevand fra punktkilder (byer) og fra dambrug er det meget tydeligt, at der er sket en markant reduktion i fosforbelastningen, fordi der over hele perioden er sket et fald i fosforudledningerne fra punktkilder og dambrug. Specielt er der sket reduktioner i fosfor-

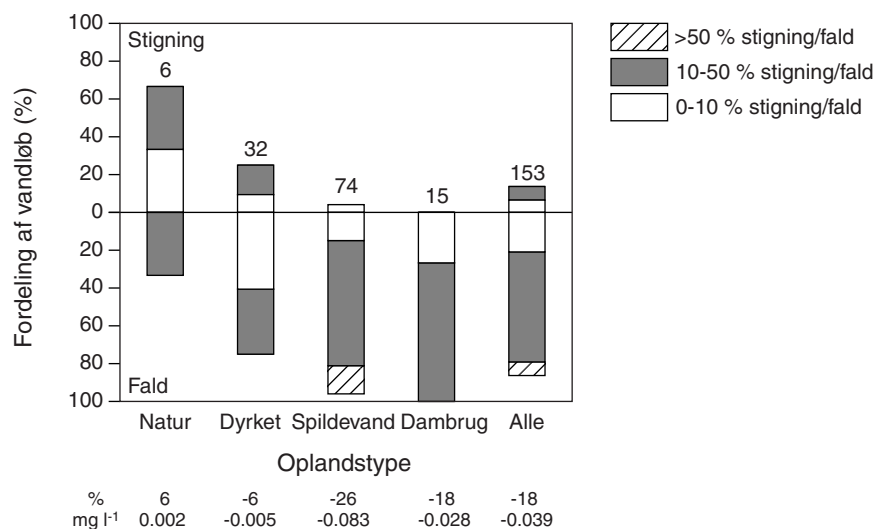
udledningen i de vandløb, hvor der i 1989 var tale om store fosforudledninger - i figur 5.2 vist ved den stadige indsnævring af 90 % percentilen.

## 5.4 Statistisk analyse af udviklingen i perioden 1989-98

*Udviklingen analyseret ved hjælp af normaliserede fosforkoncentrationer*

På samme måde som for kvælstof er udviklingen i fosforkoncentration i vandløbene søgt rensat for naturlig år-til-år variation (se kapitel 4.2). Herved opnås mulighed for bedre at belyse den generelle udvikling som effekt af de gennemførte miljøforbedrende tiltag.

Resultaterne af analysen er vist i figur 5.3 som relative ændringer (%) for hele perioden 1989-98, hvor figurens y-akse viser det procentuelle antal af vandløb indenfor hver stigende eller faldende gruppe i en oplandstype. Figur 5.4 og 5.5 viser, hvor stort et antal af vandløbene som har en signifikant ændring ( $p < 0.05$ ) i hhv. fosforkoncentration og vandføring gennem perioden.



Figur 5.3 Procentuelle koncentrationsændringer 1989-1998 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper. Vandløbene er underopdelt efter ændringens størrelse. Vandløb med koncentrationsstigninger og fald er hhv. over og under nullinjen. Nederst på figuren er ændringen for hver vandløbstype angivet (medianen udtrykt som både procent og koncentration). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Sen's hældnings estimat.

Det er endvidere muligt ved hjælp af medianen for hver enkelt kalendermåneds døgnmiddelvandføringer at estimere en tilsvarende ændring i oplandstabet af fosfor. Stationernes placering og de enkelte stationers ændring kan ses i kortbilag.

### Alle vandløb

For i alt 132 (86 %) ud af alle 153 vandløb er der tendens til et fald i fosforkoncentrationen (normaliseret), mens 21 (14 %) har tendens til

*Signifikant fald i 46 % af alle vandløb*

stigning (figur 5.3, højre kolonne). For størsteparten af vandløbene (58 %) kan der beregnes et fald på mellem 10 og 50 %. Det gennemsnitlige fald i fosforkoncentrationen for alle vandløb er på ca. 19 % (median 18 %) svarende til 0,20 mg P l<sup>-1</sup> (median 0,04 mg P l<sup>-1</sup>). Faldet er signifikant (p<0.05) i 71 af vandløbene, mens der kun i 1 af vandløbene er en tilsvarende sikker stigning (figur 5.4). Det gennemsnitlige fald i oplandstabet for alle vandløb er på 29 % (median 27 %), svarende til 0,32 kg P ha<sup>-1</sup> (median: 0,08 kg P ha<sup>-1</sup>).

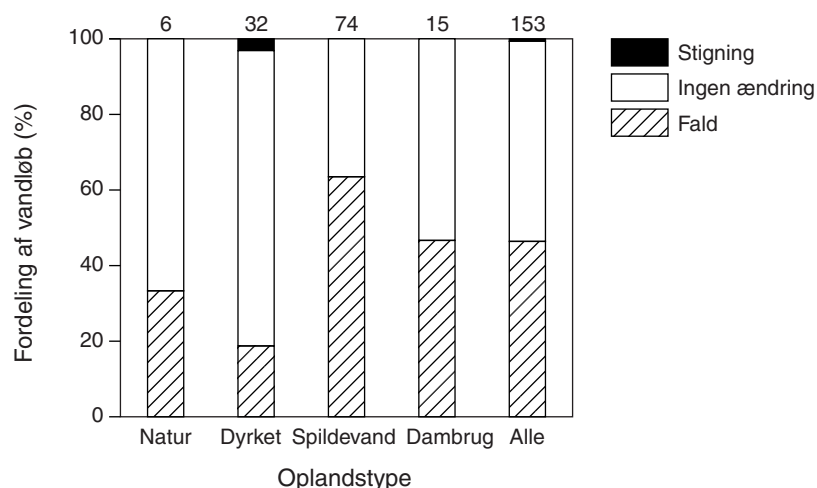
En væsentlig del af vandløbene med tendens til stigende normaliseret fosforkoncentration synes koncentreret til det nordlige Jylland, (kortbilag).

DMU gennemførte i 1999 en analyse af udviklingstendenser 1984-98 i fosforkoncentrationer i 25 vandløb med udløb i Limfjorden (Larsen, 1999). Analysen viste faldende vandføringskorrigerede koncentrationer i alle vandløb, heraf signifikante (5 %-niveau) fald i 22 vandløb. En tilsvarende analyse for perioden 1984-96 af 11 vandløb med udløb i Mariager Fjord (Larsen, 1998) viste faldende tendens i alle vandløb, heraf signifikante fald i 10 af vandløbene.

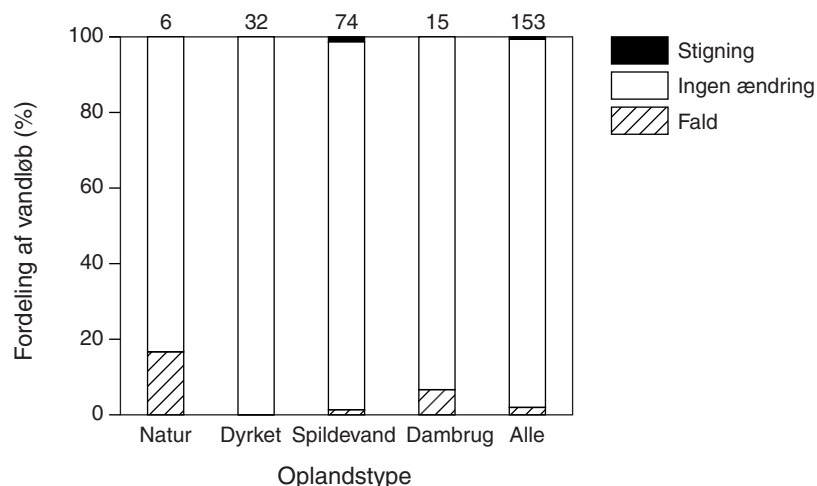
Årsagen til at analyser som inddrager data helt tilbage fra 1984 giver et anderledes resultat i de 36 vandløb skal søges i at der allerede er gennemført forbedret spildevandsrensning før 1989. Derfor har udledningen af spildevand været relativt lille og uændret i perioden efter 1989.

### Vandløb i skov- og naturoplande

I ét af de 6 analyserede natur-vandløb er der beregnet et signifikant fald i fosforkoncentration (figur 5.4). De absolutte ændringer i koncentrationen er dog meget små, og faldet i koncentration kan evt. hænge sammen med et signifikant fald gennem perioden i vandføring (figur 5.5).



Figur 5.4 Udvikling i fosfor koncentration 1989-1998 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper på 95 procent konfidensniveau (p<0.05). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Kendall's sæson test.



Figur 5.5 Udvikling i Vandføring 1989-1998 i alle vandløb med mindst 8 års data og i 4 oplandstyper på 95 procent konfidensniveau ( $p < 0.05$ ). Over søjlerne er angivet mængden af stationer i de enkelte kategorier. Beregningsmetoden er Kendall's sæson test.

Den gennemsnitlige ændring i fosforkoncentration gennem perioden for denne oplandstype er beregnet til et fald på 0,5 %, svarende til  $0,0002 \text{ mg P l}^{-1}$ . Medianen udtrykker derimod en stigning på 6 % ( $0,002 \text{ mg P l}^{-1}$ ).

#### Vandløb i dyrkede oplande

I 24 af de 32 vandløb, der afvander dyrkede oplande uden betydende spildevandsudledninger, er der beregnet et fald og i 8 en stigning i den normaliserede fosforkoncentration.

*Signifikant fald i 19 % af vandløbene i dyrkede oplande*

Gennemsnitligt kan der beregnes et fald i fosforkoncentrationen på 5 % siden 1989, svarende til en reduktion på  $0,02 \text{ mg P l}^{-1}$  (median: 6 %;  $0,005 \text{ mg P l}^{-1}$ ). I 6 af vandløbene (19 %) er faldet signifikant ( $p < 0.05$ ), mens der kun i 1 af vandløbene er beregnet en tilsvarende signifikant stigning (figur 5.4). Det gennemsnitlige fald i oplandstabet for vandløb i dyrkede oplande er på 6 % (median 7 %), svarende til  $0,02 \text{ kg P ha}^{-1}$  (median:  $0,01 \text{ kg P ha}^{-1}$ ).

En faldende udledning af fosfor fra spredt bebyggelse (Miljøstyrelsen, 1999) kan have medvirket til en reduktion i fosforkoncentrationen.

#### Punktkildebelastede vandløb

*... i 64 % af de punktkildebelastede vandløb*

I 71 af de 74 analyserede spildevandsbelastede vandløb kan der beregnes et fald i koncentrationen af total fosfor i perioden 1989-98. I 64 % af vandløbene er faldet signifikant, ( $p < 0.05$ ), (figur 5.4). Det gennemsnitlige fald er for alle punktkildebelastede vandløb på 29 % i perioden svarende til  $0,40 \text{ mg P l}^{-1}$  (median; 26 %;  $0,08 \text{ mg P l}^{-1}$ ).

Der er således ingen tvivl om, at den forbedrede rensning af spildevand fra byer og industrier efter Vandmiljøplanens vedtagelse og amternes ofte skærpede rensningskrav har haft effekt på koncentrationen af total fosfor i vandløb. Det gælder især i de mest forurenede vandløb, hvor der er sket de største reduktioner i spildevandsudledning af fosfor.

... og i 47 % af de dambrugsbelastede vandløb

## Dambrugsbelastede vandløb

I de 15 vandløb, hvor en stor del af fosforudledningen fra punktkilder i 1991 kom fra dambrug (alle ligger i Jylland), kan der beregnes et gennemsnitligt fald i koncentrationen af total fosfor på 22 % i perioden svarende til 0,04 mg P l<sup>-1</sup> (median: 18 %; 0,03 mg P l<sup>-1</sup>). For 7 af de 15 vandløb er faldet signifikant (p<0.05).

## 5.5 Intensivstationer

Fosfortransport underestimeret

10 vandløb har siden 1994 været instrumenteret til kontinuert prøvetagning af fosfor - de såkaldte intensivstationer. De vandløb, der indgår, er alle små, - oplandet til hovedparten af stationerne er således mindre end 15 km<sup>2</sup>. Resultaterne har vist, at fosfortransporten i disse mindre vandløb generelt underestimeres med den gængse stikprøvetagning, og at fosfortilførslerne fra det åbne land dermed er større end beregnet ud fra den prøvetagningsmetode, der anvendes på de øvrige vandløbsstationer. I hele perioden har den 'sande' fosfortransport, opgjort ved kontinuert prøvetagning således været 72 % større end transporten beregnet ud fra stikprøver (tabel 5.2).

Tabel 5.2 Gennemsnit af fosfortransporter fra vandløbsstationer med kontinuert prøvetagning og stikprøvetagning. Intensiv transport (enten flowproportionalt puljet, flømpuljet, ugepuljet, eller en kombination af flere af disse metoder). De relative og absolutte afvigelser er angivet med tilhørende standard afvigelser (Std). Kun stationer med data fra de seneste 4 år er medtaget.

$$\text{Relativ afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{T_{\text{lineær}}} \quad \text{Absolut afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{\text{Opland}}$$

År	N	Afstrømning mm	Intensiv transport kg P ha <sup>-1</sup>	Relativ afvigelse		Absolut afvigelse	
				%	± Std	kg ha <sup>-1</sup>	± Std
1993	7	195	0,305	77	111	0,105	0,107
1994	9	382	0,644	50	44	0,228	0,269
1995	9	222	0,309	34	44	0,065	0,064
1996	9	100	0,144	99	109	0,067	0,51
1997	9	124	0,184	73	81	0,060	0,048
1998	9	239	0,416	98	108	0,170	0,100
<b>Gns. 1993-98</b>		<b>210</b>	<b>0,334</b>	<b>72</b>		<b>+0,116</b>	

Størst underestimering i våde år

Som det ses af tabel 5.2 er der stor variation i relativ og absolut afvigelse fra år til år. Således underestimeres den "sande" transport i gennemsnit kun med 0,067 og 0,060 kg ha<sup>-1</sup> i de tørre år 1996 og 1997, hvor imod transporten underestimeres med 0,228 og 0,170 kg ha<sup>-1</sup> i de våde år 1994 og 1998. Forskellen skyldes, at der er størst sandsynlighed for, at koncentrationen af total fosfor og især den partikkelbundne andel måles for lavt ved stikprøvetagning (1-2 gange månedligt) i våde år, hvor der generelt er flere og større afstrømningshændelser end i tørre år. Sammenhængen mellem afstrømning og absolut afvigelse er dog ikke entydig - måske fordi nedbørsfordelingen varierer fra år til år, og billedet sløres måske også af, at spredningen på de absolutte afvigelser inden for de enkelte år er så store - mellem 0,048 og 0,269 kg ha<sup>-1</sup>.



### Forskelle mellem vandløb

Det viser sig, at årsværdierne for de enkelte stationer grupperer sig meget forskelligt, både med hensyn til størrelse, fortegn og spredning på afvigelsen mellem intensiv og stikprøvetagning. En øget viden om årsagerne til disse forskelle vil forbedre vores mulighed for at vurdere i hvilke typer af vandløb, intensiv prøvetagning er særlig påkrævet, samt på længere sigt at udvikle metoder til at korrigere fosfortransporten beregnet ved stikprøvetagning, så de giver en mere præcis tilnærmelse til den sande transport.

*Behov for mere pålidelige stoftransport beregninger*

Mere pålidelige transportberegninger har først og fremmest betydning for estimeringen af landbrugsbidraget i de små vandløb i dyrkede oplande, der beregnes som den samlede transport fratrukket baggrunds bidraget og summen af fosforudledninger fra punktkilder (inkl. udledninger fra spredt bebyggelse). I de større vandløbssystemer er underestimering relativt mindre i kraft af, at afstrømningstoppe er mere udjævned, og fordi andelen af fosfor fattigt grundvand er større.

I bilag 5.2 er resultaterne for 1998 ved de enkelte intensivstationer præsenteret sammen med diverse oplands- og afstrømningsdata. Hverken afstrømning, BFI-indeks eller andre af de udvalgte parametre kan hver for sig forklare de relative eller absolutte afvigelser.

*Tabel 5.3* Ny og gamle stationer. Generelle oplandsdata og resultater fra 1998. Opland, Dyrket areal (i % af opland), BFI indeks (Baseflow/afstrømning), Intensiv transport (enten flowproportionalt puljet, flompuljet, ugepuljet, eller en kombination af flere af disse metoder). De relative og absolutte afvigelser er angivet med tilhørende standard afvigelser (Std).

$$\text{Relativ afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{T_{\text{lineær}}} \quad \text{Absolut afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{\text{Opland}}$$

	Gamle stationer		Nye stationer	
	Middel	Median	Middel	Median
Antal	10		8	
Opland (km <sup>2</sup> )	8,4	9,4	9,3	9,2
Dyrket areal (%)	73	76	81	82
Afstrømning (mm)	241	216	328	281
BFI indeks	0,56	0,59	0,55	0,52
Intensiv transport (kg/ha)	0,409	0,417	0,556	0,532
	Middel	± Std	Middel	± Std
Absolut afvigelse (kg ha <sup>-1</sup> )	0,156	0,111	0,139	0,107
Relativ afvigelse (%)	88	107	45	42

### De ny intensive stationer

Med det ny overvågningsprogram, NOVA 2003, er 3 intensiv stationer udgået og 15 kommet til, så der nu er 25 intensive stationer. Den relative afvigelse mellem transport beregnet ved henholdsvis intensiv prøvetagning og stikprøvetagning er mindre ved de ny intensive stationer end ved de stationer, der er videreført fra det tidligere

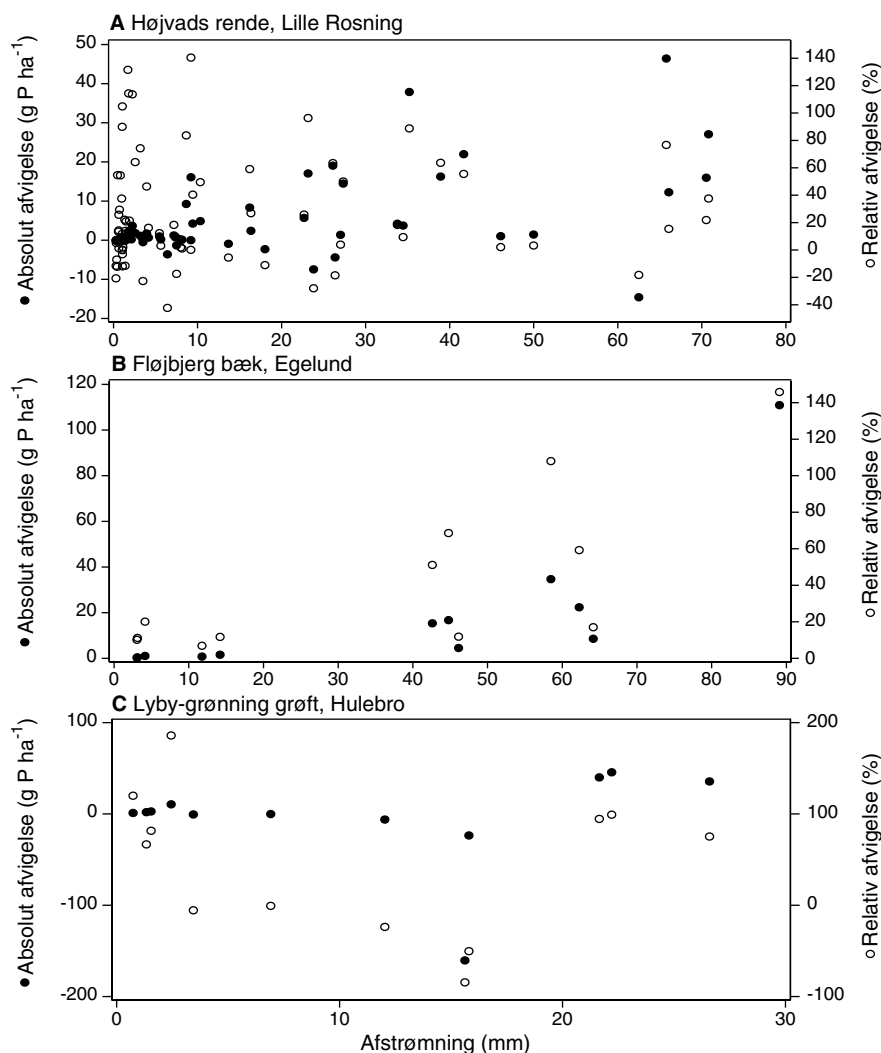
*Mindre relativ afvigelse ved de ny stationer*

overvågningsprogram (jævnfør tabel 5.3), hvilket først og fremmest skyldes en større afstrømning og fosfortransport.

*Relativ og absolut afvigelse ændrer sig med afstrømningen*

### Spredningen på afvigelserne ved de enkelte stationer

Ved et flertal af de intensive stationer ses en mere eller mindre tydelig positiv sammenhæng mellem månedlig afstrømning og absolut afvigelse (figur 5.6 A og B). Den største spredning på de absolutte afvigelser forekommer i regelen også ved store afstrømninger. Den relative afvigelse og dens spredning er derimod ofte størst ved små afstrømninger og snævres ind med stigende afstrømning (figur 5.6 A). Forklaringen herpå må være, at den ægte vandføringsvægtede koncentration (Flowproportionale) generelt falder med stigende volumen af afstrømningshændelser. I nogle tilfælde stiger den relative afvigelse dog med stigende afstrømning (figur 5.6 B).



Figur 5.6 Månedsværdier af absolutte og relative afvigelser (beregnet som i tabel 5.2 og 5.3) i afhængighed af afstrømning i 3 vandløb.

Figur 5.6 C er et eksempel på den grad af tilfældighed, der karakteriserer stikprøvetagningen, og som fører til dramatisk overestimering af transporten, når en enkelt vandprøve udtages under en koncentrationstop. I det viste eksempel er transporten i februar måned beregnet til 0,190 kg ha<sup>-1</sup> ved stikprøvetagning, mens den intensive prø-

vetagning kun resulterede i en transport på 0,029 kg ha<sup>-1</sup>. Årstransporten bestemt ved stikprøvetagning (0,434 kg ha<sup>-1</sup>) blev derved ca. 12 % større end den intensive stoftransport.

## 5.6 Konklusion

*Fosfortransport afspejler vandafstrømning*

Den målte fosfortransport i vandløbene i 1998 var større end i 1996 og 1997, fordi vandafstrømningen var tilsvarende større. For de dyrkede oplande var fosfortransporten i 1998 ligeså stor som i de våde år 1994 og 1995.

*Markant fald i fosfor i punktkildebelastede vandløb*

Der er sket markante fald i de vandføringsvægtede koncentrationer af total fosfor i vandløb, der tidligere var stærkt belastede af spildevand (dambrug, rensningsanlæg). I de dyrkede oplande er de gennemsnitlige fosforkoncentrationer stadig ca. 3 gange højere end i naturvandløb, og spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse udgør stadig et væsentligt bidrag.

En nærmere analyse af udviklingen i koncentrationen af total fosfor i forskellige danske vandløbstyper er gennemført for overvågningsperioden 1989-98, hvor der korrigeres for variationer i vandføringen.

I vandløbene under et, er der beregnet et fald i den normaliserede fosforkoncentration i 86 % af vandløbene i forhold til 1989, og faldet er signifikant ( $p < 0,05$ ) i 46 % af vandløbene.

*Også fald i vandløb i dyrkede oplande*

Reduktionen er størst og resultaterne mest signifikante i de vandløb, der tidligere har været mest belastede af spildevandsudledninger - herunder udledninger fra dambrug. Men der er øjensynligt også tendens til generelt faldende fosforkoncentrationer i mange af vandløbene i dyrkede oplande. Vandløb med tendens til stigning synes ikke tilfældig fordelt, men koncentreret - bl.a. i det nordlige Jylland. Det skal dog pointeres, at der kun i ganske få af vandløbene (<1 %) beregnes signifikant stigende koncentrationer.

## 6 Oplandsanalyse og -model

Morten L. Pedersen & Brian Kronvang

### 6.1 Indledning

Formålet med at gennemføre oplandsanalyser i de 25 vandløbsoplande, der er fordelt over hele landet, er at tilvejebringe data, der kan være med til at øge forståelsen af vand- og stofstrømmene i landbrugspåvirkede oplande med forskellig hydrologi og geologi. Desuden kan oplandsanalyserne bidrage til en bedre forståelse af årsagssammenhænge mellem stofafstrømning og fx landbrugspraksis og den tidlige udvikling heri. Oplandsanalyserne og metoderne, der skal benyttes hertil er nærmere beskrevet i *Kronvang et al. (1998)*.

Oplandsanalyser af stofstrømme indenfor vandløbsoplande kræver en grundlæggende viden om det aktuelle oplands hydrologiske kredsløb og respons på nedbør i form af tilstrømning af vand fra forskellige jordmagasiner til vandløbet. I forhold til beskrivelser af kvælstof- og fosforstrømme fra jord til overfladevand er der behov for, at kunne kvantificere betydningen af de forskellige veje, vand kan strømme gennem jorden fra det falder på jordoverfladen, og til det når vandløbet. Vandets strømning i jorden kan forsimplet beskrives vha. tre transportveje (afstrømningskomponenter), nemlig grundvandsafstrømning, afstrømning gennem umættet zone (intermediær) og overfladisk afstrømning. Især i lerede oplande kan der også forekomme en hurtig vandstrømning gennem makroporer og sprækker i jorden til drænrør.

En kvantificering af betydningen af hver af vandets strømningsveje indenfor et vandløbsopland er afgørende for en analyse af kvælstof- og fosforstrømmene fra jord til overfladevand og dermed for analyser og scenarier af samspillet mellem landbrugspraksis og de målte koncentrationer og transport af næringsstoffer, pesticider mv., der forlader oplandet.

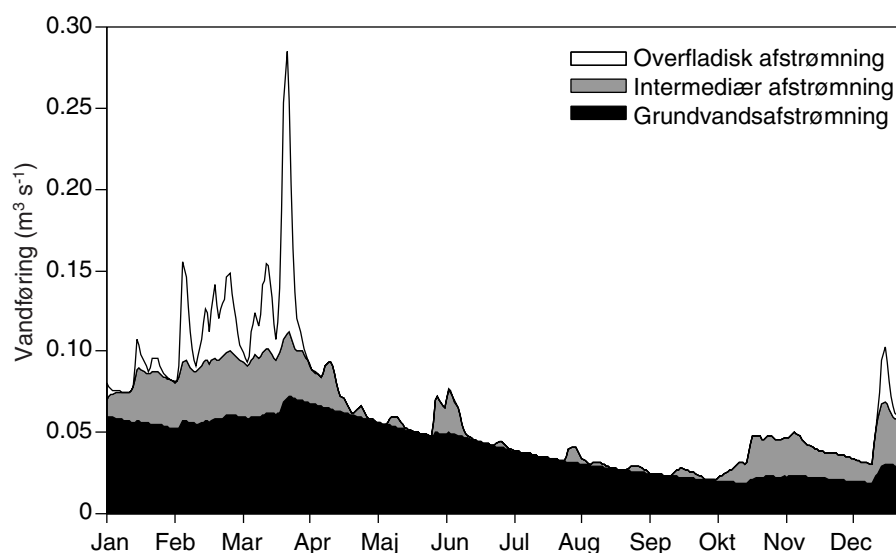
I figurerne i dette kapitel er kun medtaget resultater fra oplande, der har været med i hele overvågningsperioden, dvs. fra 1989 til 1998. Således indgår der 21 oplande i beskrivelsen af oplandsanalyserne.

### 6.2 Hydrologisk modellering

Opstillingen af vandbalancen for et opland og en hydrografopsplitning af vandføringskurven med anvendelse af en nedbørs- og afstrømningsmodel giver mulighed for at opdele overskudsnedbøren på de forskellige afstrømningskomponenter. Vandbalancen giver således en overordnet hydrologisk karakteristik af oplandet, inklusiv viden om eventuel fjernelse af vand fra oplandet via grundvandsudsivning til andre områder og vandindvinding. Fordelingen af afstrømningen på de enkelte komponenter beskriver den hydrologiske respons i oplandet med de gældende topografiske, hydrogeologiske og arealanvendelsesmæssige forhold.

Nedbørs- og afstrømningsmodelleringen er foretaget vha. NAM-modellen, der er en deterministisk, konceptuel og områdeintegrerende model. Modellen er baseret på de fysiske/hydrologiske strukturer i oplandet og simulerer det hydrologiske kredsløb vha. fire forbundne magasiner, hvori der kontinuerligt (døgnskridt) tages højde for vandtilførsel, vandindhold og afstrømning. Simuleringen foregår vha. fysiske baserede ligninger, kombineret med semi-empiriske sammenhænge (DHI, 1996). Ved kalibrering af modellen indkalibreres parametre, der beskriver de hydrologiske/fysiske forhold i de fire magasiner: snemagasinet, overflademagasinet, jordvandsmagasinet og grundvandsmagasinet.

Inddata til modellen består af tidsserier af nedbør, potentiel fordampning og lufttemperatur. Modellen genererer en vandbalance og tidsserier af de tre afstrømningskomponenter: overfladisk afstrømning, intermediær afstrømning og grundvandsafstrømning (figur 6.1).



Figur 6.1 Opdeling af vandløbshydrografen i de tre afstrømningskomponenter (eks. Oddebæk, Nordjyllands Amt).

Som et mål for overensstemmelsen mellem målt og modelleret vandføring kan bruges Nash-Sutcliffe koefficienten:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}$$

hvor:  $Q_i$  er målt vandføring på dag  $i$ ;  $\bar{Q}$  er middelværdien af den målte vandføring for modelleringsperioden;  $\hat{Q}_i$  er modelleret vandføring på dag  $i$ . Bemærk at  $R^2 = 1$  svarer til perfekt overensstemmelse mellem modelleret og målt vandføring.

Modelleringen blev foretaget som en *split-sample test*, hvor kalibreringen af parametrene i modellen foretages på den første halvdel af tidsserien og denne valideres på den sidste halvdel af tidsserien.

### 6.3 Resultater

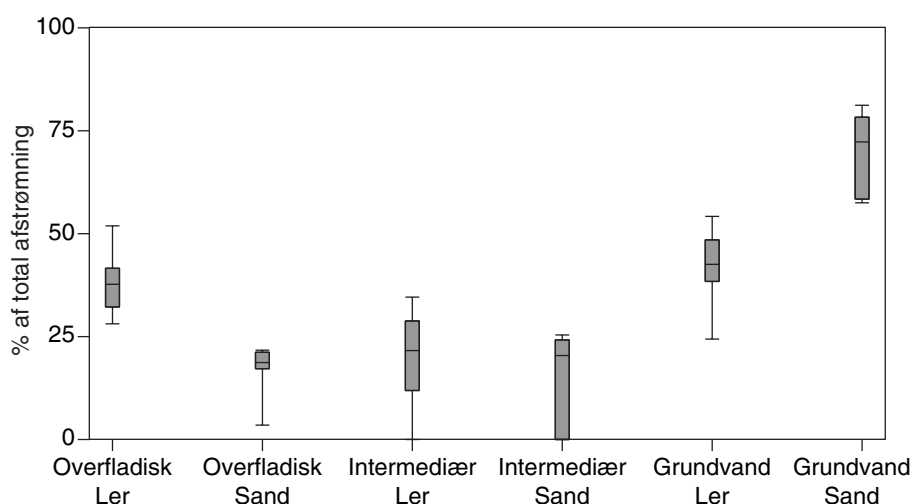
Resultaterne af modelleringen gav Nash-Sutcliffe koefficienter på mellem 0,70 og 0,99. Med enkelte undtagelser er størrelsen af koefficienten tydeligt betinget af oplandets størrelse, med høje koefficientværdier i større oplande og mindre gode modelresultater i mindre oplande (tabel 6.1).

Tabel 6.1 Nash Sutcliffe koefficienter for perioden 1989-98 og for en udvalgt sommerperiode

Nash-Sutcliffe koef- ficient ( $R^2$ )	Oplandsstørrelse		
	0 - 40 km <sup>2</sup>	40 - 450 km <sup>2</sup>	over 450 km <sup>2</sup>
1989-98	0,70 til 0,94	0,78 til 0,97	0,93
Sommer 1993	-4000 til 0,81	-1 til 0,93	0,97
Antal oplande	21	3	1

Generelt opnås de bedste modelresultater på store oplande på 40 km<sup>2</sup> og derover. I sommerperioderne, hvor mange små oplande mister kontakten med grundvandsmagasinet, bliver modelleringen generelt dårligere. De store oplandes hydrografer er ikke så påvirkede af grundvandsspejlets beliggende om sommeren (tabel 6.1). Afgrænsningen af det topografiske- og grundvandsoplandet er desuden mere usikker på mindre oplande.

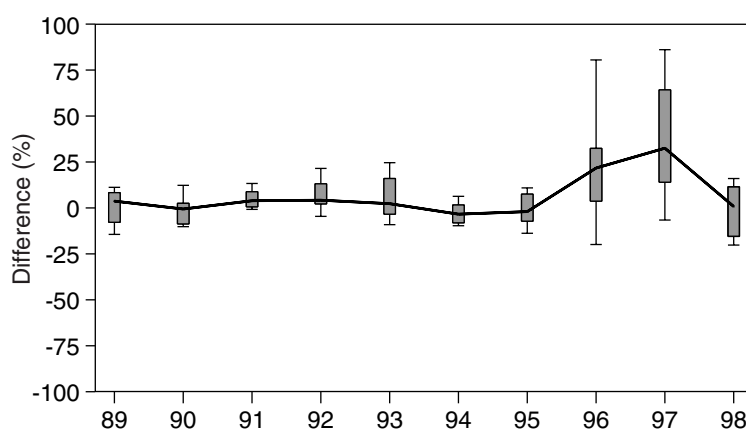
Oplandene kan på baggrund af geologien opdeles i to grupper: oplande domineret af leret jord og oplande domineret af sandet jord. Resultaterne af den hydrologiske modellering viser, at fordelingen af de tre afstrømningskomponenter inden for oplande med samme jordtype (sandet eller leret) er identiske. Fordelingen på de to jordtyper er vist i figur 6.2.



Figur 6.2 Box-Whisker plot af fordelingen af de tre afstrømningskomponenter på oplande med hhv. sandet og leret jordbund.

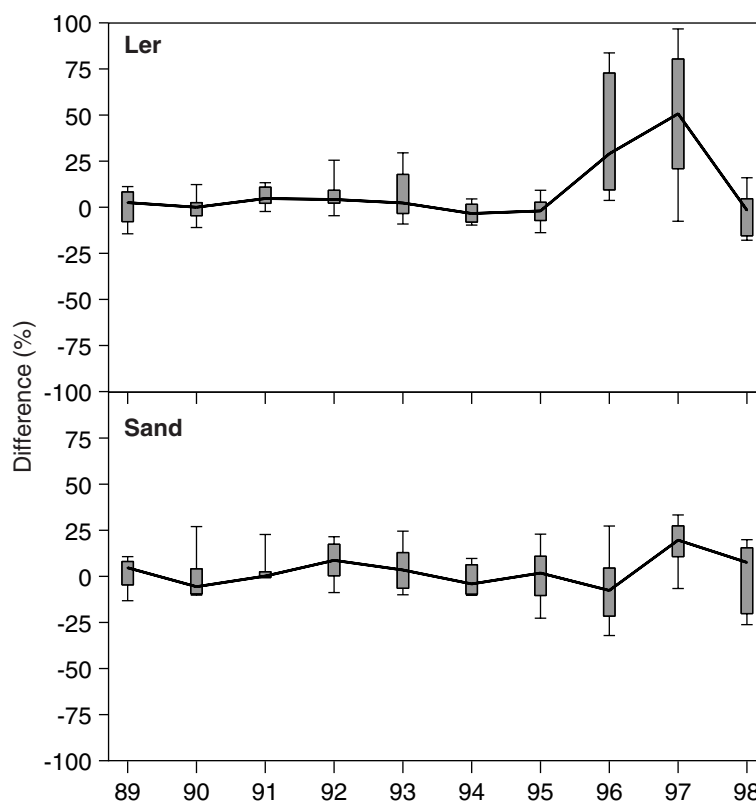
I sandede oplande kommer langt den største andel af afstrømningen fra grundvandet (69 %), medens intermediaer og overfladisk afstrømning udgør hhv. 11 % og 20 % af den totale afstrømning. I lerede oplande udgør grundvandsafstrømningen også den største andel af den total afstrømning, nemlig 43 %. Andelen af overfladisk afstrømning er på 36 %, medens intermediaer afstrømning udgør 21 % af den totale afstrømning.

Vandbalancefejlene ved den hydrologiske modellering var generelt små, typisk på 1-5 % for perioden 1989-98. Der var dog stor forskel på, hvor godt afstrømningens størrelse blev modelleret fra år til år (figur 6.3). Større vandbalancefejl optræder typisk i tørre år, hvor vandløbet mister den hydrologiske kontakt med grundvandsmagasinet i oplandet. Dette kan modellen ikke fuldt ud tage højde for og vil således beregne en for høj grundvandsafstrømning i disse tørre perioder.



Figur 6.3 Box-Whisker plot af differencen (%) mellem målt og modelleret vandføring i alle oplande. Positiv difference svarer til af den målte vandføring overestimeres; negativ difference svarer til en underestimering af den målte vandføring.

Generelt er der ikke stor forskel på modelleret og målt vandføring i de 25 oplande. Der er dog enkelte år hvor forskellen er markant. Det drejer sig primært om 1996 og 1997, der var to meget tørre år. Forskellen i de tørre skyldes sandsynligvis, at modellen er sat op på mindre oplande, hvor vandløbet i tørre perioder mister kontakten med grundvandsmagasinet, og modellen derfor beregner en for høj grundvandsafstrømning. Denne tendens er mest udpræget på lerede jorde, hvor den hydrauliske kontakt mellem vandløb og grundvandsmagasin er dårligst. På sandede jorder, med god hydraulisk kontakt, har de to tørre år ikke samme umiddelbare store indflydelse på grundvandsafstrømningen. Vandbalancen i de sandede oplande er i 1998 stadig påvirket af tørkeperioden i årene før, hvilket ses af den relativt store spredning i Box-Whisker plottet (figur 6.4). Tørkepåvirkningen i sandede oplande er altså ikke nær så markant som i lerede oplande, til gengæld varer den mindre påvirkning i længere tid.



Figur 6.4 Box-Whisker plot af differencen (%) mellem målt og modelleret vandføring i hhv. lerede og sandede oplande.

Kvaliteten af de grundvandsindvindingsdata, der blev benyttet i modelleringen var ikke altid god, og derfor blev der i nogle oplande set bort fra disse data.

Generelt vides for lidt om grundvandets potentialeforhold i mindre oplande. Dette medfører, at der er stor usikkerhed forbundet med fastlæggelsen af grundvandsoplandenes størrelse. Dette kan påvirke modelresultatet i negativ retning i mindre oplande.

Nedbørsdata på 10 x 10 km grid må generelt anses for at være tilstrækkelige til modelleringen med NAM-modellen. Da det skal sikres, at datamaterialet er så sammenligneligt som overhovedet muligt oplandene imellem, er det klart en fordel at disse data benyttes også i fremtidige beregninger.

Fordampningsdata fra 40 x 40 km grid må også anses for at være tilstrækkelige, og fortsat brug af disse vil sikre en fremtidig homogenitet i beregningerne. Der har vist sig, at der kan være store forskelle på grid-data og andre data for den potentielle fordampning.

## 6.4 Sammenfatning

Overordnet er den hydrologiske modellering forløbet med et tilfredsstillende resultat. På trods af, at modellen er blevet sat op på mange små oplande, er Nash-Sutcliffe koefficienterne for disse rimeligt høje. Vandbalancerne for oplandene stemte også tilfredsstillende, med typiske afvigelser på 1-5 % i perioden 1989-98.



Ind-data til modellen i form af grid-nedbør og grid-fordampning sikrer, at et ensartet datamateriale indgår i beregningerne. Der kan dog være forskelle på disse og data fra enkelt-klimastationer.

Modelleringen viste som ventet, at de bedste resultater blev opnået på de lidt større oplande (over 20 km<sup>2</sup>). I vinterperioderne underestimerede modellen den målte vandføring, hvilket sandsynligvis skyldtes, at den nedbør der faldt som sne var underestimeret. I sommerperioderne kunne modellen ikke tage højde for, at grundvandsmagasinet i de fleste mindre oplande skrumpede ind, og dermed blev grundvandsafstrømningen i sommerperioderne overestimeret af modellen. Samtidig gælder, at grundvandsoplandene i mindre oplande generelt er dårligt bestemt.

Den foreliggende opdeling af vandføringen i de enkelte oplande på de tre betydende magasiner gør det nu mulig att:

- oplandsvis vurdere næringsstofbidraget til vand fra forskellige magasiner og deres tidslige variation
- gennemføre trend test på næringsstofkoncentrationer målt ved dominans af vandtilførsel fra de forskellige magasiner
- medvirke til at gennemføre scenarier for betydningen af ændret arealanvendelse for næringsstofbelastningen af vandløb. Inddrages supplerende viden om grundvandets alder, kan dette medvirke til, at specielt forsinkelsesaspektet, dvs. hvornår et indgreb kan forventes at slå igennem med fuld styrke i vandløbet, kan belyses
- gennemføre hydrologiske scenarier, fx effekten af klimaændringer, vandindvinding mv. for den årlige afstrømningsrytme i vandløbet.

