



VANDLØB 2010

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 4

2011



AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER
FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

VANDLØB 2010

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 4

2011

Jørgen Windolf
Peter Wiberg-Larsen
Jens Bøgestrand
Søren Erik Larsen
Hans Thodsen
Rikke Bjerring
Niels Bering Ovesen
Ane Kjeldgaard
Brian Kronvang

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER
FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 4
Titel:	Vandløb 2010
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Jørgen Windolf Peter Wiberg-Larsen Jens Bøgestrand Søren Erik Larsen Hans Thodsen Rikke Bjerring Niels Bering Ovesen Ane Kjeldgaard Brian Kronvang
Institutioner, afdelinger:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	November 2011
Redaktion afsluttet:	Oktober 2011
Faglig kommentering:	Naturstyrelsens decentrale enheder & internt i Aarhus Universitet
Finansiel støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Windolf, J., Wiberg-Larsen, P., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Thodsen, H., Bjerring, R., Ovesen, N.B., Kjeldgaard, A. & Kronvang, B. 2011: Vandløb 2010. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 46 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 4. http://www.dmu.dk/Pub/SR4.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Med dette års rapport er der gjort status for dele af vandløbsovervågningen under NOVANA 2004-2009 suppleret med 2010, idet der dog for nogle områder er inddraget data fra tidligere overvågningsprogrammer. Indholdet i rapporten er i år koncentreret om kemisk tilstand i vandløbene (kapitel 4, 5) og udviklingen i tilførslerne af kvælstof og fosfor til de danske kystvande beskrevet (kapitel 6 & 7). Derimod er økologisk tilstand omtalt men uden præsentation af data.
Emneord:	Vandløb, overvågning, NOVANA, kvælstof, fosfor, havbelastning
Layout:	Grafisk værksted, Aarhus Universitet, Silkeborg
Forsidefoto:	Pedja Jögi, Estland – et helt ureguleret vandløb omgivet af skov og lysåbne naturtyper. Foto: Annette Sode.
ISBN:	978-87-92825-11-7
ISSN (elektronisk):	2245-0203
Sideantal:	46
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på http://www.dmu.dk/Pub/SR4.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
1 Datagrundlag, databehandling og rapportindhold	7
1.1 Om overvågningsprogrammet	7
1.2 Den økologiske overvågning	7
1.3 Overvågning af vandkemi, vand- og stoftransport	8
2 Klima og afstrømning	11
2.1 Datagrundlag og metoder	11
2.2 Klima og ferskvandsafstrømning	11
3 Økologisk tilstand	15
3.1 Smådyr og Dansk vandløbsfauna Indeks	16
3.2 Udvikling i økologisk tilstand og biodiversitet	16
4 Kvælstof i vandløb	18
4.1 Tilstanden i 2010	18
4.2 Udvikling siden 1989	20
5 Fosfor i vandløb	21
5.1 Tilstanden i 2010	21
5.2 Udviklingen siden 1989	22
6 Kvælstofbelastning af havet	24
6.1 Datagrundlag og metoder	24
6.2 Afstrømningen af kvælstof til havet i 2010	26
6.3 Sæsonvariation i vand- og kvælstofafstrømning	30
6.4 Udviklingen i kvælstofafstrømning	31
6.5 Kilder til transport af og tilbageholdelse af kvælstof	34
7 Fosforbelastning af havet	37
7.1 Datagrundlag og metode	37
7.2 Fosfortilførsel til havet 2010	37
7.3 Udvikling i fosforafstrømning 1990 – 2010	40
8 Referencer	45

[Tom side]

Forord

Denne rapport udgives af Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA). NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer, som med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev iværksat efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2010.

Formålet med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som blev gennemført i forbindelse med Vandmiljøplan I (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.

Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter såvel overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luften som udvalgte påvirkninger, miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi har som en væsentlig opgave for Miljøministeriet at bidrage til at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE - National Center for Miljø og Energi med bidrag fra Institut for Bioscience og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, samt arter og naturtyper.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem fagdatacentre og Naturstyrelsens decentrale enheder. Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland - GEUS, for punktkilder hos Naturstyrelsen, mens fagdatacentre for vandløb, søer, marine områder, landovervågning, samt arter og naturtyper er placeret hos Institut for Bioscience, Aarhus Universitet og fagdatacenter for atmosfæren hos Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

Denne rapport, er baseret på data indsamlet af eller på foranledning af Naturstyrelsens decentrale enheder.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes sammen med konklusionerne fra de øvrige Fagdatacenter-rapporter i Vandmiljø og natur, 2010, som udgives af Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland - GEUS og Naturstyrelsen.

Sammenfatning

Dette års rapport fokuserer stort set alene på vand- og stofafstrømningen fra land til de kystnære havområder, samt på en beskrivelse af udviklingen i vandløbenes indhold af kvælstof og fosfor.

Der bringes således ingen data fra NOVANA programmets økologiske del. Årsagen er dels at rapporteringen i 2011 er nedprioriteret til fordel for løsning af andre opgaver for Miljøministeriet, dels at der fx ikke har været tilstrækkelig med data til rådighed til at beskrive udviklingen i økologisk tilstand. Der henvises i den forbindelse til sidste års vandløbsrapport.

Indholdet af kvælstof og fosfor i vandløbene er faldet siden 1989. Reduceret udvaskning fra de dyrkede arealer har hovedansvaret for, at kvælstofindholdet i gennemsnit er reduceret med ca. 38 %, mens reduktionen for fosfors vedkommende på ca. 34 % skyldes forbedret spildevandsrensning i byområder og for virksomheder. De samlede udledninger af fosfor med spildevand fra punktkilder er således faldet fra omkring 4900 tons fosfor i 1990 til 700-800 tons fosfor de seneste år. Koncentrationerne af kvælstof og fosfor i vandløbene er dog stadig henholdsvis 3-4 gange og 2-3 gange så høje som de, man finder i upåvirkede naturvandløb, målt som gennemsnit for hele landet.

Der blev fundet lignende reduktioner i den samlede tilførsel fra land af kvælstof og fosfor til de danske kystvande for perioden 1990-2010. Reduktionen i kvælstof-, og især fosforudledningen, er dog endnu større, henholdsvis 51 og 64 % beregnet for den vandføringsvægtede koncentration. For kvælstof er der alene for den såkaldt diffuse tilførsel (udvaskning fra dyrkede og udyrkede arealer, samt bidrag fra ejendomme, som ikke er tilkøbt offentlige renseanlæg) tale om en reduktion på ca. 41 %.

Udledningen fra land blev for 2010 beregnet til hhv. ca. 55 000 tons kvælstof og ca. 2400 tons fosfor. Disse udledninger er hhv. 28 og 23 % mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2009. Samtidig var vandafstrømningen i 2010 på 323 mm stort set af samme størrelse som gennemsnittet for 1990-2009 (320 mm). Der er dog en vis usikkerhed på de beregnede udledninger (se sidste års rapport).

Til opgørelsen af afstrømningen til kystvandene er anvendt modellering for de såkaldt umålte oplande (dvs. oplande uden målestationer for stoftransport). Selvom det er foretaget nødvendige korrektioner i denne forbindelse, er der et grundlæggende behov for at udvikle og forbedre de anvendte modeller.

1 Datagrundlag, databehandling og rapportindhold

Peter Wiberg-Larsen & Jens Bøgestrand

1.1 Om overvågningsprogrammet

Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA) har haft til formål at følge effekten af de tiltag, der er blevet vedtaget under de forskellige vandmiljøplaner. Derudover skulle det tilgodese en række andre behov, herunder forpligtelser overfor EU, HELCOM, OSPAR og andre internationale organer. Data har desuden dannet grundlag for en indberetning til EU om miljøtilstanden eller den økologiske tilstand i danske vandområder som helhed.

For vandløbenes vedkommende er der foretaget to typer overvågning og undersøgelser: (a) Overvågning af den økologiske, fysiske og kemiske tilstand og (b) målinger af transport af vand og forskellige stoffer til søer og marine områder.

Samtlige data i NOVANA er indsamlet/tilvejebragt af medarbejdere i de tidligere amter (frem til og med 2006), de nuværende statslige decentrale enheder under Naturstyrelsen, samt af en række konsulentfirmaer på vegne af amterne/enhederne.

Indsamlingen/tilvejebringelsen af data har bygget på tekniske anvisninger for hhv. det vandløbsøkologiske program (Pedersen m.fl. 2007, Wiberg-Larsen m.fl. 2010) og stoftransport (DMU 2003, 2004).

1.2 Den økologiske overvågning

Den økologiske overvågning er i perioden 2004-2009 udført på 800 stationer (det ekstensive program) for at vurdere den økologiske tilstand ikke blot i selve vandløbene, men også på de ånære arealer. I selve vandløbene er der foretaget undersøgelser af biologiske kvalitetselementer som makrofytter (bl.a. vandplanter), makroinvertebrater (smådyr) og fisk, suppleret med undersøgelser af vandløbenes fysiske og vandkemiske forhold, ligesom der er foretaget planteundersøgelser på brinker og ånære arealer. Sidstnævnte ophørte dog i 2007, således at der ikke er indsamlet data fra samtlige 800 stationer. Der er også indsamlet oplysninger om menneskeskabte påvirkninger af vandløbene (fx om udnyttelsen af de ånære omgivelser og oplandet til vandløbsstationerne) for at belyse sammenhængen mellem disse faktorer og den økologiske tilstand. Undersøgelserne er generelt foretaget i en 3- eller 6-årig cyklus, men ved 250 af vandløbsstationerne er der foretaget årlige undersøgelser af smådyrsfaunaen.

På yderligere 50 lokaliteter i 12 større vandløbssystemer (det intensive program) er foretaget en lignende men mere detaljeret økologisk overvågning med årlige undersøgelser af de fleste parametre. Formålet er

bedre at belyse betydningen af forskellige miljøfaktorer, tidlig udvikling og mulige interaktioner mellem de øvre og nedre dele af vandløbene.

I 2010 er dele af det hidtidige program videreført som et "ekstra" år i den første NOVANA periode, idet data fra de undersøgte stationer samtidig indgår som en del af programmet for 2011-2015.

Ingen dele af det meget store datamateriale fra den økologiske overvågning i perioden 2004-2009 er bearbejdet og beskrevet i dette års rapport. Dette skyldes først og fremmest en prioritering af de resurser, som er afsat via en resultatkontrakt mellem Miljøministeriet og Aarhus Universitet. Således skal Aarhus Universitet i 2011 primært levere tekniske anvisninger til brug ved gennemførelse af det reviderede NOVANA program for perioden 2011-2015, hvorfor rapporteringen af NOVANA data er reduceret til en "basisrapportering".

I perioden 2007-2010 er der i et parallelt program (DEVANO) gennemført en række undersøgelser af hhv. smådyrsfaunaen og fiskebestandene ved et antal vandløbsstationer udvalgt af Naturstyrelsens enheder efter regionale behov (primært til understøttelse af vandplanlægningen). Data fra disse undersøgelser er **ikke** søgt inddraget i denne rapport

Rapporteringen i år omfatter derfor stort set udelukkende vand- og stoftransport. Kemisk vandkvalitet og stoftransport

1.3 Overvågning af vandkemi, vand- og stoftransport

Undersøgelserne i NOVANA-programmet af transporten af vand og stof har omfattet målinger ved 223 stationer. Måleprogrammet har således omfattet vandføring samt en række fysiske og kemiske parametre. Næringsstofferne kvælstof og fosfor samt organisk stof har været vigtige elementer, men der har også indgået målinger af pH, vandtemperatur og andre fysiske parametre. Desuden er der tilvejebragt en række oplandsrelaterede informationer omfattende oplandsafgrænsning, arealanvendelse, jordtype, spildevandsudledninger, dyrkningspraksis m.m. Undersøgelser er foretaget efter samme principper hvert år, dvs. med et forud fastsat antal årlige målinger for at sikre en så præcis bestemmelse af den meget varierende vand- og stoftransport som økonomisk og praktisk muligt.