I landovervågningen og vandløbsovervågningen foregår der parallelt analyser af næringsstofstrømme i nogle oplande, samtidig foretages analyser af afstrømningshydrograferne vha. BFI metoden (Baseflow Index). På sigt vil der med fordel kunne etableres en videns-, metode- og resultatudveksling mellem overvågningsprogrammerne, således at man gennemfører oplandsanalyserne på et så bredt modelgrundlag som overhovedet muligt.

## 7 Organisk stof (BOD<sub>5</sub>)

Hans L. Iversen & Jens Bøgestrand

*BOD højest i vandløb med spildevandsudledninger eller dambrug*

Resultater af målinger af organisk stof i 1998 i forskellige vandløbstyper er gengivet i tabel 7.1. Koncentrationerne er lavest i vandløb i naturoplande og som gennemsnit højest i vandløb med spildevandsudledninger eller dambrug - cirka dobbelt så høje som i naturvandløbene. Der er kun på et fåtal af stationer en længere tidsserie, og der er derfor ikke gennemført en analyse af den tidlige udvikling.

Betydningen af BOD i relation til de biologiske forhold i vandløb er behandlet i kapitlerne 9 og 10. Tilførslen med BOD til havet er behandlet i kapitel 11.

*Tabel 7.1* Årsgennemsnit og median (1998) for tidsvægtede koncentrationer, arealkoefficient og vandføringsvægtet koncentration for organisk stof (BOD<sub>5</sub>) samt vandafstrømning (mm) for vandløb i 4 oplandstyper (kategori 1998 - se kap.1)

Organisk stof BOD <sub>5</sub> 1998	Naturoplande TYPE 1		Dyrkede oplande TYPE 3		Oplande m. punktkilder TYPE 4		Dambrug TYPE 5		
	gns.	median	gns.	median	gns.	median	gns.	median	
Antal stationer	7		37		41		4		
Årsmiddelkoncentration <sup>1</sup>									
BOD <sub>5</sub> mg BOD l <sup>-1</sup>	1,07	1,05	1,60	1,49	2,06	1,96	2,28	2,17	
Arealkoefficient									
BOD <sub>5</sub> kg BOD5 ha <sup>-1</sup>	1,89	1,76	5,32	4,89	7,51	7,17	8,67	8,99	
Vandføringsvægtet koncentration									
BOD <sub>5</sub> mg BOD5 l <sup>-1</sup>	1,16	1,12	1,56	1,53	2,00	1,93	2,24	2,17	
Afstrømning mm	192	158	335	318	352	329	432	441	
Oplandsstørrelse km <sup>2</sup>	5,0	3,4	15,5	10,4	230,2	118,5	185,9	91,8	



## **8 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer**

Overvågningen af miljøfremmede stoffer bliver først påbegyndt i år 2000 på grund af metodemæssige problemer med analyserne. Der er ligeledes et meget sparsomt datagrundlag på tungmetaller. På den baggrund er emnet ikke behandlet i årets rapport.



## 9 Biologisk Vandløbskvalitet

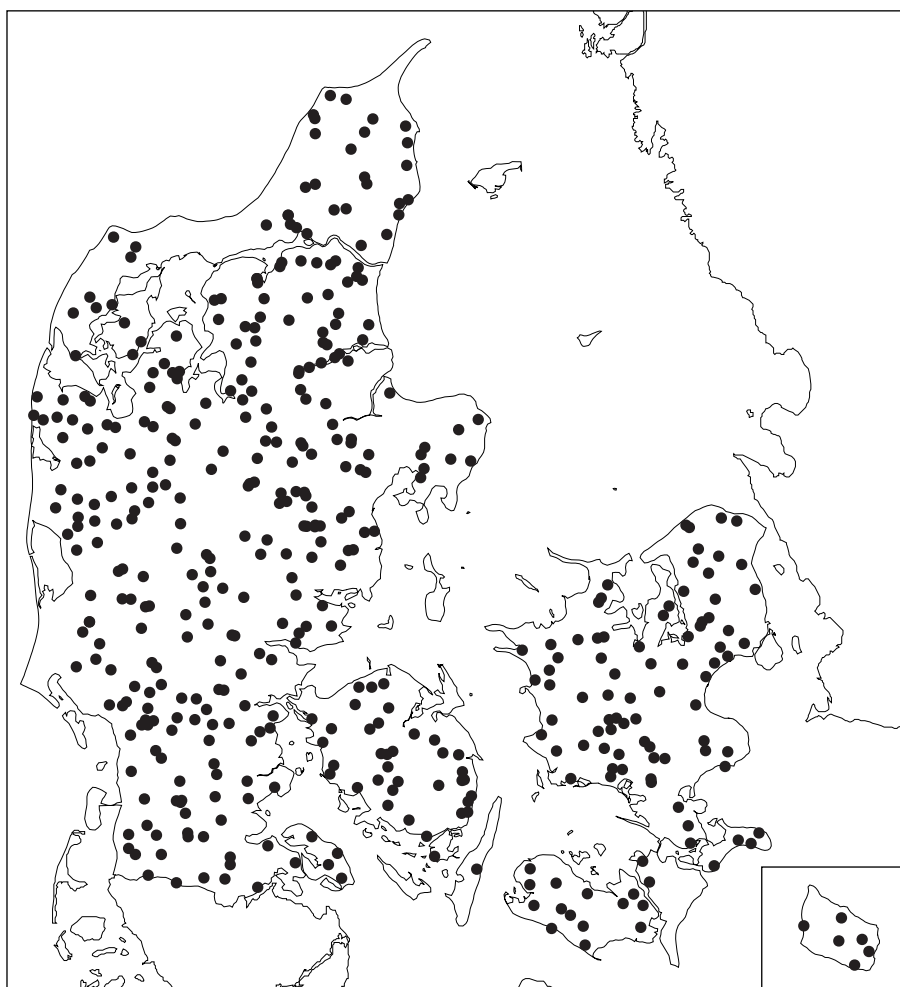
Jens Skriver

### 9.1 Nyt stationsnet til biologisk vandløbskvalitet

Fra 1998 er det nationale stationsnet til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet blevet ændret. Stationsudpegningen i den tidligere overvågningsperiode (1989-97) var primært foretaget ud fra hensynet til kvantificering af stoftransport til søer og marine områder. Som helhed var vandløbene i dette stationsnet derfor store og mellemstore vandløb, og de små vandløb var klart underrepræsenteret.

#### *Repræsentative stationer*

Stationsnettet til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet for perioden 1998-2003 er udvalgt således, at stationerne generelt er repræsentative for danske vandløb. Dette indebærer, at antallet af stationer i de enkelte amter er fastsat ud fra en arealmæssig betragtning. Derudover er der ved stationsplaceringen foretaget en afvejning så stationerne er repræsentative både efter vandløbsstørrelse såvel som repræsentative for den generelle miljømæssige tilstand.



Figur 9.1 Stationsnet hvor der indsamles oplysninger om biologisk vandløbskvalitet (DVFI).

Ud over ændrede kriterier for stationernes placering er antallet af stationer øget således, at der i 1998 er i alt 446 stationer (figur 9.1). For den resterende del af overvågningsperioden (1999-2003) vil biologisk vandløbskvalitet blive foretaget på 1053 stationer.

## 9.2 Ny metode til fastsættelse af biologisk vandløbskvalitet (DVFI)

*Dansk Vandløbsfaunaindeks*

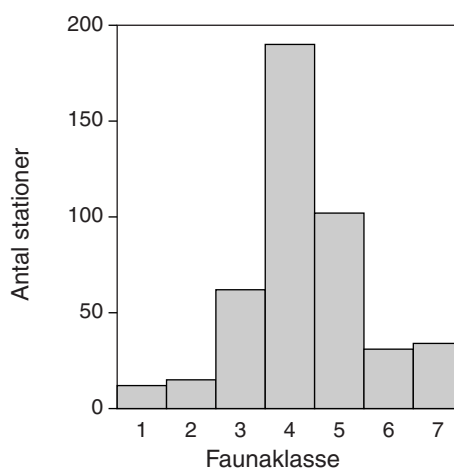
Miljøstyrelsen har fra 1998 indført Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI) som ny officiel metode til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet (*Miljøstyrelsen, 1998*). Dansk Vandløbsfaunaindeks er en modificeret udgave af den tidligere anvendte metode Dansk Fauna Indeks (*Kirkegaard et al., 1992*). På samme måde som tidligere udtrykkes den miljømæssige tilstand i form af 7 faunaklasser. Selve skalaen er nu ændret så værdien 1 udtrykker tilstanden i det meget stærkt påvirkede vandløb, mens værdien 7 udtrykker tilstanden i det upåvirkede eller stort set upåvirkede vandløb.

## 9.3 Generel miljøtilstand i danske vandløb

*Miljøtilstand i danske vandløb*

Den dominerende tilstand i danske vandløb er faunaklasse 4, som i alt forekommer på 43 % af stationerne (figur 9.2). Faunaklasse 4 svarer til en moderat påvirket fauna, hvor hovedparten af de mere krævede smådyrarter enten mangler eller er meget fåtallige. Vandløb, der er upåvirkede eller svagt påvirkede (faunaklasserne 5, 6 og 7), forekommer på i alt 37 % af stationerne, mens vandløb der er kraftigt eller meget kraftigt påvirkede (faunaklasserne 1, 2 og 3), udgør 20 %.

Tilsvarende data fra overvågningsperioden 1993-97 som omregnes til DVFI har ikke samme fordeling som resultaterne fra 1998. Årsagen hertil er udelukkende, at stationsnettet der blev anvendt i 1993-97, havde forholdsmæssigt langt flere store vandløb. Vandløb med faunaklasse 1, 2 og 3 er derfor langt mere fremtrædende i det nye repræsentative stationsnet.



Figur 9.2 Biologisk vandløbskvalitet (DVFI) på 446 stationer fordelt over hele landet.

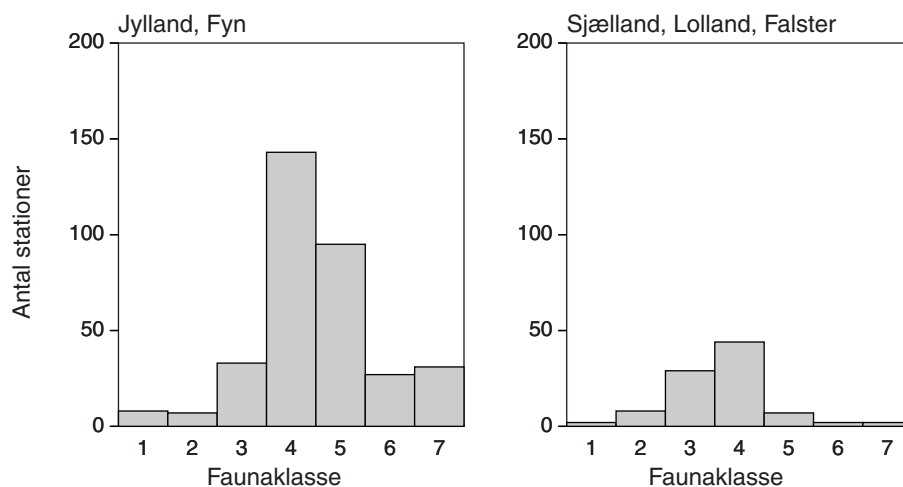
Data fra amternes recipienttilsyn i perioden 1993-96 er tidligere blevet anvendt til at give et landsdækkende billede af miljøtilstanden i danske vandløb (Skriver *et al.* 1997). Data fra 1993-96 er indrapporteret på strækningsbasis i modsætning til overvågningsdata fra 1998, som er på stationsbasis. Den dominerende tilstand i 1993-96 er forureningsgrad II-III, som blev fundet på 33 % af strækningerne. Vandløb med en god eller meget god vandløbskvalitet (I, I-II og II) udgjorde 35 %, mens vandløb med en dårlig eller meget dårlig vandløbskvalitet udgjorde 16 %. Tilstanden fra det regionale tilsyn i 1993-96 er i relativ god overensstemmelse med fordelingen af DVFI i 1998, idet det må huskes, at amternes subjektive bedømmelser tillige havde godt 15 % vandløb, som blev karakteriseret som ubedømmelige. Disse vandløbsstrækninger får en værdi efter DVFI metoden. Værdierne fra de ubedømmelige strækninger vil nok typisk komme til at ligge i intervallet 1 til 4.

Den generelle miljøtilstand på de nationale overvågningsstationer, hvor faunaklasserne 5, 6 og 7 kun udgør 37 %, betyder, at miljøtilstanden på en meget stor del af stationerne er utilfredsstillende, idet minimumskravet til A og B målsatte vandløb er faunaklasse 5 (Miljøstyrelsen, 1998). Der er dog ikke i indeværende års rapportering foretaget nogen nærmere vurdering af målsætningsopfyldelsen. Dette vil ske fra år 2000, når data fra det fulde DVFI stationsnet er til rådighed.

## 9.4 Regionale forskelle i vandløbenes miljøtilstand

### Forskel i miljøtilstanden

Vandløbenes tilstand er signifikant bedre i Jylland og på Fyn end i den øvrige del af landet (figur 9.3). Vandløb med en god eller meget god tilstand (faunaklasse 5, 6 og 7) udgør i Jylland og på Fyn i alt 44 % af stationerne, mens vandløb med en dårlig eller meget dårlig tilstand (faunaklasse 1, 2 og 3) udgør 14 %. De tilsvarende værdier for Sjælland, Lolland og Falster er 12 %, henholdsvis 42 %.



Figur 9.3 Regionale forskelle i biologisk vandløbskvalitet (DVFI).



En tilsvarende forskel i miljøtilstanden i vandløbene mellem på den ene side Jylland og Fyn og på den anden side Sjælland, Lolland og Falster er tidligere konstateret ud fra data på de nationale stationer under overvågningsprogrammet (*Skriver & Friberg, 1996*) på trods af at stationerne på det tidspunkt ikke var repræsentative, men i langt højere grad bestod af store vandløb. Data fra amternes regionale tilsyn i perioden 1993-96 viste også, at miljøtilstanden generelt var væsentligt bedre i Jylland og på Fyn end i den øvrige del af landet (*Skriver et al. 1997*).

Med henblik på at belyse årsagen til forskellen i miljøkvalitet mellem vandløbene øst og vest for Storebælt er det undersøgt, om der er forskel i BI<sub>5</sub> niveauerne i vandløbene i de to regioner. Der blev fundet en signifikant forskel med et højere BI<sub>5</sub> indhold i vandløbene øst for Storebælt i modsætning til vandløbene i Jylland og på Fyn. Men forskellen i BI<sub>5</sub> niveauerne er dog så beskedent, at dette ikke kan forklare den markante forskel i miljøkvalitet mellem de to regioner. Det skal dog indskydes, at det kun er på en mindre del af DVFI stationerne, hvor der foretages målinger af BI<sub>5</sub> indholdet. Sammenligningen er derfor foretaget på samtlige danske vandløb, hvor der foreligger BI<sub>5</sub> data, uanset om disse vandløb er en del af DVFI nettet eller ej.

Med henblik på at vurdere om der generelt er forskel i bundforholdene i østlige og vestlige vandløb, er der lavet en beregning af bundindeksværdier (*Skriver et al. 1997*) på godt 10.000 vandløbsstationer fordelt over hele landet. En test af datamaterialet viser, at bundindekset ikke er forskelligt mellem de to regioner. Det må derfor konkluderes, at bundforholdene på regionalt plan tilsyneladende ikke er forskellige og derfor næppe forklarer den konstaterede forskel i miljøtilstand. Der vil i år 2000, når data foreligger for det fulde DVFI stationsnet på 1053 stationer, blive foretaget en nærmere analyse, der skal søge at klarlægge årsagerne til eventuelle forskelle i vandløbene øst og vest for Storebælt. Under alle omstændigheder må det konstateres, at manglende oplysninger for en række baggrundsoplysninger (fx BI<sub>5</sub>) på DVFI stationerne betyder, at det er vanskeligt at tolke på regionale såvel som tidsmæssige forskelle i miljøtilstanden.

## 9.5 Miljøtilstanden i små og store vandløb

Vandløbene er blevet opdelt i 5 størrelsesgrupper ud fra vandløbsbredden (tabel 9.1).

*Tabel 9.1* Miljøtilstanden i danske vandløb i 1998. Antallet af stationer inden for hver bredde- og faunaklasse er vist.

Bredde	Faunaklasse (DVFI)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
0-1	7	5	12	31	24	2	7	88
1-2	4	7	26	71	27	7	13	155
2-5	-	3	19	53	27	11	10	123
5-10	-	-	4	26	19	7	1	57
> 10	1	-	1	9	5	4	3	23
Total	12	15	62	190	102	31	34	446

I alle 5 størrelsesgrupper af vandløb er faunaklasse 4 den hyppigst fundne tilstand. Men der er alligevel en tydelig tendens til, at store vandløb (> 5 meters bredde) generelt har en bedre tilstand end små vandløb (< 2 meters bredde). Faunaklasserne 1, 2 og 3 (meget påvirkede) er fundet på 25 % af stationerne i de små vandløb, mens en tilsvarende tilstand kun er fundet på 7.5 % af stationerne i store vandløb.

Omvendt er der blandt de små vandløb 39 %, der har faunaklasserne 5, 6 og 7, mens andelen blandt de store vandløb udgør 49 %.

At små vandløb generelt har flere forurenede strækninger end store vandløb er tidligere fundet i et bredt materiale, der dækker 6 amter fra perioden 1993-96, og som udgør ca. halvdelen af alle danske vandløb (Skriver *et al.* 1997). Her havde over 20 % af de små vandløb (< 2 meters bredde) forureningsgrad III, III-IV og IV, mens kun ca. 10 % af vandløbene større end 2 meters bredde havde samme dårlige tilstand.

## 9.6 Konklusion

### *Store vandløb bedre end små*

Den biologiske vandløbskvalitet (DVFI) på det nye nationale stationsnet er domineret af stationer med faunaklasse 4 (noget påvirket), som udgjorde 43 % af stationerne. Fordelingen af DVFI værdier er som helhed i god overensstemmelse med amternes vurdering af miljøtilstanden i 1993-96. Derimod er der i data fra 1998 flere stationer med en dårlig tilstand (faunaklasse 1, 2 og 3) i forhold til de nationale stationer anvendt i perioden 1993-97. Årsagen hertil er omlægningen af stationsnettet således, at det nu er repræsentativt.

Det er på samme måde som i tidligere undersøgelser fundet, at miljøtilstanden er signifikant bedre i Jylland og på Fyn sammenlignet med Sjælland, Lolland og Falster.

Det er endvidere på samme måde som i amternes undersøgelser fundet, at miljøtilstanden er signifikant bedre i store vandløb end i små vandløb.



# 10 Udvidet biologisk program

Annette Baattrup-Pedersen, Søren E. Larsen & Tenna Riis

## 10.1 Indledning

### Formål

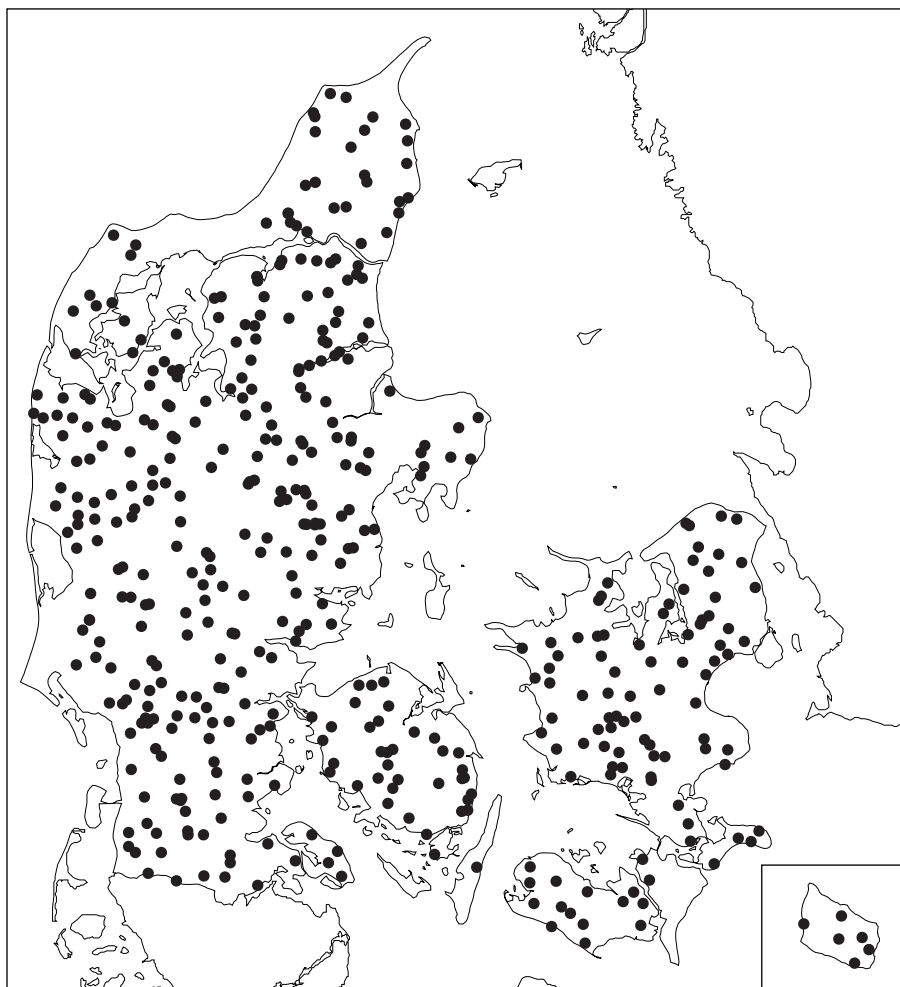
Det udvidede biologiske program under NOVA 2003 har til formål at klarlægge omfang og betydning af overvågningsvandløbenes fysisk-kemiske miljø for den biologiske tilstand. Herunder vurderes betydningen af spildevandsudledning fra spredt bebyggelse samt betydningen af menneskelige påvirkninger generelt for den biologiske tilstand. Den biologiske tilstand karakteriseres ved flere organismegrupper og trofiske niveauer. Således er både vandløbenes plantesamfund, smådyrssamfund og fiskesamfund medtaget i det udvidede biologiske program. I alt 80 vandløbsstationer er på landsplan inkluderet, og kriterier for udvælgelsen var, at de var karakteriseret ved at være små, lysåbne og beliggende i det åbne land. I det følgende er kun 79 stationer medtaget i analyserne, idet data er mangelfulde fra én station.

### Programafvikling og afrapportering

Det udvidede biologiske program gennemføres i alt 3 gange i overvågningsperioden fra 1998-2003, i årene 1998, 2000 og 2003. Denne programafvikling muliggør, at den biologiske tilstand kan følges i en 6-årig periode. Det betyder også, at selve afrapporteringen vil ændre karakter undervejs. Fokus vil i de første to afrapporteringer ligge på beskrivelse samt karakteristik af, hvad der har betydning for de forskellige organismegrupper i vandløbene og på interaktioner mellem de biotiske samfund. I den sidste afrapportering vil fokus ligge på udviklingstendenser i de biologiske samfund. Desuden vil forskellige temaer blive belyst vha. datamaterialet ved hver afrapportering. I afrapporteringen i år vil fokus ligge på en beskrivelse af plantesamfundene i vandløbene og en analyse af, hvad der regulerer disse, mens smådyrs- og fiskesamfundene vil blive beskrevet og analyseret mere overordnet. Tema i år er en beskrivelse af biologiske nøgleparametre, som inkluderer både planter, smådyr og fisk i relation til grødeskæringspraksis.

## 10.2 Referencevandløb under det udvidede biologiske program

I alt 15 af overvågningsvandløbene er referencevandløb, udpeget efter ganske enkle kriterier. Kriterierne var, at de overordnet set havde en varieret fysik samt en varieret sammensætning af planter og en god faunaklasse. Også en bedømmelse af fiskebestandene indgik som kriterium i udvælgelsen af stationer. Vurderingen blev foretaget uden en egentlig forudgående dataanalyse. Det er vigtigt at understrege, at kun enkelte af de udvalgte referencevandløb er egentlige referencevandløb i den forstand, at både de fysiske forhold samt plante-, smådyrs- og fiskesamfundene er optimale. I modsætning til andre dele af overvågningen er referencevandløbene ikke udvalgt efter arealudnyttelsen langs vandløbene. Af figur 10.1 fremgår hvilke vandløb, der er udpeget som referencevandløb, og at der ikke er referencevandløb i alle amter. I de følgende afsnit vil det fysisk-kemiske vandløbsmiljø og de biotiske samfund kvantificeres og sammenlignes i referencevandløbene og de påvirkede overvågningsvandløb.



Figur 10.1 Kort som viser den geografiske placering af henholdsvis referencestationer og påvirkede stationer under det udvidede biologiske program.

### 10.3 Sammenligning af referencevandløb og påvirkede vandløb

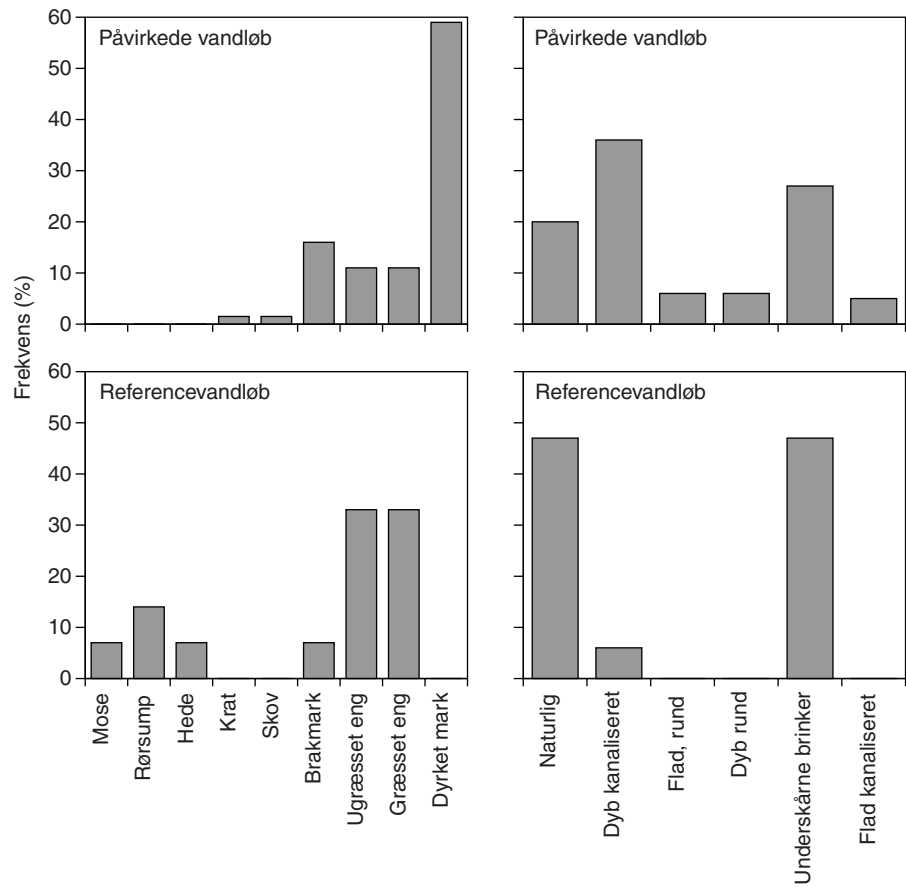
#### *Profil og arealanvendelse*

Dyrkede arealer er langt hyppigst langs de påvirkede vandløb, mens den ekstensive arealudnyttelse (engarealer, rørsump) er hyppigst langs referencevandløbene (figur 10.2a). Tilsvarende er der forskelle i vandløbenes udformning. Dybt kanaliserede vandløb er langt hyppigere blandt de påvirkede vandløb end i referencevandløbene, mens det naturlige vandløbsprofil er hyppigst i referencevandløbene. Vandløb med underskårne brinker er hyppige i begge vandløbstyper (figur 10.2b).

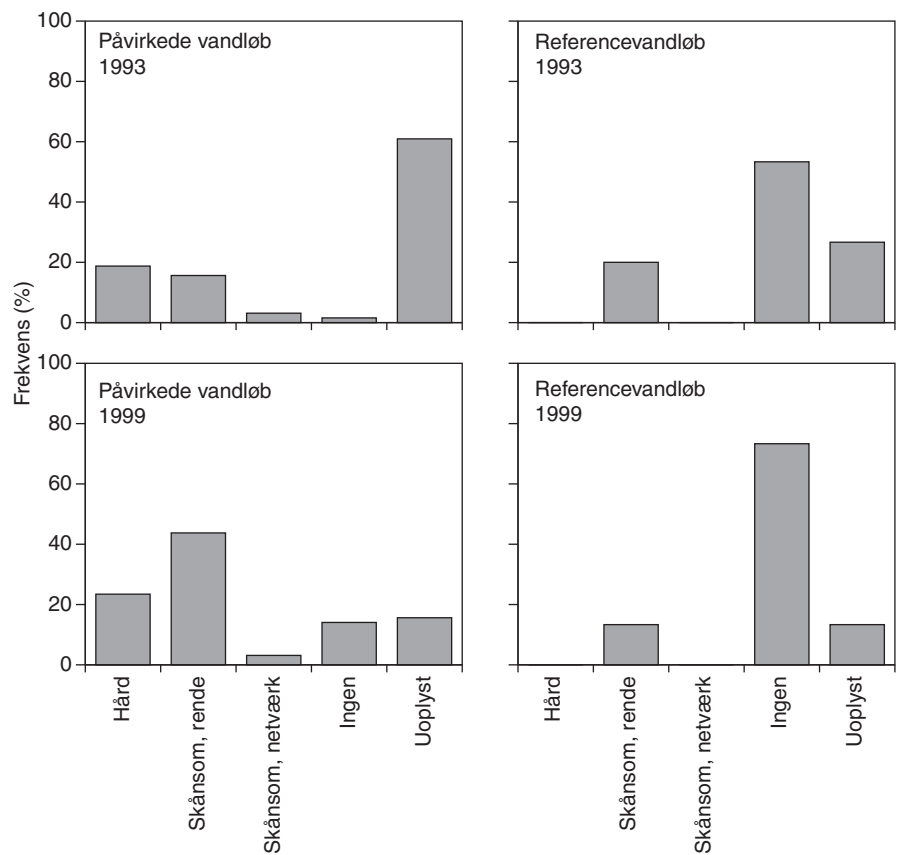
#### *Grødeskæring*

Grødeskæringen er langt mere omfattende i de påvirkede vandløb end i referencevandløbene (figur 10.3). Kun ganske få procent af de påvirkede vandløb skæres ikke, mens hovedparten af referencevandløbene ikke skæres. Den skånsomme strømrendeskæring er den hyppigste grødeskæringsmetode i de påvirkede vandløb, men den hårde grødeskæring, hvor hele vandløbsbunden skæres, er også relativ hyppig (figur 10.3).

Figur 10.2 Arealanvendelse (A) og vandløbsprofil (B) i de 64 påvirkede vandløb og 15 referencevandløb.



Figur 10.3 Grødeskæringspraksis i henholdsvis 1993 og 1999 i de 64 påvirkede vandløb og 15 reference vandløb. Hård grødeskæring indebærer at planter skæres i hele vandløbsbredden, mens skånsom skæring indebærer, at der skæres grøde i en mindre del af vandløbet, typisk i en strømrende.



Der er indhentet oplysninger om grødeskæringspraksis i både 1993 og 1998. Det er svært at sammenligne grødeskæringsmetodik i 1998 med praksis i 1993, fordi der ikke foreligger oplysninger på mange af stationerne. Det er derfor umuligt at fastslå om grødeskæringspraksis er blevet hårdere eller mere skånsom i perioden. For referencevandløbene gælder, at hovedparten også har været fritaget for grødeskæring i 1993, og vandløbene har derfor formentlig været upåvirkede af skæring i en årrække. Flertallet af de påvirkede vandløb skæres 1-2 gange årligt (56 %), mens kun 11 % skæres mere end to gange årligt. Hovedparten af skæringen i de påvirkede vandløb foregår med le (64 %), men også en relativ stor andel skæres med mejekurv (36 %). Grødeskæringsbåd bliver ikke anvendt i vandløbene.

## Fysik

De påvirkede vandløb er generelt lidt smallere end referencevandløbene (tabel 10.1; t-test,  $p < 0,05$ ), hvilket dog primært skyldes, at det ene store vandløb, som er med i det udvidede biologiske program, er et referencevandløb. Den gennemsnitlige vandløbsdybde varierer ikke mellem de to vandløbstyper, ligesom der heller ikke er forskel på hverken vandspejlsfaldet over undersøgelsesstrækningen eller den gennemsnitlige vandstrømhastighed (t-test,  $p > 0,05$ ).

Bundsstrater i vandløbene er kategoriseret i flere både grove og fine substrattyper. Kategorien gydegrus er medtaget med henblik på at relatere den til fiskebestandene, primært ørred. Generelt ses, at fint sand er den dominerende substratype i begge vandløbstyper, og at fint sand dækker ca. en tredjedel af vandløbsbunden. En anden tredjedel er dækket af de grovere substrattyper (sten, gydegrus, fint grus). Mudder udgør også en stor del af substratet i både de påvirkede vandløb og referencevandløbene. Der er ikke signifikante forskelle på hyppigheden af de forskellige substrattyper i de to vandløbstyper (t-test,  $p > 0,05$ ).

*Tabel 10.1* Fysiske data på 79 vandløbsstrækninger, henholdsvis 64 påvirkede vandløb og 15 referencevandløb. Middelværdier samt minimums- og maksimumsværdier er givet. \* angiver at der er signifikant forskel på middelværdierne indenfor de to vandløbstyper (t-test,  $p < 0,05$ ). n angiver antallet af observationer indenfor hver parameter.

	Påvirkede vandløb	Referencevandløb
Morfometri		
Bredde (m); n=79	1,8* (0,5-3,4)	2,6 (1,1-6,5)
Dybde (m); n=79	0,21 (0,04-0,52)	0,24 (0,08-0,45)
Vandspejlsfald (m/km); n=25	0,3 (0,0-0,9)	0,6 (0,2-1,9)
Strømhastighed (m/s); n=55	0,13 (0,0-0,95)	0,12 (0,0-0,27)
Substrat (i %); n=79		
Sten	6,7 (0,0-57,0)	12,4 (0,0-70,3)
Gydegrus	17,3 (0,0-85,0)	12,0 (0,0-42,7)
Fint grus	9,3 (0,0-30,9)	3,8 (0,0-13,2)
Groft sand	9,1 (0,0-38,4)	12,9 (0,0-51,1)
Fint sand	32,3 (0,0-100,0)	31,7 (2,6-85,1)
Ler	3,4 (0,0-52,6)	1,2 (0,0-13,8)
Tørv	0,7 (0,0-10,9)	0,4 (0,0-3,8)
Mudder	21,2 (0,0-100,0)	25,5 (0,0-73,4)

## Kemi

Udover de fysiske parametre er der målt en række vandkemiske parametre i vandløbene (tabel 10.2). Der er signifikante forskelle i både  $BI_{5,r}$ , fosfor (ortho-P), kvælstof ( $NH_4$ -N) og jern (tot-Fe), hvor det sam-

stemmende gælder, at niveauerne er signifikant højere i de påvirkede vandløb (t-test,  $p < 0,05$ ). Alkalinitet samt sommer-vandtemperaturer er også højere i de påvirkede vandløb, hvilket dog afspejler regionale forskelle i vandløbenes placering med en relativ større andel af de påvirkede vandløb i det østlige Danmark.

*Tabel 10.2* Kemiske data på 79 vandløbsstrækninger, henholdsvis 64 påvirkede vandløb og 15 referencevandløb. Middelværdier samt minimum- og maksimumværdier er givet. \* angiver at der er signifikant forskel på middelværdierne indenfor de to vandløbstyper (t-test,  $p < 0,05$ ). n angiver antallet af observationer inden for hver parameter.

	Påvirkede vandløb	Referencevandløb
Alkalinitet; n=69	3,0* (0,4-5,9)	2,1 (0,6-4,9)
pH; n=76	7,6 (6,2-8,1)	7,4 (4,9-8,1)
BI <sub>5</sub> ; n=76	1,6* (0,7-4,4)	1,2 (0,9-1,6)
Ortho-P; n=76	0,10* (0,0-0,63)	0,05 (0,0-0,12)
NH <sub>4</sub> -N; n=76	0,11* (0,03-0,40)	0,05 (0,01-0,16)
Tot-Fe; n=76	0,8* (0,2-4,9)	0,4 (0,0-1,0)
Vandtemperatur, sommer; n=48	12,8* (10,0-15,9)	10,8 (8,0-12,2)

### Biotiske samfund

De påvirkede vandløb og referencevandløbenes plante-, smådyr- og fiskesamfund er opsummeret i tabel 10.3. Den egentlige statistiske sammenligning af data fra de to vandløbstyper viste, at der er væsentlige forskelle inden for alle tre grupper.

*Tabel 10.3* Biotiske data på 79 vandløbsstrækninger, henholdsvis 64 påvirkede vandløb og 15 referencevandløb. Middelværdier samt minimum- og maksimumværdier er givet. For DVFI gælder dog, at medianværdier samt minimums- og maksimumværdier er givet. \* angiver, at der er signifikant forskel på middelværdierne inden for de to vandløbstyper (t-test & Mann-Whitney;  $p < 0,05$ ). 1) Plantedækningen er beregnet som antal undersøgte kvadrater med planter ud af det totale kvadratantal. Det skal bemærkes, at denne beregnede størrelse overestimerer den reelle dækning. 2) Beregnet som andelen af planter i vandløbet, som også er fundet i de undersøgte transekter på brinkerne.

		Påvirkede vandløb	Referencevandløb
Vandløbsplanter	Total artsantal	9,7* (3-22)	17,2 (4-24)
	-Ægte vandplantearter	1,7 (0-5)	2,1 (0-7)
	-Amfibiske arter	2,9* (0-8)	3,7 (0-10)
	-Terrestriske arter	5,1* (1-16)	11,4 (6-22)
	Plantedækning 1)	60 %* (3-100 %)	76 % (24-100 %)
	Overlap ml. brink- og vandløbsplanter 2)	23 %	28 %
	Plantediversitet (Shannon)	0,68* (0,17-0,87)	0,79 (0,53-0,91)
	Evenness	0,70 (0,32-0,96)	0,69 (0,33-0,90)
	En art dækker mere end 50 % af vandløbsbunden	34 %*	7 %
	Smådyr	DVFI forår	4* (2-7)
Total artsantal, forår		21,3 (10-40)	25,8 (21-31)
DVFI sommer		4* (1-7)	5 (5-7)
Total artsantal, sommer		20,4* (8-41)	23,4 (11-31)
Fisk	Total artsantal	2,2 (0-5)	2,4 (1-5)
	Antal ørreder ≤ 10 cm	14,9 (0-263)	137,4 (0-955)
	Antal ørreder, ekskl. ud-sætning ≤ 10 cm	10,8 (0-104)	171,6 (0-955)
	Antal ørreder > 10 cm	17,1 (0-128)	32,8 (0-109)
	Antal ørreder, ekskl. ud-sætning >10 cm	15,0 (0-128)	35,9 (1,7-109)



Plantearts top-10 for de påvirkede vandløb samt referencevandløbene er givet i tabel 10.4. Den amfibiske plante Smalbladet Mærke er hyppigst i begge vandløbstyper, og Vandstjerne er den næsthyppest. Trådalger er også relativt hyppige i begge vandløbstyper. Udover ovennævnte arter findes også Manna Sødgræs samt Lådden Dueurt i begge vandløbstyper blandt de 10 hyppigste arter. De amfibiske arter, Eng-Forglemmigej og Vand-mynte er kun blandt de 10 hyppigste arter i referencevandløbene, hvilket også gælder for de ægte vandplantearter Hår-Tusindblad og Vandranunkel. Pindsvineknop, Rørgræs, Liden Andemad samt Vandpest og Tagrør er kun iblandt de 10 hyppigste arter i de påvirkede vandløb.

Tabel 10.4 De ti arter med størst arealdækning på 79 vandløbsstrækninger, henholdsvis 64 påvirkede vandløb og 15 referencevandløb.