Gennem alle årene i overvågningsperioden har der været anvendt nogle gennemgående principper for databehandling, analyse og præsentation i forbindelse med undersøgelserne af vand- og stoftransport.

Hvis intet andet er nævnt, er der anvendt tidsvægtede gennemsnit 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 er beregnet ved for en given periode at dividere den samlede stoftransport med den samlede vandafstrømning.

I mange af rapportens analyser er stoftransportstationerne grupperet på grundlag af karakteren af menneskelig påvirkning i oplandet, dvs. i såkaldte typeoplande (tabel 1.1) – se kapitel 4 & 5. Det skal dog bemærkes,

at en del vandløb har skiftet oplandstype siden overvågningsprogrammets start, fx på grund af reduceret spildevandstilledning eller nedlægelse af dambrug. Kriterierne for klassifikationen af dyrkede oplande er lidt forskellige for kvælstof og fosfor. Antallet af stationer i denne kategori er derfor ikke det samme i kvælstof- og fosforkapitlerne.

Udviklingen i kemisk vandkvalitet og stoftransport er vurderet ud fra resultaterne fra de ca. 150 vandløbsstationer, som har været i drift siden 1991 eller tidligere. Ved analyse af udviklingen i de forskellige typer af vandløb er anvendt en typeinddeling fra 1991. Enkelte vandløbsstationer er udeladt, hvis der er en nærliggende station i det samme vandløb, ligesom afløb fra søer ikke er anvendt. Udviklingen i koncentrationen af N og P er testet statistisk med en non-parametrisk metode (Seasonal Mann-Kendall test), og størrelsen af ændringen i koncentration og stoftransport er estimeret ved Senn's Trend Estimator. For at reducere betydningen af år-til-år variationer, der skyldes forskelle i afstrømning, er statistikken udført på residualerne i forhold til en LOWESS regression mellem afstrømning og koncentration. For yderligere detaljer se Larsen, 1999.

Ca. 120 vandløbsstationer, som er søgt placeret så tæt på vandløbenes udmunding i havet som muligt, er anvendt ved beregning af tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet. Oplandet til disse stationer dækker ca. halvdelen af Danmarks areal. Vand- og stoftilførslen fra den resterende del af landets areal (det umålte opland) er modelleret som beskrevet i Bøgestrand (2009).

Tabel 1.1. Stationstyper i vandløb baseret på en inddeling efter typeopland. I de anvendte kriterier for denne inddeling er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Angivet antal stationer fordelt på oplandstyper, der er anvendt i tidsserie-analyse (1989-2010) og aktuelt 2010. Oplandstyper for tidsserie-analyser er opgjort efter situationen i 1991.

Oplandstype	Type nr.	1989-2009 tidsserie-analyser	2009 aktuel status
Naturoplande *	1	5	9
Vandløb i dyrkede oplande (P) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 25 g P/ha, 0,5 kg N/ha	2	30	77
Vandløb i dyrkede oplande (N) dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 0,5 kg N/ha	3	52	99
Vandløb med punktkilder punktkildebidrag > 0,5 kg N/ha	4	70	46
Vandløb med dambrugsudledninger P fra dambrug > 30 % af total transport > 40 % af punktkildebidrag	5	14	7
Vandløb i bebyggede områder > 50 % bebyggelse	6	4	3

*undersøges kun hvert tredje år (2005, 2008, etc.) siden 2003

For at vurdere betydningen af forskellige forureningskilder er bidraget til den samlede stoftransport fra disse opgjort. Dette er gjort 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 det diffuse bidrag fra det åbne land som differencen mellem punktkildebidraget og den samlede transport. Der henvises i øvrigt til en mere detaljeret beskrivelse i kapitlerne 6 og 7.

2 Klima og afstrømning

Jørgen Windolf, Rikke Bjerring & Niels Bering Ovesen

De klimatiske forhold og variationerne heri har stor betydning for vandmiljøet. I nedbørsrige år er vandafstrømningen i vandløbene således typisk større end i mere 'tørre' år. Og med øget vandafstrømning vil der også følge en større tilførsel af fosfor og kvælstof fra dyrkede og udyrkede arealer ud i vandløbene end i mere 'tørre' år. Et nedbørsrigt år giver derfor større risiko for algeopblomstringer og iltsvind i søer, fjorde og øvrige marine områder end i år med mindre nedbør og mindre ferskvandsafstrømning.

Tilførslen af kvælstof og fosfor til vandområderne vil også variere hen over året som følge af variationer i de klimatiske forhold. Ud over variationer i nedbøren kan variationer i temperaturen også have betydning for mængden af kvælstof, der udvaskes til vandmiljøet.

Klimaet i de enkelte år skal derfor tages i betragtning, når man vurderer variationen og udviklingen i tilførslen af næringsstofferne fosfor og kvælstof til det danske vandmiljø.

2.1 Datagrundlag og metoder

Data om temperatur og nedbør er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://novana.dmi.dk/novana/>). Månedsnedbøren og temperaturdata er således baseret på data fra kvadrater på henholdsvis 10*10 km og 20*20 km, de såkaldte Grid værdier. Grid er 'klippet' med kystlinjen og nationale data for nedbør og temperatur, og derefter beregnet for arealet indenfor kystlinjen. Det bemærkes, at de anvendte nedbørs-værdier ikke er korrigeret for faktorer, som har indflydelse på de faktiske værdier. Disse faktorer er højde over terrænet, vind og wetting (vanddråber der afsættes på regnmålerens sider, hvorfra de fordamper uden at blive registreret). Månedssdata for temperatur og nedbør anvendes i de modeller for næringsstofftab (N og P), der bruges ved beregninger af den diffuse næringsstoftransport i umålte oplande (kapitel 6 og 7).

Ferskvandsafstrømningen er beregnet på baggrund af det datagrundlag og med den metode, der er beskrevet i Windolf m.fl. (2009) og Windolf m.fl. (2011). I beregningerne (1990-2010) indgår måledata fra i alt 178 vandføringsmålestationer, der samlet dækker 57 % af landets areal. Der er dog ikke måledata fra alle stationer i alle år. For 2010 har der således 'kun' været måledata fra 119 af de 178 stationer. Det samlede oplandsareal til disse 119 stationer er 21.700 km², svarende til ca. 50 % af landets areal.

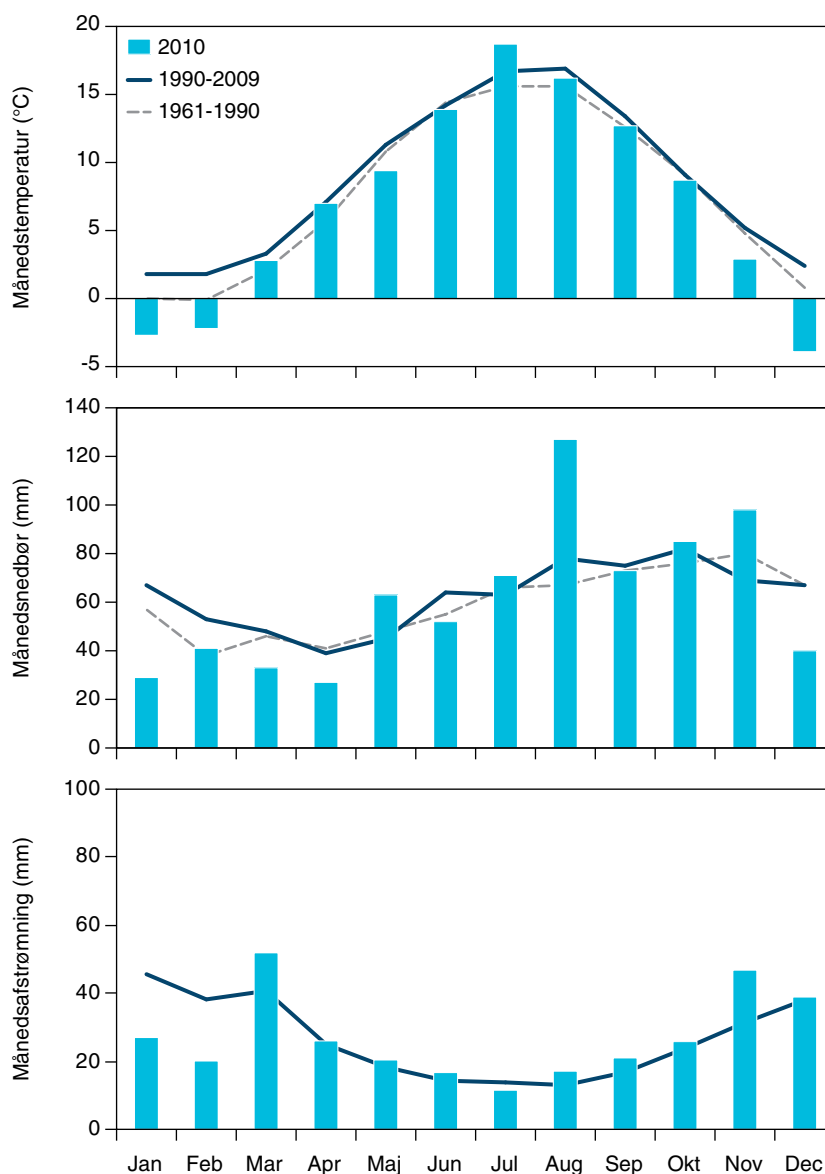
2.2 Klima og ferskvandsafstrømning

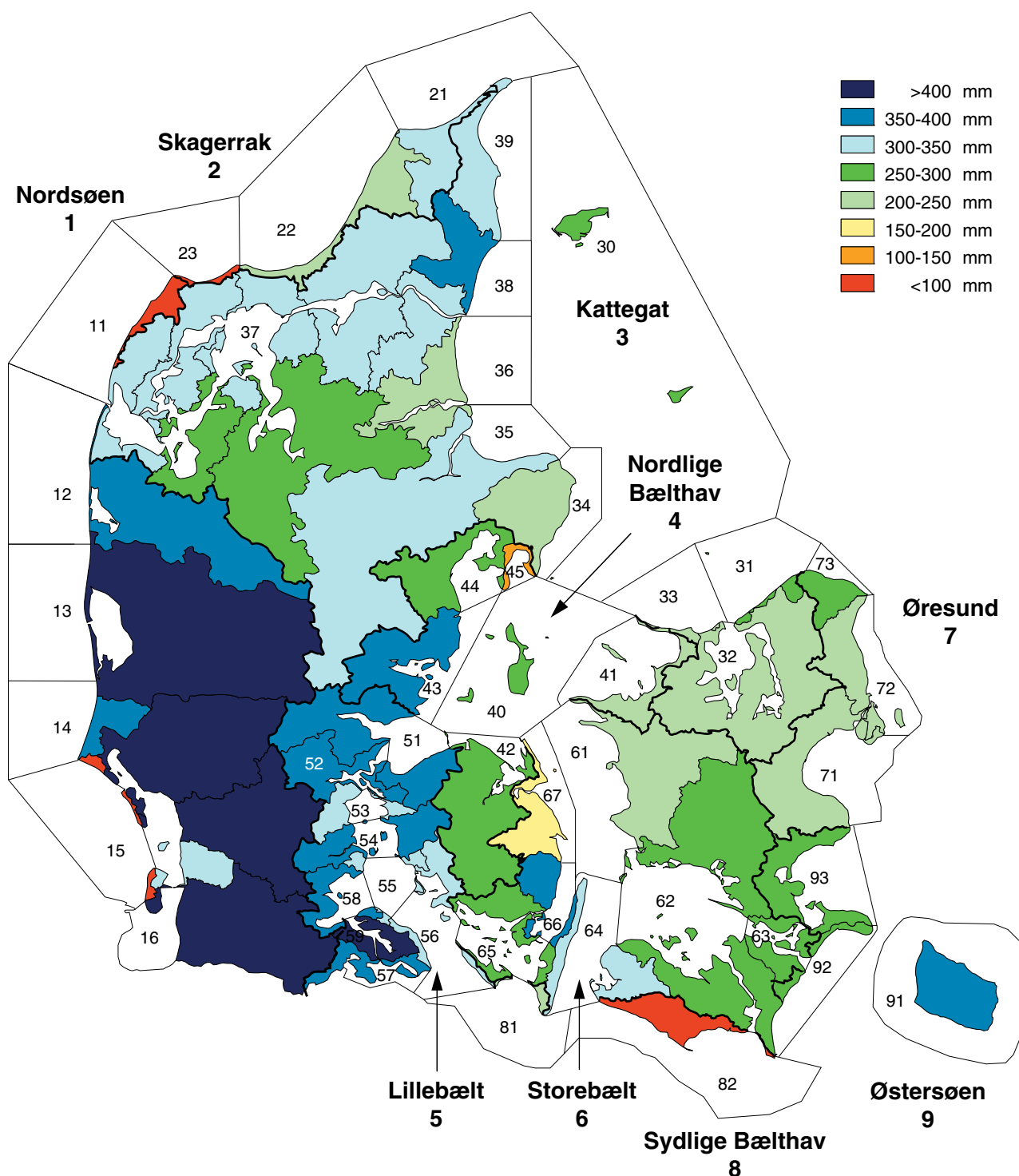
Vejret i 2010 var som helhed noget koldere end normalen for perioden 1961-1990, (figur 2.1 & 2.3). Middeltemperaturen for landet var i 2010 på