Påvirkede vandløb	Referencevandløb
Smalbladet Mærke ( <i>Berula erecta</i> )	Smalbladet Mærke ( <i>Berula erecta</i> )
Vandstjerne sp. ( <i>Callitriche</i> sp.)	Vandstjerne sp. ( <i>Callitriche</i> sp.)
Trådalger	Manna Sødgræs ( <i>Glyceria fluitans</i> )
Pindsvineknop sp. ( <i>Sparganium</i> sp.)	Trådalger
Rørgræs ( <i>Phalaris arundinacea</i> )	Lådden Dueurt ( <i>Epilobium hirsutum</i> )
Manna Sødgræs ( <i>Glyceria fluitans</i> )	Eng-Forglemmigej ( <i>Myosotis scorpioides</i> )
Liden andemad ( <i>Lemna minor</i> )	Hår-Tusindblad ( <i>Myriophyllum alterniflorum</i> )
Lådden Dueurt ( <i>Epilobium hirsutum</i> )	Vandranunkel ( <i>Ranunculus aquatilis</i> )
Vandpest ( <i>Elodea canadensis</i> )	Vand-Mynte ( <i>Mentha aquatica</i> )
Tagrør ( <i>Phragmites australis</i> )	Mynte sp. ( <i>Mentha</i> sp.)

Det totale planteartsantal er signifikant højere i referencevandløbene, men variationen mellem vandløbsstationerne er stor. Artsdiversiteten udtrykt som shannondiversiteten er også højere i referencevandløbene (tabel 10.3). Jævnheden i fordelingen af planter (evenness) er ikke signifikant forskellig. Til gengæld dækker en enkelt planteart mere end 50 % af bundarealet i 34 % af de påvirkede vandløb sammenlignet med kun 7 % i referencevandløbene. Der er ikke signifikante forskelle på den estimerede plantedækning beregnet som antal undersøgte kvadrater med planter ud af det totale kvadratantal.

Vandløbsplanterne består af forskellige livsformer med varierende tilknytning til livet under vand eller til overgangsmiljøet mellem vand og land. I boks 10.1 gives en karakteristik af de tre vigtigste livsformer: ægte vandplanter, amfibiske planter og terrestriske planter. Terrestriske planter er hyppige i vandløbene og udgør en meget stor fraktion af det samlede artsantal (53-66 %). Næsthyppest som gruppe er de amfibiske planter (22-30 %), mens de ægte vandplanter forekommer i lavest antal (12-18 %). Alle tre former er repræsenteret i begge vandløbstyper, og fordelingen mellem de tre grupper er ikke markant forskellig. Det højere artsantal i referencevandløbene afspejler primært, at der er signifikant flere terrestriske arter i vandløbene (tabel 10.3, t-test,  $p < 0,05$ ). Betydningen af de terrestriske planter for vandløbenes plantesamfund illustreres også ved den store fraktion af brinkplanter, som også forekommer i vandløbet (23-28 %). Her skal det understreges, at brinkundersøgelserne er lavet på en relativ lille del af brinkarealet. Hvis tallet var beregnet ud fra tilstedeværende arter på hele brinkarealet, ville det formentlig være større.

## Boks 10.1 Typer af planter i vandløb

De ægte vandplanter er arter tilpasset til livet under vand, og de træffes kun yderst sjældent over vand (fx Vandaks sp. og Vandstjerne sp.).

De amfibiske planter er arter, som hyppigt vokser både i vand og på land. I mange tilfælde vokser vandformerne ud af vandet i løbet af vækstsæsonen. Blomstring og frøsætning sker kun hos landformerne (fx Pindsvineknop sp., Ærenpris og Smalbladet Mærke).

De terrestriske planter vokser helt overvejende på land, men kan alligevel af og til træffes under vand (fx Lådden Dueurt, Bittersød Natskygge). Nogle arter træffes sjældent under vand, mens andre arter træffes relativt hyppigt under vand. Der er derfor en gradvis overgang fra de terrestriske planter til de amfibiske planter.

### Smådyr

Både antallet af smådyr-arter og DVFI er lavere i de påvirkede vandløb end i referencevandløbene (tabel 10.3). Medianværdierne for DVFI (forår og sommer) er 4 i de påvirkede vandløb, mens de er henholdsvis 6 og 5 i referencevandløbene. Tilsvarende er smådyrsamfundene også mere artsrige i referencevandløbene, dog ikke signifikant i foråret.

### Fisk

Der findes ikke signifikante forskelle på antallet af fiskearter i de to vandløbstyper (tabel 10.3). I den efterfølgende databehandling er der fokuseret på ørred, idet den stiller mere specifikke krav til vandløbskvaliteten end fx gedde, ål og 3- og 9-pigget hundestejle. Der er en tendens til, at der er flere ørreder i referencevandløbene end i de påvirkede vandløb, men denne forskel er dog ikke signifikant (t-test,  $p > 0,05$ ). Bestanden er opgjort både i vandløb, som er udsætningspåvirkede, og i ikke-udsætningspåvirkede vandløb. Ovennævnte tendens forstærkes, når kun ikke-udsætningspåvirkede vandløb analyseres. Igen er spredningen på vandløbene dog stor, og forskellen er ikke signifikant.

### Konklusioner

Der er væsentlige forskelle på arealudnyttelsen langs henholdsvis de påvirkede vandløb og referencevandløbene. Arealerne langs referencevandløbene er primært ekstensivt udnyttede eller uudnyttede, mens hovedparten af arealerne langs de påvirkede vandløb er dyrkede. Disse forskelle i arealudnyttelsen afspejles også i vandløbenes profil, hvor det kanaliserede profil er langt hyppigst blandt de påvirkede vandløb samt i grødeskæringspraksis. Grødeskæringen praktiseres således mere intensivt i de påvirkede vandløb.

Der er ikke signifikante forskelle i det fysiske vandløbsmiljø, når de påvirkede vandløb sammenlignes med referencevandløbene. Til gengæld er der signifikante forskelle i det kemiske vandløbsmiljø, formentlig primært betinget af menneskelige påvirkninger, idet der er signifikante forskelle både i  $BI_5$ , fosfor, kvælstof og total jern. Ligeledes er der store forskelle i de biotiske samfund.

Plantesamfundene i de påvirkede vandløb er generelt forarmede med kun gennemsnitlig 10 arter pr. station, hvilket er betydeligt lavere end i referencevandløbene, hvor der gennemsnitlig er 17 arter til stede. Tilsvarende er plantediversiteten lav. Smådyrssamfundene er også mindre artsrige i de påvirkede vandløb sammenlignet med refe-

referencevandløbene, og DVFI er signifikant lavere både forår og sommer.

Der er ikke signifikante forskelle på fiskeartsantallet i henholdsvis referencevandløbene og de påvirkede vandløb, men der er en tendens til, at ørredbestandene er større i referencevandløbene.

## 10.4 Plantesamfund og vandløbsmiljøet

Som beskrevet ovenfor er der store forskelle i overordnede nøgleparametre inden for plante-, smådyrs- samt fiskesamfundene i henholdsvis de påvirkede vandløb og referencevandløbene (tabel 10.3). I år er der valgt at fokusere på, hvad der regulerer planternes fordeling i vandløbene, et område som er totalt nyt inden for dansk vandløbsovervågning. Metoden er beskrevet i boks 10.2.

### Boks 10.2 Metode

Med henblik på at analysere, hvad der betinger de fundne forskelle i planternes fordeling på vandløbsstrækningerne under det udvidede biologiske program, behandles de indsamlede plantedata og fysisk-kemiske data i en multivariat analyse. Multivariate analysemetoder udmærker sig ved at kunne analysere betydningen af flere samtidigt virkende faktorer for de biotiske samfund og tager ikke blot hensyn til artsantal, diversitet etc., men også til hyppigheden af enkelte arter og sammensætningen af arter på hver vandløbsstrækning. Dvs. at al indsamlet information om planternes hyppighed, fordeling og sammensætning ligger til grund for analysen. Data fra alle 79 vandløbsstationer er analyseret vha. en DCA (*Detrended Correspondance Analysis; Hill & Gauch 1980*).

Resultatet af den første analyse var, at kun en mindre del af stationerne blev rummelig adskilt, hvilket fremgår af figur 10.4a. Med henblik på at styrke tolkningen blev endnu en analyse foretaget på en mindre del af datamaterialet (de stationer som ligger klumpet i figur 10.4a, i alt 70 stationer). Resultatet af denne analyse er afbildet i figur 10.4b.

Med henblik på at identificere de parametre, der havde betydning for stationernes placering på figur 10.4a og 10.4b, blev der lavet korrelationsanalyser (Spearman rank). Analyserne blev foretaget på samhørende værdier fra DCA-akserne og målte miljø-variable på undersøgelsesstrækningerne. Generelt betraget betyder høje korrelationskoefficienter, at den givne parameter har stor betydning, mens lavere koefficienter angiver, at betydningen er mindre. Af tabel 10.5 fremgår hvilke parametre, der er medtaget i analysen.

Udover fysisk-kemiske forhold i vandløbene er også vandløbenes beliggenhed, vandløbsprofilerne, arealanvendelsen langs vandløbene samt brinkvegetationen og grødeskæringspraksis medtaget i analysen. Af tabellen fremgår også hvor mange data, der ligger til grund i analysen inden for hver parameter både når alle vandløbsstationer medtages, og når kun udvalgte stationer medtages i analysen

*Hvad regulerer planternes fordeling i små vandløb i det åbne land?*

I tolkningen af analysen er der valgt at koncentrere sig om, hvad der regulerer planternes fordeling på de udvalgte vandløbsstationer (se boks 10.2), hvilket afspejler, at der ikke er væsentlige forskelle på resultaterne af analysen, når alle vandløb medtages, og når kun udvalgte vandløb medtages (tabel 10.6a og 10.6b).

Tabel 10.5 Målte miljøvariable som indgår i korrelationsanalyserne. I den første analyse indgår alle vandløbsstationer mens der i den anden analyse kun indgår 70 udvalgte stationer (se boks 10.2). De målte miljøvariable er inddelt i fire overordnede grupper. Indenfor nogle variable indgår flere kategorier, hvilket fremgår af tabellen. Endvidere fremgår hvor mange observationer, der ligger til grund for analyserne. Vandspejlsfaldet er målt på den undersøgte vandløbsstrækning. Vandtemperaturen er en sommermåling.

<b>Fysiske mål</b>	Kategorier	Alle (n=79)	Udvalgte (n=70)
Regioner	Inddeling i 5 regioner	79	70
Profil	Naturlig	79	70
	Dyb kanaliseret		
	Flad kanaliseret		
	Dyb rund		
	Flad rund		
	Underskårne brinker		
Arealanvendelse	Mose	79	70
	Ugræsset eng		
	Græsset eng		
	Hede		
	Krat		
	Skov		
	Brakmark		
	Rørsump		
	Dyrket mark		
Gennemsnitsdybde		79	70
Gennemsnitsbredde		79	70
Fysiske parametre i vandløbet		55	48
Strømhastighed		55	48
Vandspejlsfald		25	20
Vandtemperatur		48	45
Substrat	Sten	79	70
	Gydegrus	79	70
	Fint grus	79	70
	Groft sand	79	70
	Fint sand	79	70
	Ler	79	70
	Mudder	79	70
	Tørv	79	70
	Slam	79	70
	Debris	79	70
<b>Kemiske parametre i vandløbet</b>			
BI5		76	68
pH		76	68
Alkalinitet		69	62
Tot-Fe		76	68
NH <sub>4</sub> -N		76	68
Ortho-P		76	68
<b>Brinkvegetationsparametre</b>			
Emergemte planter i vandløbet		79	70
Vegetationshøjde, højre og venstre brink		65	57
Terrestriske planter i vandløbet		79	70
Andel af brinkplanter også tilstede i vandløbet		79	70
<b>Antropogen forstyrrelse i form af grødeskæring</b>			
Grødeskæringsmetode i 1998	Hård	67	59
	Skånsom, strømren-		
	de		
	Skånsom, netværk		
	Ingen		
Grødeskæringshyppighed i 1998	1 gang	65	57
	2 gange		
	>2 gange		
Grødeskæringsmateriel 1998	Le	57	50
	Grødeskæringsbåd		
	Mejekurv		
Grødeskæringsmetode i 1993	se ditto i 1998	36	30
Grødeskæringshyppighed i 1993	se ditto i 1998	33	27
Grødeskæringsmateriel 1993	se ditto i 1998	32	26

Tabel 10.6 a og b Tabellen angiver korrelationskoefficienter og p-værdier for korrelationsanalyserne (Boks 10.2) \*kun signifikante korrelationer er medtaget ( $p < 0,05$ ). Analyserne (Spearman rank) blev foretaget på samhørende værdier fra DCA akserne (figur 3a og 3b) og målte miljøvariable på undersøgelsesstrækningerne (tabel 10.5). Kun signifikante miljøvariable er medtaget i tabellen ( $p < 0,05$ ). For variabelen region, som er en kategorisk variabel, er der lavet en  $\chi^2$  test. A) viser resultater fra analysen på alle 79 stationer, mens B) viser resultater fra analysen på de 70 udvalgte stationer.

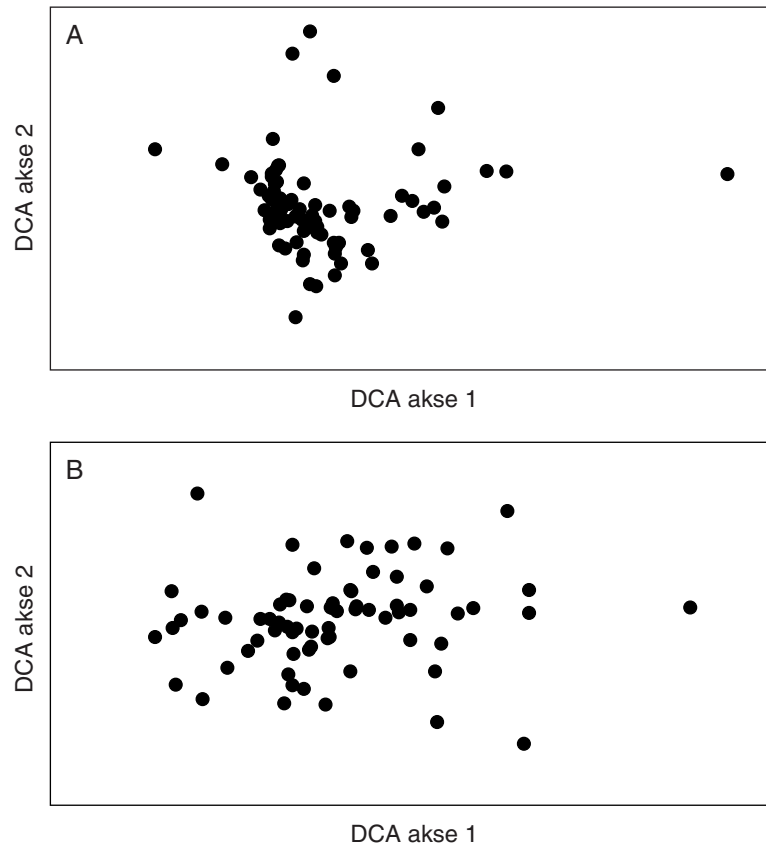
A		
	DCA-akse 1	
	r	p
Terrestriske planter	-0,406	0,000
Grødeskæringsmateriel, 1993	0,401	0,023
Grødeskæringsmetode, 1993	-0,384	0,021
Grødeskæringsmateriel, 1998	0,263	0,050
Grødeskæringshypp., 1998	0,251	0,044
NH <sub>4</sub> -N	0,250	0,030
DCA-akse 2		
	r	p
Region	+	0,004
Vandtemperatur	0,407	0,004
Tot-Fe	-0,332	0,003
Alkalinitet	0,321	0,007
pH	0,321	0,005
Terrestriske planter	0,312	0,005
NH <sub>4</sub> -N	-0,298	0,009
Strømhastighed	-0,282	0,037
Overlap ml. brinkplanter og vandløbsplanter	0,272	0,015
Grødeskæringshypp., 1998	-0,251	0,044
B		
	DCA-akse 1	
	r	p
Grødeskæringshypp., 1993	-0,547	0,003
Grødeskæringsmetode, 1993	0,526	0,003
Grødeskæringsmateriel, 1993	-0,450	0,021
Vandtemperatur	0,354	0,017
Vegetationshøjde, højre bred	-0,340	0,010
Alkalinitet	-0,339	0,007
Grødeskæringsmetode, 1998	0,328	0,011
Grødeskæringshypp., 1998	-0,319	0,016
Mudder	0,315	0,008
Strømhastighed	-0,308	0,033
Vegetationshøjde, venstre bred	-0,308	0,020
Terrestriske planter	0,308	0,010
Ortho-P	-0,305	0,012
Arealanvendelse	-0,303	0,011
DCA-akse 2		
	r	p
Region	+	0,006
Vandtemperatur	0,572	0,000
pH	0,495	0,000
Alkalinitet	0,465	0,000
BI5	0,384	0,001
Terrestriske planter	0,353	0,003
Overlap ml. brinkplanter og vandløbsplanter	0,341	0,004
Ortho-P	0,324	0,007
Fint grus	0,305	0,010

Det betyder, at tolkningen af resultater, som kun indbefatter udvalgte vandløb, stort set kan overføres til hele stationsnettet. Det valgte fokus på udvalgte stationer afspejler også, at forklaringsgraden er betydelig højere, når kun udvalgte stationer medtages, hvilket selvfølgelig skyldes, at adskillelsen af stationer var ringe i DCA-analysen på hele stationsnettet. Det skal nævnes, at der kun findes signifikante korrelationer mellem ammonium samt total-jern og plantesamfundene, når alle stationer medtages.

Det afspejler formentlig, at bl.a. okkerpåvirkede vandløb forsvinder fra analysen, når kun udvalgte stationer medtages.

Overordnet kan det konkluderes, at adskillelsen af vandløbsstationer på baggrund af plantesammensætningen i DCA-analysen var ringe (stationerne ligger i en samlet klump, og der er ikke tale om egentlige grupperinger; figur 10.4a og 10.4b).

Figur 10.4 Rummelig fordeling af vandløbsstationerne i det udvidede biologiske program. Fordelingen er opnået på baggrund af en DCA analyse (Detrended Correspondance Analysis) baseret på plantearternes hyppighed i vandløbene. I figur 10.4a indgår alle vandløbsstationer (n=79), mens kun udvalgte stationer (de stationer som ligger klumpet fordelt i figur 10.4a; n=70) indgår i analysen afbildet i figur 10.4. For yderligere forklaring se boks 2.



Dette resultat er ikke overraskende, eftersom der i det udvidede biologiske program netop er fokuseret på én vandløbstype – små vandløb i det åbne land. Endvidere er antallet af referencevandløb relativt lavt (15), og der findes både referencestationer i det østlige og vestlige Danmark. Trods nogle generelle fællestræk på disse stationer (mere artsrige og diverse plantesamfund) vil man derfor ikke kunne forvente, at referencestationerne ville danne en gruppe for sig.

### Grødeskæring

De høje korrelationskoefficienter mellem akse 1 og 2 og grødeskæringsparametre viser at grødeskæringsmetode, -hyppighed og -materiel har overordentlig stor betydning for planternes fordeling i vandløbene. Det betyder, at effekten af grødeskæring ikke kun er direkte, men også indirekte, fordi konkurrenceforholdene mellem de forskellige plantearter ændres, og dermed ændres plantesamfundene. De fundne korrelationer mellem grødeskæringsparametre i 1993 og DCA-akse 1 skal tolkes med forsigtighed, eftersom data mangler på en del stationer. Til gengæld er datamaterialet fra 1998 tilstrækkeligt stort til, at det kan tolkes, at grødeskæringsmateriel samt skæringshyppighed har overordnet betydning for planterne i samfundene (tabel 10.6b).

### Terrestriske planter

Der er et stort indslag af egentlige landplanter eller terrestriske planter i plantesamfundene i overvågningsvandløbene (tabel 10.3). Det er derfor heller ikke overraskende, at korrelationskoefficienterne til både andelen af terrestriske planter i vandløbene og overlap mellem brink- og vandløbsplanter er høje, hvilket betyder, at både andelen af terrestriske planter samt brinkplante-sammensætningen delvist regulerer plantesamfundene i vandløbene (DCA-akse 1 og 2, tabel 10.6b). Brinkvegetationens højde har også signifikant betydning for plantesamfundene (DCA-akse 1, tabel 10.6b).

### Kemi

Også de vandkemiske parametre, alkalinitet og ortho-P, har stor betydning for plantesamfundene (DCA-akse 2, tabel 10.6b). Også pH samt  $BI_5$  har betydning for plantesamfundene. De fundne korrelationer afspejler formentlig delvist, at også vandløbenes beliggenhed har betydning. Hovedparten af de nævnte vandkemiske parametre er nemlig korreleret til vandløbenes regionale tilhørsforhold (data ikke vist).

### Fysik

Det fysiske vandløbsmiljø har kun mindre betydning for plantesamfundene i overvågningsvandløbene, hvilket nok afspejler at vandløbene alle er små, lysåbne og beliggende i det åbne land. Ud over sommervandtemperaturen har strømshastigheden samt andelen af bundsubstratet, som udgøres af mudder, begge signifikant betydning for planternes fordeling. Sidstnævnte parametre er begge påvirkede af grødeskæringspraksis. Andelen af bundsubstratet, som udgøres af fint grus, har mindre betydning for planternes fordeling på stationerne (DCA-akse 1 og 2, tabel 10.6b).

### Diskussion af planternes fordeling i vandløbene

Grødeskæringsmetode og hyppighed har størst betydning for planternes fordeling i vandløbene. Dette resultat afspejler, at skæringen er meget omfattende og hyppig i danske vandløb. Således skæres 67 % af overvågningsvandløbene mindst én gang årligt. Der tegner sig det samme billede af grødeskæringspraksis, når man kigger på større danske vandløb (*Baatrup-Pedersen & Skriver 1997*). Effekten af grødeskæring foregår gennem påvirkninger af konkurrenceforholdene mellem planter. Eksisterende data tyder på, at grødeskæring primært favoriserer forstyrrelsestolerante hurtigtvoksende arter, bl.a. Enkelt Pindsvineknop (*Baatrup-Pedersen et al. 1998*). Som følge heraf forarmes plantesamfundene. En yderligere effekt af grødeskæring er gennem forarmningen af det fysiske vandløbsmiljø, hvorved levesteder for planter og dyr forsvinder. Nærværende dataanalyse peger kun på vandstrømshastighed og andelen af mudder på bunden som betydende fysiske faktorer for plantesamfundene. Men netop disse to komponenter af det fysiske vandløbsmiljø er også i høj grad påvirket af grødeskæringsmetode og hyppighed. I temaafsnittet analyseres nærmere, hvordan grødeskæring påvirker de biotiske samfund.

Også brinkplanternes højde har stor betydning for, hvordan plantesamfundene ser ud i vandløbene, sandsynligvis primært, fordi de skygger for vegetationen i vandløbene. Vegetationshøjden kan også have betydning for brinkens udformning og stabilitet. Sidstnævnte forhold betyder, at vegetationshøjden også indirekte kan få betyd-

ning for udvekslingen af arter mellem brink og vandløb og dermed for andelen af terrestriske planter i vandløbene. Analysen viser også, at netop andelen af terrestriske planter i vandløbet har betydning for vandplantesamfundene, hvilket primært skyldes, at så stor en fraktion af planterne i vandløbet er egentlige terrestriske planter, vandret ud fra brinken.

Af de vandkemiske parametre har alkalinitet og ortho-P stor betydning for plantesamfundene. Korrelationen til de to førstnævnte parametre afspejles også i korrelationen mellem plantesamfund og regioner. Generelt har de vestdanske vandløb en lavere alkalinitet og et relativt større grundvandsbidrag til vandløbsvandet, hvilket betinger lavere vandtemperaturer. Også i en anden større undersøgelse på 208 danske vandløbsstrækninger er betydningen af vandets alkalinitet for plantesamfundene dokumenteret (*Riis et al. 1999*). Af de fysiske parametre har primært vandstrømhastigheden samt andelen af mudder betydning for plantesamfundene.

### **Konklusioner**

En af de væsentligste faktorer for plantesamfundene er grødeskæringspraksis. Både metode, hyppighed og materiel har betydning. Analysen viser også, at praksis i 1993 var vigtig, hvilket understreger, at plantesamfundene påvirkes over længere tid. Det kan således tage en årrække, før diverse plantesamfund etableres efter, at skæring er ophørt.

En stor del af vandløbsarterne findes også på vandløbets brinker (ca. 25 %). Dataanalysen viste, at brinkplantesamfundene er væsentlige for vandløbenes plantesamfund.

Kun få af de medtagne fysik-kemiske variable havde betydning for plantesamfundene i vandløbene. Herunder var strømhastigheden samt andel af bundsubstratet, som udgøres af mudder, af betydning for planternes fordeling. Ligeledes havde alkalinitet samt ortho-P og pH betydning for plantesamfundene.

## **10.5 Tema om grødeskæring**

### *Indledning*

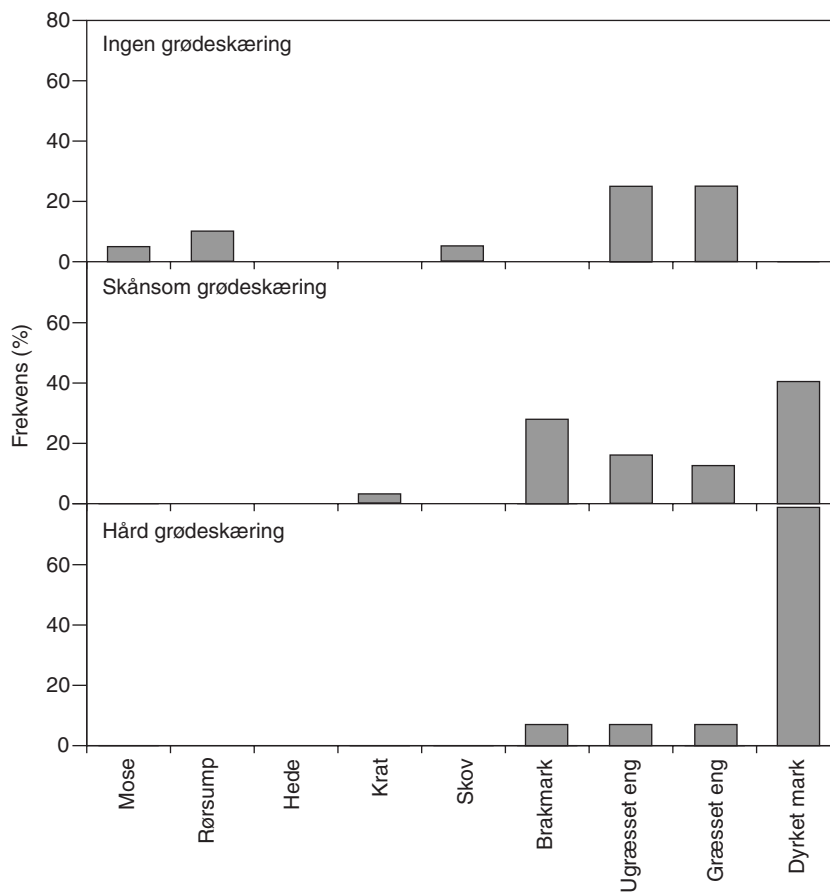
Grødeskæring er overordentlig vigtig for plantesamfundene i vandløbene under NOVA 2003, hvilket fremgår af afsnit 10.4. Den foretagne analyse viste imidlertid ikke, hvordan plantesamfundene påvirkes af grødeskæring. Derfor er formålet med temaafsnittet nærmere at analysere, hvordan grødeskæring påvirker planterne samt at undersøge, om der også findes koblinger mellem grødeskæringspraksis og smådyrs- og fiskesamfundene i vandløbene. Grødeskæringspraksis er inddelt i henholdsvis ingen skæring, skånsom skæring, hvor en mindre del af vandløbsvegetationene skæres, og hård skæring, hvor al vandløbsvegetationen skæres.

### *Arealanvendelse og profil*

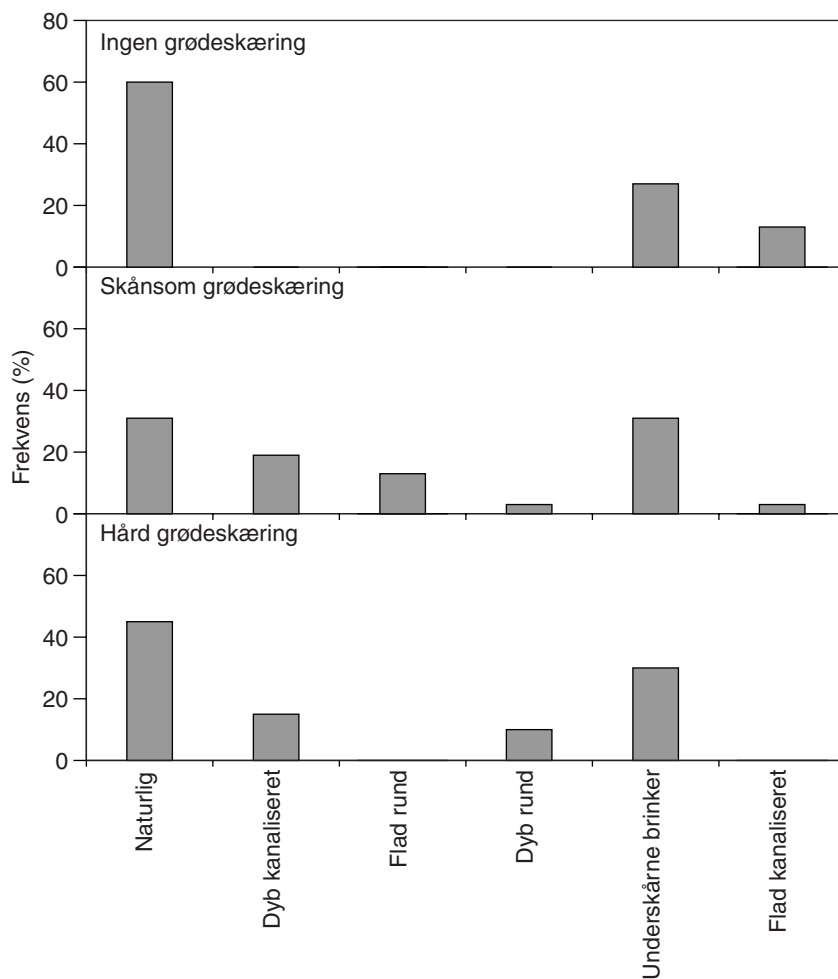
De tre forskellige grødeskæringsmetoder praktiseres med forskellig hyppighed afhængig af arealudnyttelsen langs vandløbene. Den hårde skæring praktiseres hovedsageligt i vandløb, hvor de tilstødende arealer dyrkes (figur 10.5).



Figur 10.5 Arealanvendelse langs vandløbsstationer med forskellig grødeskæringspraksis, henholdsvis ingen skæring (n=20), skånsom skæring (n=32) og hård skæring (n=15).



Figur 10.6 Vandløbsprofil-type på vandløbsstationer med forskellig grødeskæringspraksis, henholdsvis ingen skæring (n=20), skånsom skæring (n=32) og hård skæring (n=15).



Den skånsomme skæring praktiseres både, hvor de tilstødende arealer udnyttes intensivt (40,5 %) og ekstensivt til græsning (12,5 %), eller hvor arealerne langs vandløbene er uudnyttede herunder braklagte (47 %). Arealudnyttelsen langs vandløb, som ikke skæres, indbefatter både arealer, der udnyttes intensivt (30 %), ekstensivt udnyttede arealer (25 %) og uudnyttede arealer (45 %).

De forskellige vandløbsprofiltyper inden for hver grødeskæringsmetodik er vist i figur 10.6. Det fremgår, at sammensætningen af profiltyper ligner hinanden i vandløbene, som skæres hårdt og vandløbene, som ikke skæres. For begge gælder, at hovedparten af vandløbene har et naturligt vandløbsprofil, samt at vandløb med underskårne brinker også er hyppige. I de vandløb, som skæres skånsomt, er alle profiltyper repræsenteret, men igen er det naturlige vandløbsprofil samt vandløb med underskårne brinker hyppigst.

#### *Fysik og kemi*

Der er kun mindre forskelle i vandløbenes fysiske miljø, når vandløb, som ikke skæres, vandløb som skæres skånsomt og vandløb, som skæres hårdt, sammenlignes. Dog gælder generelt, at de hårde substrattyper, primært sten og grus, udgør en større del af bundsubstratet i vandløb, der ikke vedligeholdes (data ikke vist) eller alternativt vedligeholdes skånsomt.

Der er ikke signifikante forskelle på vandløbenes kemi (data ikke vist).

#### *Biotiske samfund*

I tabel 10.7 er nogle biotiske nøgleparametre givet inden for hver grødeskæringsmetodik. Der er generelt en forholdsvis stor spredning på tallene, hvilket betyder, at der indenfor mange af parametrene ikke er signifikante forskelle. Dog er tendensen ens for alle parametre – grødeskæring har en negativ effekt på de biotiske samfund.

#### *Planter*

Det totale artsantal, plantediversitetsmålene samt den procentvise andel af vandløb, hvor en planteart dækker mere end 50 % af den samlede dækning, viser alle samstemmende, at hårdt og delvist skånsomt skårne vandløb er forarmede, når der sammenlignes med vandløb, som ikke skæres. Der er også små forskelle mellem de tre plantegrupper eller livsformer. Der er signifikant flere terrestriske arter i de vandløb, som ikke skæres, hvilket dog bl.a. kan afspejle, at der er fundet flere arter i brinktransekterne (tabel 10.7).

#### *Smådyr*

Der ses kun meget små forskelle i DVFI-værdierne og de totale artsantal på vandløbsstrækningerne med forskellig grødeskæringsmetodik, og ingen af disse er signifikante. Dette er overraskende taget i betragtning, at vandløbenes planter er med til at skabe fysisk varierede forhold. Det ville derfor være nærliggende at tro, at der ville være koblinger mellem artsrige og strukturelt komplekse plantesamfund og artsrige smådyrssamfund. Noget tyder på, at opløseligheden i dataanalysen er for grov. Emnet vil blive belyst ved en senere afrapportering, hvor smådyrsdata analyseres multivariat.

#### *Fisk*

Desværre er fiskedatamaterialet meget spinkelt. Der eksisterer kun ørredata for 4 af de vandløb, som ikke skæres. Derfor er det kun

muligt at sammenligne ørredbestande i henholdsvis skånsomt skårne og hårdt skårne overvågningsvandløb. Pga. den store spredning er der ikke signifikante forskelle på ørredbestandene i de to vandløbstyper. Tendensen er dog den samme, når bestanden af ørreder  $\leq 10$  cm og bestanden af ørreder  $>10$  cm sammenlignes i skånsomt skårne og hårdt skårne vandløb – middelværdierne er højere i de skånsomt skårne vandløb.

*Tabel 10.7* Biotiske data på 67 vandløbsstrækninger, henholdsvis 20 strækninger uden grødeskæring, 32 strækninger med skånsom grødeskæring og 15 strækninger med hård skæring. Middelværdier samt minimums- og maksimumsværdier er givet. For DVFI gælder dog, at medianværdier samt minimums- og maksimumsværdier er givet. Det totale fiskeantal samt antal ørreder er beregnet på 100 m<sup>2</sup> strækning. \* angiver at vandløb med fiskeskjul i form af fx underskårne brinker og faskiner ikke er medtaget i beregningerne. a, b, c angiver, at der er signifikant forskel på middelværdierne indenfor de tre vandløbstyper (ANOVA,  $p < 0,05$ ).

	Ingen grødeskæring	Skånsom grødeskæring	Hård grødeskæring
<b>Vandløbsplanter</b>			
Total artsantal	14,7 (a)	10,5 (b)	11,5 (ab)
-Ægte vandplantearter	1,65 (a)	1,72 (a)	2,67 (a)
-Amfibiske arter	3,5 (ab)	3,6 (a)	2,3 (b)
-Terrestriske arter	9,6 (b)	5,3 (a)	6,5 (a)
Antal arter i brink-transketer	29 (b)	25 (ab)	21 (a)
Overlap ml. brink- og vandløbsplanter (%)	25 % (a)	26 % (a)	21 % (a)
Én art dækker mere end 50 % af vandløbsbunden	20 % (a)	38 % (b)	47 % (b)
Plantediversitet			
Evenness	0,74 (a)	0,70 (a)	0,69 (a)
Shannon	1,93 (b)	1,55 (a)	1,65 (ab)
Simpson	0,78 (a)	0,77 (a)	0,72 (a)
<b>Smådyr</b>			
DVFI forår	4	4	5
Total artsantal, forår	21,8	22,2	21,1
DVFI sommer	4	4	4
Total artsantal, sommer	22,1	20,0	21,5
<b>Fisk</b>			
Total artsantal	-	2,5	2,6
Antal ørreder $\leq 10$ m	-	53,3	50,4
Antal ørreder $>10$ cm	-	26,8	20,5
u. fiskeskjul *			
Antal ørreder $\leq 10$ m	-	21,5	12,8
Antal ørreder $>10$ cm	-	19,3	17,1

Analyseres datamaterialet således, at vandløb med fiskeskjul i form af fx underskårne brinker og faskiner ikke medtages i analysen, ses det af tabel 10.7, at ørredbestandenes middelværdier er næsten dobbelt så høje i skånsomt skårne vandløb sammenlignet med hårdt skårne vandløb. Igen er middelværdierne dog ikke signifikant forskellige pga. den store spredning, men tendensen er klar – ørredbestandene er større i skånsomt skårne vandløb.

## 10.6 Perspektivering

Vandløbenes plantesamfund forventes at blive én af de biologiske indikatorer for økologisk kvalitet i vandløb i det kommende EU vandrammedirektiv. Baggrunden er, at man ved at inddrage planter får en bedre og mere integreret vurdering af vandløbenes økologiske kvalitet.

På baggrund af resultaterne fra de første analyser af plantedata under NOVA 2003 kan det konkluderes, at brugen af vandløbsplanter i vandløbsovervågningen virker lovende også set i et dansk perspektiv. Der er klare forskelle i plantesamfundene i referencevandløb og påvirkede vandløb med mere diverse plantesamfund i referencevandløbene. Resultaterne viser også, at plantesamfundene i høj grad kan dokumentere en af de vigtigste menneskelige forstyrrelser i vandløbene nemlig grødeskæring. Resultaterne dokumenterer også, at plantesamfundene integrerer grødeskæringseffekter over længere tid, idet ikke kun grødeskæringspraksis i dag, men også praksis i 1993 er vigtig for fordelingen og sammensætningen af planter i dag.

Resultaterne peger i retning af, at planter også kan dokumentere ændringer i det fysiske vandløbsmiljø, primært ændringer i bundsubstrat og strømforhold. I nærværende analyse er der ikke udregnet noget mål for variationen i det fysiske vandløbsmiljø, fx udtrykt som variationen i bundsubstratsammensætningen (substratheterogenitet; *Baatrup-Pedersen et al. 1998*). Nyligt indsamlede data viser, at der eksisterer koblinger mellem et diverst fysisk vandløbsmiljø og diverse vandplantesamfund (*Baatrup-Pedersen & Riis 1999*). Det er derfor sandsynligt, at rimeligt simple plantediversitetsmål vil kunne fungere som indikatorer for variationen i det fysiske vandløbsmiljø (habitatdiversiteten).

På baggrund af dataanalysen ser vandløbsplanter ikke umiddelbart ud til at kunne dokumentere moderate ændringer i det kemiske vandmiljø som følge af menneskelige påvirkninger fx mindre ændringer i næringsstofniveauer. Det skal nævnes, at nærværende dataanalyse bygger på en relativt ringe variation i næringsstofkoncentrationer sammenlignet med variationen i vandløbssystemer i andre lande, hvilket kan være en af grundene til, at vandløbsplanter ikke umiddelbart ser ud til at kunne være egnede indikatorer for det kemiske vandløbsmiljø. I fx Frankrig, med større variation i næringsstofkoncentrationer, tyder undersøgelser på, at vandløbsplanter er vel-egnede som indikatorer for det kemiske vandløbsmiljø (*Grasmück et al. 1995; Hauray et al. 1996*).

Der kan også være begrænsninger forbundet med brugen af vandløbsplanter i overvågningssammenhæng og som indikatorer for påvirkninger af vandløbsmiljøet. Det kan således være problematisk at bestemme udbredelse samt hyppighed af vandløbsplanter i store og relativt dybe vandløb. Ligeledes kan planter også kun bruges i lysåbne vandløb, og deres værdi som indikatorer vil være størst i systemer med et egentligt rekrutteringsgrundlag, dvs. planternes værdi som indikatorer kan være mindre på vandløbsstrækninger beliggende allerøverst oppe i vandløbssystemerne.

Brugen af vandløbsplanter i overvågningssammenhæng og som indikatorer for påvirkninger af det fysiske vandløbsmiljø enten betinget af menneskeskabte forstyrrelser eller ændringer i det fysiske vandløbsmiljø bør dog operationaliseres. Plantediversitetsmål (artsantal, shannondiversitet, evenness, enkeltartsdækning >50 %) samt hyppighed af de forskellige livsformer (ægte vandplanter, amfibiske planter og terrestriske planter) har været brugt i nærværende dataanalyser. Disse mål bør kombineres med indikatorer baseret på enkelte nøglearter eller grupper af arter. I forbindelse med brugen af planter som indikatorer for grødeskæringshyppighed og intensitet, vil brugen af fx vækststrategi (ruderales strategier, konkurrencestrategier) være værdifuld. Ændringer i plantesamfundene henimod flere og/eller hyppigere forekomst af ruderales strategier vil således indikere, at intensiteten af forstyrrelser er øget. Inddragelse af vandløbsplanter i overvågningen er ny. Det betyder også, at der ikke eksisterer egentlige tidsserier for vandløbsplanter udbredelse og hyppighed i danske vandløb. Der eksisterer dog historiske data, som i kombination med yderligere undersøgelser af referencevandløb og påvirkede vandløb vil kunne bruges i et første trin på vejen til udvikling af operationelle indikatorer.

# 11 Vand- og stoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit

Lars M. Svendsen, Brian Kronvang & Søren E. Larsen

## Indledning

Vand- og stoftilførsler til danske marine kystafsnit (fjorde, bugter og øvrige kystafsnit) består af tilførslerne via vandløb og direkte udledninger. I dette kapitel beskrives ferskvandsafstrømningen, og tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof (udtrykt som det biokemiske iltforbrug  $BOD_5$ ) til danske marine 1. og 2. ordens kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug). Opgørelserne er baseret på indberetninger fra amterne og Københavns Kommune, dog således at spildevandsoplysningerne er fra *Miljøstyrelsen (1999)*. Opgørelse af ferskvandsafstrømningen er beskrevet i kapitel 2 og bilag 2. En mere detaljeret gennemgang af opgørelsesprincipper for kvælstof, fosfor og organisk stof er gengivet i *Svendsen og Hansen (1996)*. Ud over tilførsler med ferskvand tilføres havet næringsstoffer og organisk stof via atmosfærisk deposition, ved tilførsler fra omkringliggende lande, gennem udveksling med tilstødende farvandsområder samt med havbrug mv., hvilket er nærmere beskrevet i *Markager et al. (1999)*.

## Kapitlets indhold

I kapitlet beskrives tilførslerne med ferskvand i 1998 for Danmark som helhed og for 1. og 2. ordens kystafsnit samt kilderne hertil. Der er gennemført en statistisk analyse af eventuelle udviklingstendenser i de samlede tilførsler for perioden 1989-1998 og for hvert af de ni 1. ordens kystafsnit. Placering af farvandsområderne og oplandene hertil fremgår af figur 2.1.

## Indhold af bilag 11

Bilag 11 indeholder en række tabeller med oplysninger bag figurerne i dette kapitel samt en række supplerende oplysninger, som fx stofafstrømningen til de ni 1. ordens kystafsnit i 1998, månedsafstrømningen af ferskvand samt månedstilførsler af kvælstof, fosfor og  $BOD_5$  til de ni første ordens marine kystafsnit i 1998 og de årlige vand- og stoftilførsler til 1. ordens marine kystafsnit. Endvidere indeholder bilag 11 kildeopsplitning af tilførslerne til de 49 2. ordens kystafsnit og den årlige tilførsel af ferskvand, kvælstof, fosfor og  $BOD_5$  for de ni første ordens marine kystafsnit samt udvikling i kildestyrken i tilførsler til de ni 1. ordens marine kystafsnit i perioden 1989 til 1998.

## 11.1 Vand- og stoftilførslerne til marine kystafsnit i 1998

### Ferskvandsafstrømningen i 1998 var noget over normalen

Ferskvandsafstrømningen i 1998 var med 15.600 mill.  $m^3$  (362 mm) 11 % over normalen (1971-90), 19 % over midlen for de ti overvågningsår samt ca. 80 % større end i 1996 og 1997 (kapitel 2, tabel 2.1). Afstrømningen var noget under normalen i januar og februar og noget over normalen i marts, april og 4. kvartal. Især 4. kvartal havde grundet de ekstremt høje nedbørsmængder i oktober (171 mm) en stor afstrømning. Med 133 mm var afstrømningen hele 39 % over normalen og 53 % over midlen for de ti overvågningsår (tabel 2.2 i

bilag 2.2). 37 % af afstrømningen i 1998 fandt sted i 4. kvartal. Det relativt afstrømningsrige år, der efterfølger tre afstrømningsfattige år, betinger, at der kan forventes diffuse næringsstofstilførsler over normalen for de ti overvågningsår. Afstrømningen i 1998 var lig med afstrømningen i 1995 på trods af, at der faldt 200 mm mere nedbør i 1998. Der er i kapitel 2 argumenteret for, at disse ca. 200 mm af overskudsnedbøren er endt som opbygning af grundvandsmagasinerne.

*Kvælstof-, fosfor- og BOD<sub>5</sub>-tilførslerne de største siden 1994/95*

Tilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) var i 1998 100.600 tons kvælstof, 2.600 tons fosfor og 39.900 tons BOD<sub>5</sub> (tabel 11.1). Det betyder at kvælstofafstrømningen i 1998 har været godt dobbelt så stor som i de to afstrømningsfattige år 1996 og 1997. Tilsvarende har fosfor- og BOD<sub>5</sub>-afstrømningerne været henholdsvis knap 40 % og godt 30 % større end i 1996 og 1997. Den diffuse kvælstofafstrømning (inkl. spredt bebyggelse) var 91.900 tons i 1998 mod 78.900 tons i 1995, hvor ferskvandsafstrømningen ellers var lig med afstrømningen i 1998. For fosfor var den diffuse afstrømning i 1998 med 1.520 tons næsten identisk med den tilsvarende afstrømning på 1.510 tons i 1995. Efter tre tørre år har der været en labil kvælstofpulje at udvaske i rodzonen i modsætning til i 1995, der efterfulgte to meget nedbørs- og afstrømningsrige år.

*Tabel 11.1 Tilførslen af kvælstof, fosfor og BOD<sub>5</sub> via vandløb og direkte udledninger (eksklusiv havbrug) til marine kystafsnit i 1998. Spildevandsoplysningerne er fra Miljøstyrelsen (1999).*

	Kvælstof ton	Fosfor ton	BOD <sub>5</sub> ton
Afstrømning til havet via vandløb ekskl. spildevand	90900	1300	16000
Punktkilder til ferskvand	4700	520	6900
Spredt bebyggelse	1000	270	3800
Spildevand ferskvand i alt	5700	790	10400
Afstrømning til havet via vandløb	96600	2090	26700
Spildevand direkte til havet	4000	510	13200
Total til havet	100600	2600	39900

*Kildefordeling for 1998*

Spildevandsudledninger til ferskvand af kvælstof, fosfor og BOD<sub>5</sub> er for 1998 opgjort til at være lidt større (2-5 %) end i 1997 (se tabel 11.3 og 11.16 i bilag 11.1). Det er første gang i de 10 år med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, at der ikke har været et fald i spildevandsudledningerne til ferskvand. De direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit (inklusive udledninger fra spredt bebyggelse) er til gengæld faldet fra 1997 til 1998 for både kvælstof, fosfor og organisk stof, henholdsvis 8 %, 15 % og 4 %. Dermed fortsætter den faldende belastning fra direkte spildevandsudledninger. Punktkilder til ferskvand udgjorde i 1998 5 % af den samlede kvælstoftilførsler med ferskvand til marine kystafsnit. De tilsvarende tal er 22 % for fosfor og 17 % for BOD<sub>5</sub>. De diffuse kilder (dvs. afstrømningen fra åbent land og spredt bebyggelse) udgjorde i 1998 91 % af den samlede kvælstoftilførsel med ferskvand til marine kystafsnit. For fosfor har andelen været 59 % og for BOD<sub>5</sub> 50 %. De

*Betydningen af naturgivne forhold og menneskelig aktivitet*

diffuse kilder vil være relativt størst i år med en stor ferskvandsafstrømning som det delvist har været tilfældet i 1998.

Vand- og stoftilførslerne til marine kystafsnit vil ud over de klimatiske forhold også være relateret til geologi, jordbund, dyrkningsintensitet/-praksis, husdyrhold, befolkningstæthed mv. Således udgør ferskvandsafstrømningen fra oplandet til Nordsøen og til Kattegat ofte en relativ større andel af den samlede afstrømning fra Danmark i tørre år end i afstrømningsrige år, da der i disse oplande er store grundvandsmagasiner at tære af. Dette er ikke tilfældet specielt på Sjælland, hvorfor afstrømningen til Storebælt, Øresund og Sydlige Bælthav er relativ lav i afstrømningsfattige år. Størrelsen af stofkilderne til marine kystafsnit afhænger ikke kun af størrelsen af ferskvandsafstrømningen, men også af processer i jorden og i grundvandet, stor befolkningstæthed, industriel aktivitet samt af landbrugsaktivitet.

Den høje befolkningstæthed og intensive industri giver relativt store spildevandsmængder til fx Øresund, således at de direkte spildevandsudledninger her er den største belastningskilde til Øresund for både kvælstof, fosfor og BOD<sub>5</sub> (tabel 11.1 i bilag 11.1 og bilag 11.2).

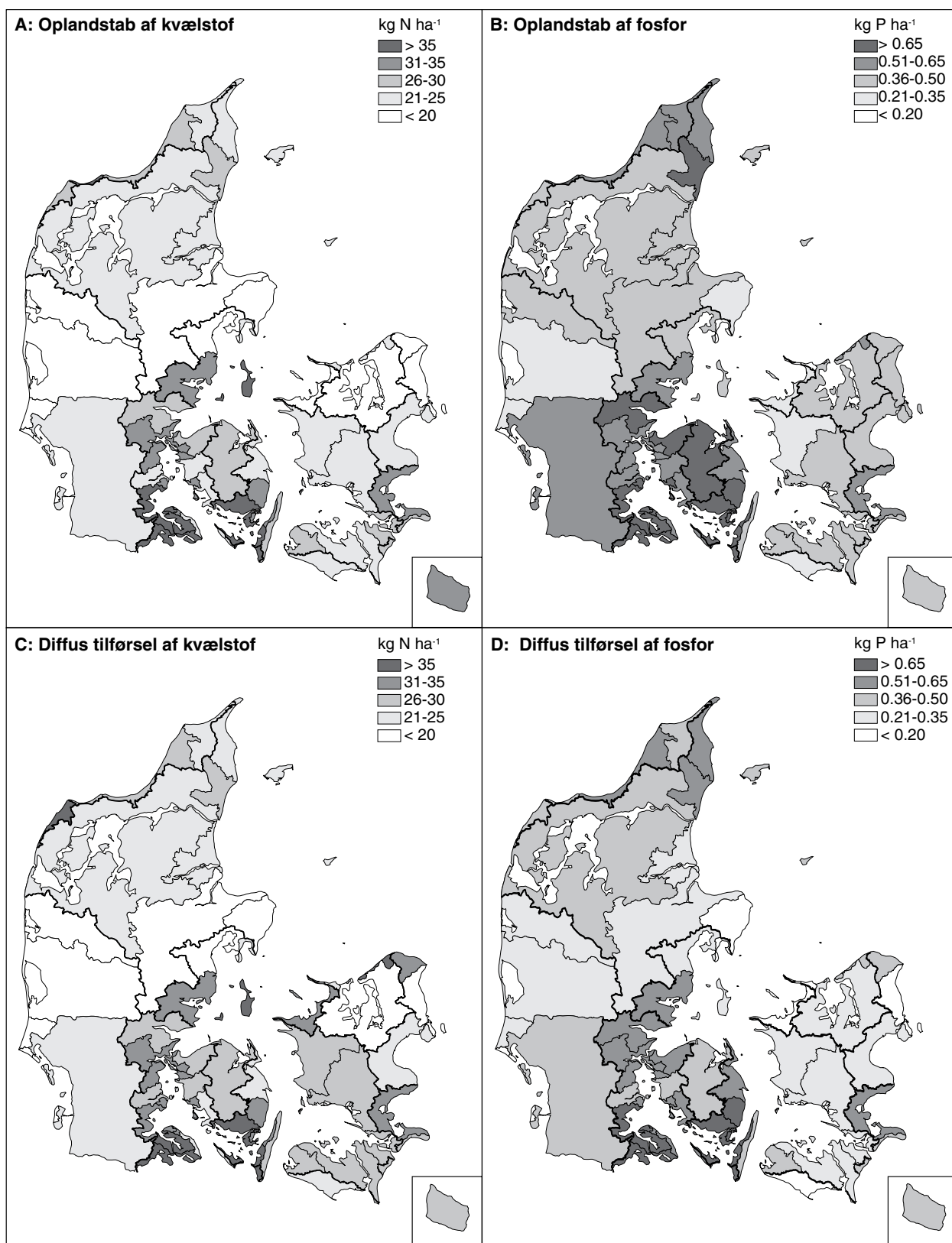
*Oplandstab og diffuse tilførsel i 1998 højere end de foregående tre år*

Både oplandstabet af kvælstof og fosfor (den målte transport via vandløb divideret med oplandsarealet) og den diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor til ferskvand (målte transport minus punktkildeudledninger men inklusiv udledninger fra spredt bebyggelse og inklusiv retention) var i 1998 højere end i de foregående tre overvågningsår. Samlet for Danmark var oplandstabet på 22,4 kg N ha<sup>-1</sup>, 0,49 kg P ha<sup>-1</sup> og 6,2 kg BOD<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (bilag 11.2). Tilsvarende var den diffuse tilførsel på 24,1 kg N ha<sup>-1</sup>, 0,37 kg P ha<sup>-1</sup> og 4,6 kg BOD<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (retention er ikke inkluderet for kg BOD<sub>5</sub>). Den diffuse tilførsel og oplandstabet af kvælstof og fosfor har i 1998 været mindst dobbelt så stort som i 1996 og 1997.

*Fordeling af oplandstab og diffuse tilførsler på de 49 2. ordens kystafsnit*

Oplandstabet af kvælstof har været størst til farvandet omkring Samsø, sydlige del af Lillebælt, det sydlige Bælthav, det Sydfynske Øhav samt Vigsø Bugt (figur 11.1A). Generelt afspejler dette, at der fra områder med intensiv landbrug og relativ høje afstrømninger er store tab af kvælstof (se figur 2.1). For Vigsø Bugt er der dog også tale om relativt store direkte spildevandsudledninger (bilag 11.2.1). Der har været lave oplandstab til store dele af Nordsøen, fra store dele af Sjælland, dele af det nordlige og østlige Jylland m.fl. De relativt lave oplandstab til Nordsøen er forklaret i afsnit 11.2, mens de lave oplandstab til de øvrige kystafsnit blandt andet skyldes, at afstrømningen her har været relativ lav i 1998 (figur 2.1). Mønstrer for den diffuse kvælstoftilførsel ligner overordnet det for oplandstabet af kvælstof, men områder, hvor direkte spildevandsudledninger udgør en stor andel af oplandstabet (som Vigsø Bugt, farvandsområde 23), har en relativ lav diffus tilførsel. For oplandstab af fosfor er betydningen af spildevand lidt mere udpræget end for det tilsvarende tab af kvælstof, men overordnet er mønstret nogenlunde ens med det for kvælstof (figur 11.1A og C). Der er en tendens til, at områder med stor befolkningstæthed har et større oplandstab af fosfor. Vigsø Bugt har som for kvælstof et stort oplandstab af fosfor, men en forholdsvis lavere diffus tilførsel af fosfor (figur 11.1 B og D).





Figur 11.1 Oplandstabet af kvælstof (A) og fosfor (B) til marine kystafsnit samt den diffuse tilførsel (inklusive spredt bebyggelse og retention) af kvælstof (C) og fosfor (D) til ferskvand i 1998.

## 11.2 Sæsonvariationerne i tilførslerne i 1998

*De store nedbørsmængder i oktober afspejles også i stoftilførslerne*

Ferskvandsafstrømning i 1. og 4. kvartal udgjorde ca. 70 % af den samlede ferskvandsafstrømning i 1998 (figur 11.2 og bilag 11.3). Vand- og stofafstrømningen er præget af den ekstremt høje nedbør i oktober 1998 (171 mm), der har medført, at der i denne måned for de fleste farvandsområder har været den største tilførsel af fosfor og BOD<sub>5</sub>, men også en stor kvælstoftilførsel. Stoftilførslen i perioden maj til og med september har været lav og ret konstant, hvorefter kommer en stor forøgelse i tilførslerne i oktober.

Sæsonvariationen i 1998 har været mere udpræget end i 1996 og 1997, hvor tilførslerne var yderst ensartede over hele året. Variationen i andelen af vand- og stoftilførslerne for de enkelte 1. ordens kystafsnit har i 1998 været relativt ensartede med nogle få undtagelser som januar for kvælstof og april for BOD<sub>5</sub>.

*Tydelig sæsonvariation for koncentrationen i tilførslerne af især kvælstof til marine kystafsnit*

Der er en ret udpræget sæsonvariation i koncentrationerne af total kvælstof, total fosfor og BOD<sub>5</sub>. Koncentrationen af kvælstof er lav i sommerhalvåret, hvor de diffuse tilførsler typisk er lave. Omvendt stiger koncentrationen af fosfor og BOD<sub>5</sub> i sommerhalvåret, idet der grundet lavere afstrømning sker en mindre fortynding af det spildevand, der nogenlunde konstant hen over året tilføres ferskvand og udledes direkte til de marine kystafsnit.

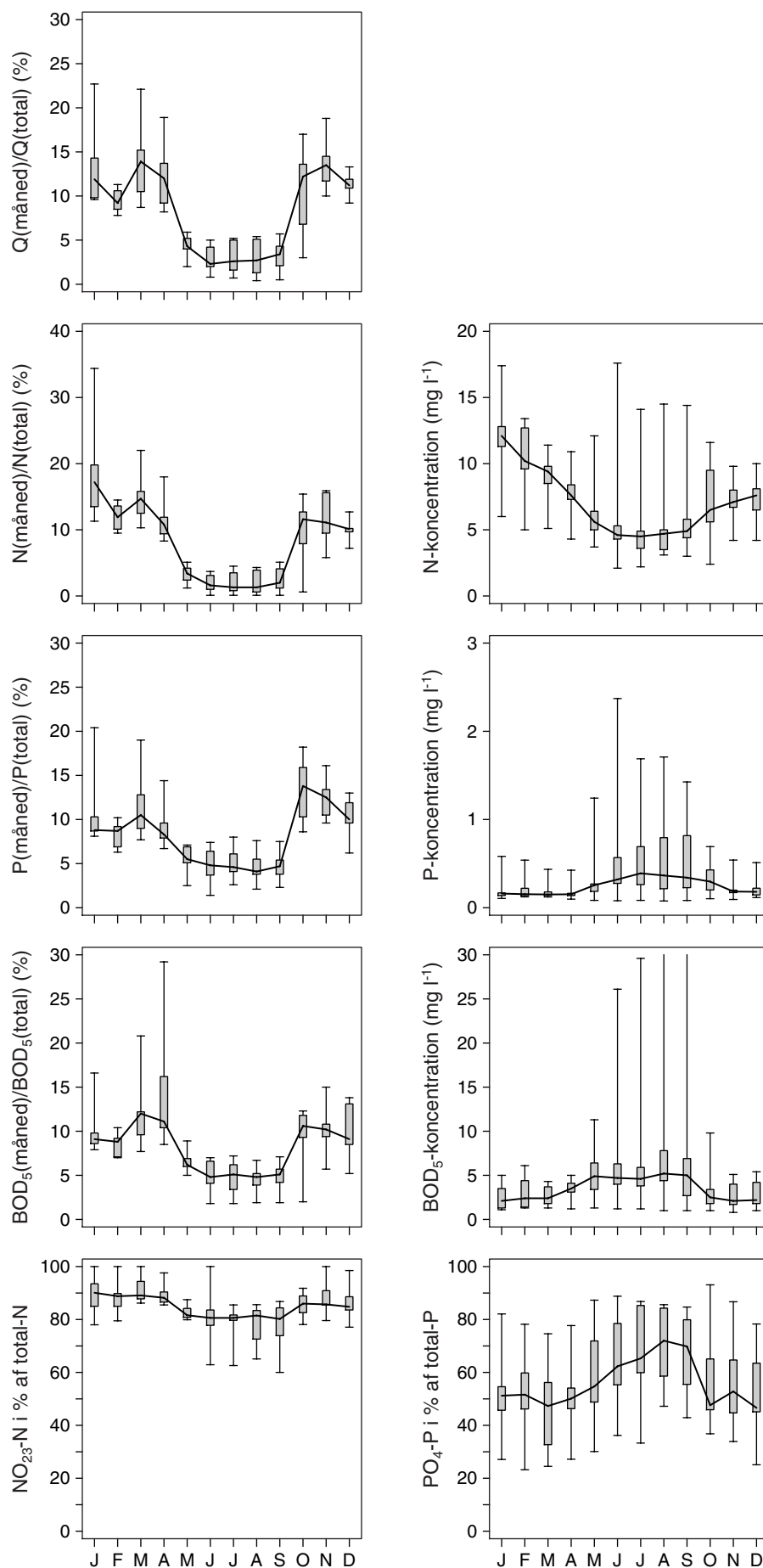
Specielt i afstrømningen fra oplande med en lav specifik afstrømning i sommerperioden stiger koncentrationen af specielt fosfor og BOD<sub>5</sub>, som fx til Storebælt og Øresund. Dette understreges også af, at andelen af PO<sub>4</sub>-P af total fosfor er højest i sommermånederne (figur 11.2). I oplande, hvor spildevandstilførslerne af fx fosfor er relativt små, vil man finde samme sæsonvariation som for kvælstof.

*Tilførslen af nitrat-nitrit og af opløst fosfor*

Sammenlignet med ferskvandsafstrømningen er tilførslen af kvælstof relativ beskeden fra oplandet til fx Nordsøen (tabel 11.1 i bilag 11.1 og bilag 11.2). Det skyldes blandt andet, at der i sandede oplande sker en nitratreduktion i grundvandet, før det når frem til vandløbene i modsætning til lerede arealer, hvor en stor del af det vand, der strømmer til vandløbene, løber gennem dræn uden en reduktion af nitrat.

I dele af oplandet til Nordsøen findes der også høje jernkoncentrationer, som binder en del af det opløste fosfor (PO<sub>4</sub>-P), hvorfor andelen heraf er lav i afstrømningen til dette farvandsområde. Omvendt er andelen høj, hvor der er en stor belastning fra byspildevand og spredt bebyggelse, dvs. i områder med stor befolkningstæthed og megen industri (fx Storebælt og Øresund). De høje koncentrationer af kvælstof og fosfor i de samlede udledninger med ferskvand forekommer således i tætbefolkede oplande kombineret med en relativ beskeden specifik afstrømning (figur 11.2 og bilag 11.3).

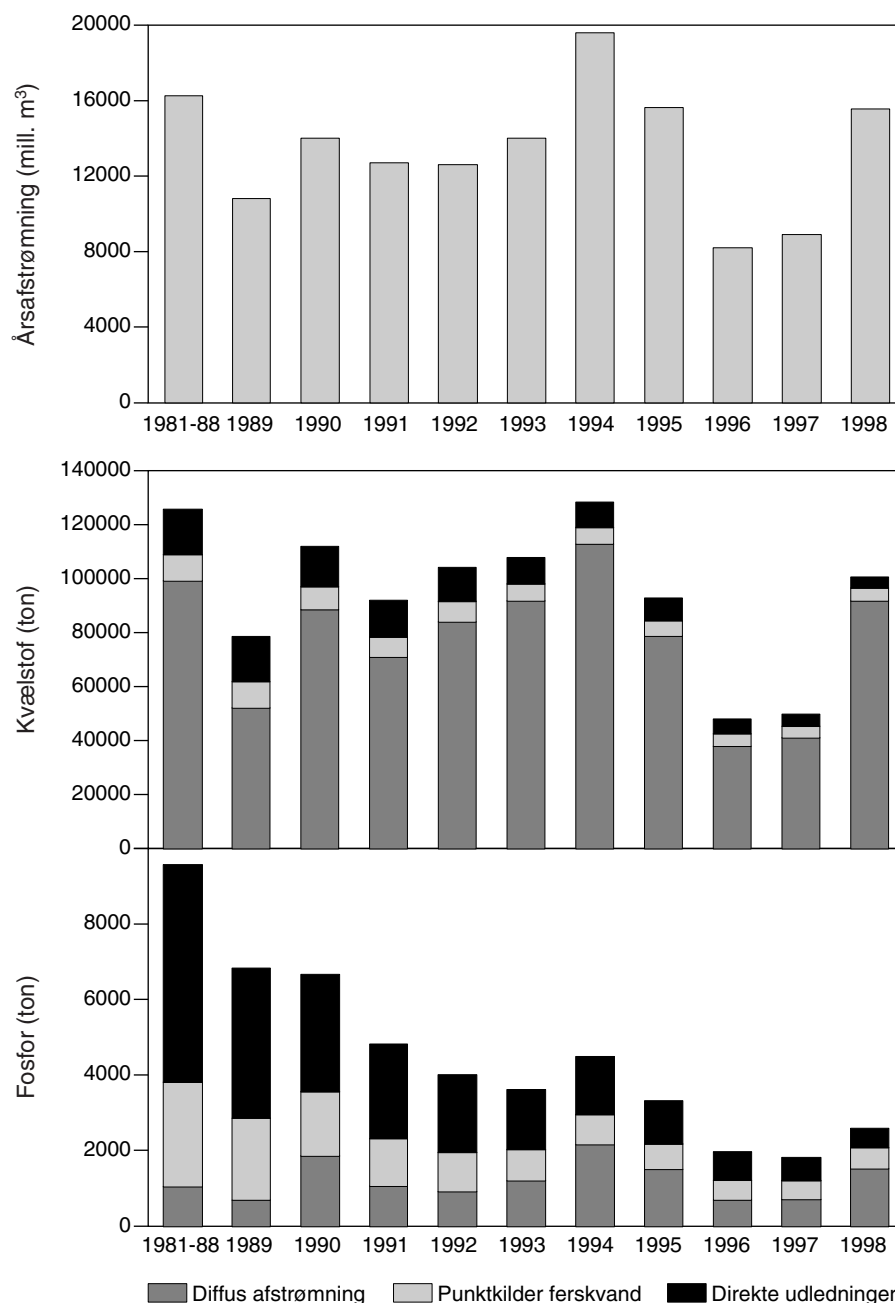
Figur 11.2 Ferskvandsafstrømningen og den målte tilførsel af kvælstof, fosfor og BOD<sub>5</sub> via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de ni 1. ordens kystafsnit i 1998. I figurerne angives median (fuldt optrukket linie) samt 10 % og 90 % fraktiler for de ni 1. ordens kystafsnit af den pågældende værdi. Q(måned) er den månedlige ferskvandsafstrømning i procent af afstrømningen i 1998, og tilsvarende er angivet den procentuelle månedlige tilførsel af kvælstof (N (måned)), fosfor (P(måned)) og BOD<sub>5</sub> (BOD<sub>5</sub> (måned)). Koncentrationerne er beregnet som den samlede målte tilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger divideret med den tilhørende ferskvandsafstrømning (vandføringsvægtede koncentrationer). De enkelte måneders procent NO<sub>23</sub>-N af total kvælstof- og PO<sub>4</sub>-P af total fosfortilførslen i samme måned findes i de to nederste figurer. En del af tallene bag figurerne er i bilag 11.3.



### 11.3 Udvikling i den samlede vand- og stoftilførsel til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1998

Væsentligste udvikling er en reduktion i spildevandsudledningerne

Kvælstof- og fosfortilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger har været opgjort til de marine kystafsnit samlet siden 1989 (figur 11.3. samt bilag 11.4 og 11.6).



Figur 11.3 Ferskvandsafstrømningen og den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de marine kystafsnit i de 10 overvågningsår og som et gennemsnit for perioden 1981-88.

Den samlede bruttotilførsel af kvælstof, fosfor og BOD<sub>5</sub> med ferskvand er opgjort ved til den opgjorte transport at tillægge retention i ferskvand. Dette skal anvendes for at få et mere korrekt mål for kildestyrken (tabel 11.2, 11.3 og 11.4 samt bilag 11.5 og 11.6). Det er tydeligt, at kvælstoftilførslen hænger nøje sammen med fersk-

vandsafstrømningen, hvorimod fosfortilførslen har udvist et stort set konstant fald siden slutningen af 1980'erne med to undtagelser i 1994 og 1998, der begge var betydeligt mere afstrømningsrige end året forud.

*Tabel 11.2* Målt kvælstoftilførsel til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) samt den totale målte tilførsel. Retention i ferskvand plus målt tilførsel til de marine kystafsnit giver bruttotilførslen til disse.

År	Via vandløb tons	Direkte udledninger tons	Målt tilførsel tons	Retention tons	Brutto tilførsel tons
1981-88	109000	16700	125700	11100	136800
1989	61900	16700	78000	10700	88700
1990	97100	14900	112000	10800	122800
1991	78500	13500	92000	11300	103300
1992	91800	12500	104300	13300	117600
1993	98200	9700	107900	12300	120200
1994	119100	9300	128400	11000	139400
1995	84400	8400	92800	8000	100800
1996	42500	5500	48000	5200	53200
1997	45400	4400	49800	6100	55900
1998	96500	4100	100600	11900	112500
1989-98	81500	9900	91400	10100	101500

*Tabel 11.3* Målt fosfortilførsel til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) samt den totale målte tilførsel. Retention i ferskvand plus målt tilførsel til de marine kystafsnit giver bruttotilførslen til disse.

År	Via vandløb tons	Direkte udledninger tons	Målt tilførsel tons	Retention tons	Brutto tilførsel tons
1981-88	4200	5750	9950	120	10070
1989	2860	3970	6830	120	6950
1990	3570	3100	6670	90	6760
1991	2330	2500	4830	120	4950
1992	1960	2050	4010	-10	4000
1993	2040	1580	3620	80	3700
1994	2960	1530	4490	10	4500
1995	2190	1130	3320	60	3380
1996	1230	740	1970	30	2000
1997	1220	600	1820	20	1840
1998	2090	510	2600	70	4080
1989-98	2250	1770	4020	60	4080

*Tabel 11.4* Målt BOD<sub>5</sub>-tilførsel til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (eksklusiv havbrug) samt den totale målte tilførsel.

År	Via vandløb tons	Direkte udledninger tons	Målt tilførsel tons
1994	41700	34200	75900
1995	24900	21000	45900
1996	15800	12500	28300
1997	17500	13700	31200
1998	26700	13200	39900

Diffuse afstrømning hovedkilde til kvælstof, spildevand hovedkilden til fosfor

Renseindsatsen har markant reduceret de samlede ferskvandsbaserede fosforudledninger

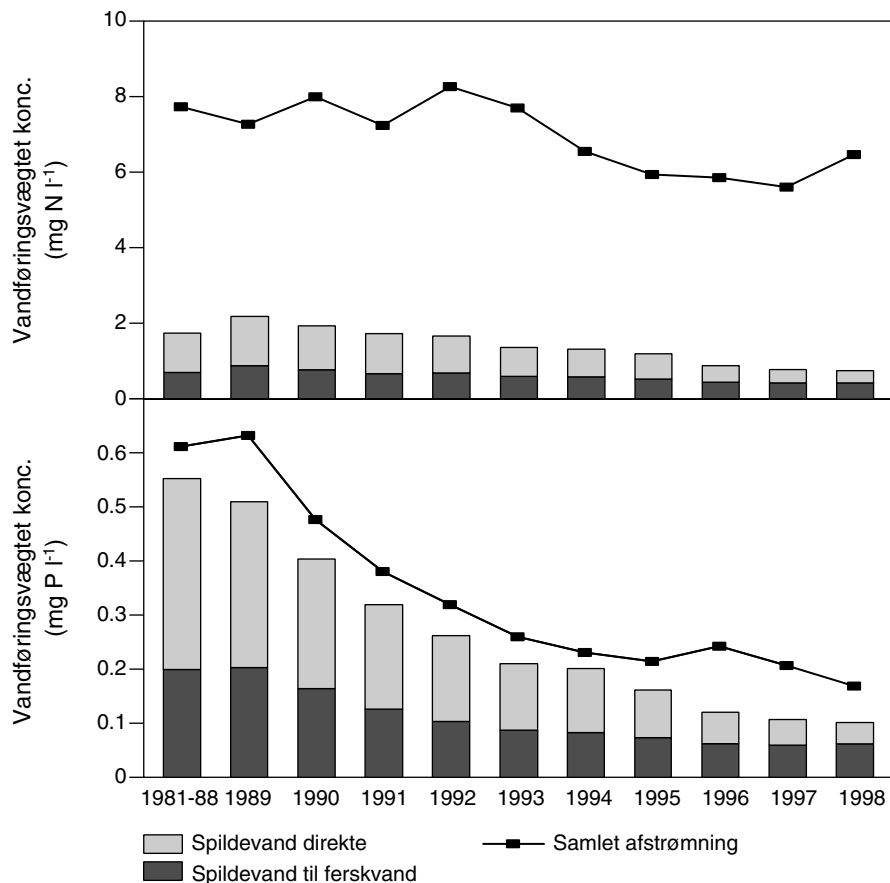
Faldet vandføringsvægtede fosforkoncentration kan alene tilskrives reducerede spildevandsudledninger

Figur 11.4 Vandføringsvægtede koncentrationer i den samlede målte tilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger af kvælstof (A) og fosfor (B). Endvidere vises den beregnede vandføringsvægtede koncentration som spildevand til ferskvand og direkte spildevandsudledninger bidrager med af den samlede vandføringsvægtede koncentration (se teksten for yderligere forklaring).

Da den diffuse afstrømning er hovedkilden til kvælstoftilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger (82 % i gennemsnit for perioden 1989-98), vil den være tæt korreleret til ferskvandsafstrømningen. For fosfor udgør den diffuse afstrømning en mindre andel (31 %) af den tilsvarende samlede fosfortilførsel (tabel 11.3 og bilag 11.6). Betydningen af den diffuse fosfortilførsel er dog steget i takt med den forbedrede spildevandsrensning.

Den store renseindsats overfor spildevand er meget tydelig, idet de samlede spildevandsudledninger er faldet fra ca. 9.000 tons fra 1981-88 til ca. 1.300 tons i 1998 svarende til 86 %. Tilsvarende er de samlede spildevandsudledninger af kvælstof faldet fra ca. 28.000 tons i perioden 1981-88 til knap 10.000 tons i 1998, dvs. med 65 %. Spildevandsudledninger til ferskvand er faldet med 50 % fra 1981-98 til 1998 for kvælstof (fra 11.300 tons til 5.700 tons) og med 76 % for fosfor (fra ca. 3.200 tons til knap 800 tons). Samtidig er de direkte spildevandsudledninger blevet reduceret med 76 % for kvælstof og med 91 % for fosfor. For første gang siden overvågningsprogrammet startede er der sket en lille stigning i spildevandstilførslerne til ferskvand (2 til 5 %), der dækker over en stigning i udledninger fra renseanlæg, industri og regnvandsbetingede anlæg og et lille fald i udledninger fra spredt bebyggelse (Miljøstyrelsen, 1999).

I figur 11.4 er spildevandsudledningerne omregnet til en årlig vandføringsvægtet koncentration ved at dividere spildevandsudledningerne med middelferskvandsafstrømningen i perioden 1989-98 for at normalisere de beregnede koncentrationer.

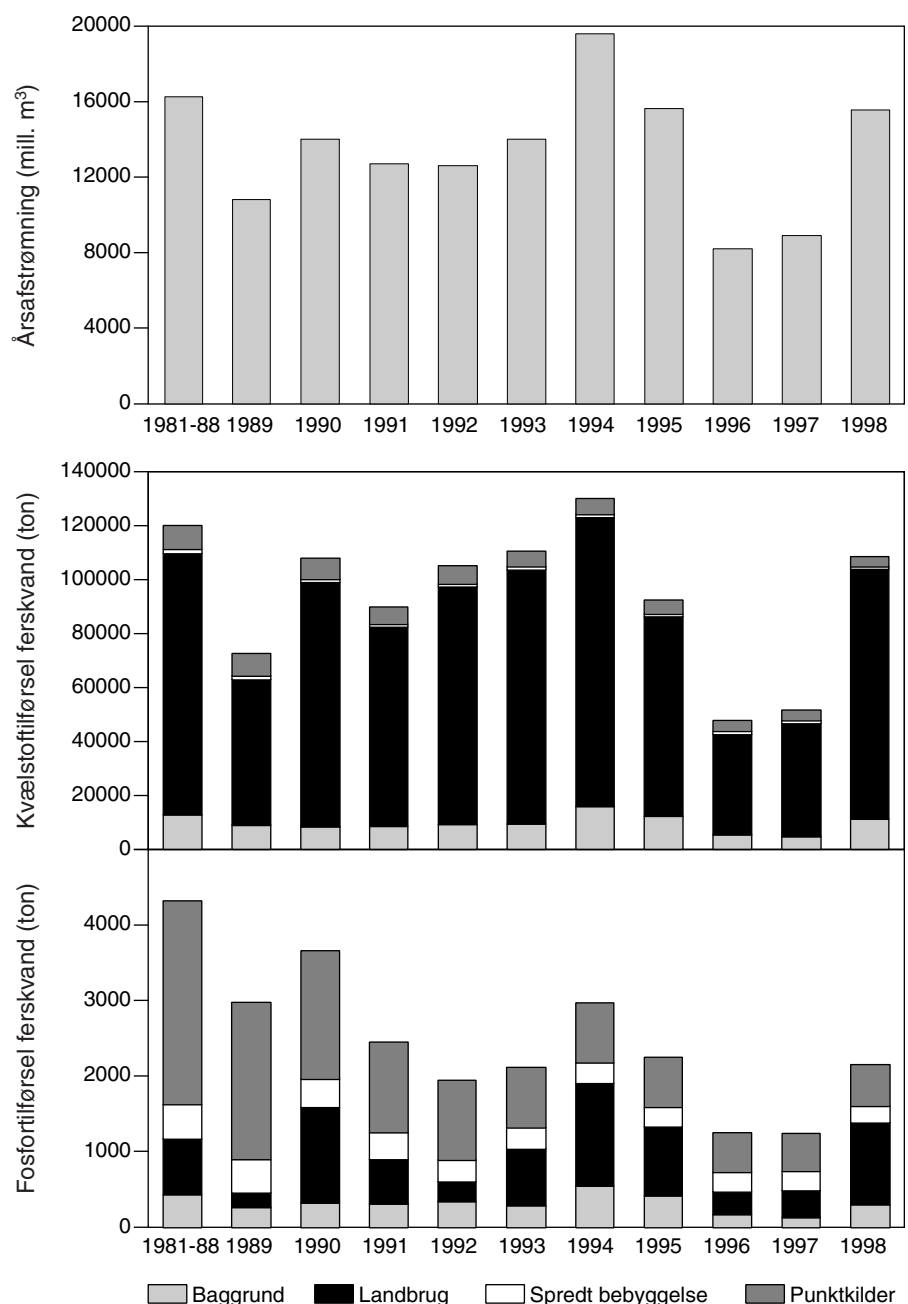


Endvidere er den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger omregnet til vandføringsvægtede koncentrationer (beregnet som årets tilførsel divideret med årets ferskvandsafstrømning). Heraf fremgår at faldet i den vandføringsvægtede fosforkoncentration i den samlede afstrømning alene kan forklares af de reducerede spildevandsudledninger, mens det tilsvarende fald i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration hovedsageligt kan forklares fra de reducerede spildevandsudledninger.

*Tilførslen fra de dyrkede arealer er langt den største kilde til kvælstoftilførsler til ferskvand*

Hovedkilden for kvælstoftilførslen til ferskvand (dvs. hvor der er taget højde for retention) er bidraget fra de dyrkede arealer (figur 11.5), der har bidraget med 74-86 % af tilførslerne i perioden 1989-98 (82 % i middel).

Figur 11.5 Tilførslen til ferskvand (dvs. inklusiv for retention) af kvælstof (øverst) og fosfor (nederst) opdelt i baggrundstilførslen, tilførslen fra dyrkede arealer, tilførslen fra spredt bebyggelse og tilførslen fra punktkilder.



Baggrundsbidraget (beregnet ud fra de arealkoefficienter, der findes fra målinger i naturoplandene (se kapitel 4 og 5) har udgjort 8-12 % af tilførslerne, medens spildevandets andel har været faldende gennem perioden fra 13 % i det tørre år 1989 til kun 4 % i 1998 (7 % i middel).