7°C og dermed 0,7°C koldere end normalen. I forhold til gennemsnittet for 1990-2009 blev 2010 hele 1,6°C koldere. Specielt koldere end normalt var vintermånederne januar, februar og november, december, men også i forårmånedene maj var det relativt koldt (figur 2.1). Omvendt blev juli måned i 2010 ganske varm (18,7°C) og dermed hele 3 °C varmere end gennemsnittet for 1961-1990. I perioden med det nationale overvågningsprogram var 2010 det næst koldeste år. Kun 1996 var i perioden 1990-2010 koldere end 2010 (figur 2.3).

Nedbøren i 2010 var for hele landet 739 mm og dermed en anelse mindre end gennemsnittet for 1990-2009 (752 mm), men lidt højere end gennemsnittet på 714 mm for normalperioden 1961-1990 (figur 2.3). Generelt var nedbøren i 2010 ret lille i vintermånederne og i det tidlige forår, mens nedbøren var tættere på – eller større end – normalen i perioden maj-november (figur 2.1). Specielt nedbørsrige var månederne august og november.

Figur 2.1. Månedsværdier for temperatur, nedbør og ferskvandsafstrømning i 2010 samt gennemsnit for perioden 1961-1990 og 1990-2009. Data aggregeret fra DMI's GRID.





Figur 2.2. Ferskvandsafstrømningen (i mm) til marine kystafsnit i 2010.

Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande i 2010 er opgjort til 13.800 millioner m³ svarende til en arealspecifik afstrømning på 323 mm (figur 2.3). Afstrømningen blev dermed hele 18 % større end i det foregående år. Ferskvandsafstrømningen i 2010 svarede stort set til gennemsnittet for 1990-2009 (319 mm) (figur 2.3). På grund af det kolde vejr med frost i januar og februar var ferskvandsafstrømningen i disse måneder specielt mindre end normalt. Med den tør, der kom i marts steg afstrømningen til gengæld i denne måned til mere end normalt (figur

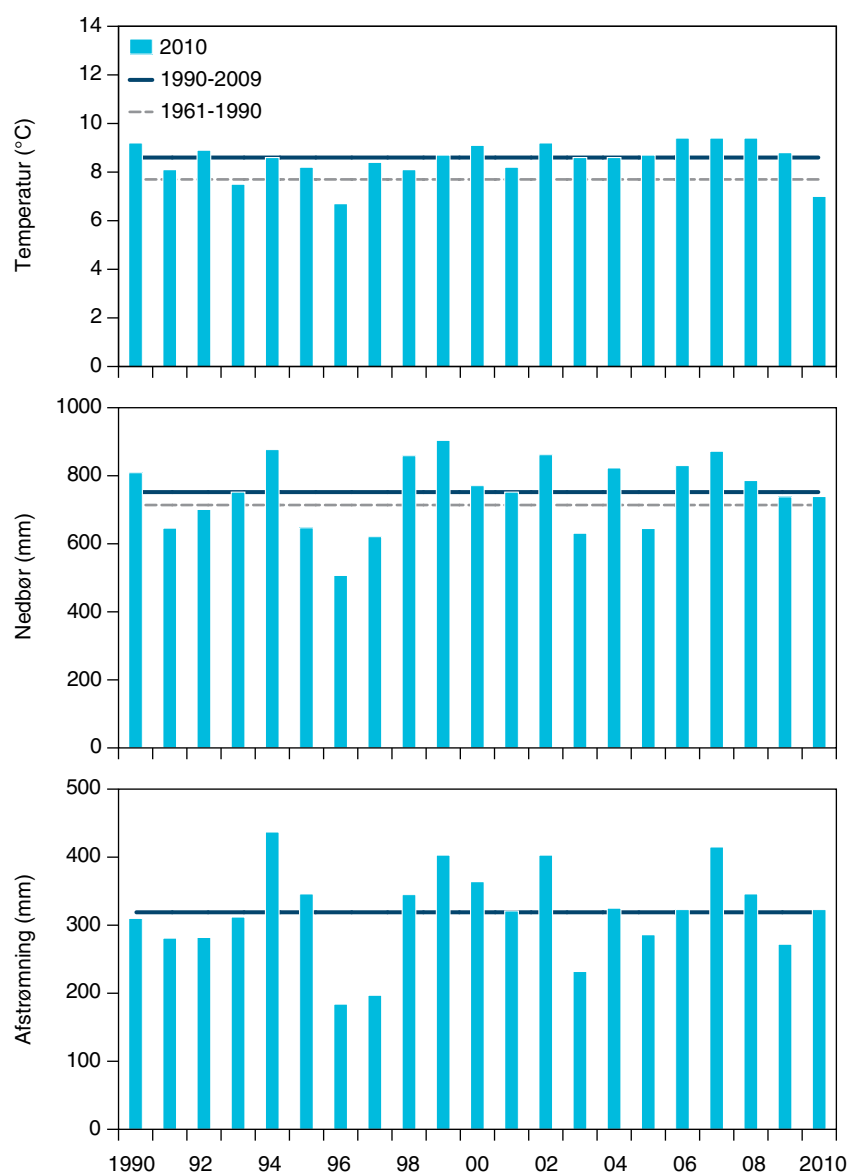
2.1). Faktisk blev afstrømningen i marts (52 mm) den højeste månedsafstrømning i 2010.

I perioden april-oktober fulgte afstrømningen de enkelte måneder stort set gennemsnittet for perioden 1990-2009 (figur 2.1). Lavest blev afstrømningen i juli (12 mm).

Afstrømningsforholdene udviser normalt - ligesom nedbøren - en stor geografisk variation, hvilket også var tilfældet i 2010 (figur 2.2). Vest for israndslinjen i Jylland var årsafstrømningen typisk 320-450 mm. Afstrømningen til Limfjorden var lidt mindre (280-330 mm). I det østlige Danmark var afstrømningen mindre på grund af den generelt mindre nedbør i denne del af landet. Typisk var afstrømningen her i 2010 mellem 200 og 300 mm.

Figur 2.3. Årsværdier for temperatur, nedbør og ferskvandsafstrømning for Danmark 1990-2010. Desuden er vist gennemsnit for perioderne 1961-1990 og 1990-2009 indlagt (undtagen for ferskvandsafstrømningen).

Data aggregeret fra DMI's GRID.



3 Økologisk tilstand

Peter Wiberg-Larsen

Som omtalt i indledningen (Kapitel 1) er et vigtigt formål med NOVANA at kunne give en oversigt over den generelle økologiske tilstand i danske vandløb. Derudover er formålet at kunne beskrive udviklingen i denne tilstand. I den forbindelse er det væsentligt at kunne klarlægge betydningen af forskellige påvirkninger, samt effekten af indgreb over for disse.

Vandløbenes økologiske tilstand eller kvalitet bedømmes ifølge Vandrammedirektivet primært på baggrund af såkaldte biologiske kvalitetselementer. Der er tale om planteplankton (fytoplankton), større vandplanter (makrofytter) og bundlevende alger, samt smådyr (makroinvertebrater) og fisk. Inden for hvert af disse kvalitetselementer skal der således findes indikatorer, som kan beskrive den økologiske tilstand og afspejle omfanget af menneskeskabte påvirkninger. Baggrunden for at anvende flere forskellige kvalitetselementer er at opnå en optimal beskrivelse af påvirkningerne, idet en bestemt organismegruppe kan være særlig egnet til at afspejle bestemte påvirkninger. Når der opstilles en given indikator, skal der tages hensyn til hvilken type vandløb, der er tale om. Derudover skal det fastlægges, hvordan referencetilstanden i den pågældende vandløbstype er. Med referencetilstanden forstås den tilstand, der findes, når et vandløb er helt upåvirket eller kun meget svagt påvirket af menneskets aktiviteter. Mens adskillige lande i EU anvender flere kvalitetselementer, og inden for hvert af disse én til flere indikatorer, anvendes der i Danmark kun smådyr. Desuden anvendes der kun ét indeks for smådyr, Dansk Vandløbsfauna Indeks, som i sin første version blev opstillet i 1980. Dette indeks er således indført før Vandrammedirektivet, men er blevet interkalibreret med andre europæiske makroinvertebrat indices og er altså Danmarks indtil videre eneste mål for den økologiske tilstand.

Der arbejdes for tiden med at udvikle et dansk makrofytindeks til beskrivelse af økologisk tilstand, ligesom mulighederne for introduktion af tilsvarende indices for bundlevende alger eller fisk undersøges. Derimod er fytoplankton ikke relevant som kvalitetselement i danske vandløb, alene på grund af sidstnævntes ringe størrelse. Fytoplankton er således bedst egnet til større floder, hvor der kan udvikles egentlige samfund af sådanne planktoniske alger.

I NOVANA programmets vandløbsøkologiske del er der foretaget undersøgelser af kvalitetselementerne vandplanter, smådyr og fisk. Desuden er der målt en række andre parametre til karakterisering af den fysiske og kemiske tilstand, ligesom der er indsamlet oplysninger om forholdene i oplandet til de enkelte målestationer, samt om karakteren af de vandløbsnære omgivelser. I alt er der undersøgt 850 stationer igennem den 6 +1 årige periode, som programmet har forløbet over. Disse stationer er udvalgt, så de giver en god geografisk dækning og samtidig dækker vandløb med forskellig grad af menneskeskabte påvirkninger.

På denne baggrund er det indtil videre kun muligt at beskrive den økologiske tilstand ud fra smådyr og DVFI.

3.1 Smådyr og Dansk vandløbsfauna Indeks

Dette indeks er indført som officiel dansk metode i 1998 (Miljøstyrelsen 1998), idet den dog har været under udvikling siden 1980. Metoden, der forudsætter en standardiseret prøvetagning og – bearbejdning, har været anvendt på et varierende antal vandløbslokaliteter i forbindelse med nationale overvågningsprogrammer siden 1989, men har også været anvendt i forbindelse med dele af amternes regionale vandløbstilsyn. Dansk Vandløbsfauna Indeks (DVFI) inddeler ud fra sammensætningen af smådyr tilstanden i syv såkaldte faunaklasser. Både bestemte indikator-arter og diversiteten har betydning ved beregning af faunaklassen. Faunaklasse 7 angiver den bedste tilstand (det upåvirkede/næsten upåvirkede vandløb), mens faunaklasse 1 betegner den dårligste tilstand.

En lav faunaklasse (fx 1, 2 eller 3) findes typisk i vandløb med meget dårlige iltforhold på grund af forurening med let omsætteligt organisk stof. Dette stof stammer primært fra udledning af spildevand fra kommunale renseanlæg, enkeltliggende ejendomme i det åbne land, dambrug eller i visse tilfælde ulovlige udledninger af gylle eller ensilagesaft fra landbruget. Der kan også forekomme en lav faunaklasse-værdi (fx 3) i vandløb med dårlige fysiske forhold, for eksempel vandløb, der er udrettede og uddybede, eller vedligeholdes hårdt med opgravning og grødeskæring. Modsat vil et naturligt bugtet vandløb, som får lov at passe sig selv, og som samtidig er uden væsentlig belastning med organisk stof, ofte have en høj faunaklasse (5, 6 eller 7).

En stor del af de danske vandløb er medtaget i de regionplaner, som de nu nedlagte amter udarbejdede. Heri var der fastsat mål for den ønskede tilstand (herunder en bestemt faunaklasse). Regionplanernes mål vil dog ikke længere være aktuelle, når de såkaldte første generations vandplaner foreligger. Disse planer, som udarbejdes af Miljøministeriet, og som er en del af implementeringen af EU's Vandrammedirektiv, vil konkret fastsætte mål for den økologiske tilstand baseret på faunaklassen for en væsentlig del af danske vandløb.

3.2 Udvikling i økologisk tilstand og biodiversitet

Siden 1994 har der været foretaget indsamling af og bearbejdning af prøver fra vandløb i det nationale overvågningsprogram til beregning af faunaklassen. Antallet af prøver og den overordnede strategi har dog ændret sig hen gennem perioden. Således har antallet af stationer pr. år ændret sig fra 222 i 1994-1997, 444 i 1998, 1053 i 1999-2003 til 250 i perioden 2004-10. For hele perioden er der 65 gennemgående stationer med årlige prøver hvor der foreligger lang tidsserie.

Beskrivelsen af udviklingen i danske vandløb inden for de seneste 15 år, sker således på baggrund af 65-250 stationer. Der er ganske vist foretaget årlige bestemmelser af faunaklassen ved et langt større antal stationer i forbindelsen med de nedlagte amters regionale tilsyn. Men der har for de fleste amters vedkommende (på nær ét) ikke været foretaget årlige un-

dersøgelser ved det samme net af stationer, hvorfor det ikke er muligt at beskrive udviklingen for danske vandløb generelt på dette grundlag.

Udviklingen i økologisk tilstand på baggrund af de oven for nævnte begrænsede net af stationer er blevet rapporteret i de årlige NOVANA rapporter. Der henvises til seneste rapport (Wiberg-Larsen m.fl. 2010), hvoraf det bl.a. fremgår, at de større vandløb er overrepræsenteret i stationsnettet. Den positive tendens i udviklingen er dog formodentlig repræsentativ for landets middelstore og store vandløb.

Der er i dette års rapport ikke foretaget nogen opdatering af den tidslige udvikling i økologisk tilstand, idet oparbejdning af betydeligt antal prøver blev udskudt fra 2010 til 2011.

4 Kvælstof i vandløb

Jens Bøgestrand

Kvælstof er et plantenæringsstof, og de menneskeskabte forøgede tilførsler af kvælstof til havet er en af de vigtigste årsager til opblomstring af alger om foråret og tidligt på sommeren og deraf følgende iltsvind i sensommeren og det tidlige efterår, når en stor del af algerne nedbrydes. Forhøjede tilførsler af kvælstof kan også have en negativ betydning i vore søer. Vandmiljøplanerne har som et af de vigtigste mål at reducere tilførslen af kvælstof til havmiljøet.

Kvælstof i vandmiljøet stammer især fra udvaskning fra landbrugsarealer, men der udledes også noget fra renseanlæg, industrier og dambrug.

Kvælstof har normalt kun mindre betydning for miljøet i selve vandløbene, bortset fra forhøjede koncentrationer af ammoniak, der har giftvirkning på smådyr og fisk, ligesom forhøjede koncentrationer af ammonium-N kan udelukke tilstedeværelsen af visse vandplanter. Til gengæld er vandløbene en vigtig transportvej for kvælstof til søer og havet. Koncentrationer og transport af kvælstof i vandløbene viser, om tilførslen til havet (eller søerne) bliver mindre, sådan som det er hensigten med vandmiljøplanerne.

Der er ingen landsdækkende målsætninger/grænseværdier for koncentrationen af kvælstof i vandløb.

4.1 Tilstanden i 2010

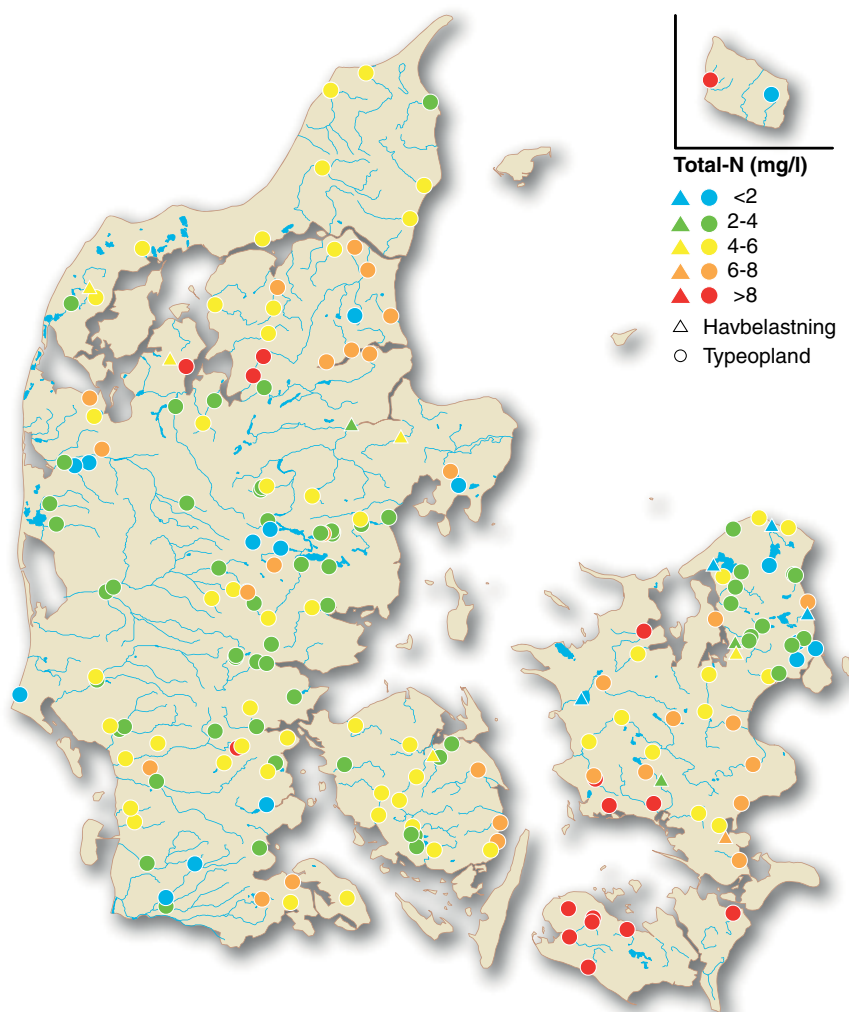
Koncentrationen af kvælstof i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller modtager væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2010 gennemsnitligt 3-4 gange så høj som baggrundsniveauet målt i naturvandløb (tabel 4.1). Samtidig er koncentrationen i vandløb, som ligger i dyrkede oplande uden punktkilder lidt højere end koncentrationen i vandløb med betydelig punktkildebelastning fra byspildevand eller industri.

Vandløb i Vestjylland har generelt en lavere koncentration af kvælstof end, for eksempel, de sydsjællandske vandløb (figur 4.1). I Vestjylland siver en stor del af regnvandet lang vej gennem regionale grundvandsmagasiner, før det når frem til vandløb. Under denne transport passerer meget af vandet iltfrie zoner i jorden, hvor nitrat bliver omsat ved biologisk eller kemisk denitrifikation. I østdanske vandløb vil en stor del af nedbøren med sit kvælstofindhold til gengæld strømme gennem øvre grundvandsmagasiner eller dræn uden at skulle passere iltfrie zoner. Derfor bliver der ikke fjernet så meget nitrat ved denitrifikation i denne region, og vandløbene har derfor højere kvælstofkoncentrationer.

Tabel 4.1. Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total kvælstof i 2010 (for naturvandløb dog 2008) i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse er vist i parentes.

Belastningstype	Antal vandløb	Kvælstofkoncentration (mg N/l). Gennemsnit af vandførings- vægtede årsmiddelværdier	Arealkoefficient (kg N/ha)
Naturvandløb	9	1,27 (0,55)	-
Landbrug og punktkilder	50	4,27 (2,02)	13,67 (6,11)
Landbrug uden punktkilder	97	5,20 (2,45)	14,42 (6,85)

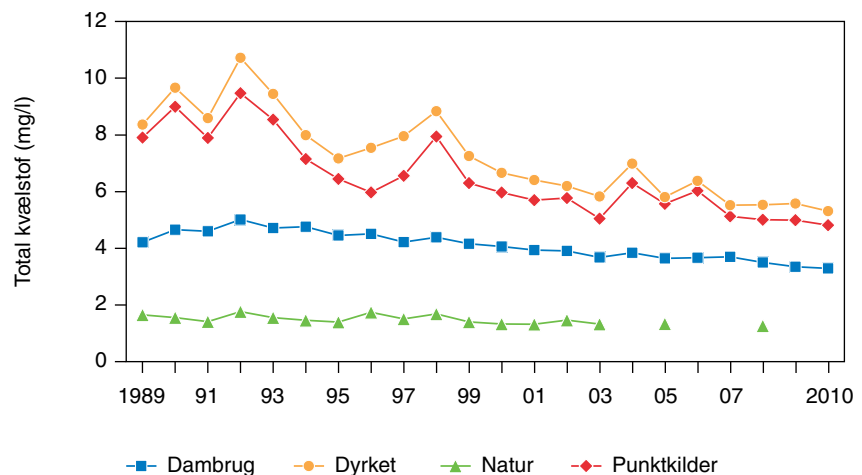
Figur 4.1. Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2010. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier.



4.2 Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene har generelt været faldende, bortset fra i naturvandløbene, hvor den har været stort set uændret. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der ligger i dyrkede oplande eller modtager betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 4.2 og tabel 4.2). I vandløb med betydelige udledninger fra dambrug har der derimod kun været en mindre reduktion. Her har koncentrationsniveauet dog været lavere gennem hele perioden, primært fordi dambrugsdrift er koncentreret i grundvandsfødte vandløb i egne, hvor kvælstofindholdet i det tilstrømmende grundvand som tidligere nævnt er relativt lavt.

Figur 4.2. Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991.



Tabel 4.2. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall og Senn's trend estimator) af udviklingstendenser for vandføringskorrigerede koncentrationer og transport af kvælstof. Middelværdier $\pm$ 95% konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Alle vandløb omfatter et antal vandløb udover de 4 nævnte typer.