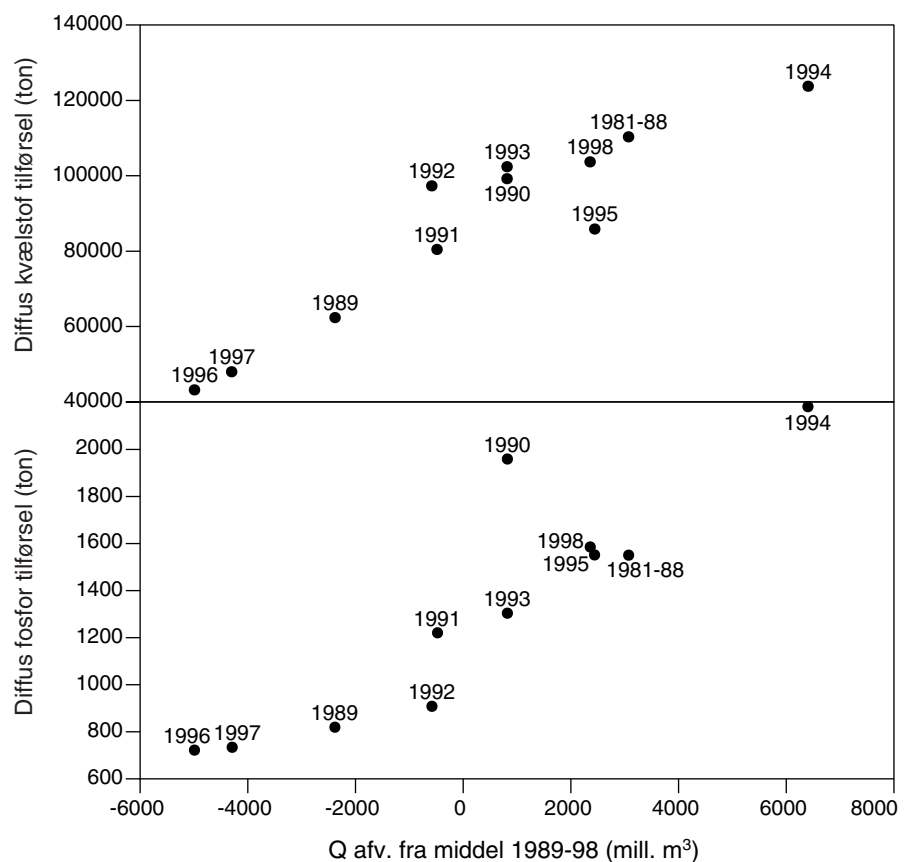
*Spildevandstilførslen udgør stadig langt over halvdelen af forfortilførslen til ferskvand*

For fosfortilførslen til ferskvand har udledninger fra punktkilder generelt været den største kilde, men fra i 1989 at have udgjort 70 % af belastningen udgjorde den kun 25 % i 1998 (middel for perioden 43 %) og var hermed ikke den største kilde. Tilførsel fra spredt bebyggelse har udgjort fra cirka 10 % af tilførslen til ferskvand i såvel 1989 som 1998 til cirka 20 % i 1996 og 1997 (middel for perioden 13 %). Betydningen af spildevand er mindre i mere afstrømningsrige år, hvor den diffuse tilførsel vil stige. Bidraget fra dyrkede arealer har i gennemsnit været 31 % (fra 6 % i 1989 (tørt år) til 51 % i 1998 (vådt år)), medens baggrundsbidraget i gennemsnit har været 14 % i perioden 1989-98 (9 % i 1989 og 1990, 19 % i 1994 og 1995).

*Den årlige diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor kan beskrives som en simpel funktion af ferskvandsafstrømningen*

Der er en nøje sammenhæng mellem den diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor (inklusive retention) og ferskvandsafstrømningen (figur 11.6). Tilførslen af fosfor fra det åbne land vil øges med øget nedbør gennem dræntilførsler og overfladisk afstrømning samt via jordvand (opløst fosfor). En øget nettonedbør vil alt andet lige også øge udvaskningen af nitrat og dermed tilførslen af kvælstof til ferskvand.

Figur 11.6 Den diffuse tilførsel (dvs. tilførsel fra baggrund, dyrkede arealer og spredt bebyggelse og inklusiv retention) af kvælstof (øverst) og fosfor (nederst) som funktion af ferskvandsafstrømningen. Denne er angivet som den absolutte afvigelse fra gennemsnittet af ferskvandsafstrømningen i 1989-98.





*Sammenhæng mellem den diffuse tilførsel og ferskvandsafstrømningen*

Sammenhængen mellem den samlede diffuse årlige tilførsel af kvælstof til ferskvand (DN angivet i tons) og ferskvandsafstrømningen (Q angivet i millioner m<sup>3</sup>) i perioden 1981-88 til 1998 kan beskrives ved:

$$DN = 0,5910 \cdot Q^{1,2502} \quad R^2=0,90 \text{ (P<0,1 \%)}$$

Sammenhængen mellem den samlede diffuse årlige tilførsel af fosfor til ferskvand (DP angivet i tons) og ferskvandsafstrømningen (Q) i perioden 1981-88 til 1997 kan beskrives ved:

$$DP = 292,98 \cdot e^{(1,069 \cdot 10^{-4} \cdot Q)} \quad R^2 = 0,84 \text{ (P<1 \%)}$$

*Vurdering af de opstillede relationer*

De fundne relationer giver en god beskrivelse af den diffuse tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor (henholdsvis 90 % og 84 % af variationen kan forklares ud fra de opstillede sammenhænge), men kan dog ikke tage højde for, at der for fosfor kan ske en deponering af partikelbundet fosfor i afstrømningsfattige år, som kan føres ud til overfladevand i efterfølgende afstrømningsrige år. Funktions-sammenhængen viser, at den diffuse afstrømning af fosfor øges relativt mere end den tilsvarende forøgelse af ferskvandsafstrømningen. For kvælstof sker der det, at der ved høje ferskvandsafstrømninger sker en relativ mindre forøgelse af diffus kvælstofudvaskning, da de kvælstofdepoter, der kan udvaskes vil blive udtømte. Det var tilsyneladende tilfældet i det meget våde år 1994, idet kvælstofafstrømningen i det mere tørre 1995 var lavere end forventet. Omvendt synes der ikke at være sket nogen markant overudvaskning i 1998 efter tre tørre år.

*Antagelse for formlerne: ingen udviklingstendenser*

Ved opstillingen af ovennævnte sammenhænge mellem diffus tilførsel og ferskvandsafstrømningen er det eksplicit antaget, at der ikke er nogen signifikant udviklingstendens i datamaterialet. Såfremt der var en markant udvikling i de diffuse tilførsler, ville det medføre en lavere R<sup>2</sup> værdi, dvs. en mindre signifikant sammenhæng. Det er i de efterfølgende afsnit testet for, om denne antagelse holder.

*Kendall's trend test for de årlige tilførsler af kvælstof og fosfor*

Der er foretaget en analyse for udviklingstendenser i tilførslen af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger i perioden 1989 til 1998 med en Kendall trend test på vandføringsvægtede årskoncentrationer (se kapitel 4 for forklaring af metoden). Der anvendes vandføringsvægtede koncentrationer for at eliminere effekten af den varierende afstrømning fra år til år. Med kun 10 års data er undergrænsen for, hvad en Kendall trend test kræver af data kun lige opfyldt. Testen viser, at der ikke er nogen statistisk signifikant trend for den diffuse tilførsel af kvælstof og fosfor (inklusive belastningen fra den spredte bebyggelse og inklusiv retention) fra Danmark. Der er et fald for kvælstof, men det er ikke signifikant (z=-1,246 og P=21 %). Der er ingen udviklingstendens for fosfor (z=0 og P=100 %). Der er også testet for, om der har været en generel udviklingstendens for ferskvandsafstrømningen. Der har været et fald, der slet ikke er signifikant (Z=-0,234, P=81 %). Der har også været testet for, om der har været en udviklingstendens i den samlede ferskvandsafstrømning, hvilket ikke har været tilfældet (Z = 1,246 og P = 21 %).

Betragtes de samlede tilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit, er der ikke overraskende et signifikant stærkt fald for fosfortilførslerne ( $z=-3,738$  og  $P=<0,1$  %). Der er også et signifikant fald for de tilsvarende tilførsler af kvælstof ( $Z=-2,491$  og  $P=1,3$  %) trods de diffuse kilders markante betydning for de samlede tilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit for kvælstof. Der er et signifikant fald ( $Z=-2,335$  og  $P=2$  %) i tilførslen af kvælstof med spildevand til ferskvand, og for den tilsvarende fosfortilførsel er der også et signifikant fald ( $Z=-2,958$  og  $P=0,31$  %). Det betyder, at det fald, der er målt i de vandføringsvægtede koncentrationer primært kan tilskrives den forbedrede spildevandsrensning, medens der ikke kan påvises noget statistisk signifikant fald i den diffuse afstrømning af kvælstof og fosfor. Der er dog en ikke signifikant svagt faldende tendens for den samlede diffuse afstrømning af kvælstof. I afsnit 11.4 er der givet et estimat for årlige fald/stigninger med Sen's hældningsestimator for de vandføringsvægtede koncentrationer af de diffuse tilførsler for landet som helhed og for oplandene til hver af de ni 1. ordens kystafsnit.

## 11.4 Udvikling i vand- og stoftilførsel til hver af de ni 1. ordens marine kystafsnit i perioden 1989 til 1998

### *Indledning*

Som omtalt i afsnit 11.2 vil farvandsområderne Nordsøen og Kattegat modtage en større andel af de samlede tilførsler af ferskvand og næringsstoffer til marine kystafsnit i afstrømningsfattige år end i afstrømningsrige år. Det modsatte er tilfældet for fx farvandsområde Storebælt, Øresund og Sydlige Bælthav (bilag 11.4). Dette gælder også kvælstof- og fosfortilførslerne med de modifikationer, der blev omtalt i afsnit 11.2.

### *Kendall's test på udviklingstendenser i tilførslen fra hvert af de ni første ordens kystafsnit*

Kendall trend testen på den samlede tilførsel via ferskvand og direkte spildevandsudledninger af kvælstof og fosfor til hver af de ni 1. ordens kystafsnit (tabel 11.5) viser overordnet, at der et signifikant fald for kvælstof til alle marine kystafsnit på nær til Nordsøen, Kattegat og Nordlige Bælthav og et signifikant fald for fosfortilførsler til alle farvandsområder. Først er der testet på eventuelle trends i ferskvandstilførslen i perioden 1989-98, og der var ikke nogen signifikant stigning eller fald for nogen af de ni 1. ordens kystafsnit. Der er ingen signifikante udviklingstendenser i den diffuse kvælstoftilførsel i et eneste opland til 1. ordens marine kystafsnit. Billedet for den diffuse fosfortilførsel er noget mere broget, idet der er et signifikant fald til Lillebælt og et ikke statistisk signifikant fald til Øresund, Sydlige Bælthav og Østersøen og en ikke statistisk signifikant stigning til de øvrige farvandsområder.

### *Ændring i retention og udledninger fra den spredte bebyggelse*

Fosfortilførslen kan være svær at måle, idet den i høj grad er bundet til partikler og derfor kommer i pulse. Endvidere er der større og mindre søer i langt de fleste oplande, som enten tilbageholder eller frigiver fosfor. Tilstanden i en del søer har ændret sig gennem overvågningsperioden, således at de fra at tilbageholde fosfor i begyndel-

sen af overvågningsperioden, de seneste år har frigivet fosfor. Retentionen i søer i oplandene til de ni 1. ordens kystafsnit har da generelt også været faldende i løbet af overvågningsperioden både for kvælstof og fosfor (bilag 11.5). Dette er et resultat af dels faldende tilførsler (af vand og stof) til søerne og for fosfors vedkommende dels en konsekvens af tilstandsændring i flere af søerne i oplandene. de beregnede udledninger fra den spredte bebyggelse udgør en betydelig andel af den diffuse belastning til en del farvandsområder, og disse udledninger er på landsplan blevet reduceret med godt 50 % fra slutningen af 1980'erne til 1998. Det er derfor for tidligt at tolke på eventuelle udviklingstendenser på den diffuse fosfortilførsel, men der er intet, der tyder på, at fosfortilførslen fra dyrkede arealer har været faldende, snarere tværtimod.

*Tabel 11.5* Kendall's trend test på udviklingen i henholdsvis den samlede tilførsel af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte udledninger og på den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel (inklusiv belastning fra spredt bebyggelse og inklusiv retention). Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer. Fortegnet viser, om der er en stigende eller faldende eller ingen (0) udviklingstendens. "\*" angiver om udviklingstendenser er signifikant, hvor \* angiver at  $1\% \leq P < 5\%$ ; og \*\* angiver at  $P < 1\%$ . Hvor der ikke er angivet en P-værdi har den været  $\geq 5\%$  og dermed ikke signifikant.

Farvandsområde	Kvælstof		Fosfor	
	Diffus tilførsel	Samlede tilførsel	Diffus tilførsel	Samlede tilførsel
Nordsøen	-	-	+	- **
Skagerrak	-	- **	+	- **
Kattegat	-	-	+	- **
Nordlige Bælthav	-	-	+	- **
Lillebælt	-	- *	- **	- **
Storebælt	-	- *	+	- *
Øresund	-	- *	-	- **
Sydlig Bælthav	-	- *	-	- **
Østersøen	-	- *	-	- **
Danmark	-	- **	0	- **

Der er opstillet relationer mellem den diffuse tilførsel af henholdsvis kvælstof og fosfor og ferskvandsafstrømningen for hvert af de ni 1. ordens marine kystafsnit (tabel 11.6). Der kan opstilles signifikante relationer mellem kvælstoftilførslen og afstrømningen for de ni farvandsområder ( $P < 0,1\%$  i 8 tilfælde og  $P < 1\%$  i et tilfælde). Disse simple relationer kan netop opstilles, fordi der ikke kan påvises nogen signifikant udviklingstendens.

Der kan også opstilles signifikante relationer mellem den diffuse fosfortilførsel og ferskvandsafstrømningen for alle oplande til farvandsområderne på nær til Østersøen. Generelt er signifikansniveauet dog lavere end for kvælstof (tabel 11.6). Den manglende signifikans for oplandet til Østersøen bunder i nogle mistænkelige værdier (ekstremt lave) for bl.a. 1989 og 1995. Generelt er der en større usikkerhed på opgørelserne af den diffuse tilførsel i de to første overvågningsår end længere henne i overvågningsperioden.

Tabel 11.6 Relationen mellem den diffuse kvælstof- (DN) og fosfortilførsel (DP) (inklusive spredt bebyggelse og inklusiv retention) og ferskvandsafstrømningen (Q) i oplandene til de ni 1. ordens kystafsnit i perioden 1989-1998. For hele landet er relationen opstillet for perioden 1981-88 til 1998. R<sup>2</sup> er korrelationskoefficienten og P-værdien sandsynligheden for at den opstillede relation er tilfældig. Relationen regnes statistisk signifikant for P < 5 %. Ved anvendelse af relationerne indsættes Q i millioner m<sup>3</sup> og DN og DP beregnes da i tons.

Farvandsområde	Kvælstof			Fosfor		
	DN =	R <sup>2</sup> (%)	P < (%)	DP =	R <sup>2</sup> (%)	P < (%)
Nordsøen	$0,6702 \cdot Q^{1,2080}$	86	0,1	$38,613 \cdot e^{(3,8210^{-1} \cdot Q)}$	62	0,7
Skagerrak	$2,4774 \cdot Q^{1,1673}$	88	0,1	$11,981 \cdot e^{(4,619 \cdot 10^{-3} \cdot Q)}$	57	1,2
Kattegat	$0,5001 \cdot Q^{1,2836}$	91	0,1	$99,973 \cdot e^{(3,070 \cdot 10^{-4} \cdot Q)}$	79	0,1
Nordlige Bælthav	$1,5752 \cdot Q^{1,2288}$	90	0,1	$4,7598 \cdot e^{(2,827 \cdot 10^{-3} \cdot Q)}$	31	9,2
Lillebælt	$1,8016 \cdot Q^{1,1966}$	89	0,1	$51,925 \cdot e^{(1,016 \cdot 10^{-3} \cdot Q)}$	76	0,1
Storebælt	$0,8777 \cdot Q^{1,3165}$	92	0,1	$14,090 \cdot e^{(1,572 \cdot 10^{-3} \cdot Q)}$	26	13
Øresund	$0,5572 \cdot Q^{1,4218}$	64	0,6	$7,9813 \cdot e^{(4,974 \cdot 10^{-3} \cdot Q)}$	25	14
Sydlig Bælthav	$3,3424 \cdot Q^{1,2496}$	86	0,1	$2,9512 \cdot e^{(1,4789 \cdot 10^{-3} \cdot Q)}$	55	1,4
Østersøen	$6,3516 \cdot Q^{1,0803}$	93	0,1	$16,873 \cdot e^{(2,939 \cdot 10^{-3} \cdot Q)}$	18	22
Danmark	$0,5910 \cdot Q^{1,2502}$	90	<0,1	$292,98 \cdot e^{(1,069 \cdot 10^{-4} \cdot Q)}$	84	0,1

Årlig ikke signifikant fald i den diffuse kvælstoftilførsel

Ved anvendelse af Sen's hældningsestimator (se forklaring i kapitel 4) er det årlige fald eller den årlige stigning i den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel til ferskvand i hvert af oplandene til de ni 1. ordens marine kystafsnit samt for hele Danmark beregnet, udtrykt som et fald eller en stigning i den vandføringsvægtede koncentration (tabel 11.7). Hældningerne bør kun anvendes, hvor der med Kendall's trend test er påvist en signifikant udviklingstendens, jvf. tabel 11.5, hvilket er markeret med fed i tabel 11.7.

Det bemærkes, at særligt i oplandet til Lillebælt, Storebælt, Øresund og Sydlig Bælthav har der været et kraftigt årligt fald i den vandføringsvægtede diffuse kvælstofkoncentration på 0,24 til 0,48 mg N l<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup> eller op til 5 mg N l<sup>-1</sup> fra 1989 til 1998. Det er i disse oplande, at landbruget er domineret af planteavl, som har haft de største reduktioner i udvaskningen af kvælstof (Grant *et al.*, 1999). På landsplan giver analysen en reduktion på 1,4 mg N l<sup>-1</sup> fra 1989 til 1998 i den diffuse kvælstoftilførsel. Det skal dog understreges, at faldet end ikke er signifikant på 20 % niveau, hvilket betyder, at hvis man ser på konfidensintervallet for hældningsestimatet, går det fra et markant fald til en svag stigning i den diffuse kvælstoftilførsel. Det, der kan bidrage til et evt. fald, er et mindre fald i kvælstofretentionen i søer i overvågningsperioden. Endvidere er de beregnede kvælstofsudledninger fra spredt bebyggelse faldet fra 1989 til 1998, svarende til et fald i den vandføringsvægtede koncentration på ca. 0,1 mg N l<sup>-1</sup>. Da det estimerede fald som omtalt ikke er signifikant, er det ikke fagligt forsvarligt at give et bud på størrelsen af en eventuel reduktion i tilførslerne fra dyrkede arealer.

*Tabel 11.7* Den årlige ændring (fald angivet med et “-“ tegn, stigning med et “+“ tegn) for henholdsvis den diffuse kvælstof- og fosfortilførsel (inklusiv spredt bebyggelse og inklusiv retention) i oplandene til de ni 1. ordens kystafsnit i perioden og hele Danmark og for den samlede tilførsel via vandløb (inklusiv direkte spildevandsudledninger) fra 1989 til 1998 angivet i  $\text{mg l}^{-1} \text{år}^{-1}$  estimeret med Sens hældningsestimator. De angivne årlige ændringer bør kun anvendes for de oplande, hvor Kendall’s trend test har vist en signifikant trend, jvf. tabel 11.5, og de er angivet med fed i tabellen.

Farvandsområde	Årlig ændring kvælstof		Årlig ændring fosfor	
	Diffus	Samlet	Diffus	Samlet
	tilførsel		tilførsel	
	$\text{mg N l}^{-1} \text{år}^{-1}$		$\text{mg P l}^{-1} \text{år}^{-1}$	
Nordsøen	-0,0341	-0,0539	0,0027	<b>-0,0139</b>
Skagerrak	-0,1010	<b>-0,4099</b>	0,0012	<b>-0,0783</b>
Kattegat	-0,0334	-0,1236	0,0021	<b>-0,0156</b>
Nordlige Bælthav	-0,0496	-0,3402	0,0084	<b>-0,0319</b>
Lillebælt	-0,2423	<b>-0,4900</b>	<b>-0,0068</b>	<b>-0,0700</b>
Storebælt	-0,3135	<b>-0,5734</b>	0,0047	<b>-0,0607</b>
Øresund	-0,2678	<b>-2,4688</b>	-0,0114	<b>-0,5566</b>
Sydlig Bælthav	-0,4757	<b>-0,7445</b>	-0,0022	<b>-0,0480</b>
Østersøen	-0,1872	<b>-0,3962</b>	-0,0019	<b>-0,0695</b>
Danmark	-0,1380	<b>-0,2309</b>	-0,0140	<b>-0,0445</b>

*Der mangler en kobling mellem kvælstofudvaskningen fra rodzonen og de målte tilførsler af diffuse kvælstof til vandløb*

I Grant *et. al* (1999) er det beregnet, at når effekterne fuldt ud er slået igennem, har der været en reduktion i kvælstofudvaskningen fra rodzonen på ca. 25 % siden starten af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. I kapitel 4 i denne rapport viser en analyse for mindre vandløb i dyrkede oplande uden væsentlig tilførsel af spildevand, at der i samme periode er sket en reduktion i kvælstofkoncentrationerne på kun ca. 5 %, men at faldet ikke er signifikant. Samtidig kan der ikke påvises noget signifikant fald for landet som helhed eller for de enkelte 1. ordens kystafsnit i de diffuse kvælstoftilførsler til ferskvand. Der er således behov for at udvikle metoder og modeller, der kan koble rodzoneudvaskningen med de målte/estimerede diffuse kvælstoftilførsler til vandløb, og som kan tage højde for de processer, der foregår fra rodzonen til kvælstof når vandløb, herunder de forskellige omsætnings- og tilbageholdelsesprocesser, samt estimere tidsforsinkelser i forskellige jordtyper mv.

*Årlig udvikling i den diffuse fosfortilførsel*

For den diffuse fosfortilførsel findes små fald i oplandet til Lillebælt, Øresund, Sydlig Bælthav og Østersøen og stigninger i oplandet til de resterende farvandsområder (tabel 11.7), men kun for oplandet til Lillebælt er den beskrevne udviklingstendens signifikant.

## 11.5 Udvikling i sæsonvariationer i tilførslerne til de marine kystafsnit i perioden 1989 til 1998

*For få måleår til at gennemføre statistiske tests. Analyse af nedbør og afstrømning viser, at der ikke har været en signifikant ændring i sæsonvariationerne*

Der findes kun opgørelser af månedstilførsler af kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit for perioden 1991-1998, hvorfor det ikke er muligt at lave en Kendall's trend test for udviklingen i sæsonvariationen. Tilførslen med kvælstof og fosfor til de marine kystafsnit hænger ret tæt sammen med ferskvandsafstrømningen hertil (høj ferskvandstilførsel giver høj kvælstoftilførsel, se figur 11.1 og 11.6 og bilag 11.4). Ferskvandsafstrømningen hænger igen tæt sammen med de nedbørsmængder, der falder. En analyse af udviklingen i nedbørsmængder opgjort kvartalsvist eller for vinter- (december til marts) og sommerperioden (april til september) viser, at der ikke har været nogen signifikant ændring i nedbørsfordelingen over året i perioden 1989-98. Det samme gælder afstrømningen (tabel 2.2 i bilag 2.2).

## 11.6 Sammenfatning

*Relativt høje tilførsler til de marine kystafsnit i 1998 og en udpræget sæsonvariation*

Tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof via vandløb og direkte spildevandsudledninger var i 1998 henholdsvis godt 100 %, knap 40 % og godt 30 % større end de meget lave tilførsler i 1996 og 1997. Ferskvandsafstrømningen var samtidigt ca. 80 % større end de to foregående år, 11 % over normalen (1971-90) og 19 % over midlen for de ti overvågningsår. Der blev tilført 15.600 millioner m<sup>3</sup> ferskvand, 100.600 tons kvælstof, 2.600 tons fosfor og 39.900 tons BOD<sub>5</sub> (eksklusiv udledninger fra havbrug). Hovedparten af afstrømningen (65-75 %) forekom i 1. og 4. kvartal, idet især den meget store nedbør i oktober 1998 (171mm) betingede høje vand- og stofafstrømninger i 4. kvartal. Trods meget høj årsnedbør (860 mm eller 20 mm lavere end rekordnedbøren i 1994) var ferskvandsafstrømningen væsentligt lavere end i 1994. Det er beregnet, at ca. 200 mm af nettonedbøren er gået til at opbygge grundvandsdepoterne og derfor ikke har indgået i ferskvandsafstrømningen i 1998.

*Kilder til tilførslen til de marine kystafsnit*

Den diffuse afstrømning (inklusiv spredt bebyggelse) er hovedkilden (godt 90 % i 1998) til kvælstoftilførslen til de marine kystafsnit, og også for fosfor (59 % i 1998). For fosfor udgør den potentielle belastning fra spredt bebyggelse dog ca. 13 % af den diffuse tilførsel. Tages der højde for retention i oplandet, udgør den diffuse tilførsel af kvælstof 96 % af den samlede tilførsel med ferskvand til marine kystafsnit mod kun 61 % for fosfor.

*Udviklingstendenser i tilførslerne i perioden 1989-98 i de samlede tilførsler*

Der har været en meget markant reduktion i de samlede udledninger af spildevand fra slutningen af 1980'erne til 1998 henholdsvis 65 % for kvælstof og 86 % for fosfor. For spildevandstilførslerne til ferskvand har de tilsvarende reduktioner været 50 % for kvælstof og 76 % for fosfor. Herved er betydningen af de diffuse kilder generelt steget specielt i afstrømningsrige år. Der er dog opgjort en stigning i udledningerne af spildevand til ferskvand fra 1997 til 1998 på 2 til 5 % (*Miljøstyrelsen, 1999*). En statistisk analyse viser et signifikant fald i de samlede udledninger til de marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger for fosfor og for kvælstof i perioden 1989 til 1998, men ikke for den diffuse tilførsel (inklusiv belastning fra spredt bebyggelse).

se og retention) til ferskvand. Faldet skyldes altså den kraftige rensindsats overfor spildevandsudledninger. Der findes et ikke signifikant fald i den samlede diffuse tilførsel af kvælstof til ferskvand, men ingen tendens overhovedet for den tilsvarende diffuse fosfortilførsel. Den tendens, der for overvågningsperioden (1989-98) påvises for den diffuse kvælstoftilførsel, er statistisk meget usikker, så der kan ikke tolkes på den (kan være både et fald eller en stigning).

Der er behov for at udvikle metoder/modeller, der kan koble rodzone udvaskningen af kvælstof med, hvad der når frem til vandløbene, og som kan tage hensyn til processer i jorden herunder omsætning, tilbageholdelse og tidsforsinkelser i forskellige systemer.

#### *Udvikling i tilførslerne til marine kystafsnit*

For de ni 1. ordens kystafsnit har der ikke været noget signifikant fald i den diffuse kvælstoftilførsel for et eneste kystafsnit. For fosfor har der for et enkelt kystafsnit været et signifikant fald i den diffuse tilførsel, hvilket bl.a. kan skyldes reduktionen i udledninger fra spredt bebyggelse. For de øvrige farvandsområder har 5 farvandsområder haft en ikke signifikant stigning i den diffuse fosfortilførsel og yderligere tre med et ikke signifikant fald.

# Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA) 1998

Året 1998 var karakteriseret af en mild og nedbørsrig vinter og en kold og blæsende sommer. Efter to ekstremt tørre år var ferskvandsafstrømningen i 1998 18 % over middel for perioden 1989-98.

Den danske udledning af kvælstof til havmiljøet var i 1998 10 % over middel for perioden 1989-98, mens fosfortilførslen var lav, 35 % under middel for samme periode.

## De marine områders tilstand

*Faldende næringsstofkoncentrationer*

Der er et fortsat fald i fosforkoncentrationerne og en svag tendens til et fald i kvælstofkoncentrationerne i havet. Biomassen af planktonalger var generelt lav i 1998.

I lavvandede fjorde og kystområder var iltsvind i 1998 af begrænset udbredelse, varighed og intensitet pga. megen vind og lav vandtemperatur. I de dybe lagdelte områder var iltsvindet derimod betydeligt mere udbredt end i de to foregående år.

*Positiv udvikling, men stadig alvorlige problemer*

Tendenserne til en vis positiv udvikling for havmiljøet skal ses i lyset af den meget alvorlige situation i 1980'erne, som vedtagelsen af Vandmiljøplan I søgte at råde bod på. I 1998 var der stadig alvorlige problemer med iltsvind, udbredelsen af ålegræs og makroalger var stadig ikke tilfredsstillende, og der var høje koncentrationer af næringsalte og klorofyl. Nedbøren i 1998 var over det normale, men de negative effekter af dette blev kompenseret af en blæsende og ret kølig sommer. I år med normal eller forhøjet nedbør og varmt og stille sommervejr må vi stadig forvente alvorlige miljøproblemer i de danske farvande, da tilførslen af kvælstof både fra land og fra atmosfæren fortsat er for høj.

*Faldende tilførsel af fosfor*

Der har siden 1989 været et markant fald i den samlede tilførsel af fosfor til havet via vandløb og direkte spildevandsudledninger. Faldet kan tilskrives reduktioner i spildevandsbelastningen grundet en stor renseindsats. Spildevand udgør ikke længere den altdominerende del af fosfortilførslen, også den diffuse afstrømning udgør nu en betragtelig del af den samlede tilførsel.

*Usikker reduktion i tilførslen af kvælstof*

Den samlede tilførsel af kvælstof til havet via vandløb og direkte spildevandsudledninger hænger nøje sammen med ferskvandsafstrømningen, der igen er tæt knyttet til nedbøren. Den diffuse afstrømning har gennem hele perioden udgjort hovedparten af tilførslen med kvælstof. Derfor har kvælstoftilførslen varieret meget fra år



til år siden 1989. Ligesom for fosfor har der været et markant fald i spildevandsudledningerne, hvorimod et lille fald i tilførslen fra diffuse kilder er statistisk meget usikkert. Reduktionen i udvaskningen fra dyrkede arealer kan således generelt endnu ikke ses i vandløbene.

*Faldende tilførsel af kvælstof fra atmosfæren*

Kvælstofdepositionen fra atmosfæren udgjorde i gennemsnit for perioden 1989-98 ca. 35 % af den samlede kvælstoftilførsel til Kattegat og Bælthavet og ca. 15 % af den samlede kvælstoftilførsel til Øresund. I Kattegat og Bælthavet er depositionen af kvælstof i sommerperioden maj-september af samme størrelse eller større end tilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger og får derved stor betydning for primærproduktionen. I perioden er der sket et signifikant fald i belastningen med alle kvælstofforbindelser undtagen ammoniak.

## Vandløbenes tilstand

*Spildevandsrensning har reduceret fosforkoncentrationerne*

Der har siden 1989 været et fald i fosforkoncentration og -transport i de vandløb, som først i 1990'erne var påvirkede af spildevand eller dambrugsudledninger. I vandløb i dyrkede områder med ringe spildevandspåvirkning ses derimod kun en svagt faldende tendens med store regionale forskelle. Sammenlignet med vandløb i naturområder er fosforkoncentrationerne stadig meget højere i både spildevandspåvirkede (3-4 gange) og dyrkningspåvirkede (2-3 gange) vandløb.

*Kun små ændringer i kvælstof-koncentrationer*

Kvælstofkoncentrationen i vandløb i dyrkede områder med ringe spildevandspåvirkning er ikke ændret væsentligt siden 1989. Det estimerede fald på 5 % er statistisk meget usikkert. Derimod har der været et fald (14 %) i kvælstofkoncentrationen i vandløb, som i begyndelsen af 1990'erne var påvirkede af spildevand. Ændringen kan udelukkende tilskrives reducerede spildevandsudledninger. Koncentrationerne i både spildevandspåvirkede og dyrkningspåvirkede vandløb er typisk 4-6 gange så høje som i naturvandløb.

Den biologiske vandløbskvalitet blev i 1998 bedømt i 444 vandløb ud fra Dansk Vandløbs Fauna Indeks. En stor del af vandløbene (43 %) blev karakteriseret som noget påvirkede, mens 20 % af vandløbene blev klassificeret som meget påvirkede. Kun 37 % kunne karakteriseres som upåvirkede eller kun lidt påvirkede.

## Søernes tilstand

*Spildevandsrensning har forbedret tilstanden*

I 11 af de 27 søer, der er overvåget siden 1989, er der konstateret et signifikant fald i fosforkoncentrationen. Denne forbedring kan forklares ved en mindre fosfortilførsel til søerne, hvor især tilførslen fra spildevand er reduceret markant. I disse søer kan nu også registreres et fald i mængden af planteplankton, ligesom vandets klarhed er øget i de 11 søer. En væsentlig forbedring af miljøtilstanden i de øvrige søer vil i mange tilfælde kræve at også stoftilførslen til søerne fra det dyrkede areal reduceres.

*Behov for reduceret stoftilførsel fra det dyrkede land*

Sammensætningen af planteplanktonet er ændret mod typer, der er knapt så fosforkrævende i flere af søerne, idet blågrønalgerne er forsvundet fra en række søer. I andre søer er blågrønalgerne dog tiltaget

i mængde, idet der kræves en større reduktion i fosforkoncentrationen i disse søer før blågrønalgerne ikke kan klare sig. I flere af søerne har ændringer i bl.a. fiskesammensætningen haft afgørende indflydelse på stofomsætningen og vandkvaliteten.

## **Kvælstoftilførsel fra de dyrkede arealer**

*Kvælstofgødskning  
reduceret*

Den samlede tilførsel af handelsgødning er faldet fra 392 mill. kg N i 1985 til 277 mill. kg N i 1998. Tilførsel af husdyrgødning er faldet fra 260 mill. kg N til 231 mill. kg N i samme periode. Sidstnævnte fald skyldes bedre udnyttelse af foderet. Nettotilførslen af kvælstof, dvs. forskellen mellem tilført og høstet kvælstof, udgjorde 134 kg N/ha i 1985 og 92 kg N/ha i 1998 og er over hele perioden faldet med 31 %.

*Forbedret landbrugspraksis*

Detaljerede undersøgelser i 6 landovervågningsoplande viser, at der i perioden 1990-98 er sket forbedringer i landbrugspraksis. Overgødsningen er mindsket, og handelsgødningsforbruget er reduceret. Således er udnyttelsen af husdyrgødning forbedret med ca. 42 %-point. I 1998 blev minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning dog ikke opfyldt på ca. 14 % af de ejendomme, som anvendte husdyrgødning. Endvidere blev der overgødet på ca. 10 % af arealet. Modelberegninger for alle markerne i de 6 oplande viser, at ændringen i landbrugspraksis fra 1989/90 til 1997/98 over en årrække vil medføre en reduktion i udvaskningen fra rodzonen på ca. 25 %.

*Forventet reduktion i  
udvaskning på 25 %*



## Referencer

*Allerup, P., Madsen, H. og Vejen, F. (1998): Standardværdier (1961-90) af nedbørkorrektioner. Danish Meteorological Institute, Technical Report, 98-10, 18 sider.*

*Andersen, A. og Højbye, J. (1990): Korrelationsmetoder til estimering af daglige vandføringer. Hedeselskabets Forskningsvirksomhed. Beretning nr. 45.*

*Baatrup-Pedersen, A. & Skriver, J. (1997): Vandløbsvedligeholdelse – Metoder og effekter. I udkast.*

*Baatrup-Pedersen, A., Riis, T. & Hansen, H. O. (1998): Grødeskæring og vandplanter i danske vandløb. Vand & Jord, 4: 136-139.*

*Baatrup-Pedersen, A., Riis, T. & Larsen, S. E. (1998): Planter i naturlige og regulerede vandløb. Vand & Jord, 3: 101-104.*

*Baatrup-Pedersen, A. & Riis, T. (1999): Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. Freshwater Biology, 42: 375-385.*

*Cappelen, J. og Jørgensen, B. (1999): Danmarks Klima 1998. Danmarks Meteorologiske Institut, 124 sider.*

*Fyns Amt (1997) (Wiberg-Larsen, P., Pedersen, S.E., Tornbjerg, N.H., Sode, A., Muus, K., Wehrs, M.): De fynske vandløb. VANDMILJØovervågning. Tema: Ferskvand. Fyns Amt, 210s.*

*Fyns Amt (1999) (Windolf, J., Tornbjerg, H., Sode, A., Clausen Schwærter, R., Brendstrup, H.): Vandløb 1998. VANDMILJØovervågning. Fyns Amt, 116s.*

*Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jensen, P.G. & Rasmussen, P. (1997): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 144s. - Faglig rapport fra DMU nr. 210*

*Grant, R., Paulsen, I., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jørgensen, J.O., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. (1999): Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. - Faglig rapport fra DMU nr. 293*

*Grasmück, N., Haury, J., Léglize, L. & Muller, S. (1995): Assessment of the bio-indicator capacity of aquatic macrophytes using multivariate analysis. Hydrobiologia, 300/301: 115-122.*

*Haury, J., Peltre, M. C., Muller, S., Trémolières, M., Barbe, J., Dutarte, A. & Guerlesquin, M. (1996). Des indices macrophytiques pour estimer la qualité des cours d'eau français: premières propositions. Écologie, 27: 233-244.*

*Hill, M. O. & Gauch, H. G. (1980): Detrended correspondance analysis: an improved ordination technique. Vegetatio, 42: 47-58.*

*Høybye, J. (1991): Ferskvandstilstrømning til danske farvande 1990. Publikation nr 9 fra Fagdatacenter for Hydrometriske Data, Hedeselskabet.*

*Kirkegaard J., Wiberg-Larsen P., Jensen J., Iversen T.M. & Mortensen E. (1992): Biologisk bedømmelse af vandløbskvalitet. Metode til anvendelse på stationer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. – Teknisk anvisning fra DMU nr. 5, 22p.*

*Kronvang, B., Jensen, J.P., Pedersen, M.L. Müllker-Wohlfeil, D.-K., Larsen, S.E., Wiggers, L., Kronquist, H., Ringsborg, O., Tornbjerg, H. (1998): Op-landsanalyse af vandløbs- og søoplande NOVA 2003. Udkast til Teknisk anvisning. Danmarks Miljøundersøgelser.*

*Larsen, S.E. (1998): Trendanalyse af kvælstof- og fosforkoncentrationer i vandløb, der strømmer til Mariager Fjord. Upubliceret notat. Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi.*

*Larsen, S.E. (1999). Analyse af udviklingstendenser i 25 vandløb med udløb i Limfjorden. In prep. Arbejdsrapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi.*

*Markager, S., Nielsen, T.G., Carstensen, J., Conley, D., Dahl, K., Hansen, J., Henriksen, P., Josefson, A., Larsen, M.M., Pedersen, B., Rasmussen, B., Strand, J., Ærtebjerg, G., Fossing, H., Lauersen, J.S., Hertel, O., Skov, H., Svendsen, L.M., Cleemann, M. & Pritzl G. (1999): Marine områder. Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 164 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 290.*

*Mikkelsen, H.E. & Olesen, J.E. (1991): Sammenligning af metoder til bestemmelse af potentiel vandfordampning. Tidsskrift for Planteavl Specialserie: Statens Planteavlsforsøg, 67 s. - Beretning nr. S2157, 1991.*

*Miljøstyrelsen (1998): Biologisk vandløbskvalitet. Vejledning nr. 5/1998. Miljø- og Energiministeriet. 39pp.*

*Miljøstyrelsen (1999): Vandmiljø-99. Status for vandmiljøets tilstand i Danmark. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, 1999. 128 sider.*

*Riis, T., Sand-Jensen, K. & Vestergaard, O. (1999): Plant communities in lowland Danish streams: Species composition and environmental factors. Aquatic Botany. In press.*

*Scharling, J. & Jørgensen, B.: Klimagrid – Danmark. Nedbør, lufttemperatur og potentiel fordampning. 48 s.*

*Skriver J., Baattrup Pedersen A. & Larsen S. (1997): Vandløbenes miljøtilstand. Faglig rapport nr. 214 p. 29-46. Danmarks Miljøundersøgelser.*

*Skriver J. & Friberg N. (1996): Smådyrfauna og miljøtilstand i vandløb. Faglig rapport nr. 177 p. 57-67. Danmarks Miljøundersøgelser.*

*Svendsen, L.M. (1998): Input of Nutrients to OSPAR and HELCOM Marine Areas from Land-based Sources in Denmark. NIVA unpubl. Note for HARP-Conference, Jan. 1998, 20 s.*

*Svendsen, L.M. og Hansen, C.D. (1996): Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til marine kystafsnit via vandløb. I Windolf, J (ed): Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser - Faglig rapport fra DMU nr. 177: 115-138 og 208-214.*

*Windolf, J., Svendsen, L.M., Kronvang, B., Skriver, J., Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Baatrup-Pedersen, A., Iversen, H.L., Erfurt, J., Müller-Wohlfeil, D og Jensen, J.P (1997): Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 112 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 214.*



# Oversigt over amtsrapporter i 1999 – Vandløb og kilder

## **Bornholms Amt:**

*Nielsen, K* 1999: Vandløb og kilder 1998. Teknisk Forvaltning, 22 sider + bilag.

## **Frederiksborg Amt:**

*Lindhardtzen, M., Jørgensen, F. & Jacobsen, B.A.* 1999: Vandløb og kilder - tilstand og udvikling, 1998. Vandmiljøovervågning nr. 58. Teknik og Miljø, 68 sider + bilag. ISBN 87-7781-169-0.