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration.	Procentvis ændring i transport
Natur	7	3	0	-16 $\pm$ 18	-32 $\pm$ 23
Dyrket	63	55	1	-42 $\pm$ 5	-45 $\pm$ 5
Punktkilder	78	75	0	-40 $\pm$ 4	-43 $\pm$ 4
Dambrug	15	13	0	-33 $\pm$ 7	-33 $\pm$ 7
Alle	167	149	1	-38 $\pm$ 3	-41 $\pm$ 3

5 Fosfor i vandløb

Jens Bøgestrand

Fosfor er, lige som kvælstof, et plantenæringsstof og er den vigtigste årsag til forekomsten af en forøget mængde af planktonalger i mange søer. Fosfor er også af betydning for tilstanden i mange fjorde. Af disse årsager har vandmiljøplanerne haft som et mål at reducere udledningen af fosfor til vandmiljøet.

Fosfor er tidligere blevet udledt i store mængder til vandmiljøet fra byernes rensningsanlæg og industrier. Efter de seneste årtiers store forbedringer i spildevandsrensning er tabet fra landbrugsjorder og de spredt beliggende ejendomme uden for kloakerede områder imidlertid nu den vigtigste kilde til fosfor i vandløbene.

Fosfor har tilsyneladende kun mindre betydning for tilstanden i vandløbene, men via vandløb transporteres fosfor til søer og fjorde. Derfor er målte koncentrationer og beregnede transporter vigtige for at kunne vurdere, om tilførslerne til søer og fjorde bliver mindre som ønsket.

Der er ingen landsdækkende målsætninger/grænseværdier for koncentrationen af fosfor i vandløb.

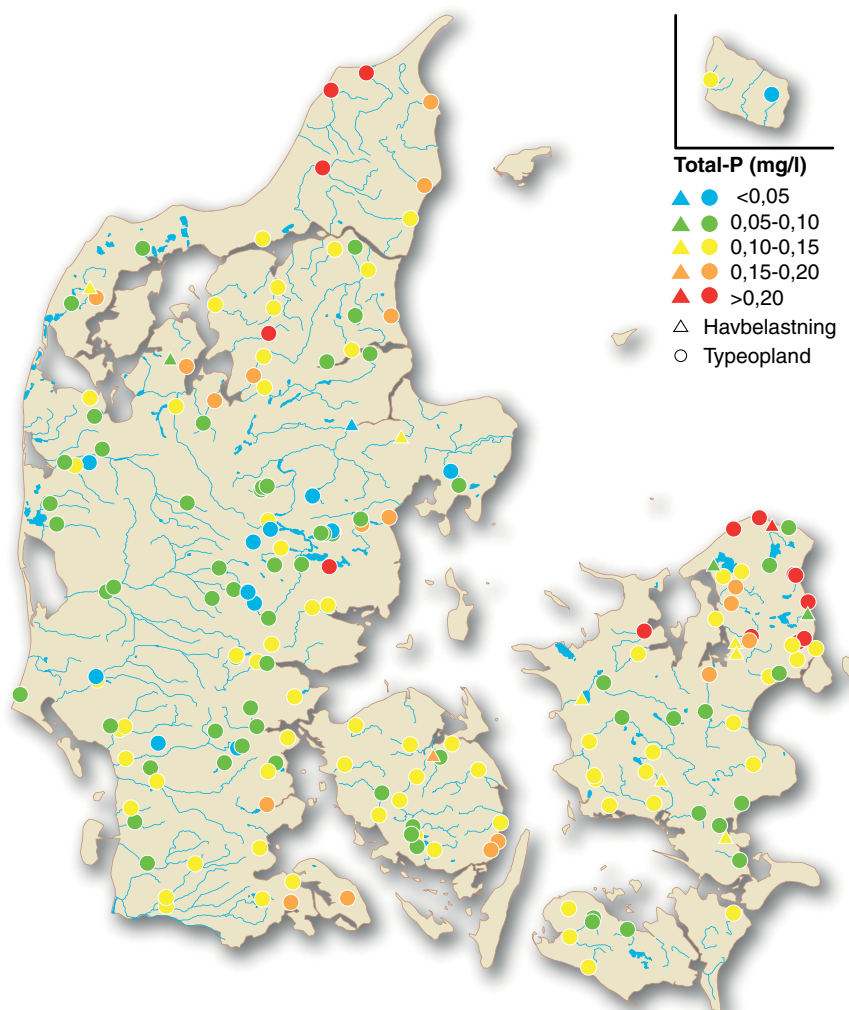
5.1 Tilstanden i 2010

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2010 gennemsnitligt 2-3 gange så høj som niveauet målt i naturvandløb (tabel 5.1). Der er dog forskel på vandløb, som kun påvirkes af landbrugsdrift og spredt bebyggelse uden for kloakerede områder, og vandløb, som også belastes med spildevand fra renseanlæg, idet sidstnævnte gruppe af vandløb har en lidt højere gennemsnitlig koncentration af fosfor.

Tabel 5.1. Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total fosfor i 2010 (for naturvandløb dog 2008) i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse i parentes.

	Antal vandløb	Fosforkoncentration (mg P l ⁻¹) Gennemsnit af vandførings- vægtede årsmiddelværdier	Arealkoefficient (kg P ha ⁻¹)
Naturvandløb	9	0,06 (0,03)	-
Landbrug og punktkilder	50	0,14 (0,06)	0,47 (0,19)
Landbrug uden punktkilder	75	0,11 (0,04)	0,31 (0,16)

Figur 5.1. Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2010. Vandføringsvægtede års-middelværdier.

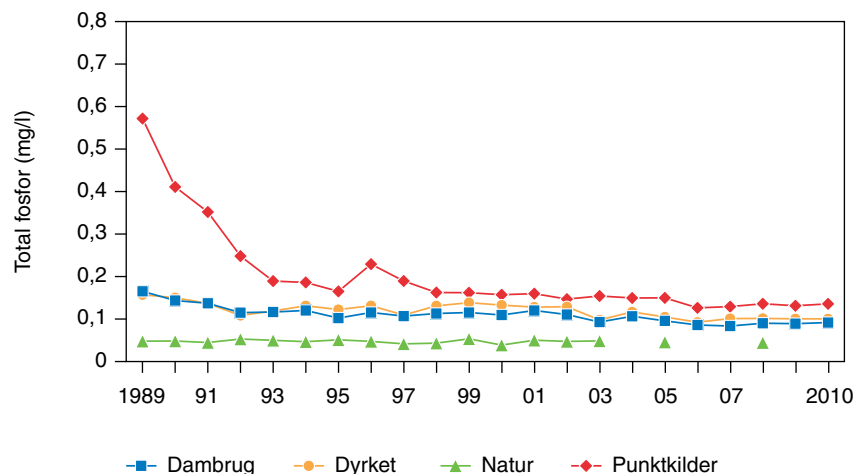


Høje koncentrationer af fosfor optræder især i det tæt befolkede Nord-sjælland (figur 5.1), men også i den øvrige del af Sjælland er der fundet relativt meget fosfor i vandløbene, idet den store befolkningstæthed giver anledning til forholdsvis store udledninger fra renseanlæg og spredt bebyggelse. Samtidig er der generelt mindre afstrømning og dermed mindre vand til at fortynde med i de sjællandske vandløb (figur 2.2). I de mere tyndt befolkede egne i Midt- og Vestjylland, hvor afstrømningen generelt også er større, er der lavere koncentrationer af fosfor.

5.2 Udviklingen siden 1989

Koncentrationen af total fosfor i punktkildebelastede vandløb er faldet markant gennem første halvdel af 1990'erne og er nu kun lidt højere end i dyrkningspåvirkede vandløb (figur 5.2 og tabel 5.2). Faldet skyldes de foranstaltninger, der er sat i værk for at reducere forureningen fra byspildevand og industrielle udledere, både i forbindelse med Vandmiljøplanen og regionale tiltag. I dambrugspåvirkede vandløb er fosforkoncentrationen også faldet signifikant som følge af formindskede udledninger fra dambrug. I naturvandløb er der ingen signifikant ændring. I vandløb i dyrkede områder er der forskelligt rettede ændringer, men en klar overvægt af vandløb i hvilke, der forekommer fald i koncentrationen. Regionale forskelle er ikke testet.

Figur 5.2. Udvikling i fosforkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991.



Tabel 5.2. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall og Senn's trend estimator) af udviklingstendenser for vandføringskorrigerede koncentrationer af fosfor. Middelværdier $\pm$ 95 % konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Alle vandløb omfatter et antal vandløb udover de 4 nævnte typer.

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration	Procentvis ændring i transport
Natur	7	0	0	0 ± 10	2 ± 13
Dyrket	38	18	2	-14 ± 9	-16 ± 8
Punktkilder	78	71	0	-46 ± 5	-44 ± 5
Dambrug	15	11	0	-24 ± 11	-31 ± 12
Alle	166	118	3	-34 ± 4	-34 ± 4

6 Kvælstofbelastning af havet

Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Ane Kjeldgaard, Brian Kronvang, Søren Erik Larsen, Niels Bering Ovesen & Hans Thodsen

Kvælstofbelastningen (dvs. kvælstoftilførslen) er i dette kapitel opgjort for 2. og 3. ordens kystafsnit, jf. oplandene på kortene fig. 6.1 – 6.3.

6.1 Datagrundlag og metoder

Til beregning af den samlede tilførsel af total-kvælstof fra land er der for perioden 1990-2007 anvendt data fra 118 målestationer, hvorfra der foreligger måledata for hele perioden. I 2008-10 er 6 af disse stationer (alle beliggende i Nordjylland) udgået. Det areal, som derved er dækket af målestationer, er dermed reduceret fra 21 478 km² til 21 131 km², svarende til 49 % af Danmarks areal. Der er dog for Simsted å i Nordjylland anvendt måledata fra mere nedstrøms beliggende stationer (DMU nr. 170007, 170005) end den hidtidigt anvendte målestation (DMU nr. 170004). Derved er det målte areal blevet ca. 200 km² større, end hvis hidtidig målestation stadig havde været anvendt.

For resten af landets areal, det såkaldt umålte opland, er afstrømningen af total-kvælstof beregnet ved brug af simple modeller for udledning og omsætning af kvælstof. En nærmere dokumentation for metoden er givet i Windolf m.fl. (2010, 2011). Det er tidligere påvist (Bøgestrand m.fl. 2009), at den anvendte metode generelt overestimerer kvælstofkoncentrationerne i det vestlige Danmark og med tendens til underestimering i den østlige del af landet.

For den del af landet, der afstrømmer til de i Vandplanerne såkaldte V1-fjorde, er der forsøgt foretaget korrektioner for ovennævnte modelbias. Korrektionerne er foretaget i 2 trin. Først er der sket en oplands- og månedsspecifik opretning af de modellerede koncentrationer af kvælstof for V1-oplande, hvor der også har været måledata fra vandløb. Disse korrektioner er antaget også at være gældende for de umålte oplande til de enkelte V1-fjorde. Dernæst er undersøgt, om der for de målte oplande har kunnet påvises en signifikant udvikling over tid for modelresidualerne. Har dette været tilfældet i mindst 9 af årets 12 måneder over perioden siden 1990, er der foretaget en korrektion af denne 'trend-residual' i modellerede data. Korrektionen er udledt oplandsspecifikt for de enkelte fjord-oplande's målte oplande og antaget at kunne overføres til de umålte oplande. Der er således foretaget en korrektion for 'trend-residual' i oplandet til Mariager Fjord (opland 36) samt enkelte deloplande (371, 372, 374, 376) til Limfjorden. Disse korrektioner er nærmere beskrevet i (Windolf m.fl. 2011, u. udarb.). Ud af et totalt umålt areal på 21.624 km² er der således foretaget en generel biaskorrektion for 8.764 km². Heraf er yderligere foretaget en 'trend'-korrektion for kvælstofafstrømningen fra 2.502 km² umålt opland.

For de 118 målestationer er der anvendt månedlige vand- og stoftransporter, som er beregnet af amterne/miljøcentrene/Naturstyrelsens regionale enheder.