## **Fyns Amt:**

*Windolf, J; Tornbjerg, H; Sode, A; Clausen Schwærter, R & Brendstrup, H.* 1999: Vandløb 1998. Vandkvalitet og stoftransport. Vandløbenes biologiske tilstand. Forureningskilder. Natur- og Vandmiljøafdelingen, 66 sider + bilag ISBN 87-7343-393-4

## **Københavns Amt:**

*Larsen, L. & Andreassen, S. (Rambøll)* 1999: Overvågning af vandløb, 1998. Teknisk Forvaltning, 38 sider + bilag,

## **Københavns Kommune:**

*Københavns Kommune* 1999. Vandløb 1998. 46 sider + bilag,

## **Nordjyllands Amt:**

*Nordjyllands Amt* 1999. Vandløb og kilder 1998. Natur- og Miljøkontoret 70 sider + bilag. ISBN 87-7775-321-1

## **Ribe Amt:**

*Jepsen, E. O.* 1999: Vandløb og kilder. Teknik- og Miljøområdet, Natur- og grundvandsafdelingen 58 sider + bilag. ISBN 87-7342-914-7

## **Ringkjøbing Amt:**

*Have, A.; Kanstrup, E.; Bolet, B. & Thomassen, B.* 1999: Vandmiljø overvågning. Vandløb og Kilder 1998. Vandmiljøafdelingen 84 sider + bilag

## **Roskilde Amt:**

*Helmgaard, P.; Rasmussen, J.V. & Torp, M.* 1999: Vandløb og kilder 1989-98. Teknisk Forvaltning 68 sider + bilag. ISBN 87-7800-347-4

## **Storstrøms Amt:**

*Boesgaard, K.; Hansen, F.G.; Jakobsen, L.; Larsen, M.; Myssen, P.P. & Ringsborg, O.* 1999: Vandløb og kilder. Overvågningsdata 1998. Teknik & Miljø 126 sider + bilag. ISBN 87-7726-275-1



## **Sønderjyllands Amt:**

*Sønderjyllands Amt 1999: Vandmiljøovervågning 1998. Vandløb og kilder. Teknisk Forvaltning, Miljøområdet 33 sider + bilag*

*Mahler, V. (Bio/consult) 1999: Smådyrsfaunaen og vandløbskvaliteten på overvågningsstationer i vandløb. Sønderjyllands Amt 1998. 134 sider*

*Bio/consult 1999: Faunaprøver fra vandløb. Sønderjyllands Amt.*

*Bio/consult 1999: Vegetationen på 8 vandløbsstationer 1998. Sønderjyllands Amt, 28 sider + bilag,*

## **Vejle Amt:**

*Jensen, H.Aa.; Andersen, B.; Christensen, I.G. & Møller P.H. 1999: Kilder og vandløb 1998. Teknik & Miljø 65 sider + bilag. ISBN 87-7750-466-6*

*Andersen, B.; Jensen, H.Aa.; Nielsen, J.; Christensen, I.G. & Møller P.H. 1999: Overvågning af kilder og vandløb 1998. Vandkemi – Stoftransport. Teknik & Miljø 66 sider + bilag. ISBN 87-7750-466-6*

## **Vestsjællands Amt:**

*Vestsjællands Amt 1999: Vandløb, kilder og stoftransport 1998. Natur & Miljø 118 sider + bilag*

## **Viborg Amt:**

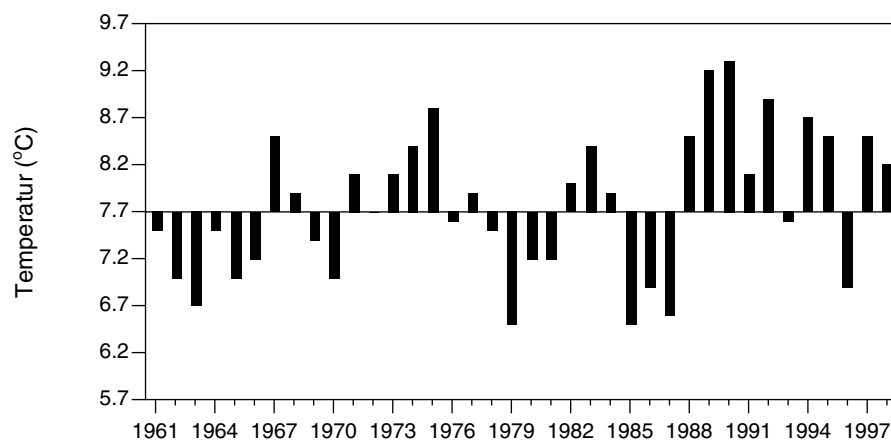
*Jensen, H-E. & Schlüsen, K. 1999: Vandløb og kilder, 1998. Miljø & Teknik 39 sider + bilag*

## **Århus Amt:**

*Wiggers, L. 1999: Vandløb og kilder. Vandmiljøovervågning 1998. Natur- og Miljøkontoret 54 sider + bilag. ISBN 87-7906-068-4*

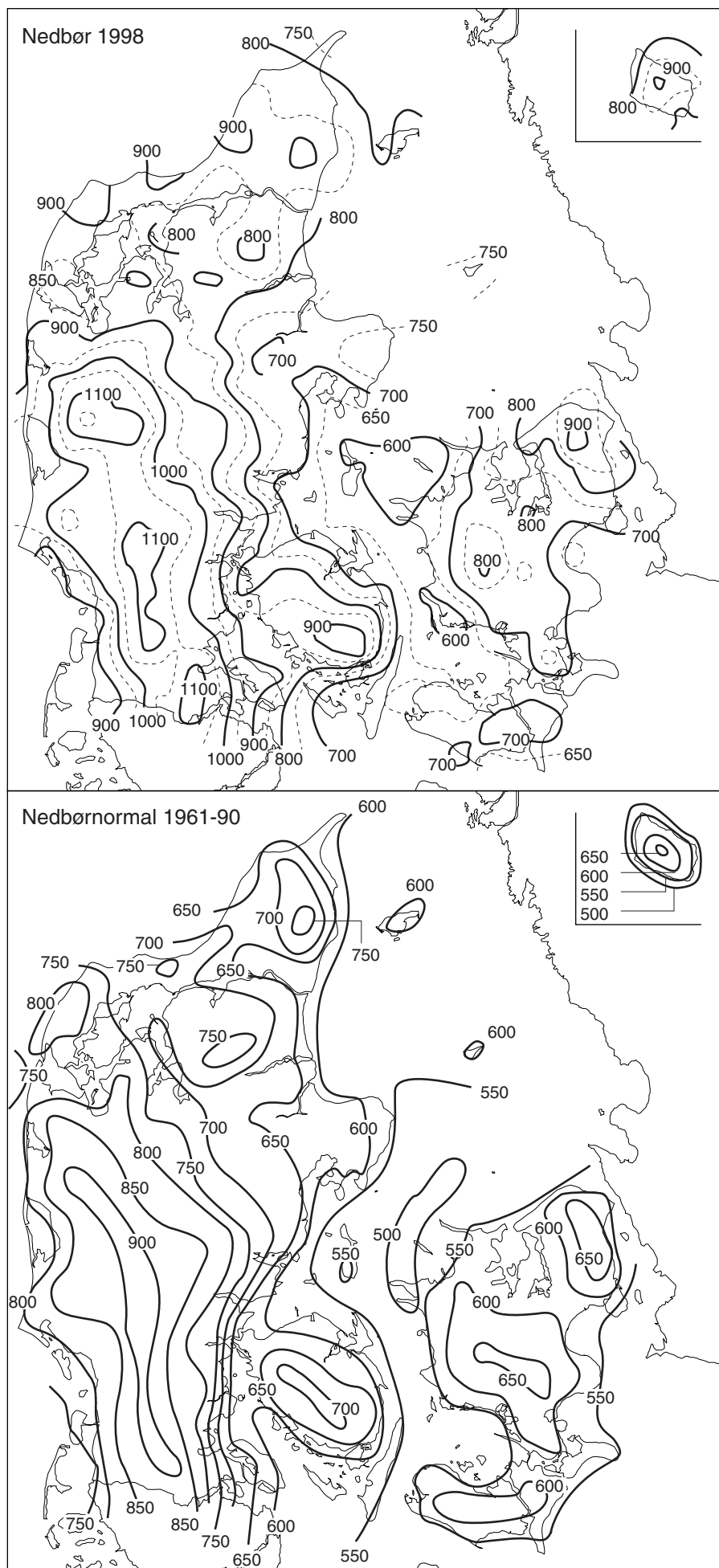
# Bilag

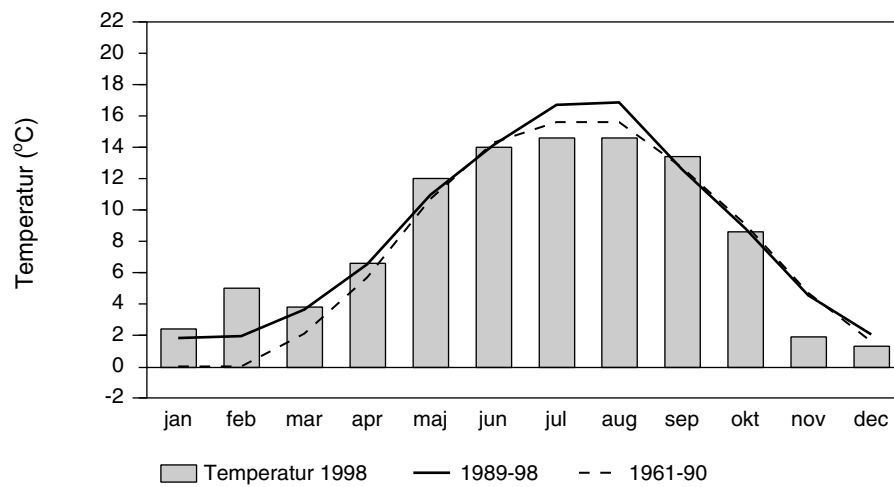
## Bilag 2.1



Figur 2.1 Årsmiddeltemperaturen siden 1961 angivet absolut og som en afvigelse fra normalen på 7,7°C.

Figur 2.2 Nedbørsfordelingen i 1998 (øverst) og normalt (middel for 1961-90). Efter Cappel og Jørgensen, 1999).





Figur 2.3 Månedsmiddeltemperaturen i 1998. Sammenlignet med midlen var overvågningsperioden 1989-98 og normalen 1961-90.

## Bilag 2.2

### Metode til opgørelse af ferskvandsafstrømningen

Ferskvandsafstrømningen fra Danmark til de omkringliggende farvande opgøres for de 67 nedbørsområder, som landet er opdelt i.

Ved opgørelsen på nedbørsområder til 2. ordens farvandsområder er oplandene inddelt i 3 kategorier:

1. Målte oplande.

Oplande hvor afstrømningen er beregnet ved en kontinuert registrerende målestation i 1998 (referencestation).

2. Umålte oplande, type A.

Oplande nedstrøms målte oplande i samme vandløbssystem.

Afstrømningen herfra er beregnet ved arealproportionering ud fra referencemålestationen i vandløbssystemet. Denne fremgangsmåde er nærmere behandlet i Høybye, J. (1991).

3. Umålte oplande, type B.

Oplande uden målestationer. Afstrømningen fra det enkelte nedbørsområde er beregnet ud fra en referencemålestation beliggende i samme nedbørsområde.

I hvert nedbørsområde, inden for det enkelte 2. ordens farvandsområde, er der således valgt mindst en station til beskrivelse af områdets afstrømning.

Det målte opland (kategori 1) udgør 43% af landets areal. Umålt opland type A udgør 12 %, og umålt opland type B udgør de resterende 45 %.

Den samlede ferskvandstilstrømning til de danske farvande er opgjort for 1998 på både 1. og 2. ordens farvandsområder. Opgørelsen er foretaget på månedsbasis. Den detaljerede afstrømningsopgørelse findes i bilag 2.4.

I Høybye, J. (1991) er det anslået, at usikkerheden på årsmiddelaflstrømningen fra et vandløbssystem med en fast målestation og umålt opland af type A er ca. 5 %. I Andersen og Høybye (1990) er det fundet, at usikkerheden på afstrømning ved arealproportionering ud fra målte nabooplunde er op til 3 gange usikkerheden på målte oplande. Den samlede usikkerhed på årsmiddelaflstrømningen fra umålte oplande, type B, beregnet ved arealproportionering antages således at være ca. 15 %. Der indgår 67 nedbørsområder i opgørelsen, hvoraf 45 % af det samlede areal er type B. Usikkerheden på den samlede tilstrømning til de danske farvande i 1997 kan således anslås til:

$$CV = (0,45 \cdot 15\% + 0,55 \cdot 5\%) \cdot 67^{0,5} = 1,2 \%$$

## Opgørelse af ferskvandstilstrømning til indre danske farvande 1998

Tilstrømningen af ferskvand til farvandsområderne er opgjort på baggrund af døgnmiddelvandføringen ved de 93 udvalgte vandføringsstationer, der fremgår af bilag 2.5.

De udvalgte målestationer er primært valgt blandt de stationer, der indgår i fagdatacentrets nationale net af hydrometristationer og målestationer, der indgår i NOVA's net af nationale stoftransportstationer. Der er delvis sammenfald i de to stationsnet. Der er enkelte undtagelser fra dette kriterium i 1. ordens vandløb, hvor der ikke er målestationer fra de nævnte net. Stationerne er udvalgt for at opnå et grundlag for opgørelsen, som er mindst muligt påvirket af ændringer i målestationsnettet fra år til år. Det tilstræbes at anvende det samme datagrundlag fra år til år for sammenlignelighedens skyld.

Tablet 2.1 Afstrømning til 1. ordens farvandsområder, i 1998 og som middel 1971-1990.

Farvandsområde	Opland km <sup>2</sup>	Vinter 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Sommer 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1998		1971-1990	
				mm	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	mm	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
1 Nordsøen	10809	3030	2001	465	5001	461	4980
2 Skagerrak	1098	248	167	378	415	297	315
3 Kattegat	15828	3312	2080	341	5392	311	4920
4 Nordlige Bælthav	3130	718	268	315	986	277	850
5 Lillebælt	3385	981	438	419	1419	338	1135
6 Storebælt	5424	1189	248	265	1436	229	1230
7 Øresund	1717	297	106	235	403	176	300
8 Sydlige Bælthav	418	79	7	206	86	183	75
9 Østersøen	1207	325	54	322	388	182	220
Total	43020	10188	5369	362	15557	327	14025

Tablet 2.2 Ferskvandsafstrømningen for perioden 1989-98 fordelt på kvartaler. Endvidere er angivet afstrømningen i sommerhalvåret (april-september) i procent af året afstrømning og tilsvarende afstrømningen om vinteren (december-marts) sammenlignet med gennemsnittet for overvågningsperioden og perioden 1971-90.

Periode	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98	1971-90
1. kvartal (mm)	96	126	122	100	113	197	195	51	76	113	119	118
2. kvartal (mm)	55	48	62	62	40	77	77	42	49	69	58	65
3. kvartal (mm)	34	46	37	33	49	66	39	27	30	47	41	47
4. kvartal (mm)	56	94	75	98	122	115	53	69	52	133	87	96
Sommerhalv.(%)	37	30	33	32	27	31	32	36	38	32	32	34
Vinter (%)	55	48	52	44	48	57	68	36	50	38	55	49
År (mm)	241	315	296	294	325	455	363	190	207	362	305	327

## Bilag 2.3

Opgørelsesgrundlaget for ferskvandsafstrømningen fra Danmark

FARVANDSOMRÅDE NR. : 1 NORDSØEN								OPLAND 10809						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
11	174,5	1	174,5				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	174,5	100,0
12	1639,1	22	1632,1	22.15	1096,7	1100,5			1096,7	67,2	3,8	0,2	531,6	32,6
		25	1,0				22.15	1096,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	100,0
		1	0,9				22.15	1096,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	100,0
		16	5,2				22.15	1096,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	100,0
13	3483,4	25	3483,4	25.14/ 25.11	1558,4 611,7	2377,9			2170,1	62,3	207,8	6,0	1105,5	31,7
14	266,4	30	257,3	30.03	15,7	15,8			15,7	6,1	0,1	0,0	241,5	93,9
		25	9,1				30.03	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	100,0
15	73,8	30	45,6				30.03	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	100,0
		40	28,2				40.06	290,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	100,0
16	5172,3	30	222,6				30.03	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	222,6	100,0
		31	1091,8	31.13	812,1	1090,4			812,1	74,4	278,3	25,5	1,4	0,1
		35	513,7	35.03/ 35.06	223,6 212,8	512,9			436,4	85,0	76,5	14,9	0,8	0,1
		36	449,4	36.01	387,8	448,5			387,8	86,3	60,7	13,5	0,9	0,2
		38	964,8	38.01	675,3	961,7			675,3	70,0	286,4	29,7	3,1	0,3
		39	304,7	39.09	94,1	110,7			94,1	30,9	16,6	5,4	194,0	63,7
		40	544,9	40.06	290,0	534,8			290,0	53,2	244,8	44,9	10,1	1,8
		42	1080,5	42.34/ 42.14	537,6 248,3	1080,5			785,9	72,7	294,6	27,3	0,0	0,0
<b>SUM</b>	10809,4		10809,4		6764,1	8233,6			6764,1	62,6	1469,5	13,6	2575,8	23,8

FARVANDSOMRÅDE NR. : 2 SKAGERAK								OPLAND 1098						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
21	491,7	3	394,6	03.02	347,5	394,6			347,5	88,1	47,1	11,9	0,0	0,0
		1	96,4				03.02	347,5	0,0	0,0	0,0	0,0	96,4	100,0
		2	0,6				03.02	347,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	100,0
22	567,0	4	303,3	04.02	251,0	303,3			251,0	82,7	52,3	17,3	0,0	0,0
		1	263,7				04.02	251,0	0,0	0,0	0,0	0,0	263,7	100,0
23	39,4	1	39,4				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	39,4	100,0
<b>SUM</b>	1098,2		1098,2		598,5	698,0			598,5	54,5	99,5	9,1	400,2	36,4

FARVANDSOMRÅDE NR. : 3 KATTEGAT							OPLAND 15828							
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
30	117,4	2	117,4				02.03	123,2	0,0	0,0	0,0	0,0	117,4	100,0
31	85,6	48	85,6	48.04	36,3	40,9			36,3	42,4	4,6	5,4	44,6	52,2
32	1952,1	49	277,4	49.06	257,1	277,4			257,1	92,7	20,3	7,3	0,0	0,0
		48	22,7				48.04	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	100,0
		52	893,6	52.08	102,2	130,6			102,2	11,4	28,4	3,2	763,0	85,4
		51	758,4	51.07	106,9	157,9			106,9	14,1	51,0	6,7	600,5	79,2
33	41,7	51	41,7				51.07	106,9	0,0	0,0	0,0	0,0	41,7	100,0
34	725,5	23	240,7				24.06	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	240,7	100,0
		24	484,9	24.01/	75,7	484,9			132,4	27,3	352,5	72,7	0,0	0,0
				24.07/	30,6									
				24.06	26,1									
35	3497,7	21	3252,3	21.09	1787,0	2637,5			1787,0	54,9	850,5	26,2	614,8	18,9
		23	204,7	23.08	78,6	84,1			78,6	38,4	5,5	2,7	120,6	58,9
		15	40,7				15.14	91,4	0,0	0,0	0,0	0,0	40,7	100,0
36	743,3	15	743,3	15.14	91,4	98,1			91,4	12,3	6,7	0,9	645,2	86,8
<b>SUM</b>	<b>7163,2</b>		<b>7163,2</b>		<b>2591,9</b>	<b>3911,5</b>			<b>2591,9</b>	<b>36,2</b>	<b>1319,6</b>	<b>18,4</b>	<b>3251,7</b>	<b>45,4</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 3 KATTEGAT							OPLAND 15828							
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
FRA SIDE	7163,2		7163,2		2591,9	3911,5			2591,9	36,2	1319,6	18,4	3251,7	45,4
37	7608,6	6	589,3	06.02	284,7	589,3			284,7	48,3	304,6	51,7	0,0	0,0
		7	392,9	07.01	104,2	158,4			104,2	26,5	54,2	13,8	234,5	59,7
		9	1048,0	09.11	6,7	13,5			6,7	0,6	6,8	0,6	1034,5	98,7
		10	897,3	10.05	101,0	138,6			101,0	11,3	37,6	4,2	758,7	84,6
		11	324,7	11.03	238,3	324,7			238,3	73,4	86,4	26,6	0,0	0,0
		12	365,2				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	365,2	100,0
		13	611,8	13.04	115,3	190,5			115,3	18,8	75,2	12,3	421,3	68,9
		14	374,7	14.05	317,8	374,7			317,8	84,8	56,9	15,2	0,0	0,0
		15	45,8				14.05	317,8	0,0	0,0	0,0	0,0	45,8	100,0
		16	923,6	16.11	24,2	26,0			24,2	2,6	1,8	0,2	897,6	97,2
		17	240,4	17.05	218,2	240,4			218,2	90,8	22,2	9,2	0,0	0,0
		18	616,6	18.05	556,4	616,6			556,4	90,2	60,2	9,8	0,0	0,0
		19	401,5	19.02	110,8	144,6			110,8	27,6	33,8	8,4	256,9	64,0
		20	762,9	20.23	626,8	762,9			626,8	82,2	136,1	17,8	0,0	0,0
		1	11,0				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	100,0
		rest	3,0				11.02	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	100,0
38	521,2	2	81,9				05.04	233,0	0,0	0,0	0,0	0,0	81,9	100,0
		5	244,8	05.04	233,0	244,8			233,0	95,2	11,8	4,8	0,0	0,0
		7	31,3				08.02	153,8	0,0	0,0	0,0	0,0	31,3	100,0
		8	163,2	08.02	153,8	163,2			153,8	94,2	9,4	5,8	0,0	0,0
39	535,2	2	535,2	02.03	123,2	142,7			123,2	23,0	19,5	3,6	392,5	73,3
<b>SUM</b>	<b>15828,3</b>		<b>15828,3</b>		<b>5806,3</b>	<b>8042,4</b>			<b>5806,3</b>	<b>36,7</b>	<b>2236,1</b>	<b>14,1</b>	<b>7785,8</b>	<b>49,2</b>



FARVANDSOMRÅDE NR. : 4 NORDLIGE							OPLAND 3130							
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
40	131,1	54	131,1				27.04	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	131,1	100,0
41	311,7	51	311,7				51.07	106,9	0,0	0,0	0,0	0,0	311,7	100,0
42	1191,4	45	1058,8	45.26/ 45.27	535,5 64,7	622,6			600,2	56,7	22,4	2,1	436,2	41,2
		43	96,2	43.03	28,1	45,8			28,1	29,2	17,7	18,4	50,4	52,4
		44	36,3				44.12	170,2	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	100,0
43	781,6	27	437,1	27.01	75,0	136,9			75,0	17,2	61,9	14,2	300,2	68,7
		28	185,6	28.02	154,2	185,6			154,2	83,1	31,4	16,9	0,0	0,0
		29	157,4						0,0	0,0	0,0	0,0	157,4	100,0
		rest	1,4				27.01	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	100,0
44	655,1	23	255,3	23.01	47,0	68,9			47,0	18,4	21,9	8,6	186,4	73,0
		26	325,4	26.01	118,6	325,4			118,6	36,4	206,8	63,6	0,0	0,0
		27	74,3	27.04	47,0	51,0			47,0	63,2	4,0	5,4	23,3	31,4
45	59,6	23	59,6				24.06	26,1	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	100,0
<b>SUM</b>	<b>3130,3</b>		<b>3130,3</b>		<b>1070,1</b>	<b>1436,3</b>			<b>1070,1</b>	<b>34,2</b>	<b>366,2</b>	<b>11,7</b>	<b>1694,1</b>	<b>54,1</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 5 LILLEBÆLT							OPLAND 3385							
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
51	1045,2	29	193,9	29.04	97,6	99,9			97,6	50,3	2,3	1,2	94,0	48,5
		32	339,4	32.01/ 32.06/ 32.08	198,9 63,4 29,2	339,4			291,5	85,9	47,9	14,1	0,0	0,0
		33	193,7	33.02	64,5	152,5			64,5	33,3	88,0	45,4	41,2	21,3
		43	317,5	43.04	136,8	156,8			136,8	43,1	20,0	6,3	160,7	50,6
		rest	0,7				43.04	136,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	100,0
52	502,8	33	107,7				33.02	64,5	0,0	0,0	0,0	0,0	107,7	100,0
		34	276,8	34.02/ 34.03	79,0 90,0	276,8			169,0	61,1	107,8	38,9	0,0	0,0
		43	83,8	43.05	29,1	31,3			29,1	34,7	2,2	2,6	52,6	62,7
		37	34,4				37.08	29,5	0,0	0,0	0,0	0,0	34,4	100,0
53	235,8	37	183,0	37.04	65,1	83,8			65,1	35,6	18,7	10,2	99,3	54,2
		46	52,7				46.02	102,4	0,0	0,0	0,0	0,0	52,7	100,0
		rest	0,1				46.02	102,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	100,0
54	508,5	37	250,5	37.09	30,4	35,8			30,4	12,1	5,4	2,2	214,7	85,7
		46	257,7	46.02	102,4	108,4			102,4	39,7	6,0	2,3	149,3	57,9
		rest	0,3				46.02	102,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	100,0
55	96,2	46	46,0				46.04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	46,0	100,0
		37	33,5				37.09	30,4	0,0	0,0	0,0	0,0	33,5	100,0
		41	16,6				46.04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6	100,0
<b>SUM</b>	<b>2388,5</b>		<b>2388,5</b>		<b>986,4</b>	<b>1284,7</b>			<b>986,4</b>	<b>41,3</b>	<b>298,3</b>	<b>12,5</b>	<b>1103,8</b>	<b>46,2</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 5 LILLEBÆLT								OPLAND 3385						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
FRA SIDE	2388,5		2388,5		986,4	1284,7			986,4	41,3	298,3	12,5	1103,8	46,2
56	289,5	46	185,2	46,04	78,5	91,7			78,5	42,4	13,2	7,1	93,5	50,5
		47	49,8				46,04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	49,8	100,0
		41	54,6				46,04	78,5	0,0	0,0	0,0	0,0	54,6	100,0
57	210,2	41	210,2	41,07	19,8	23,5			19,8	9,4	3,7	1,7	186,7	88,8
58	257,7	37	94,5				37,09	30,4	0,0	0,0	0,0	0,0	94,5	100,0
		41	163,0	41,10	20,2	24,7			20,2	12,4	4,5	2,7	138,4	84,9
		rest	0,1				41,10	20,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	100,0
59	239,2	41	239,2	41,09	13,6	33,0			13,6	5,7	19,4	8,1	206,2	86,2
<b>SUM</b>	<b>3385,0</b>		<b>3385,0</b>		<b>1118,5</b>	<b>1457,4</b>			<b>1118,5</b>	<b>33,0</b>	<b>338,9</b>	<b>10,0</b>	<b>1927,6</b>	<b>56,9</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 6 STOREBÆLT								OPLAND 5424						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
61	1211,5	54	201,7				55,08	417,7	0,0	0,0	0,0	0,0	201,7	100,0
		55	532,3	55,08	417,7	525,6			417,7	78,5	107,9	20,3	6,7	1,3
		56	477,4	56,11/	260,7	477,0			385,7	80,8	91,3	19,1	0,4	0,1
				56,09/	68,7									
				56,10	56,3									
62	2344,9	54	135,8				54,04	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	135,8	100,0
		57	1150,9	57,12	756,1	820,4			756,1	65,7	64,3	5,6	330,5	28,7
		60	144,6				60,04	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	144,6	100,0
		61	315,0	61,04	31,7	35,7			31,7	10,1	4,0	1,3	279,3	88,7
		62	166,2				62,02	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	166,2	100,0
		63	308,6	63,02	41,3	72,9			41,3	13,4	31,6	10,2	235,7	76,4
		64	122,2	64,10	39,8	69,9			39,8	32,6	30,1	24,6	52,3	42,8
		rest	1,6				64,10	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	100,0
63	280,9	60	136,1				60,04	42,9	0,0	0,0	0,0	0,0	136,1	100,0
		61	144,8	61,03	56,6	69,2			56,6	39,1	12,6	8,7	75,6	52,2
64	455,2	47	139,9				47,09	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	139,9	100,0
		62	315,3	62,06	67,3	67,3			67,3	21,3	0,0	0,0	248,0	78,7
65	436,4	47	436,4	47,15	57,7	83,4			57,7	13,2	25,7	5,9	353,0	80,9
<b>SUM</b>	<b>4728,8</b>		<b>4728,8</b>		<b>1853,9</b>	<b>2221,4</b>			<b>1853,9</b>	<b>39,2</b>	<b>367,5</b>	<b>7,8</b>	<b>2507,5</b>	<b>53,0</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 6 STOREBÆLT								OPLAND 5424						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland km <sup>2</sup>	%	umålt type A km <sup>2</sup>	%	umålt type B km <sup>2</sup>	%
FRA SIDE	4728,8		4728,8		1853,9	2221,4			1853,9	39,2	367,5	7,8	2507,5	53,0
66	288,6	47	288,6	47,10	53,3	54,4			53,3	18,5	1,1	0,4	234,2	81,2
67	406,9	44	406,9	44,12	170,2	175,9			170,2	41,8	5,7	1,4	231,1	56,8
<b>SUM</b>	<b>5424,3</b>		<b>5424,3</b>		<b>2077,4</b>	<b>2451,6</b>			<b>2077,4</b>	<b>38,3</b>	<b>374,2</b>	<b>6,9</b>	<b>2972,7</b>	<b>54,8</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 7 ØRESUND								OPLAND 1717						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
71	1003,1	53	434,5	53,02	25,5	46,4			25,5	5,9	20,9	4,8	388,1	89,3
		58	181,6	58,07	134,1	181,6			134,1	73,8	47,5	26,2	0,0	0,0
		59	332,8	59,01	130,2	297,5			130,2	39,1	167,3	50,3	35,3	10,6
		60	54,2				59,01	130,2	0,0	0,0	0,0	0,0	54,2	100,0
72	465,8	53	128,1				53,08	63,5	0,0	0,0	0,0	0,0	128,1	100,0
		50	337,7	50,06/	74,4	139,7			136,8	40,5	2,9	0,9	198,0	58,6
				50,05	62,4									
73	248,1	48	248,1	48,15	128,2	130,1			128,2	51,7	1,9	0,8	118,0	47,5
<b>SUM</b>	<b>1717,0</b>		<b>1717,0</b>		<b>554,8</b>	<b>795,4</b>			<b>554,8</b>	<b>32,3</b>	<b>240,6</b>	<b>14,0</b>	<b>921,6</b>	<b>53,7</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 8 SYDLIGE BÆLTHAV								OPLAND 418						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
81	39,9	47	39,9				47,09	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,9	100,0
82	377,8	65	369,9	65,01	203,5	203,6			203,5	55,0	0,1	0,0	166,3	45,0
		61	7,9				61,03	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9	100,0
<b>SUM</b>	<b>417,7</b>		<b>417,7</b>		<b>203,5</b>	<b>203,6</b>			<b>203,5</b>	<b>48,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>214,1</b>	<b>51,3</b>

FARVANDSOMRÅDE NR. : 9 ØSTERSØEN								OPLAND [km <sup>2</sup> ] : 1207						
2. ordens farv.omr.	opland km <sup>2</sup>	NBO	opland km <sup>2</sup>	målest	opland km <sup>2</sup>	opland udløb	Ref.st.	opland km <sup>2</sup>	Målt opland		umålt type A		umålt type B	
									km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
91	589,6	66	239,1	66,01	42,4	42,6			42,4	17,7	0,2	0,1	196,4	82,2
		67	350,5	67,05	45,5	45,9			45,5	13,0	0,4	0,1	304,7	86,9
92	106,0	60	59,8				61,03	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	59,8	100,0
		61	46,2				61,03	56,6	0,0	0,0	0,0	0,0	46,2	100,0
93	511,9	60	511,9	60,04	42,6	49,7			42,6	8,3	7,1	1,4	462,2	90,3
<b>SUM</b>	<b>1207,4</b>		<b>1207,4</b>		<b>130,5</b>	<b>138,2</b>			<b>130,5</b>	<b>10,8</b>	<b>7,7</b>	<b>0,6</b>	<b>1069,2</b>	<b>88,6</b>

## Bilag 2.4

Ferskvandsafstrømning i 1998 opgjort månedsvist til de 49 2. ordens kystafsnit i l s<sup>-1</sup>

Farvandsområde	Opland km <sup>2</sup>	Jan l/s	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	1998 vinter l/s/km2	sommer år	år	år mm	
11 Hanstholm-Thyborøn	175	2626	2804	3115	2352	1380	1052	1113	1179	1172	3984	3378	3823	2331	17,3	9,5	13,4	421
12 Thyborøn-Vedersø	1639	24809	28612	29802	22375	17254	14974	20200	22117	18733	37412	33503	30102	24990	17,2	13,3	15,2	481
13 Vedersø-Nymindegab	3483	51907	53178	59674	50386	37341	27186	33714	36320	36102	81229	74222	57470	49899	16,6	12,1	14,3	452
14 Nymindegab-Blåvand	266	955	636	1461	677	193	129	216	175	266	3664	4500	2024	1245	6,4	2,9	4,7	147
15 Blåvand-Grønsø	74	795	622	879	634	317	200	194	210	353	1412	1631	895	679	12,4	6,1	9,2	290
16 Vadehavet	5172	98620	82913	102114	83278	55075	37047	38153	41201	54501	127611	144142	100238	80394	19,7	11,4	15,5	490
<b>1 Nordsoen, ialt</b>	<b>10809</b>	<b>179712</b>	<b>168765</b>	<b>197044</b>	<b>159702</b>	<b>111560</b>	<b>80588</b>	<b>93590</b>	<b>101202</b>	<b>111127</b>	<b>255312</b>	<b>261376</b>	<b>194553</b>	<b>159538</b>	<b>17,9</b>	<b>11,6</b>	<b>14,8</b>	<b>465</b>
21 Tannis Bugt	492	6903	7873	5423	7202	3167	3474	3918	3884	2929	9351	7447	7765	5766	14,4	9,1	11,7	370
22 Jammerbugten	567	8789	8877	7426	6878	2914	3574	3799	3825	3658	16092	8164	8415	6865	14,3	10,0	12,1	382
23 Vigø Bugt	39	593	634	704	532	312	238	252	266	265	900	763	864	527	17,3	9,5	13,4	421
<b>3 Skagerak, ialt</b>	<b>1098</b>	<b>16285</b>	<b>17384</b>	<b>13553</b>	<b>14612</b>	<b>6393</b>	<b>7286</b>	<b>7969</b>	<b>7975</b>	<b>6851</b>	<b>26343</b>	<b>16374</b>	<b>17044</b>	<b>13159</b>	<b>14,4</b>	<b>9,6</b>	<b>12,0</b>	<b>378</b>
30 Åbne Kattegat	117	1470	1314	1271	1830	920	989	722	786	918	2000	1547	1644	1284	12,9	9,0	10,9	345
31 Hesselø Bugt øst	86	850	1387	1188	973	195	135	468	397	787	1596	1409	1480	902	14,2	7,0	10,5	333
32 Isefjord-Roskilde Fjord	1952	16288	23939	24897	18417	6656	3883	5582	5583	8026	19891	24507	24560	15130	11,3	4,2	7,8	244
33 Hesselø Bugt vest	42	509	575	649	470	157	82	68	62	73	319	520	603	339	13,3	3,1	8,1	257
34 Djursland	726	8587	9137	10389	9879	5105	5443	4375	3583	3880	8053	10293	10856	7452	13,6	7,0	10,3	324
35 Hevring Bugt	3498	51002	49162	57497	49010	34781	26881	28332	27085	27567	49061	67811	50626	43191	15,5	9,2	12,3	389
36 Ålborg Bugt syd	743	6145	6230	6495	6387	4807	4671	4820	4114	4819	8734	6822	7954	6002	9,0	7,2	8,1	255
37 Limfjorden	7609	96807	99525	93836	84610	54938	52743	52760	50949	50082	142229	113106	110097	83433	13,1	8,9	11,0	346
38 Ålborg Bugt nord	521	8854	8625	6954	10444	3456	4028	4253	5535	4566	12647	10316	9223	7399	17,4	11,1	14,2	448
39 Ålbæk Bugt	535	6697	5990	5792	8338	4192	4507	3290	3582	4183	9116	7049	7494	5850	12,9	9,0	10,9	345
<b>4 Kattegat, ialt</b>	<b>15828</b>	<b>197209</b>	<b>205885</b>	<b>208968</b>	<b>190357</b>	<b>115208</b>	<b>103362</b>	<b>104671</b>	<b>101675</b>	<b>104901</b>	<b>253645</b>	<b>243380</b>	<b>224537</b>	<b>170981</b>	<b>13,4</b>	<b>8,3</b>	<b>10,8</b>	<b>341</b>
40 Farvandet omkring Samsø	131	1761	1148	1911	1714	490	284	206	177	230	1639	1586	1466	1051	12,2	3,9	8,0	253
41 Sejerøbugten	312	3810	4302	4858	3516	1173	617	507	463	546	2385	3893	4513	2539	13,3	3,1	8,1	257
42 Nord for Fyn	1191	19923	13249	21842	18638	10078	4673	4289	3761	3863	17291	27580	17636	13570	16,7	6,2	11,4	359
43 Horsens Fjord	782	10702	8433	12115	11458	3870	2188	1981	1801	2254	15640	13996	10782	7936	14,4	5,9	10,2	320
44 Århus Bugt	655	7976	6784	9605	9104	3188	1788	1811	1488	1739	7022	7309	7523	5439	12,3	4,4	8,3	262
45 Ebeltoft Vig	60	680	888	970	1034	497	603	492	379	390	755	871	1105	721	15,5	8,7	12,1	382
<b>4 Nordlige Bælthav, ialt</b>	<b>3130</b>	<b>44853</b>	<b>34804</b>	<b>51301</b>	<b>45464</b>	<b>19296</b>	<b>10153</b>	<b>9287</b>	<b>8069</b>	<b>9023</b>	<b>44733</b>	<b>55236</b>	<b>43025</b>	<b>31256</b>	<b>14,7</b>	<b>5,4</b>	<b>10,0</b>	<b>315</b>
51 Nordlige Lillebælt	1045	17327	15618	19776	17230	9132	6391	6464	6692	8242	25118	26233	19840	14836	18,5	9,9	14,2	448
52 Snævrinøen	503	9410	8388	12383	9488	4327	2475	2909	2714	3392	18190	16822	11137	8475	22,5	11,3	16,9	532
53 Bredningen nord	236	5519	3396	5003	3802	1265	516	602	619	1204	7570	6131	3958	3302	19,7	8,4	14,0	442
54 Bredningen syd	509	9591	6231	10018	6684	2555	980	1073	893	1169	10443	13023	6662	5776	17,2	5,6	11,4	358
55 Mellemste bælt øst	96	1641	1108	1788	1383	620	272	284	251	286	1640	2280	1395	1079	16,7	5,8	11,2	354
56 Sydlig Lillebælt	289	4341	2980	4832	4410	2164	990	994	873	906	3280	6049	4116	2994	15,4	5,3	10,3	326
57 Flensborg Fjord	210	6805	3294	5032	3585	694	214	749	1081	1941	7590	7711	4415	3598	24,6	9,8	17,1	540
58 Mellemste bælt vest	258	3778	2703	4024	3054	1200	515	534	564	783	4974	5790	2768	2556	14,3	5,6	9,9	313
59 Als Fjord og Sund	239	4678	2114	3686	3159	897	285	368	800	718	3006	5565	3243	2378	15,7	4,3	9,9	314
<b>5 Lillebælt, ialt</b>	<b>3385</b>	<b>63090</b>	<b>45832</b>	<b>66542</b>	<b>52796</b>	<b>22855</b>	<b>12638</b>	<b>13977</b>	<b>14488</b>	<b>18641</b>	<b>81810</b>	<b>89604</b>	<b>57534</b>	<b>44994</b>	<b>18,5</b>	<b>8,1</b>	<b>13,3</b>	<b>419</b>
61 Storebælt	1212	9654	12876	14974	15067	7887	2856	2379	1686	1542	4994	10789	13173	8124	10,5	2,9	6,7	211
62 Smålandsfarvandet vest	2345	33114	29938	39107	35531	8232	3451	2829	2070	1874	5975	26773	26662	17876	13,6	1,7	7,6	240
63 Smålandsfarvandet øst	281	4976	3482	4585	4831	752	336	206	116	146	906	3248	3066	2211	14,4	1,5	7,9	248
64 Langelands Bælt	455	7313	4215	7401	6611	1701	854	695	417	404	2503	5358	5363	3567	13,3	2,4	7,8	247
65 Sydlynske Ohav	436	9394	5350	8913	9627	2946	1298	1149	1278	1303	8890	11728	7528	5785	20,1	6,5	13,3	418
66 Langelandsønd	289	7669	3931	7657	8243	2420	1187	1075	778	630	6741	8212	5677	4523	24,0	7,5	15,7	494
67 Storebælt vest	407	4821	3314	5295	5137	2083	915	480	402	332	4394	8861	5560	3464	13,6	3,5	8,5	268
<b>6 Storebælt, ialt</b>	<b>5424</b>	<b>76941</b>	<b>63106</b>	<b>87933</b>	<b>85046</b>	<b>26022</b>	<b>10896</b>	<b>8812</b>	<b>6748</b>	<b>6231</b>	<b>34402</b>	<b>74968</b>	<b>67030</b>	<b>45550</b>	<b>14,0</b>	<b>2,9</b>	<b>8,4</b>	<b>265</b>
71 Øresund syd	1003	9634	11373	12846	12986	2286	1030	915	678	742	6597	11471	10495	6719	11,4	2,0	6,7	211
72 Øresund nord	466	3757	5796	6685	5832	1776	1521	2513	2391	3247	6435	5916	5026	4230	11,8	6,4	9,1	286
73 Øresund Traqt	248	1349	1697	2226	2521	1984	863	1576	1612	1769	2070	2104	2351	1845	8,2	6,6	7,4	234
<b>7 Øresund, ialt</b>	<b>1717</b>	<b>14739</b>	<b>18866</b>	<b>21757</b>	<b>21340</b>	<b>6046</b>	<b>3414</b>	<b>5004</b>	<b>4681</b>	<b>5757</b>	<b>15102</b>	<b>19491</b>	<b>17872</b>	<b>12793</b>	<b>11,1</b>	<b>3,9</b>	<b>7,5</b>	<b>235</b>
81 Bælthav vest	40	915	513	912	886	284	114	83	35	51	603	1163	773	528	21,7	4,9	13,2	417
82 Bælthav øst	378	6384	2760	6193	5405	493	140	136	98	106	358	2169	2191	2201	11,1	0,6	5,8	184
<b>8 Sydlig Bælthav, ialt</b>	<b>418</b>	<b>7298</b>	<b>3273</b>	<b>7105</b>	<b>6291</b>	<b>778</b>	<b>254</b>	<b>219</b>	<b>133</b>	<b>158</b>	<b>962</b>	<b>3332</b>	<b>2964</b>	<b>2729</b>	<b>12,2</b>	<b>1,0</b>	<b>6,5</b>	<b>206</b>
91 Bomholm	590	11257	9464	11424	5800	1056	1109	843	873	2909	7135	19957	12363	6991	19,9	3,9	11,9	374
92 Falster-Møn øst	106	1844	1191	1606	1249	237	123	66	54	62	179	971	1126	723	12,6	1,1	6,8	215
93 Fakse Bugt	512	9239	6974	8993	11752	1612	632	434	159	229	2489	7224	5746	4601	16,3	1,8	9,0	283
<b>9 Østersøen, ialt</b>	<b>1207</b>	<b>22340</b>	<b>17630</b>	<b>22023</b>	<b>18801</b>	<b>2905</b>	<b>1864</b>											

## Bilag 2.5

Målestationer anvendt ved opgørelsen af ferskvandsafstrømningen i 1998.

Stationsnummer		Vandløb og stationsnavn	Stationsnummer		Vandløb og stationsnavn
DMU	DDH		DMU	DDH	
020005	02.03	<i>Elling Å, Ll. Stabæk</i>	<b>380024</b>	<b>38.01</b>	<b>Ribe Å, Stavnager</b>
030002	03.02	<i>Uggerby Å, ns Ransbæk</i>	390001	39.09	<i>Brøns Å, Forsøgsdambruget</i>
040002	04.02	<i>Liver Å, Gl. Klitgård</i>	<b>400001</b>	<b>40.06</b>	<b>Brede Å, Styrret</b>
050003	05.04	<i>Voers Å, Fæbroen</i>	410014	41.07	<i>Fiskbæk, Adsbøl</i>
060001	06.02	<i>Ryå, Manna</i>	410016	41.09	<i>Pulverbæk, Madeled - os Mjang dam</i>
<b>070003</b>	<b>07.01</b>	<b>Lindholm Å, Elkær bro</b>	410012	41.10	<i>Elsted bæk, Rundemølle - os Kirkebæk</i>
080001	08.02	<i>Gerå, Melholt kirke</i>	420021	42.14	<i>Vidå, St. Emmerske bro</i>
090002	09.11	<i>Langelunds kanal, Sdr. Skovengvej</i>	420016	42.34	<i>Gronå, Elhjemvej - Geest Kog</i>
100015	10.05	<i>Kærs mølleå, os Indkildevej strømmen</i>	430003	43.03	<i>Ringø Å, St. 3,05 km</i>
<b>110016</b>	<b>11.02</b>	<b>Årup Å, Årup</b>	430001	43.04	<i>Storå, St. 4,6 km</i>
110011	11.03	<i>Hvidbjerg Å, Hvidbjergmølle gård</i>	430007	43.05	<i>Viby Å, St. 2,9 km</i>
130005	13.04	<i>Lerkenfeld Å, Møllegård</i>	440020	44.12	<i>Vindinge Å, St. 3,9 km - Kokbro</i>
140016	14.05	<i>Lindenberg Å, Møllebro</i>	<b>450001</b>	<b>45.26</b>	<b>Odense Å, Ejby mølle</b>
150043	15.14	<i>Kastbjerg Å, Ådalsvej</i>	450043	45.27	<i>Lindved Å, hovedvej A1</i>
160024	16.11	<i>Faldå, Kokholm</i>	460001	46.02	<i>Brende Å, St. 5,3 km</i>
170007	17.05	<i>Simested Å, Skive-Hobrovej</i>	460017	46.04	<i>Hårby Å, St. 3,1 km</i>
180077	18.05	<i>Skals Å, Løvel bro</i>	470036	47.09	<i>Vejstrup Å, St. 1,8 km</i>
190012	19.02	<i>Jordbro Å, Jordbromølle</i>	470037	47.10	<i>Stokkebæk, St. 1,8 km</i>
200024	20.23	<i>Skive Å, Nørkær bro</i>	470001	47.15	<i>Hundstrup Å, St. 6,86 km</i>
210461	21.09	<i>Gudenå, Ulstrup</i>	480007	48.04	<i>Højbro Å, nv for Hanebrogård</i>
220062	22.15	<i>Storå, Skærumbro</i>	480004	48.15	<i>Esrøm Å, Ørnevej</i>
230055	23.01	<i>Egå, Jernbanebroen</i>	490054	49.06	<i>Arresø kanal, Arresødal sluse</i>
230087	23.08	<i>Hevring Å, Vadbro</i>	500056	50.05	<i>Nivå, Jellebro</i>
240001	24.01	<i>Ryom Å, Ryomgård bro</i>	500057	50.06	<i>Usserød Å, Nive Mølle</i>
240003	24.06	<i>Skodå, Ridderlund</i>	510024	51.07	<i>Tuse Å, Nybro</i>
240004	24.07	<i>Skærvad Å, Kirial</i>	<b>520029</b>	<b>52.08</b>	<b>Havelse Å, Strø</b>
250078	25.11	<i>Omme Å, Sønderkov bro</i>	530010	53.02	<i>Lille Vejle Å, Pilemølle</i>
250081	25.14	<i>Skjern Å, Kodbølstyrret</i>	530028	53.08	<i>Harrestrup Å, Landlystvej</i>
<b>260082</b>	<b>26.01</b>	<b>Århus Å, Skibby</b>	540002	54.04	<i>Fladmose Å, Dyssegård</i>
270004	27.01	<i>Lille-Hansted Å, Hansted</i>	550015	55.08	<i>Halleby Å, ns Tisso</i>
270021	27.04	<i>Giber Å, Fulden</i>	560002	56.09	<i>Seerdrup Å, Johannesdahl</i>
280001	28.02	<i>Bygholm Å, Kørup bro</i>	560001	56.10	<i>Bjerge Å, Fårdrup</i>
290009	29.04	<i>Rohden Å, ns Årup mølle dambrug</i>	560005	56.11	<i>Tude Å, Valbygård</i>
300013	30.03	<i>Langslade rende, Kallesmark</i>	<b>570058</b>	<b>57.12</b>	<b>Suså, Holløse mølle</b>
310027	31.13	<i>Varde Å, Vagtborg</i>	580020	58.07	<i>Køge Å, Lellinge dambrug</i>
320001	32.01	<i>Vejle Å, Haraldskær</i>	<b>590006</b>	<b>59.01</b>	<b>Tryggevalde Å, Lille Linde</b>
320004	32.06	<i>Grejs Å, Grejsdalens planteskole</i>	600031	60.04	<i>Mern Å, Sage bro</i>
320022	32.08	<i>Højen Å, Møgelbæk</i>	610013	61.03	<i>Fribrødrea, Rodemark</i>
330004	33.02	<i>Spang Å, Bredstrup</i>	610011	61.04	<i>Sørup Å, Lundby bro</i>
340002	34.02	<i>Vester-Nebel Å, Elkærholm</i>	620015	62.02	<i>Marrebæks rende, Lille Købelev</i>
340003	34.03	<i>Kolding Å, Ejstrup</i>	620011	62.06	<i>Avnede Strand pumpestation</i>
<b>350010</b>	<b>35.03</b>	<b>Sneum Å, Nørå</b>	630007	63.02	<i>Sakskøbing Å, Krenkerupvej</i>
350006	35.06	<i>Bramming Å, Sdr. Vong</i>	640025	64.10	<i>Nældevads Å, Strædeskov</i>
360008	36.01	<i>Kongea, Kongebroen</i>	650001	65.01	<i>Kramnitze pst.</i>
370038	37.04	<i>Taps Å, Christiansfeld</i>	<b>660014</b>	<b>66.01</b>	<b>Bagge Å, Sorthat</b>
370011	37.08	<i>Solkær Å, Møllebro</i>	670017	67.05	<i>Øle Å, Boesgård</i>
370039	37.09	<i>Sillerup bæk, Vadbro</i>			

Stationer med *kursiv* angiver nationale stoftransportstationer i overvågningsprogrammet, stationer med **fed** angiver fagdatacentrets referencestationer, og de ikke fremhævede stationer er øvrige amtslige hydrometrstationer.

## Bilag 4.1

Udvikling i afstrømning, kvælstoftransport og vandføringsvægtede koncentrationer fra 1989-1998. n er antallet af stationer, der indgår de enkelte år.

Kvælstof 1989-98	Naturoplande (TYPE 1)							Dyrkede oplande (Type 3)						
	Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.	
	mm			kg N/ha		mg N l <sup>-1</sup>		mm			kg N ha <sup>-1</sup>		mg n l <sup>-1</sup>	
	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median
1989	6	155	156	2,6	1,6	1,6	1,6	55	178	147	12,7	12,4	8,1	8,0
1990	7	165	144	2,3	2,4	1,6	1,6	62	271	250	23,4	21,7	9,4	9,3
1991	7	185	199	2,4	2,2	1,4	1,4	62	233	213	18,0	17,8	8,4	8,2
1992	7	169	189	2,6	1,4	1,7	1,9	62	228	197	22,2	19,9	10,4	10,3
1993	7	180	182	2,5	2,1	1,6	1,6	62	269	241	23,3	23,6	9,3	8,8
1994	7	279	272	4,3	4,3	1,7	1,6	61	402	400	29,5	29,1	7,8	7,4
1995	7	228	227	3,3	3,1	1,6	1,4	61	291	270	18,9	18,4	7,0	6,4
1996	7	124	86	1,5	0,6	1,4	1,1	62	131	106	8,6	7,3	7,5	6,9
1997	7	117	99	1,5	0,6	1,3	1,4	62	148	124	9,9	9,03	7,8	7,7
1998	7	203	158	3,1	3,2	1,7	1,5	62	326	292	26,6	24,5	8,7	8,3

Oplande med punktkilder (TYPE 4)							Oplande med dambrug (TYPE 5)							
Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		
mm			kg N ha <sup>-1</sup>		mg N l <sup>-1</sup>		mm			kg N ha <sup>-1</sup>		mg N l <sup>-1</sup>		
	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median
1989	78	205	183	14,5	13,2	8,2	7,8	14	425	399	18,4	16,1	4,7	4,3
1990	77	290	252	24,2	23,5	9,2	9,4	15	457	451	21,0	21,4	5,0	4,5
1991	78	278	260	21,3	20,5	8,2	8,4	15	414	381	18,8	18,8	5,0	4,4
1992	77	263	232	23,6	22,3	9,6	9,5	15	423	436	21,0	21,2	5,4	5,0
1993	77	311	294	25,4	25,0	8,5	8,4	15	434	428	20,0	20,3	5,1	4,4
1994	77	437	412	30,5	30,3	7,2	7,4	15	547	575	26,0	25,8	5,1	4,4
1995	78	340	305	21,2	20,6	6,6	6,6	15	501	485	22,1	21,8	4,8	3,9
1996	78	167	155	9,6	7,9	6,1	5,8	15	338	299	14,6	14,1	4,8	3,8
1997	78	178	170	10,5	9,1	6,5	6,4	15	341	285	13,9	13,1	4,6	3,7
1998	78	350	329	26,0	25,8	7,8	7,8	15	431	441	18,8	19,6	4,8	4,0

## Bilag 5.1

Udvikling i afstrømning, fosfortransport og vandføringvægtede koncentrationer, 1989-1998. n er antallet af stationer, der indgår de enkelte år.

Fosfor 1989-98	Naturoplande (TYPE 1)							Dyrkede oplande (Type 2)						
	Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.	
	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median
1989	6	155	156	0,07	0,06	0,05	0,04	32	178	140	0,25	0,20	0,15	0,15
1990	7	165	144	0,08	0,08	0,06	0,05	38	278	249	0,39	0,32	0,14	0,14
1991	7	185	199	0,08	0,07	0,05	0,05	38	225	205	0,29	0,20	0,13	0,12
1992	7	169	189	0,08	0,05	0,05	0,05	38	230	195	0,23	0,18	0,11	0,10
1993	7	180	182	0,08	0,06	0,05	0,05	38	259	225	0,30	0,22	0,12	0,10
1994	7	279	272	0,14	0,12	0,05	0,05	37	397	376	0,52	0,41	0,13	0,12
1995	7	228	227	0,11	0,12	0,05	0,05	37	295	266	0,36	0,26	0,12	0,11
1996	7	124	86	0,04	0,05	0,05	0,04	38	137	101	0,16	0,12	0,12	0,10
1997	7	117	99	0,04	0,04	0,04	0,03	38	154	122	0,17	0,12	0,11	0,11
1998	7	203	158	0,08	0,07	0,05	0,05	38	341	326	0,43	0,36	0,13	0,11

Oplande med punktkilder (TYPE 4)							Oplande med dambrug (TYPE 5)							
Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		Afstrømning			Transport		Vandførings- vægtet konc.		
n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	n	gns.	median	gns.	median	gns.	median	
1989	78	205	183	0,96	0,60	0,68	0,31	13	426	399	0,77	0,78	0,18	0,17
1990	77	290	252	1,01	0,64	0,48	0,23	15	457	451	0,67	0,68	0,15	0,16
1991	78	278	260	0,89	0,54	0,40	0,20	15	414	381	0,57	0,54	0,14	0,13
1992	77	263	232	0,57	0,42	0,25	0,16	15	423	436	0,50	0,50	0,12	0,12
1993	77	311	294	0,57	0,52	0,20	0,17	15	434	428	0,51	0,49	0,12	0,12
1994	77	437	412	0,79	0,73	0,19	0,16	15	547	575	0,67	0,64	0,12	0,11
1995	78	340	305	0,54	0,48	0,17	0,14	15	501	485	0,52	0,45	0,11	0,10
1996	78	167	155	0,31	0,27	0,23	0,18	15	338	299	0,38	0,37	0,11	0,10
1997	78	178	170	0,29	0,25	0,19	0,15	15	341	285	0,36	0,33	0,11	0,09
1998	78	350	329	0,55	0,51	0,16	0,16	15	431	441	0,48	0,43	0,11	0,10

## Bilag 5.2

Generelle oplandsdata og resultater i 1998 fra vandløbsstationer med kontinuert prøvetagning og stikprøvetagning af fosfor og deraf afledt fosfortransport. Startår (første år med intensiv års transport), Opland, Dyrket areal (i % af oplandsarealet), Jordtype (dominerende jordtype i dyrket areal), Afstrømning, BFI (andelen af Baseflow), Transport intensiv (intensiv stoftransport er enten flowproportionalt puljet, tidproportionalt flompuljet, tidsproportionalt ugepuljet eller en kombination af flere metoder.)

$$\text{Relativ afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{T_{\text{lineær}}} \quad \text{Absolut afvigelse} = \frac{(T_{\text{intensiv}} - T_{\text{lineær}})}{\text{Opland}}$$

DMU-nr.	Startår	Opland km <sup>2</sup>	Dyrket areal %	Jordtype	Afstrømning mm	BFI- indeks	Transport Intensiv kg ha <sup>-1</sup>	Relativ afvigelse %	Absolut afvigelse kg ha <sup>-1</sup>
130011	1993	11,4	82,8	sand	206	0,75	0,418	66,5	0,167
160030	1998	11,3	81,8	sand/ler	131	0,56	0,381	-12,2	-0,053
210072	1995	3,9	86,0	sand	167	0,60	0,323	366	0,254
210752	1993	5,5	67,9	ler	316	0,65	0,622	131	0,353
210759	1993	10,6	80,5	sand/ler	207	0,36	0,369	20,4	0,062
210803	1993	10,6	83,2	ler	226	0,31	0,417	38,1	0,115
350011	1994	6,6	76,6	sand	437	0,74	0,530	35,9	0,140
360030	1998	3,7			444	0,51	0,543	66,6	0,217
380020	1998	10,8	81,4		572	0,42	0,825	25,8	0,169
420012	1998	7,8	84,9	sand	602	0,83	0,579	2,3	0,013
470033	1998	4,4	84,6	ler	287	0,54	0,883	43,2	0,266
480011	1993	8,9	65,3	sand	115	0,54	0,438	121	0,240
520033	1998	5,4	86,0	sand	121	0,76	0,358	119	0,194
570044	1998	15,2	75,4	ler	276	0,35	0,521	39,7	0,148
570063	1993	12,3	75,3	ler	295	0,64	0,447	80,5	0,199
580019	1994	4,3	47,9	ler	263	0,48	0,354	-2,3	-0,008
620014	1993	9,9	60,2	ler	179	0,58	0,177	23,4	0,034
620022	1997	15,4	71,4		194	0,45	0,358	79,3	0,158



## Bilag 11.1

Table 11.1 Tilførsel af kvælstof, fosfor og BOD<sub>5</sub> via vandløb og direkte udledninger (eksklusiv havbrug) til de ni 1. ordens kystafsnit og i alt i 1998. I den diffuse belastning indgår baggrundsbidraget, bidrag fra dyrkede arealer og fra spredt bebyggelse. I denne opgørelse er der ikke taget højde for retention.

Farvands- områder	Kvælstof				Fosfor				BOD <sub>5</sub>			
	Diffus belast- ning	Punkt- kilder ferskv.	Direkte udled- ninger	Totalt til kystaf- snit	Diffus belast- ning	Punkt- kilder ferskv.	Direkte udled- ninger	Totalt til kystaf- snit	Diffus belast- ning	Punkt- kilder ferskv.	Direkte udled- ninger	Totalt til kystaf- snit
Nordsøen	19700	1500	200	21500	320	150	20	490	2600	2600	300	5500
Skagerrak	2800	100	100	3000	60	10	20	80	800	300	700	1800
Kattegat	31000	1500	1000	33600	520	180	130	830	8900	2100	3100	14100
Nordlige Bælthav	8100	400	300	8800	120	50	20	190	1900	400	200	2500
Lillebælt	9800	400	400	10600	200	50	50	810	2100	600	400	3100
Storebælt	13100	400	500	14000	200	60	60	320	2300	400	6900	9600
Øresund	2600	200	1400	4200	<40	40	200	280	600	300	1400	2200
Sydlig Bælthav	100	<100	<100	1000	<10	<10	<10	20	<100	<100	<100	200
Østersøen	3700	<400	100	3900	60	<10	10	80	700	<100	200	900
Danmark	91800	4200	4100	100600	1530	510	510	2600	19800	6900	13200	39900

## Bilag 11.2.1

Tilførslen af kvælstof via vandløb og direkte udledninger til 1. og 2. ordens marine kystafsnit i 1998, kilderne hertil, retention i ferskvand, oplandstab, den diffuse tilførsel (inkl. retention), ferskvandsafstrømningen samt de vandføringsvægtede koncentrationer

MARIN	Areal	Tilførsel via vand- løb	Direkte udledn.	Samlet tilførsel	Retention i ferskv.	Diffuse kilder	Punkt- kilder ferskv.	direkte punkt.	Oplands tab	Diffus tilførsel inkl. ret.	Afstrøm- ning	Vandførings vægtet konc.
	km <sup>2</sup>	kg	kg	kg	kg	%	%	%	kg/ha	kg/ha	mio m <sup>3</sup>	mg/l
11	172	476279	396	476675	239365	98,4	1,5	0,1	27,7	41,0	74	6,5
12	1636	2891795	26013	2917808	221315	89,9	9,3	0,8	17,7	17,3	788	3,7
13	3479	5529865	39466	5569331	881378	91,7	7,7	0,6	15,9	17,0	1574	3,5
14	270	353514	0	353514	37780	99,7	0,3	0,0	13,1	14,4	39	9,0
15	85	9730	0	9730	9709	100,0	0,0	0,0	1,1	2,3	21	0,5
16	5181	12039504	176714	12216218	439326	92,7	6,0	1,4	23,2	22,6	2535	4,8
21	492	1173047	1323	1174370	29347	97,7	2,2	0,1	23,9	23,9	182	6,5
22	567	1538557	68689	1607246	23030	93,3	2,5	4,2	27,1	26,8	217	7,4
23	43	151593	53831	205424	5557	58,5	15,9	25,5	35,3	28,7	17	12,4
30	138	287072	7319	294391	1714	97,5	0,0	2,5	20,8	20,9	40	7,3
31	86	196043	20359	216402	513563	95,9	1,3	2,8	22,9	81,8	28	7,6
32	1961	3755453	78297	3833750	91,2	6,8	2,0	19,2	17,8	47,7	8,0	
33	42	92132	3316	95448	7827	96,1	0,7	3,2	21,8	23,5	11	8,9
34	727	1290615	41119	1331734	181520	94,6	2,7	2,7	17,8	19,7	235	5,7
35	3499	5451888	20505	5472393	1895091	92,5	7,3	0,3	15,6	19,5	1362	4,0
36	743	1643492	64625	1708117	69904	93,6	2,7	3,6	22,1	22,4	189	9,0
37	7604	17171455	341494	17512949	2193257	95,1	3,2	1,7	22,6	24,6	2631	6,7
38	522	1491965	15230	1507195	20774	97,7	1,3	1,0	28,6	28,6	233	6,5
39	537	1218291	439876	1658167	25562	73,1	0,7	26,1	22,7	22,9	184	9,0
40	131	583056	17124	600180		94,1	3,1	2,9	44,5	43,1	33	18,1
41	296	548611	4019	552630	401749	98,2	1,4	0,4	18,6	31,7	80	6,9
42	1191	3312822	166680	3479502	121786	89,2	6,2	4,6	27,8	27,0	428	8,1
43	777	2682179	96367	2778546	58371	95,0	1,6	3,4	34,5	34,7	250	11,1
44	657	1259911	97985	1357896	168628	84,3	9,2	6,4	19,2	19,6	172	7,9
45	59	130699	1107	131806	7781	99,2	0,0	0,8	22,0	23,3	23	5,8
51	1047	2905143	14830	2919973	102600	92,6	6,9	0,5	27,8	26,7	468	6,2
52	508	1602947	155039	1757986	55053	88,4	3,0	8,6	31,5	31,5	267	6,6
53	231	728787	15606	744393	53878	97,2	0,8	2,0	31,5	33,6	104	7,1
54	508	1231902	56824	1288726	101644	93,4	2,6	4,1	24,3	25,6	182	7,1
55	94	292957	8862	301819	61211	94,4	3,2	2,4	31,2	36,5	34	8,9
56	289	660167	61106	721273	30582	90,4	1,4	8,1	22,8	23,5	94	7,6
57	207	848949	34209	883158	17395	93,4	2,8	3,8	41,0	40,6	113	7,8
58	258	948219	95775	1043994	48214	90,1	1,2	8,8	36,7	38,1	81	12,9
59	239	970108	31681	1001789	31137	95,3	1,6	3,1	40,6	41,2	75	13,4
61	1211	2538709	167759	2706468	1123563	92,7	2,9	4,4	21,0	29,3	256	10,6
62	2348	5497727	196699	5694426	1412893	94,0	3,2	2,8	23,4	28,5	564	10,1
63	281	741844	78894	820738	21670	88,6	2,1	9,4	26,4	26,6	70	11,8
64	445	1285285	81400	1366685	40621	93,0	1,2	5,8	28,9	29,4	112	12,1
65	436	1630107	22926	1653033	39152	98,5	0,2	1,4	37,4	38,2	182	9,1
66	289	967735	30625	998360	16139	96,2	0,8	3,0	33,5	33,8	143	7,0
67	398	830586	42422	873008	25086	93,2	2,1	4,7	20,9	21,1	109	8,0
71	995	2195795	573978	2769773	120104	76,7	3,4	19,9	22,1	22,3	212	13,1
72	466	347023	731971	1078994	462760	46,2	6,3	47,5	7,4	15,3	133	8,1
73	248	329032	62846	391878	478632	90,1	2,7	7,2	13,2	31,6	58	6,7
81	40	154792	1779	156571	9004	98,3	0,6	1,1	38,9	40,9	17	9,4
82	382	820169	8473	828642	18207	96,2	2,8	1,0	21,5	21,4	69	11,9
91	588	1775274	71437	1846711	0	95,5	0,6	3,9	30,2	30,0	220	8,4
92	106	292010	3249	295259	5313	97,8	1,1	1,1	27,4	27,6	23	12,9
93	512	1698048	22471	1720519	24955	96,5	2,2	1,3	33,1	32,9	145	11,9
<b>Danmark</b>	<b>43020</b>	<b>96572882</b>	<b>4352715</b>	<b>100925597</b>	<b>11854150</b>	<b>91,9</b>	<b>4,2</b>	<b>3,9</b>	<b>22,4</b>	<b>24,1</b>	<b>15557</b>	<b>6,5</b>
Nordsøen	10823	21300687	242589	21543276	1828873	92,3	6,6	1,0	19,7	19,9	5031	4,3
Skagerrak	1102	2863197	123843	2987040	57934	92,6	3,3	4,1	26,0	25,6	415	7,2
Kattegat	15859	32598406	1032140	33630546	4909213	93,3	4,0	2,7	20,6	22,7	5392	6,2
N. Bælthav	3112	8517278	383282	8900560	758315	91,5	4,6	4,0	27,4	28,4	986	9,0
Lillebælt	3381	10189179	473932	10663111	501715	92,3	3,4	4,2	30,1	30,5	1419	7,5
Storebælt	5406	13491993	620725	14112718	2679125	93,9	2,4	3,7	25,0	29,2	1436	9,7
Øresund	1709	2871850	1368795	4240645	1061496	70,0	4,1	25,8	16,8	21,7	403	10,5
S. Bælthav	421	974960	10252	985212	27211	96,5	2,4	1,0	23,1	23,2	86	11,4
Østersøen	1207	3765332	97157	3862489	30268	96,1	1,4	2,5	31,2	31,0	388	9,9
<b>Danmark</b>	<b>43020</b>	<b>96572882</b>	<b>4352715</b>	<b>100925597</b>	<b>11854150</b>	<b>91,9</b>	<b>4,2</b>	<b>3,9</b>	<b>22,4</b>	<b>24,1</b>	<b>15557</b>	<b>6,5</b>

## Bilag 11.2.2

Tilførslen af fosfor via vandløb og direkte udledninger til 1. og 2. ordens marine kystafsnit i 1998, kilderne hertil, retention i ferkvand, oplandstab, den diffuse tilførsel (inkl. retention), ferskvandsafstrømningen samt de vandføringsvægtede koncentrationer.

MARIN	Areal	Tilførsel via vandløb	Direkte udledninger	Samlet tilførsel	Retention i ferskvand	Diffuse kilder	punktkild. ferskv.	direkte punkt.	Oplands tab	Diffuse tilførsel inkl. ret.	Afstrømning	Vandføringsvægtet konc.
	km <sup>2</sup>	kg	kg	kg	kg	%	%	%	kg/ha	kg/ha	mio m <sup>3</sup>	mg/l
11	172	6904	99	7003	1167	82,7	16,1	1,2	0,40	0,39	74	0,095
12	1636	60330	16382	76712	1079	46,3	32,6	21,1	0,37	0,22	788	0,097
13	3479	113477	4324	117801	4298	60,7	35,7	3,5	0,33	0,21	1574	0,075
14	270	9212	0	9212	184	98,6	1,4	0,0	0,34	0,34	39	0,235
15	85	939	0	939	47	100,0	0,0	0,0	0,11	0,12	21	0,044
16	5181	288146	6627	294773	1883	68,7	29,0	2,2	0,56	0,39	2535	0,116
21	492	27413	336	27749	143	86,2	12,6	1,2	0,56	0,49	182	0,153
22	567	35033	12328	47361	112	63,1	11,0	26,0	0,62	0,53	217	0,219
23	43	4081	5001	9082	27	19,5	25,6	54,9	0,95	0,41	17	0,547
30	138	6489	1552	8041		80,7	0,0	19,3	0,47	0,47	40	0,199
31	86	4730	4935	9665	7	40,7	8,2	51,0	0,55	0,46	28	0,340
32	1961	76443	14241	90684	6280	44,9	40,4	14,7	0,39	0,22	477	0,190
33	42	656	571	1227	38	40,1	14,8	45,1	0,16	0,12	11	0,115
34	727	18083	5498	23581	885	54,5	23,0	22,5	0,25	0,18	235	0,100
35	3499	154331	354	154685	11221	68,0	31,8	0,2	0,44	0,32	1362	0,114
36	743	30879	4997	35876	341	71,6	14,6	13,8	0,42	0,35	189	0,190
37	7604	346739	43092	389831	10695	71,2	18,0	10,8	0,46	0,38	2631	0,148
38	522	34540	920	35460	101	87,3	10,1	2,6	0,66	0,59	233	0,152
39	537	29882	49325	79207	125	35,7	2,1	62,2	0,56	0,53	184	0,429
40	131	5127	2349	7476		41,7	26,8	31,4	0,39	0,24	33	0,225
41	296	6070	665	6735	1959	58,5	33,8	7,6	0,21	0,17	80	0,084
42	1191	82551	1981	84532	-152	70,5	27,2	2,3	0,69	0,50	428	0,198
43	777	49545	7286	56831	285	77,4	9,8	12,8	0,64	0,57	250	0,227
44	657	28966	9339	38305	822	34,5	41,6	23,9	0,44	0,21	172	0,223
45	59	1164	265	1429	38	81,6	0,3	18,1	0,20	0,20	23	0,063
51	1047	89454	2236	91690	500	71,2	26,4	2,4	0,85	0,63	468	0,196
52	508	32633	15248	47881	268	54,1	14,2	31,7	0,64	0,51	267	0,179
53	231	14509	1330	15839	263	85,7	6,0	8,3	0,63	0,60	104	0,152
54	508	29359	7744	37103	496	66,6	12,8	20,6	0,58	0,49	182	0,204
55	94	6219	2282	8501	298	58,2	15,9	25,9	0,66	0,54	34	0,250
56	289	16134	4139	20273	149	71,5	8,2	20,3	0,56	0,51	94	0,215
57	207	23849	4605	28454	85	66,4	17,5	16,1	1,15	0,91	113	0,251
58	258	20312	11947	32259	235	55,3	7,9	36,8	0,79	0,70	81	0,400
59	239	19042	4227	23269	152	76,4	5,6	18,0	0,80	0,75	75	0,310
61	1211	34574	19513	54087	18064	54,7	18,2	27,0	0,29	0,33	256	0,211
62	2348	113098	26935	140033	-3170	55,0	25,3	19,7	0,48	0,32	564	0,248
63	281	12213	11076	23289	106	39,2	13,5	47,3	0,44	0,33	70	0,334
64	445	21583	11135	32718	198	56,5	9,7	33,8	0,49	0,42	112	0,291
65	436	29057	3906	32963	191	87,3	0,9	11,8	0,67	0,66	182	0,181
66	289	22072	3062	25134	79	85,6	2,2	12,1	0,76	0,75	143	0,176
67	398	22874	4203	27077	122	75,3	9,2	15,5	0,58	0,52	109	0,248
71	995	45253	72853	118106	705	19,1	19,6	61,3	0,45	0,23	212	0,557
72	466	21610	122776	144386	2257	5,7	10,6	83,7	0,46	0,18	133	1,082
73	248	12230	7881	20111	2334	51,2	13,7	35,1	0,49	0,46	58	0,346
81	40	2981	106	3087	44	88,4	8,2	3,4	0,75	0,70	17	0,186
82	382	11308	1220	12528	89	51,9	38,4	9,7	0,30	0,17	69	0,180
91	588	26404	9356	35760	0	70,9	3,0	26,2	0,45	0,43	220	0,162
92	106	4862	496	5358	26	79,8	11,0	9,2	0,46	0,40	23	0,235
93	512	33543	2829	36372	122	73,3	19,0	7,8	0,65	0,52	145	0,251
Danmark	43020	2086904	543572	2630476	65201	59,0	20,8	20,2	0,49	0,37	15557	0,169
Nordsøen	10823	479008	27432	506440	8659	64,3	30,4	5,3	0,44	0,31	5031	0,100
Skagerrak	1102	66527	17665	84192	283	66,0	13,1	20,9	0,60	0,51	415	0,195
Kattegat	15859	702773	125485	828258	29694	64,2	21,1	14,6	0,44	0,35	5392	0,154
N. Bælthav	3112	173423	21885	195308	2952	63,9	25,1	11,0	0,56	0,41	986	0,193
Lillebælt	3381	251511	53758	305269	2447	66,6	15,9	17,5	0,74	0,61	1419	0,212
Storebælt	5406	255472	79830	335302	15590	60,9	16,4	22,8	0,47	0,39	1436	0,222
Øresund	1709	79093	203510	282603	5296	14,8	14,5	70,7	0,46	0,25	403	0,700
S.Bælthav	421	14289	1326	15615	133	59,1	32,4	8,4	0,34	0,22	86	0,181
Østersøen	1207	64809	12681	77490	148	72,6	11,0	16,3	0,54	0,47	388	0,200
Danmark	43020	2086904	543572	2630476	65201	59,0	20,8	20,2	0,49	0,37	15557	0,169

## Bilag 11.2.3

Tilførslen af BOD via vandløb og direkte udledninger til 1. og 2. ordens marine kystafsnit i 1998, kilderne hertil, retention i ferkvand, oplandstab, den diffuse tilførsel (inkl. retention), ferskvand-safstrømningen samt de vandføringsvægtede koncentrationer.

MARIN	Areal	Tilførsel via vandløb	Direkte udledninger	Samlet tilførsel	Diffuse kilder	punktkild. ferskv.	direkte punkt.	Oplands-tab	Diffuse tilførsel inkl. ret.	Afstrømning	Vandføringsvægtet konc.
	km <sup>2</sup>	kg	kg	kg	%	%	%	kg/ha	kg/ha	mio m <sup>3</sup>	mg/l
11	172	85881	1238	87119	86,6	11,9	1,4	4,99	4,39	74	1,2
12	1636	714593	16404	730997	42,5	55,2	2,2	4,37	1,90	788	0,9
13	3479	1502305	9250	1511555	32,9	66,5	0,6	4,32	1,43	1574	1,0
14	270	129620	0	129620	98,6	1,4	0,0	4,80	4,74	39	3,3
15	85	13384	0	13384	100,0	0,0	0,0	1,57	1,57	21	0,6
16	5181	2773956	223482	2997438	52,1	40,5	7,5	5,35	3,01	2535	1,1
21	492	422906	3423	426329	87,3	11,9	0,8	8,60	7,57	182	2,3
22	567	455308	457410	912718	45,1	4,8	50,1	8,03	7,25	217	2,1
23	43	198458	269064	467522	5,3	37,2	57,6	46,15	5,71	17	11,9
30	138	96347	15173	111520	86,4	0,0	13,6	6,97	6,97	40	2,4
31	86	41067	24540	65607	55,9	6,7	37,4	4,80	4,28	28	1,4
32	1961	1011502	77237	1088739	69,1	23,8	7,1	5,16	3,84	477	2,1
33	42	12369	11707	24076	45,5	5,9	48,6	2,93	2,59	11	1,2
34	727	452558	136191	588749	70,7	6,1	23,1	6,23	5,73	235	1,9
35	3499	3418941	4478	3423419	81,5	18,3	0,1	9,77	7,98	1362	2,5
36	743	424286	68271	492557	63,3	22,8	13,9	5,71	4,19	189	2,2
37	7604	4648064	705399	5353463	67,3	19,5	13,2	6,11	4,74	2631	1,8
38	522	471198	5463	476661	95,6	3,3	1,1	9,03	8,74	233	2,0
39	537	433320	2080330	2513650	16,3	1,0	82,8	8,06	7,61	184	2,3
40	131	64631	78186	142817	38,0	7,3	54,7	4,93	4,14	33	1,9
41	296	60584	11743	72327	72,8	11,0	16,2	2,05	1,78	80	0,8
42	1191	979191	31843	1011034	74,8	22,1	3,1	8,22	6,34	428	2,3
43	777	548632	304533	853165	57,2	7,1	35,7	7,06	6,28	250	2,2
44	657	643385	65483	708868	73,1	17,7	9,2	9,79	7,88	172	3,8
45	59	42612	3641	46253	92,0	0,1	7,9	7,17	7,16	23	1,9
51	1047	895509	56174	951683	55,6	38,5	5,9	8,56	5,06	468	1,9
52	508	315021	150756	465777	50,8	16,8	32,4	6,20	4,65	267	1,2
53	231	167086	51453	218539	73,3	3,2	23,5	7,23	6,92	104	1,6
54	508	419983	94212	514195	72,9	8,8	18,3	8,27	7,39	182	2,3
55	94	64925	8058	72983	71,5	17,5	11,0	6,91	5,55	34	1,9
56	289	181921	35912	217833	76,9	6,6	16,5	6,29	5,80	94	1,9
57	207	240643	65050	305693	64,0	14,7	21,3	11,63	9,45	113	2,1
58	258	196021	201195	397216	42,6	6,8	50,7	7,59	6,54	81	2,4
59	239	180532	39215	219747	76,5	5,7	17,8	7,55	7,03	75	2,4
61	1211	483183	1463794	1946977	19,3	5,5	75,2	3,99	3,10	256	1,9
62	2348	1114553	3180781	4295334	20,2	5,8	74,1	4,75	3,69	564	2,0
63	281	123372	269363	392735	24,9	6,5	68,6	4,40	3,49	70	1,8
64	445	169205	2803267	2972472	4,6	1,1	94,3	3,81	3,08	112	1,5
65	436	331500	35423	366923	89,6	0,7	9,7	7,61	7,55	182	1,8
66	289	231722	20110	251832	89,9	2,1	8,0	8,03	7,84	143	1,6
67	398	243799	48808	292607	75,9	7,4	16,7	6,13	5,58	109	2,2
71	995	519218	796600	1315818	26,2	13,2	60,5	5,22	3,47	212	2,5
72	466	253361	551553	804914	18,7	12,8	68,5	5,44	3,23	133	1,9
73	248	88828	21021	109849	58,4	22,5	19,1	3,58	2,58	58	1,5
81	40	29951	597	30548	89,5	8,5	2,0	7,53	6,87	17	1,8
82	382	109684	9633	119317	71,4	20,5	8,1	2,87	2,23	69	1,6
91	588	356417	117243	473660	73,2	2,0	24,8	6,06	5,90	220	1,6
92	106	47905	9696	57601	78,1	5,1	16,8	4,50	4,23	23	2,1
93	512	320216	25481	345697	78,1	14,6	7,4	6,25	5,27	145	2,2
Danmark	43020	26729654	14659884	41389538	47,9	16,7	35,4	6,21	4,61	15557	1,7
Nordsøen	10823	5219739	250374	5470113	47,3	48,2	4,6	4,82	2,39	5031	1,0
Skagerrak	1102	1076672	729897	1806569	44,7	14,9	40,4	9,77	7,34	415	2,6
Kattegat	15859	11009652	3128789	14138441	62,8	15,0	22,1	6,94	5,60	5392	2,0
N. Bæltthav	3112	2339035	495429	2834464	67,4	15,1	17,5	7,52	6,14	986	2,4
Lillebælt	3381	2661641	702025	3363666	61,0	18,1	20,9	7,87	6,07	1419	1,9
Storebælt	5406	2697334	7821546	10518880	21,4	4,2	74,4	4,99	4,17	1436	1,9
Øresund	1709	861407	1369174	2230581	25,1	13,5	61,4	5,04	3,28	403	2,1
S.Bælt-hav	421	139634	10230	149864	75,1	18,1	6,8	3,31	2,67	86	1,6
Østersøen	1207	724539	152420	876959	75,5	7,2	17,4	6,00	5,48	388	1,9
Danmark	43020	26729654	14659884	41389538	47,9	16,7	35,4	6,21	4,61	15557	1,7

## Bilag 11.3

Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og BOD<sub>5</sub>-tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger i 1998.