Data for udledninger af spildevand fra punktkilder er sammenstykket af de data, som Fagdatacentret for hydrologiske punktkilder (tidligere Miljøstyrelsen, nu under Naturstyrelsen) gennem årene har leveret.

For rensningsanlæg, særskilte industrielle udledere og ferskvandsdambrug er udledningerne knyttet til et punkt. Regnvandsbetingede udledninger er derimod knyttet til et opland, enten et opland til en vandkemisk målestation eller til et 4. ordens kystafsnit. Udledninger fra saltvandsbaserede fiskeopdræt er knyttet til et 4. ordens farvand. Spredt bebyggelse har indtil 2009 været knyttet til et opland ligesom regnvandsbetingede udledninger, men er i 2010 knyttet til punkter i form af enkelte ejendomme.

Der er en del problemer med de tilgængelige spildevands-data. Således mangler data for begyndelsen af 1990'erne for regnvandsbetingede udledninger og udledninger fra saltvandsbaserede fiskeopdræt. For perioden omkring kommunalreformen (2005-2007) mangler der enten data, eller også er de af relativt dårlig kvalitet eller har ikke kunnet frembringes på enkeltudleder niveau. Dette er desværre tilfældet for alle typer af punktkilder. Fagdatacentret for Ferskvand har derfor i dialog med Fagdatacentret for Hydrologiske Punktkilder foretaget omfattende viderebehandling af data for at opnå en fuld tidsserie med god geografisk distribution.

For at opnå en konsistent tidsserie for spildevand, er der foretaget "huludfyldning" af de manglende data. I de tilfælde hvor der mangler oplysninger fra begyndelsen af 1990'erne, er det antaget at udledningerne har været af samme mængde som den tidligst kendte udledning; tidsserien er så at sige blevet forlænget bagud. Hvis der modsat ikke forefindes tal på udledningen fra et givet anlæg fra et år X og fremefter, antages det at anlægget er nedlagt. Manglende værdier midt i tidsserien er udfyldt ved interpolation.

Udledningerne fra spredt bebyggelse og regnvandsbetingede udledninger er "manipuleret" for at opnå en bedre geografisk distribution som kan bruges i det samlede modelkoncept. For spredt bebyggelse er det sket ved at udnytte den geografiske distribution for 2010 på enkeltejendomme kombineret med viden fra tidligere år om den samlede udledning. Der er for hvert 1. ordens kystafsnit beregnet et indeks for hvert år, som er brugt til at estimere udledningen fra hver enkelt ejendom gennem hele tidsserien. Dermed kan udledningerne aggregeres på et vilkårligt geografisk niveau gennem alle årene. For regnvandsbetingede udledninger er udledningerne inden for hvert 2. ordens kystafsnit omdistributed proportionalt med det befæstede areal inden for det pågældende opland. Dermed opnås et kvalificeret estimat af udledningen indenfor hvert af de mindste regnetekniske oplande som indgår i modellen.

Visse anlæg udleder direkte til havet. Det drejer især om større renseanlæg, særskilte industrielle udledere og saltvandsbaserede fiskeopdræt. De eksisterende angivelser af, hvor vidt et anlæg udleder direkte til ha-

vet, er desværre fejlbehæftede. Derfor er det besluttet at definere direkte udledninger således, at hvor koordinaterne for udledningspunktet enten ligger ude i havet eller på land højst 100 meter fra kystlinien. Metoden er brugt til renseanlæggene og de industrielle udledere. Ferskvandsdambrug og spredt bebyggelse er konsekvent betragtet som udledere til oplandet, mens regnvandsbetingede udledninger med den valgte metode ikke kan fordeles på udledning direkte til havet og udledning til oplandet. Saltvandsbaserede fiskeopdræt betragtes konsekvent som direkte udledere til havet.

De tilgængelige spildevandsdata omfatter alene udledninger på årsbasis. Hvor der har været behov for at anvende månedsudledninger, er det antaget, at disse har været ens hele året igennem. Endelig skal det bemærkes, at spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse er indregnet under den diffuse kvælstofudledning.

For en udtømmende beskrivelse af håndteringen af spildevandsdata henvises til Bøgestrand 2011 (under udarbejdelse).

Der er for de modelberegnete kvælstofretentioner i større søer med afløb/tilløb også sket en mindre ændring i den metodiske tilgang. For søer uden oplysninger om middeldybde er tidligere antaget en N-retention på 30% af tilført N. I stedet anvendes nu for disse søer en middeldybde på 2,1 m. Sammen med den tilgængelige information om de enkelte søers overflade areal kan sø-volumen overslagsmæssigt estimeres og opholdstiden for den enkelte sø beregnes. Denne opholdstid indgår således som variabel i den anvendte empiriske N-retentionsmodel. Det vurderes, at der ved denne tilgang estimeres en mere nøjagtig N-retention for gruppen af søer uden opgivet middeldybde.

For første gang er der forsvundet en sø (Karlsgrunde sø) i 2010. Generelt bemærkes i øvrigt, at det tilgængelige datagrundlag om omfang og retentions-effekt af reablerede vådområder – herunder ny søer – er ufuldstændigt. Specielt er grundlaget ikke opdateret i de senere år.

6.2 Afstrømningen af kvælstof til havet i 2010

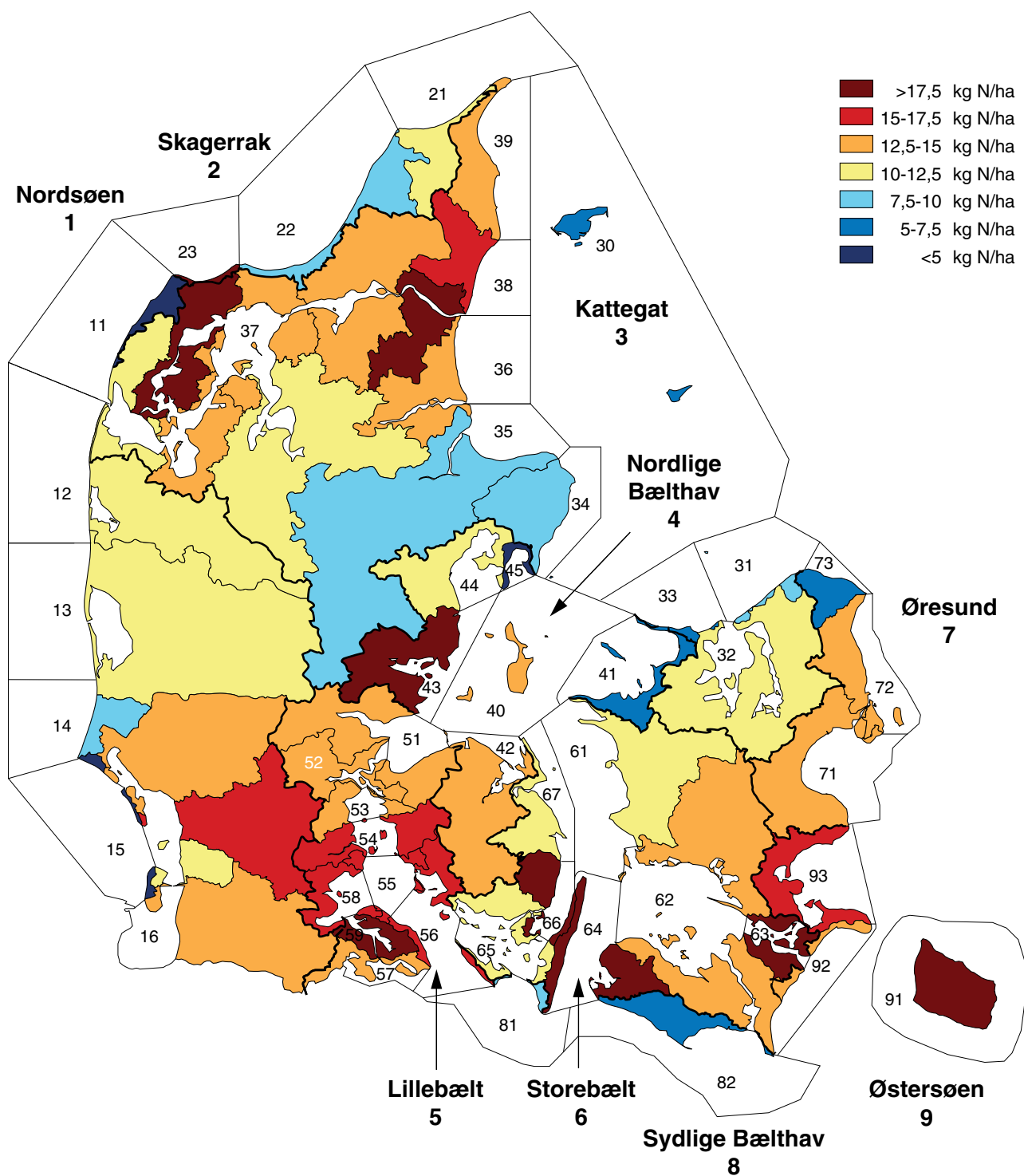
For hele 2010 blev der i alt beregnet en tilførsel af godt 55.000 tons total-kvælstof fra land til kystafsnittene omkring Danmark. Denne tilførsel er 28 % mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2009. Samtidig var vandafstrømningen i 2010 på 323 mm stort set af samme størrelse som gennemsnittet for 1990-2009 (320 mm).

Tabet af total-kvælstof pr. ha opland var i 2010 omkring 7,5-12,5 kg N/ha i store dele af landet (figur 6.1). I enkelte oplande var tabet til de kystnære vandområder dog mindre, fx i Gudenå-systemet. Her sker der via vandsystemets mange søer en væsentlig fjernelse af det udledte kvælstof, inden vandet løber ud i Randers Fjord (figur 6.1). Relativt store oplandstab af kvælstof forekom i 2010 i store dele af oplandet til Limfjorden, fra oplandene i det sydlige Jylland, nordlige og vestlige Fyn samt dele af Sydsjælland og Lolland-Falster (figur 6.1).

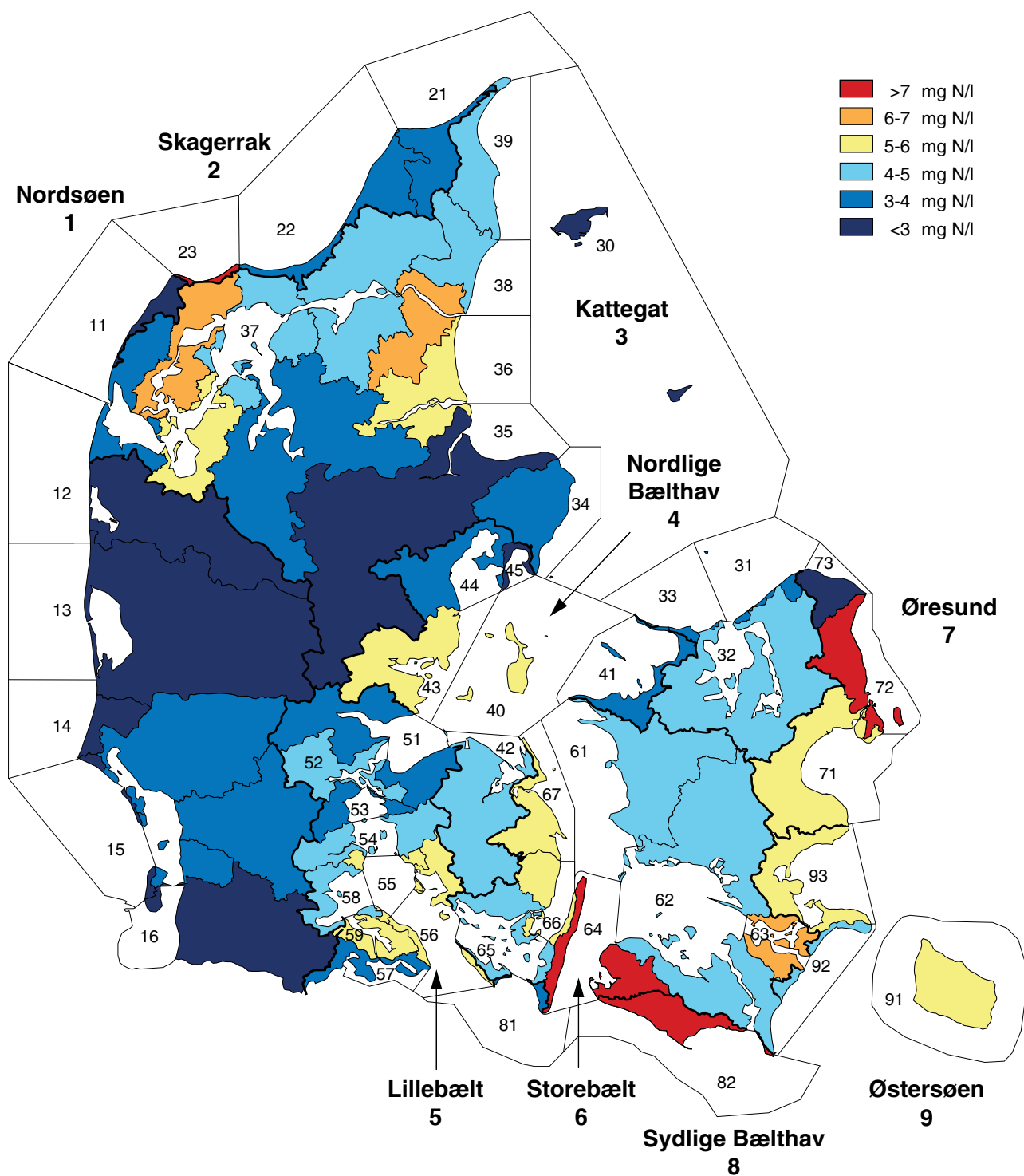
Indholdet af total-kvælstof i det afstrømmende vand var generelt noget højere i det østlige Danmark end i Jylland (figur 6.2). Således var koncen-

trationer i Jylland de fleste steder under 3 mg N/l og typisk over 4 mg N/l på Fyn, Sjælland og øvrige øer. I Jylland var koncentrationerne i det afstrømmende vand til Limfjorden og Mariager fjorde samt enkelte andre oplande i den østlige del over 4 mg N/l. De generelt lavere koncentrationer i Jylland – især i den vestlige del - forklares af, at der på sande jorder sker en betydelig nedsivning af kvælstofholdigt vand mod grundvandet. Under vandets vej omsættes kvælstoffet til gasformigt kvælstof, der tilføres atmosfæren. Det vand, der efterfølgende når frem til vandløbene er således ofte kvælstoffattigt og de samlede koncentrationer i vandløbene bliver derved relativt lave. Det modsatte er tilfældet på de lerede jorder, som typisk findes i det østlige Danmark. Her er der en højere grad af overfladenær vand-afstrømning, og der sker derfor en mindre omsætning og reduktion af det kvælstof, der afstrømmer fra landarealerne. Resultatet heraf er generelt højere koncentrationer af kvælstof i vandløbene i sådanne områder.

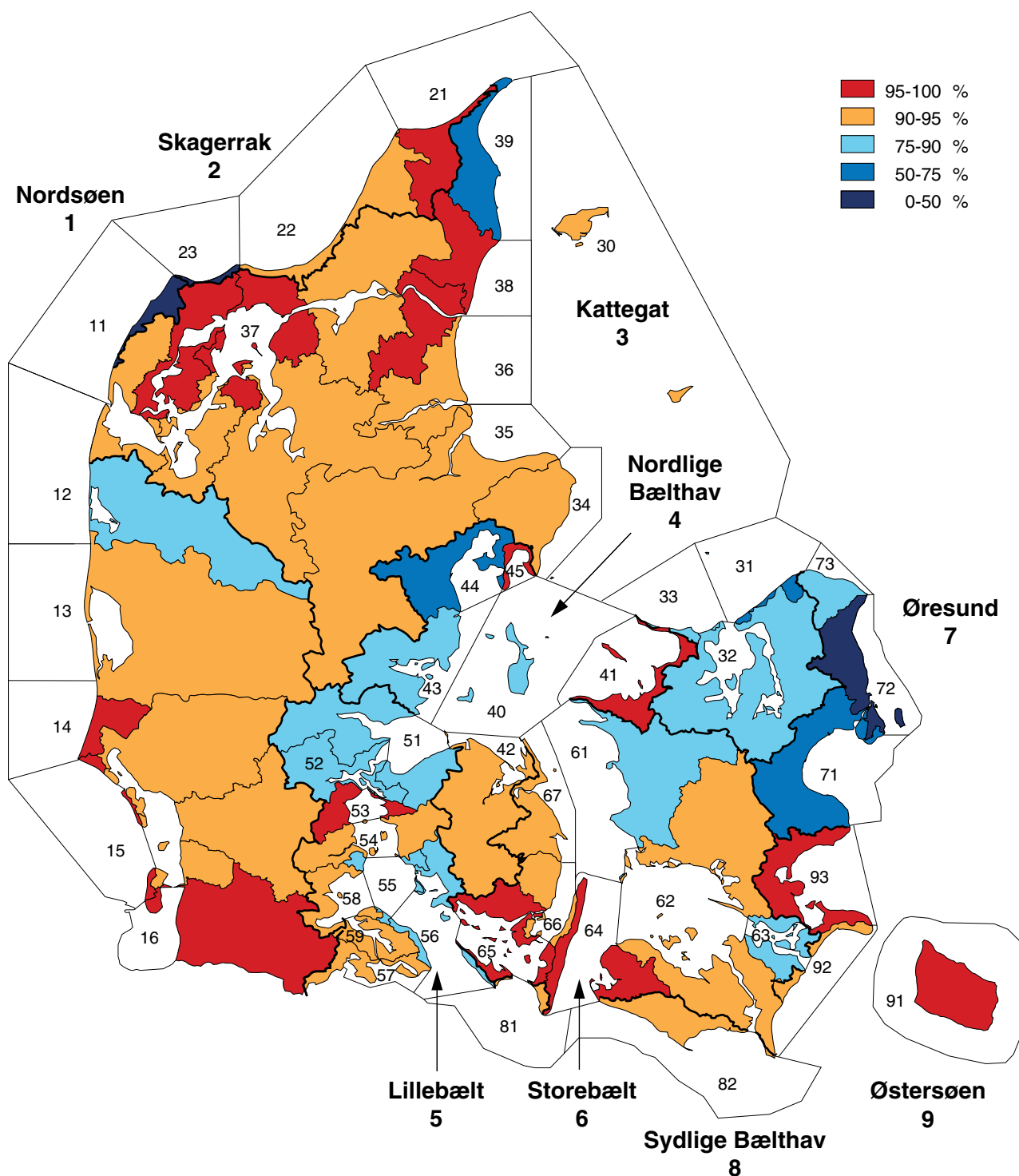
De diffuse kilders andel af den samlede kvælstoftilførsel til kystområderne varierede – som i tidligere år - noget fra landsdel til landsdel. De diffuse kilder omfatter primært tilførsler fra såvel dyrkede som udyrkede jorder, men også i mindre omfang udledninger af spildevand fra spredt liggende ejendomme uden for de offentlige kloaksystemer. De diffuse kilder var derfor mindst betydende omkring de større byer og størst i de åbne landområder (figur 6.3). I hovedparten af Jylland bestod den samlede kvælstofafstrømning således altovervejende af den diffuse afstrømning fra dyrkede og udyrkede arealer (>90 %). På Sjælland og specielt i Storkøbenhavn var den diffuse andel noget mindre, fordi byernes spildevandsudledninger her er relativt mere betydende. For landet som helhed var den samlede udledning af total-kvælstof fra punktkilder (dvs. rensesanlæg knyttet til bymæssig bebyggelse, dambrug, virksomheder) på 5.400 tons i 2010, mens den diffuse udledning udgjorde knap 50.000 tons svarende til en fordeling på henholdsvis 10 og 90 % af den totale kvælstoftilførsel til kystområderne.



Figur 6.1. Tab af total kvælstof fra oplandene til kystområderne i 2010.



Figur 6.2. Kvælstofbelastning af kystområderne i 2010 angivet som vandføringsvægtede koncentrationer.



Figur 6.3. Diffus andel af den totale kvælstoftilførsel til kystområderne i 2010

6.3 Sæsonvariation i vand- og kvælstofafstrømning

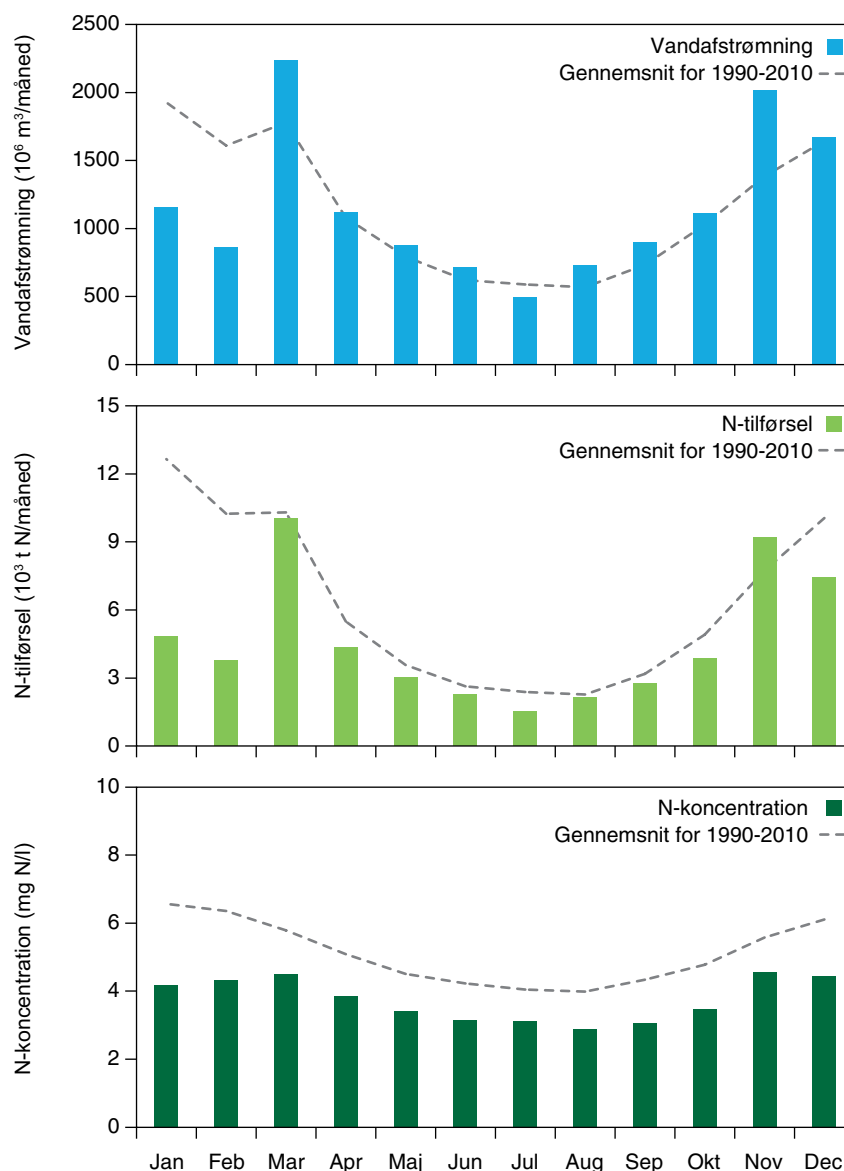
I 2010 var vandafstrømningen til havet omkring Danmark meget tæt på gennemsnittet for hele perioden 1990-2010 (figur 6.4, se også kapitel 2). Der var dog betydelige afvigelser i forhold til gennemsnittet i de frostkolde måneder januar og februar, hvor vandafstrømningen var lav. Omvendt var afstrømningen større end normalt i marts (tø) og november (stor nedbør). Kvælstofafstrømningen var i alle måneder i 2010 – bortset fra november – markant mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2010 (figur 6.4 midt). Dette kan forklares ved, at kvælstofkoncentratio-

nerne i det afstrømmende vand for alle måneder var betydeligt mindre end gennemsnittet for perioden (figur 6.4, nederst).