Månedsvandtransport ( mio <sup>3</sup> ) i 1998													
Farvandsområde	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	481	408	528	414	299	209	251	271	288	684	677	521	5031
Skagerak	44	42	36	38	17	19	21	21	18	71	42	46	415
Kattegat	528	498	560	493	309	268	280	272	272	679	631	601	5392
Nordlige Bælthav	120	84	137	118	52	26	25	22	23	120	143	115	986
Lillebælt	169	111	178	137	61	33	37	39	48	219	232	154	1419
Storebælt	206	153	236	220	70	28	24	18	16	92	194	180	1436
Øresund	39	46	58	55	16	9	13	13	15	40	51	48	403
Sydlig Bælthav	20	8	19	16	2	1	1	0	0	3	9	8	86
Østersøen	60	43	59	49	8	5	4	3	8	26	73	52	388
Danmark	1667	1392	1811	1541	833	597	656	659	689	1934	2053	1724	15557

Månedtilførsel af kvælstof til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger (ton) i 1998													
Farvandsområde	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	2902	2040	2690	1793	1100	661	762	834	1034	2730	2821	2176	21543
Skagerrak	492	405	307	276	91	91	104	91	87	459	285	299	2987
Kattegat	4377	4016	4059	3389	1526	1218	1245	1369	1374	3974	3539	3544	33631
Nordlige Bælt.	1529	860	1297	959	332	138	112	101	106	1165	1404	896	8901
Lillebælt	1983	1077	1681	1006	365	140	135	135	212	1237	1659	1034	10663
Storebælt	3212	2052	2245	1681	345	131	109	88	93	799	1560	1797	14113
Øresund	479	589	625	466	176	155	189	182	215	384	390	390	4241
Sydlig Bælthav	339	101	216	178	12	1	1	1	1	6	58	71	985
Østersøen	765	464	578	511	94	39	27	21	54	304	615	392	3862
Total	16078	11604	13698	10260	4041	2575	2685	2821	3176	11060	12330	10598	100926

Månedtilførsel af nitrat-nitrit kvælstof til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger (ton) i 1998													
Farvandsområde	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	2616	1733	2318	1550	941	553	625	696	859	2505	2411	1677	18485
Skagerrak	384	322	270	250	76	73	84	78	74	418	259	253	2540
Kattegat	3721	3381	3618	2987	1335	1069	1064	1172	1193	3357	3018	2962	28877
Nordlige Bælt.	1400	773	1224	820	269	108	89	73	78	963	1202	782	7781
Lillebælt	1787	956	1485	875	298	103	94	90	127	1020	1421	876	9131
Storebælt	3003	1829	2038	1516	276	105	87	72	75	687	1401	1591	12680
Øresund	404	508	539	404	148	128	153	146	167	300	310	308	3517
Sydlig Bælthav	319	96	216	173	10	1	1	1	1	5	58	70	951
Østersøen	814	525	633	492	75	41	22	17	46	269	572	359	3866
Total	14448	10125	12340	9066	3428	2180	2219	2344	2620	9525	10653	8879	87828

## Månedtilførsel af fosfor til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger (ton) i 1998

Farvandsområde	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	50	52	65	40	25	17	21	21	24	70	63	60	506
Skagerrak	7	7	6	6	5	6	6	5	4	14	8	10	84
Kattegat	73	76	72	67	47	45	50	52	49	101	87	108	828
Nordlige Bælt.	20	12	21	19	14	7	7	7	7	35	26	20	195
Lillebælt	27	26	40	21	16	13	15	14	17	49	40	29	305
Storebælt	44	34	33	36	17	16	16	13	13	35	39	40	335
Øresund	23	25	25	23	20	21	23	21	21	28	27	24	283
Sydlig Bælt	3	1	3	2	0	0	0	0	0	1	2	1	16
Østersøen	7	5	8	7	5	5	3	2	3	11	12	7	77
Total	254	238	274	222	149	130	140	135	139	345	305	300	2630

## Månedtilførsel af orthofosfat fosfor til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger (ton) i 1998

Farvandsområde	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	14	12	16	11	8	6	7	10	10	26	21	15	155
Skagerrak	4	4	3	3	3	3	4	3	3	7	4	5	45
Kattegat	37	37	34	33	26	28	31	30	29	59	46	48	437
Nordlige Bælt.	9	6	7	5	4	4	4	4	4	17	15	9	87
Lillebælt	14	11	12	10	8	7	8	8	9	22	19	13	141
Storebælt	26	20	20	18	13	13	13	11	11	23	25	25	216
Øresund	19	19	19	18	17	18	19	18	18	21	20	19	226
Sydlig Bælt	1	1	2	1	0	0	0	0	0	1	2	1	10
Østersøen	4	3	3	5	5	4	3	2	2	5	5	4	45
Total	127	112	115	104	82	84	89	87	87	180	158	139	1363

## Månedtilførsel af BOD til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger ( ton) i 1998

Farvandsområde	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	år
Nordsøen	538	569	670	489	374	260	300	262	278	672	556	502	5470
Skagerrak	155	184	139	154	109	119	111	94	93	220	180	249	1807
Kattegat	1280	1295	1324	1516	854	774	723	683	728	1579	1484	1899	14138
Nordlige Bælt.	250	201	372	460	253	123	96	112	118	301	306	242	2834
Lillebælt	344	240	411	429	209	137	148	172	190	398	402	284	3364
Storebælt	1029	926	1013	1097	790	736	700	689	697	902	988	952	10519
Øresund	176	204	214	247	154	156	161	149	159	207	204	201	2231
Sydlig Bælt	25	11	31	44	9	3	3	3	3	3	9	8	150
Østersøen	71	62	105	172	44	27	21	18	21	89	131	115	877
Total	3867	3691	4279	4607	2796	2334	2262	2182	2287	4372	4261	4452	41390

## Bilag 11.4

Ferskvands-, kvælstof-, fosfor- og BOD5-tilførslen til marine kystafsnit via vandløb og direkte udledninger for 1989 til 1998.

Afstrømning	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	4083	4987	4240	4554	4600	6178	5356	2837	3100	5031	4497
2. Skagerrak	253	350	292	297	270	466	363	244	245	415	319
3. Kattegat	4272	5143	4528	4493	4560	6711	5531	3454	3610	5392	4769
4. Nordlige Bælthav	543	890	734	698	940	1373	961	377	478	986	798
5. Lillebælt	732	1059	903	969	1170	1652	1244	580	628	1419	1036
6. Storebælt	703	1115	1296	1065	1590	2156	1462	372	471	1436	1167
7. Øresund	214	282	353	244	380	504	375	135	165	403	305
8. Sydlige Bælthav	41	86	83	73	110	119	79	29	36	86	74
9. Bornholm	188	175	274	238	340	430	254	163	153	388	260
Danmark	11029	14087	12703	12631	13960	19589	15625	8191	8886	15557	13226

% af samlet afstrømning	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98	% af oplandsareal	oplandsareal
1. Nordsøen	37,0	35,4	33,4	36,1	33,0	31,5	34,3	34,6	34,9	32,3	34,0	25,1	10811
2. Skagerrak	2,3	2,5	2,3	2,4	1,9	2,4	2,3	3,0	2,8	2,7	2,4	2,6	1102
3. Kattegat	38,7	36,5	35,6	35,6	32,7	34,3	35,4	42,2	40,6	34,7	36,1	36,8	15826
4. Nordlige Bælthav	4,9	6,3	5,8	5,5	6,7	7,0	6,2	4,6	5,4	6,3	6,0	7,3	3135
5. Lillebælt	6,6	7,5	7,1	7,7	8,4	8,4	8,0	7,1	7,1	9,1	7,8	7,8	3369
6. Storebælt	6,4	7,9	10,2	8,4	11,4	11,0	9,4	4,5	5,3	9,2	8,8	12,6	5415
7. Øresund	1,9	2,0	2,8	1,9	2,7	2,6	2,4	1,6	1,9	2,6	2,3	4,0	1737
8. Sydlige Bælthav	0,4	0,6	0,7	0,6	0,8	0,6	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6	1,0	421
9. Bornholm	1,7	1,2	2,2	1,9	2,4	2,2	1,6	2,0	1,7	2,5	2,0	2,8	1205
Danmark	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	43022

Kvælstoftilførsel (ton) (*)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	17425	23232	19730	25617	22100	27700	21560	12172	12237	21513	20329
2. Skagerrak	2473	3641	2762	3931	2400	3600	2610	1699	1608	2979	2770
3. Kattegat	27154	34338	28922	32567	31900	42700	33110	18965	19988	33630	30327
4. Nordlige Bælthav	5484	9219	6776	7816	9700	10800	6580	3008	3528	8851	7176
5. Lillebælt	7740	11584	8985	10567	10600	12900	8440	4001	4459	10615	8989
6. Storebælt	8335	15231	12843	12859	17500	17400	11300	2620	3785	13960	11583
7. Øresund	7227	11161	7327	6433	8000	7700	5980	3165	2562	4241	6380
8. Sydlige Bælthav	617	1185	867	1080	1270	1100	770	294	214	985	838
9. Bornholm	2178	2435	3484	3322	4350	4500	2500	1623	1505	3861	2976
Danmark	78633	112026	91696	104192	107820	128400	92850	47548	49886	100635	91369

Kvælstof: samlet belastning (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	22,2	20,7	21,5	24,6	20,5	21,6	23,2	25,6	24,5	21,4	22,2
2. Skagerrak	3,1	3,3	3,0	3,8	2,2	2,8	2,8	3,6	3,2	3,0	3,0
3. Kattegat	34,5	30,7	31,5	31,3	29,6	33,3	35,7	39,9	40,1	33,4	33,2
4. Nordlige Bælthav	7,0	8,2	7,4	7,5	9,0	8,4	7,1	6,3	7,1	8,8	7,9
5. Lillebælt	9,8	10,3	9,8	10,1	9,8	10,0	9,1	8,4	8,9	10,5	9,8
6. Storebælt	10,6	13,6	14,0	12,3	16,2	13,6	12,2	5,5	7,6	13,9	12,7
7. Øresund	9,2	10,0	8,0	6,2	7,4	6,0	6,4	6,7	5,1	4,2	7,0
8. Sydlige Bælthav	0,8	1,1	0,9	1,0	1,2	0,9	0,8	0,6	0,4	1,0	0,9
9. Bornholm	2,8	2,2	3,8	3,2	4,0	3,5	2,7	3,4	3,0	3,8	3,3
Danmark	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,0	100,0

Fosfortilførsel (ton) (*)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	1416	981	760	590	514	730	583	301	298	503	668
2. Skagerrak	224	280	236	177	134	200	141	69	67	81	161
3. Kattegat	1476	1566	1032	916	850	1250	916	600	613	828	1005
4. Nordlige Bælthav	523	413	236	191	225	310	197	118	112	190	252
5. Lillebælt	834	787	557	464	326	390	329	180	159	300	433
6. Storebælt	598	879	555	459	432	460	278	197	171	318	435
7. Øresund	1563	1514	1240	1023	986	1000	765	460	357	283	919
8. Sydlige Bælthav	55	56	29	22	24	24	23	16	8	16	27
9. Bornholm	145	192	145	164	130	130	90	68	43	77	118
Danmark	6834	6668	4790	4006	3621	4494	3322	2009	1828	2596	4017

Fosfor: samlet belastning (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	20,7	14,7	15,9	14,7	14,2	16,2	17,5	15,0	16,3	19,4	16,6
2. Skagerrak	3,3	4,2	4,9	4,4	3,7	4,5	4,2	3,4	3,7	3,1	4,0
3. Kattegat	21,6	23,5	21,5	22,9	23,5	27,8	27,6	29,9	33,5	31,9	25,0
4. Nordlige Bælthav	7,7	6,2	4,9	4,8	6,2	6,9	5,9	5,9	6,1	7,3	6,3
5. Lillebælt	12,2	11,8	11,6	11,6	9,0	8,7	9,9	9,0	8,7	11,6	10,8
6. Storebælt	8,8	13,2	11,6	11,5	11,9	10,2	8,4	9,8	9,4	12,2	10,8
7. Øresund	22,9	22,7	25,9	25,5	27,2	22,3	23,0	22,9	19,5	10,9	22,9
8. Sydlige Bælthav	0,8	0,8	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8	0,4	0,6	0,7
9. Bornholm	2,1	2,9	3,0	4,1	3,6	2,9	2,7	3,4	2,4	3,0	2,9
Danmark	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(\*) eksklusiv havbrug



## Bilag 11.5

Kvælstof- og fosforretention beregnet ud fra overvågningsprogrammet for søer

Kvælstofretention (tons)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
Nordsøen	1694	1682	1665	2129	1879	1669	1186	813	981	1829	1553
Skagerrak	55	53	53	67	60	53	38	26	31	58	49
Kattegat	4804	4597	4637	5427	5116	4458	3512	2339	2671	4909	4247
Nordlige Bælthav	675	685	686	870	779	701	501	338	410	758	640
Lillebælt	472	459	457	581	517	457	327	224	267	502	426
Storebælt	1928	2336	2825	2965	2765	2683	1753	920	1104	2679	2196
Øresund	1001	972	968	1231	1093	965	683	475	565	1061	901
Sydlig Bælthav	26	25	25	32	28	25	18	12	14	27	23
Bornholm	28	28	28	35	31	28	20	14	16	30	26
Danmark	10684	10837	11344	13337	12267	11038	8038	5162	6060	11854	10062

Fosforretention (tons)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
Nordsøen	9,0	8,2	12,6	4,5	7,6	11,2	5,5	5,2	4,5	9	7,7
Skagerrak	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0	0,3
Kattegat	50,2	25,8	59,6	-38,1	36,4	-33,6	49,8	26,2	28,4	30	23,4
Nordlige Bælthav	4,0	3,4	5,5	2,6	4,0	4,5	2,9	2,7	1,7	3	3,4
Lillebælt	2,5	2,6	3,7	1,6	2,6	3,1	1,6	1,6	1,3	2	2,3
Storebælt	46,6	43,7	30,3	12,6	21,1	16,9	-2,4	-14,2	-18,5	16	15,2
Øresund	5,4	5,5	7,8	3,5	5,4	6,7	3,2	3,3	2,9	5	4,9
Sydlig Bælthav	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Bornholm	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Danmark	118	90	120	-13	78	10	61	25	21	65	57

## Bilag 11.6

Kildefordeling for de samlede kvælstof- og fosfor tilførsler til de marine kystafsnit 1989 til 1998.

De diffuse udledninger inkluderer udledninger fra spredt bebyggelse til ferskvand.

<b>KVÆLSTOF</b>											
Diffuse udledninger (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	72,6	83,1	83,8	86,5	88,5	91,2	89,1	85,4	85,3	91,0	<b>86,1</b>
2. Skagerrak	60,7	74,9	66,3	54,9	79,1	86,4	80,4	85,6	86,7	92,1	<b>75,5</b>
3. Kattegat	78,2	85,2	85,1	88,8	88,0	90,8	90,2	86,2	88,0	91,5	<b>87,5</b>
4. Nordlige Bælthav	60,7	78,4	75,8	81,5	89,7	91,4	85,2	75,8	78,5	90,1	<b>82,6</b>
5. Lillebælt	58,7	76,4	75,9	81,3	89,7	90,3	87,6	81,4	84,7	91,1	<b>82,4</b>
6. Storebælt	67,5	83,7	82,1	82,7	90,3	92,4	89,4	61,5	77,6	92,3	<b>85,4</b>
7. Øresund	16,7	47,7	24,8	24,4	40,0	38,6	26,8	13,2	26,9	61,9	<b>33,6</b>
8. Sydlige Bælthav	70,3	84,6	90,4	94,2	94,5	88,7	94,7	83,8	85,5	95,0	<b>89,6</b>
9. Bornholm	76,9	79,4	84,6	81,6	89,7	92,2	88,0	90,0	90,9	95,1	<b>87,4</b>
<b>Danmark</b>	<b>66,4</b>	<b>78,9</b>	<b>77,4</b>	<b>80,7</b>	<b>85,2</b>	<b>87,9</b>	<b>84,9</b>	<b>78,8</b>	<b>82,5</b>	<b>90,3</b>	<b>81,9</b>

Punktkilder ferskvand (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	16,0	9,2	8,0	8,3	8,7	7,0	8,3	12,0	11,8	8,1	<b>9,3</b>
2. Skagerrak	6,9	4,5	5,5	3,9	3,8	2,5	5,8	7,9	5,4	4,1	<b>4,7</b>
3. Kattegat	10,8	7,8	7,9	6,9	6,0	4,8	5,5	8,1	7,1	5,4	<b>6,8</b>
4. Nordlige Bælthav	26,5	15,1	18,3	13,5	7,6	5,8	7,5	12,8	10,8	6,1	<b>11,6</b>
5. Lillebælt	10,3	6,4	7,3	7,0	4,9	4,2	6,0	9,2	7,6	4,9	<b>6,4</b>
6. Storebælt	12,1	6,9	7,5	6,8	4,1	3,6	4,4	18,9	9,2	4,4	<b>6,2</b>
7. Øresund	5,8	3,9	6,3	5,5	3,8	4,2	4,2	5,2	7,8	5,8	<b>5,0</b>
8. Sydlige Bælthav	5,4	3,6	5,7	2,3	1,8	2,2	2,7	8,2	9,8	4,0	<b>3,6</b>
9. Bornholm	4,8	4,1	2,4	1,4	1,6	1,1	2,0	3,2	3,2	2,4	<b>2,4</b>
<b>Danmark</b>	<b>12,3</b>	<b>7,8</b>	<b>8,1</b>	<b>7,3</b>	<b>5,9</b>	<b>4,9</b>	<b>6,0</b>	<b>9,7</b>	<b>8,6</b>	<b>5,7</b>	<b>7,3</b>

Direkte udledninger (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	11,5	7,7	8,2	5,2	2,7	1,8	2,6	2,5	3,0	1,0	<b>4,6</b>
2. Skagerrak	32,3	20,6	28,2	41,3	17,1	11,1	13,8	6,4	7,9	3,9	<b>19,7</b>
3. Kattegat	11,0	7,0	7,1	4,4	6,0	4,4	4,3	5,7	4,9	3,1	<b>5,7</b>
4. Nordlige Bælthav	12,8	6,5	5,9	5,0	2,7	2,8	7,3	11,4	10,7	3,8	<b>5,8</b>
5. Lillebælt	31,0	17,3	16,9	11,7	5,5	5,4	6,4	9,4	7,7	4,0	<b>11,3</b>
6. Storebælt	20,4	9,4	10,4	10,6	5,6	4,0	6,2	19,6	13,2	3,3	<b>8,4</b>
7. Øresund	77,5	48,4	68,9	70,1	56,1	57,1	69,1	81,6	65,3	32,3	<b>61,5</b>
8. Sydlige Bælthav	24,3	11,8	3,9	3,5	3,7	9,1	2,6	8,0	4,7	1,0	<b>6,8</b>
9. Bornholm	18,4	16,4	13,0	16,9	8,7	6,7	10,0	6,8	5,9	2,5	<b>10,2</b>
<b>Danmark</b>	<b>21,3</b>	<b>13,3</b>	<b>14,4</b>	<b>12,0</b>	<b>8,9</b>	<b>7,2</b>	<b>9,1</b>	<b>11,5</b>	<b>9,0</b>	<b>4,0</b>	<b>10,8</b>

Punktkilder i alt (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
Nordsøen	27,4	16,9	16,2	13,5	11,5	8,8	10,9	14,6	14,7	9,0	<b>13,9</b>
Skagerrak	39,3	25,1	33,7	45,1	20,9	13,6	19,6	14,4	13,3	7,9	<b>24,5</b>
Kattegat	21,8	14,8	14,9	11,2	12,0	9,2	9,8	13,8	12,0	8,5	<b>12,5</b>
Nordlige Bælthav	39,3	21,6	24,2	18,5	10,3	8,6	14,8	24,2	21,5	9,9	<b>17,4</b>
Lillebælt	41,3	23,6	24,1	18,7	10,3	9,7	12,4	18,6	15,3	8,9	<b>17,6</b>
Storebælt	32,5	16,3	17,9	17,3	9,7	7,6	10,6	38,5	22,4	7,7	<b>14,6</b>
Øresund	83,3	52,3	75,2	75,6	60,0	61,4	73,2	86,8	73,1	38,1	<b>66,4</b>
Sydlige Bælthav	29,7	15,4	9,6	5,8	5,5	11,3	5,3	16,2	14,5	5,0	<b>10,4</b>
Bornholm	23,1	20,6	15,4	18,4	10,3	7,8	12,0	10,0	9,1	4,9	<b>12,6</b>
<b>Danmark</b>	<b>33,6</b>	<b>21,1</b>	<b>22,6</b>	<b>19,3</b>	<b>14,8</b>	<b>12,1</b>	<b>15,1</b>	<b>21,2</b>	<b>17,5</b>	<b>9,7</b>	<b>18,1</b>

## FOSFOR

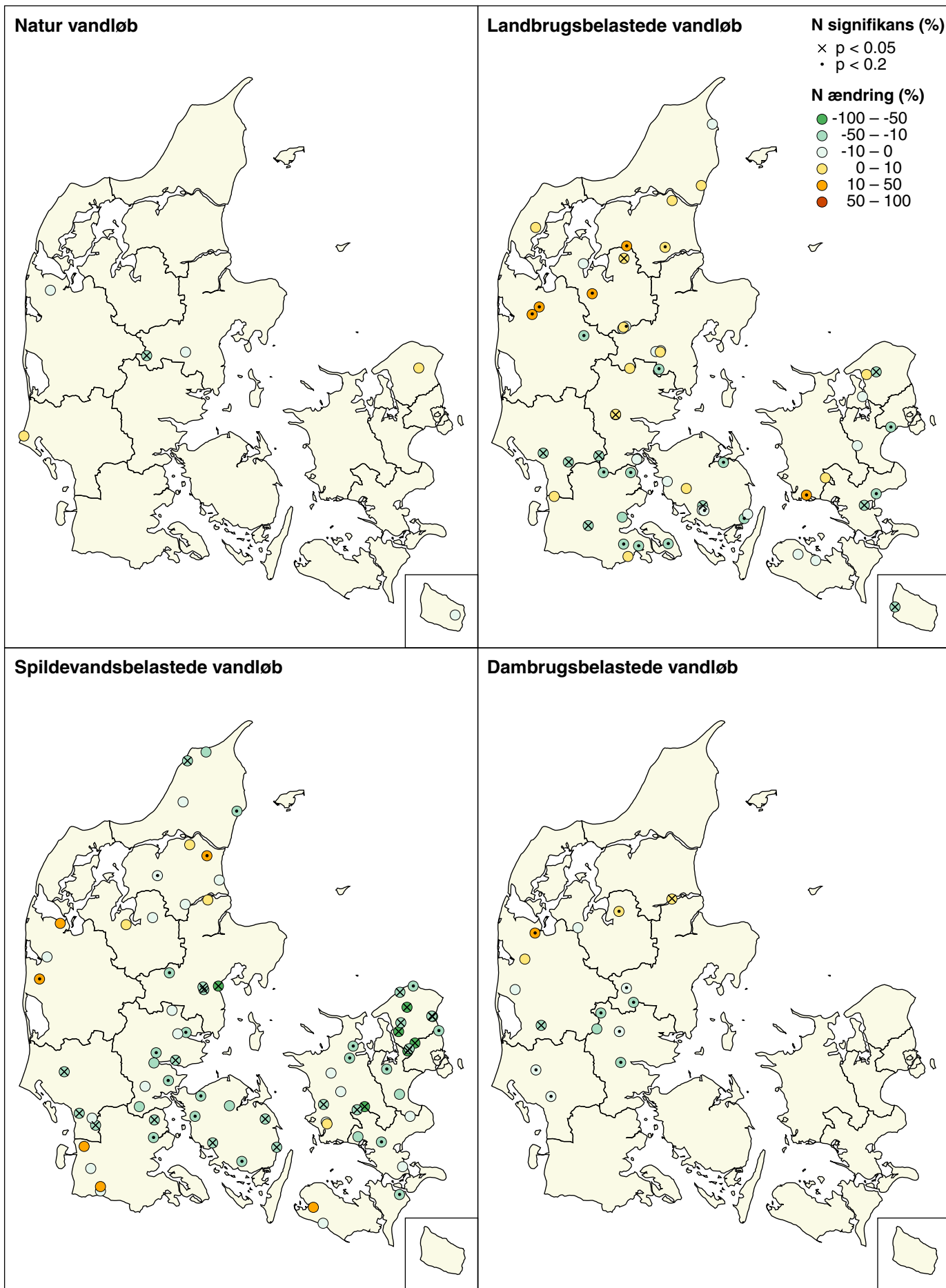
Diffuse udledninger (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	11,6	11,8	28,2	37,1	53,1	64,4	62,8	39,2	45,7	56,1	<b>35,3</b>
2. Skagerrak	11,4	41,7	18,6	22,6	33,6	53,5	46,1	60,9	62,3	61,7	<b>35,9</b>
3. Kattegat	19,6	43,8	35,1	42,5	44,5	60,5	58,2	52,0	54,0	55,7	<b>44,8</b>
4. Nordlige Bælthav	0,2	5,3	32,2	29,3	48,9	61,0	49,2	33,9	35,4	52,6	<b>29,0</b>
5. Lillebælt	15,7	28,4	26,2	33,0	49,4	60,5	55,9	41,1	48,6	56,7	<b>36,0</b>
6. Storebælt	0,0	40,1	24,5	29,2	39,4	58,0	43,2	32,0	35,8	47,5	<b>33,4</b>
7. Øresund	5,2	16,9	2,7	2,2	2,7	6,5	13,3	1,3	1,8	11,0	<b>6,8</b>
8. Sydlige Bælthav	11,9	17,3	37,9	59,1	50,0	62,5	65,2	37,5	19,2	43,8	<b>35,1</b>
9. Bornholm	5,8	45,9	35,2	22,6	25,4	47,7	0,0	50,0	43,6	59,7	<b>32,0</b>
<b>Danmark</b>	<b>10,3</b>	<b>28,0</b>	<b>22,4</b>	<b>26,5</b>	<b>33,4</b>	<b>48,2</b>	<b>44,6</b>	<b>34,6</b>	<b>39,0</b>	<b>50,0</b>	<b>30,6</b>

% punktkilder ferskvand	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	30,7	37,2	33,8	40,3	38,3	28,8	31,6	51,5	47,9	39,2	<b>35,7</b>
2. Skagerrak	27,9	19,0	21,6	22,6	12,7	6,5	10,6	17,4	15,3	19,8	<b>18,0</b>
3. Kattegat	45,7	30,7	35,5	25,0	29,6	19,5	23,7	28,5	26,8	29,2	<b>30,3</b>
4. Nordlige Bælthav	64,1	58,4	50,8	46,6	36,9	22,9	26,9	36,4	38,7	38,4	<b>45,8</b>
5. Lillebælt	23,7	20,8	23,2	22,4	20,2	19,0	20,1	23,9	25,0	26,7	<b>22,3</b>
6. Storebælt	46,6	28,1	38,0	27,9	28,5	22,4	28,8	32,5	31,4	33,0	<b>32,1</b>
7. Øresund	7,6	7,2	7,7	6,2	6,7	6,5	6,3	6,5	10,8	17,0	<b>7,4</b>
8. Sydlige Bælthav	15,3	16,6	34,5	13,6	25,0	20,8	21,7	31,3	55,8	50,0	<b>23,5</b>
9. Bornholm	31,5	16,6	9,7	4,3	11,5	6,2	11,1	14,7	19,2	23,4	<b>14,2</b>
<b>Danmark</b>	<b>31,5</b>	<b>25,5</b>	<b>26,2</b>	<b>22,5</b>	<b>22,8</b>	<b>17,6</b>	<b>20,4</b>	<b>26,5</b>	<b>27,6</b>	<b>30,3</b>	<b>25,2</b>

% direkte udledninger	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
1. Nordsøen	57,7	51,0	38,0	22,5	8,6	6,8	5,7	9,3	6,4	4,8	<b>29,0</b>
2. Skagerrak	60,7	39,3	59,7	54,8	53,7	40,0	43,3	21,7	22,4	18,5	<b>46,1</b>
3. Kattegat	34,8	25,5	29,5	32,5	25,9	20,0	18,1	19,5	19,2	15,1	<b>25,0</b>
4. Nordlige Bælthav	35,8	36,3	16,9	24,1	14,2	16,1	23,9	29,7	25,9	8,9	<b>25,2</b>
5. Lillebælt	60,7	50,8	50,6	44,6	30,4	20,5	24,0	35,0	26,4	16,7	<b>41,7</b>
6. Storebælt	53,3	31,9	37,5	42,9	32,2	19,6	28,1	35,5	32,7	19,5	<b>34,5</b>
7. Øresund	87,2	76,0	89,6	91,7	90,6	87,0	80,4	92,2	87,4	72,1	<b>85,7</b>
8. Sydlige Bælthav	72,7	66,1	27,6	27,3	25,0	16,7	13,0	31,3	25,0	6,3	<b>41,4</b>
9. Bornholm	62,8	37,5	55,2	73,2	63,1	46,2	88,9	35,3	37,2	16,9	<b>53,8</b>
<b>Danmark</b>	<b>58,1</b>	<b>46,5</b>	<b>51,4</b>	<b>51,0</b>	<b>43,8</b>	<b>34,1</b>	<b>35,0</b>	<b>38,9</b>	<b>33,3</b>	<b>19,7</b>	<b>44,2</b>

Punktkilder i alt (%)	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1989-98
Nordsøen	88,4	88,2	71,8	62,9	46,9	35,6	37,2	60,8	54,3	43,9	<b>64,7</b>
Skagerrak	88,6	58,3	81,4	77,4	66,4	46,5	53,9	39,1	37,7	38,3	<b>64,1</b>
Kattegat	80,4	56,2	64,9	57,5	55,5	39,5	41,8	48,0	46,0	44,3	<b>55,2</b>
Nordlige Bælthav	99,8	94,7	67,8	70,7	51,1	39,0	50,8	66,1	64,6	47,4	<b>71,0</b>
Lillebælt	84,3	71,6	73,8	67,0	50,6	39,5	44,1	58,9	51,4	43,3	<b>64,0</b>
Storebælt	100,0	59,9	75,5	70,8	60,6	42,0	56,8	68,0	64,2	52,5	<b>66,6</b>
Øresund	94,8	83,1	97,3	97,8	97,3	93,5	86,7	98,7	98,2	89,0	<b>93,2</b>
Sydlige Bælthav	88,1	82,7	62,1	40,9	50,0	37,5	34,8	62,5	80,8	56,3	<b>64,9</b>
Bornholm	94,2	54,1	64,8	77,4	74,6	52,3	100,0	50,0	56,4	40,3	<b>68,0</b>
<b>Danmark</b>	<b>89,7</b>	<b>72,0</b>	<b>77,6</b>	<b>73,5</b>	<b>66,6</b>	<b>51,8</b>	<b>55,4</b>	<b>65,4</b>	<b>61,0</b>	<b>50,0</b>	<b>69,4</b>

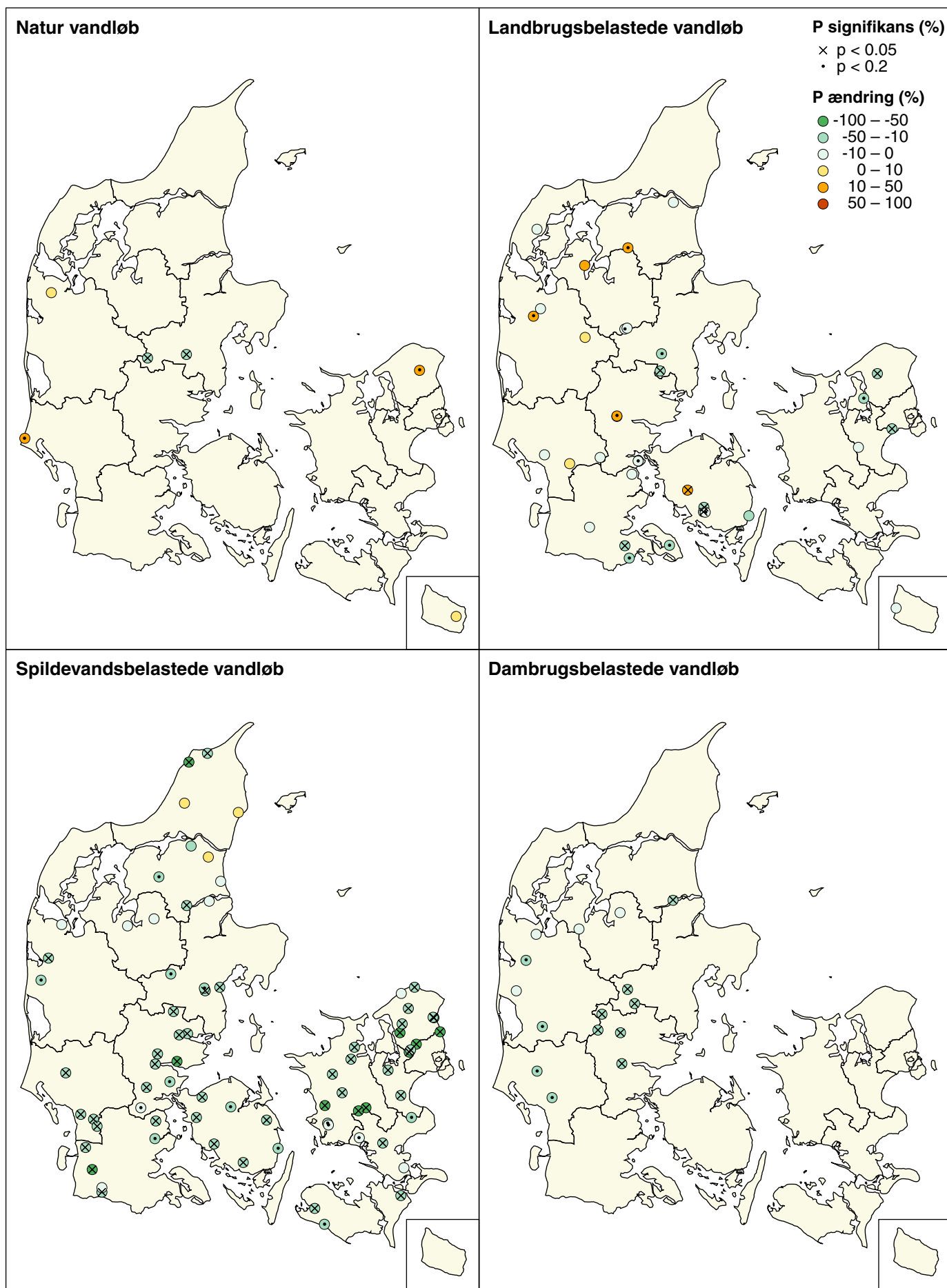
# Kvælstofkoncentration 1998



## Kort 1

Procentuel ændring i koncentrationen af kvælstof i vandløb i perioden 1989-98 (% af gennemsnitskoncentrationerne i startåret 1989). I statistisk test er C/Q sammenhænge anvendt.

# Fosforkoncentration 1998



## Kort 2

Procentuel ændring i koncentrationen af total fosfor i vandløb i perioden 1989-98 (% af gennemsnitskoncentrationerne i startåret 1989). I statistisk test er C/Q sammenhænge anvendt.

# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat*  
*Forsknings- og Udviklingssektion*  
*Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
*Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Systemanalyse*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejløvej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi*  
*Afd. for Terrestrisk Økologi*  
*Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi*  
*Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Tagensvej 135, 4  
2200 København N  
Tlf.: 35 82 14 15  
Fax: 35 82 14 20

*Afd. for Arktisk Miljø*

## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

### 1999

- Nr. 269: Tålegrænser for luftforurening. Anvendelse i strategisk miljøplanlægning. Integreret MiljøInformationsSystem IMIS-luftforurening. Af Bastrup-Birk, A., Tybirk, K., Wier, M. & Emborg, L. 123 s., 150,00 kr.
- Nr. 270: Produktion og forekomst af svovlbrinte i Mariager Fjord 1998. Af Fossing, H. & Christensen, P.B. 17 s., 40,00 kr.
- Nr. 271: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Task Force Meeting in Silkeborg, Denmark, October 23-25, 1996. Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes. By Larsen, S.E., Friberg, N. & Rebsdorf, Aa. (eds.). 49 pp., 40.00 DKK.
- Nr. 272: Forbrug af økologiske fødevarer. Del 1: Den økologiske forbruger. Af Wier, M. & Calverley, C. 130 s., 120,00 kr.
- Nr. 273: Mink *Mustela vison* og ilder *M. putorius*. Mink- og ilderjagten i Danmark 1996/97 og problemer med de to arter i forhold til små fjerkræhold. Af Hammershøj, M. & Asferg, T. 54 s., 60,00 kr.
- Nr. 274: Modeller til bestemmelse af Naturkvalitet på udvalgte Naturtyper ved anvendelse af Neurale netværk. Af Mark, S. & Strandberg, M. 70 s., 60,00 kr.
- Nr. 275: Indpasning af rekreative aktiviteter i forhold til fugleliv og odder i Skjern Å Naturprojekt - en biologisk udredning. Af Madsen, J., Madsen, J.B. & Petersen, I.K. 38 s., 40,00 kr.
- Nr. 276: Grønlandske gåsebestande - en oversigt. Af Boertmann, D. & Glahder, C. 59 s., 60,00 kr.
- Nr. 277: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1998. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F. 73 s., 100,00 kr.
- Nr. 278: Luftforurening ved en planlagt udvidelse af Billund Lufthavn. Undersøgelse udført af Danmarks Miljøundersøgelser for Billund Lufthavn. Af Berkowicz, R., Fenger, J. & Winther, M. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 279: Pesticider i drikkevand 2. Præstationsprøvning. Af Nyeland, B.A. 261 s., 80,00 kr.
- Nr. 280: Vurdering af effekten af en vindmøllepark ved Overgaard på forekomsten af fugle i EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 15. Af Clausen, P. & Larsen, J.K. 31 s., 40,00 kr.
- Nr. 281: Control of Pesticides 1998. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T. & Petersen, K.K. 23 pp., 50,00 kr.
- Nr. 282: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1998/99 i Danmark. Wing Survey from the 1998/99 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 47 s., 40,00 kr.
- Nr. 283: Krager, husskader og småvildt. En vurdering af prædationens effekt på småvildtbestande og muligheden for at begrænse effekten ved jagt og regulering. Af Asferg, T. 49 s., 60,00 kr.
- Nr. 284: Anskydning af vildt. Status for undersøgelser 1999. Af Noer, H., Hartmann, P., Christensen, T.K., Kanstrup, N. & Hansen, E.B. 61 s., 80,00 kr.
- Nr. 285: Naturkvalitet - kriterier og metodeudvikling. Af Nygaard, B., Mark, S., Baattrup-Pedersen, A., Dahl, K., Ejrnæs, R., Fredshavn, J., Hansen, J., Lawesson, J., Münier, B., Møller, P.F., Risager, M., Rune, F., Skriver, J., Søndergaard, M. 116 s., 130,00 kr.
- Nr. 286: Chlorerede, phosphorholdige og andre pesticider i drikkevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 323 s., 150,00 kr.
- Nr. 287: The Danish CORINAIR Inventories. Time Series 1975-1996 of Emissions to the Atmosphere. By Winther, M., Illerup, J.B., Fenham, J. & Kilde, N. 81 pp., 100,00 DDK.
- Nr. 288: Mere og bedre natur i landbrugslandet - dokumenteret grundlag for en ekstra indsats. Reddersen, J., Tybirk, K., Halberg, N. & Jensen, J. (i trykken).
- Nr. 289: Atmosfærisk deposition af kvælstof 1998. NOVA 2003. Af Skov, H., Hertel, O., Ellermann, T., Skjødt, C.A. & Heidam, N.Z. (i trykken)
- Nr. 290: Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003. Af Markager, S. et al. (i trykken)
- Nr. 291: Søer 1998. NOVA 2003. Af Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (i trykken)
- Nr. 292: Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) (i trykken)
- Nr. 293: Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (i trykken)
- Nr. 294: Bilparkmodel. Beregning af udvikling og emissioner. ALTRANS. Af Kveiborg, O. (i trykken)
- Nr. 295: Kvalitetsparametre for haglammunition. En undersøgelse af spredning og indtrængningsevne som funktion af haglenes størrelse og form. Af Hartmann, P., Kanstrup, N., Asferg, T. & Fredshavn, J. (i trykken)
- Nr. 296: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. By Kemp, K. & Palmgren, F. (in press)