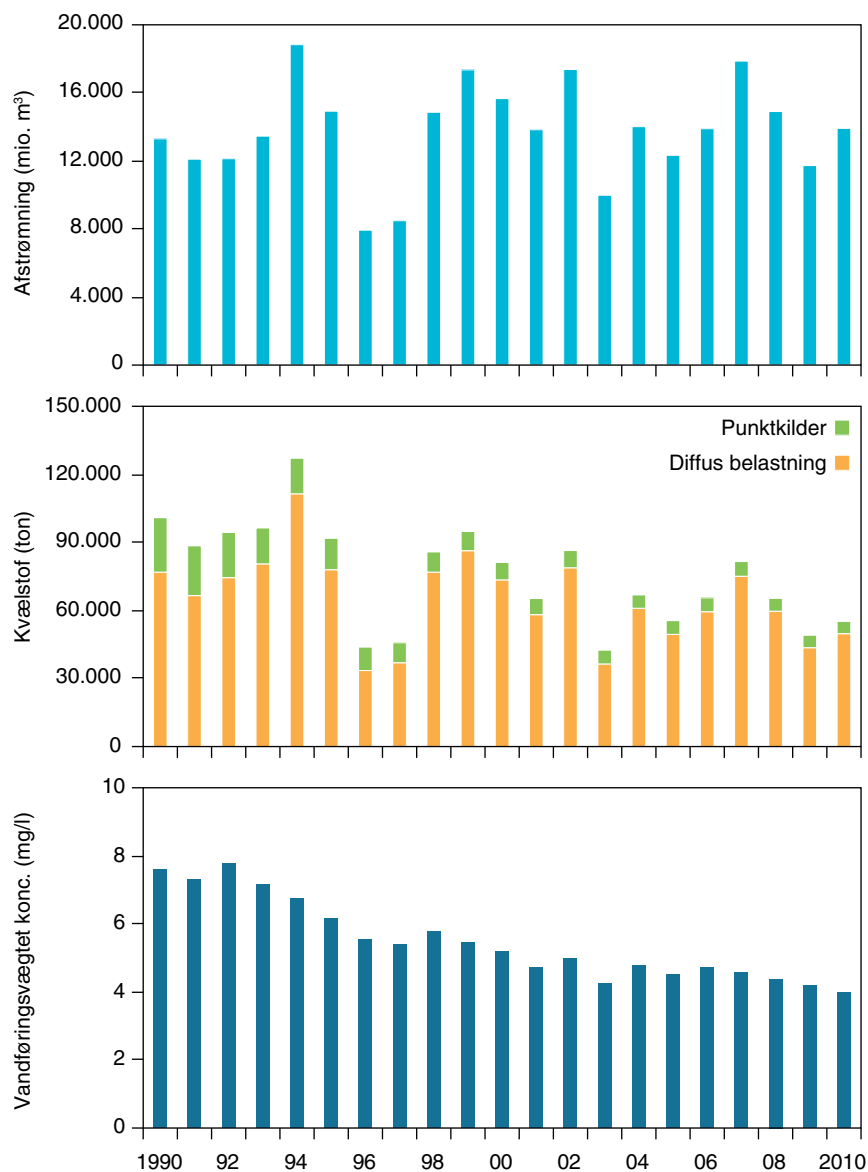
6.4 Udviklingen i kvælstofafstrømning

Variationen i de årlige samlede kvælstoftilførsler til kystvandene følger i udpræget grad variationen i vandafstrømningen (figur 6.5). Det ses dog også klart af figuren, at kvælstoftilførslen generelt har været faldende siden 1990. Faldet har specielt været tydeligt, når der ses på udviklingen i den vandføringsvægtede koncentration af total-kvælstof (figur 6.5, nederst). Koncentrationerne er således faldet fra et niveau på omkring 7-8 mg N/l i starten af 1990'erne til i de senere år at variere mellem 4,0 og 4,4 mg N/l. Koncentrationen på 4,0 mg N/l i 2010 er den lavest målte/beregnete værdi for hele perioden siden 1990. Størstedelen af faldet forklares af en reduktion i de landbrugsrelaterede diffuse udledninger af kvælstof (figur 6.5, midt).

Figur 6.4. Månedsvis vandafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midterst) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark (nederst) i 2010 og som gennemsnit for perioden 1990-2010.



Figur 6.5. Udvikling i ferskvandsafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midterst) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark (nederst), 1990-2010. Kvælstoftilførslen er fordelt på diffuse kilder (inkl. spildevand fra spredt bebyggelse) og spildevand fra punktkilder.



Den gennemførte forbedrede spildevandsrensning har dog også bidraget signifikant til den samlede reduktion i kvælstoftilførslerne. Således er udledningerne af kvælstof med spildevand fra punktkilder gennem perioden reduceret med 15-20.000 tons. I 2010 udgjorde spildevandsudledninger fra punktkilder ca. 10% af de samlede kvælstoftilførsler fra land til havet omkring Danmark mod typisk 20-25% i starten af 1990'erne.

En nøjere statistisk analyse (Mann-Kendall trend test, tabel 6.1) viser, at der reelt er tale om et signifikant fald i den vandføringsvægtede koncentration af total-kvælstof i den samlede afstrømning til havet. Faldet estimeres til 51 % gennem perioden, (95 % konfidensgrænser: -39/-61 %). Netop udviklingen i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration er et godt mål for den reelle udvikling i kvælstofafstrømningen, fordi der delvist tages højde for betydningen af de store naturlige år til år udsving i vandafstrømning. Også for hvert af de 9 farvandsområder kan der konstateres et signifikant fald i kvælstofkoncentrationen (tabel 6.1). For hele landet faldt de vandføringsvægtede koncentrationer i den diffuse tilførsel ligeledes signifikant. Faldet i det diffuse koncentrationsbidrag esti-

meres på landsplan til 41 % i perioden 1990-2010, (95 % konfidensgrænser: -32/-53 %). I oplandene til farvandsområderne varierede de beregnede fald i det diffuse koncentrationsbidrag mellem 37 og 52 %.

Det bemærkes, at der for kvælstofafstrømningen fra det umålte opland delvist er søgt korrigeret for bias i den anvendte DK-QN model for kvælstofkoncentrationer i vand udledt til vandløb i umålte oplande (se afsnit 6.1). Der er således søgt korrigeret for evt. modelbias i 8.800 km² umålt opland (20% af landets areal). For det resterende umålte opland (ca. 30% af landets areal) er den anvendte model ikke søgt korrigeret. Den foretagne korrektion er at betragte som en 'nødløsning'. Korrektionen hviler blandt andet på den antagelse, at en påvist, relativ modelbias i et målt opland kan antages at kunne overføres til nedstrøms beliggende umålte oplande. Denne antagelse er givetvis ikke korrekt i alle oplande. Eksempelvis vil forskelle i kvælstofretention i søerne i målt og nedstrøms umålt opland kunne påvirke antagelsens validitet. Faktisk er dette påvist for et enkelt fjordopland: Således simuleres (via modellen) den samlede kvælstofafstrømning til Roskilde Fjord fra det samlede målte opland, der inkluderer Arresø, med en ret stor afvigelse fra den ukorrigerede DK-QN model. Undtages imidlertid måledata fra afløbet fra Arresø, er der til gengæld ganske fin overensstemmelse mellem målt og modelleret kvælstofafstrømning. I dette – og kun dette - tilfælde er det derfor valgt at basere bias-korrektion for umålt opland til Roskilde Fjord på model-residualer fra en delmængde af det samlede opland, nemlig fjordens opland eksklusive afløbet fra Arresø.

Tabel 6.1. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og i den diffuse tilførsel af kvælstof til kystområderne for perioden 1990–2010. Resultaterne er angivet som procentvis ændring i forhold til et estimeret niveau for 1990. Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer. Tallene i parentes angiver 95 % konfidensinterval. Alle udviklinger er signifikante på 5 %-niveau.

Farvandsområde	Kvælstof	
	Diffus tilførsel % ændring	Samlede tilførsel % ændring
Nordsøen	-37	-44
Skagerrak	-48	-68
Kattegat	-32	-39
Nordlige Bælthav	-52	-54
Lillebælt	-49	-55
Storebælt	-49	-50
Øresund	-48	-81
Sydlig Bælthav	-37	-38
Østersøen	-42	-52
Danmark	-41 (-53;-32)	-51 (-61;-39)

Der er således, som allerede fremhævet i Wiberg-Larsen m.fl. (2010), behov for at forbedre beregningerne for umålte oplande. Ganske vist har den bagvedliggende model for kvælstofkoncentrationer i det afstrømmende vand til vandløb (DK-QN) en ganske god simuleringsevne i mange oplande (Windolf et al., 2011). Der er dog klart behov for forbedringer af modellen. Det bør desuden bemærkes, at der for vandafstrømningen fra umålte oplande også er tale om en vis, men betydende usikkerhed. Afstrømningen fra umålt opland er således delvist baseret på modellerede data ud fra den nationale vandressource model. Denne foreligger nu i en opdateret version, og der pågår et arbejde med at ind-

drage modelkørsler fra denne nye modelversion i DK-QN modellen. Alt sammen sigter mod mere præcist og geografisk differentieret at kunne estimere vandafstrømningen fra de umålte oplande. Dette vil naturligvis også skabe forudsætning for bedre og mere præcise estimater af kvælstofafstrømningen fra umålte oplande.

6.5 Kilder til transport af og tilbageholdelse af kvælstof

I tabel 6.2 er vist nøgletal for kilderne til kvælstoftransporten, den beregnede kvælstofretention (tilbageholdelse/nitratreduktion), samt den samlede tilførsel til kystvandene. Tallene er opgjort for 2010 og sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1990-2009. Desuden er der foretaget en opdeling på det målte og det umålte opland. I tabellen indgår såvel målte som modellerede værdier for det målte opland. Der henvises til Windolf m.fl. (2011) og Wiiberg-Larsen m.fl. (2010) for en nærmere beskrivelse af den metodiske tilgang og de anvendte forudsætninger for beregningerne.

Ses indledningsvist på tallene for det målte opland (1990-2009), er der med den empiriske model for kvælstofudledning til overfladevand beregnet en bruttoudledning fra diffuse kilder på 53.400 tons N/år og en samlet kvælstofretention i overfladevand på 11.600 tons N/år. Dermed fås en modelberegnet kvælstoftilførsel fra diffuse kilder for det målte opland på 41.800 tons N/år beregnet som differencen mellem bruttoudledningen og retentionen i overfladevand. Den samlede målte transport af total-kvælstof fra det målte opland er som gennemsnit i perioden beregnet til 36.000 tons N/år. I denne målte transport indgår en relativt mindre mængde kvælstof udledt med spildevand fra punktkilder i det målte opland (3100 t N/år). Trækkes denne spildevandsmængde fra den målte kvælstoftransport, fås en estimeret kvælstoftransport fra diffuse kilder i det målte opland på 32.900 tons N/år. Dette er 8900 tons N/år mindre end den modelberegnete transport på 41 800 tons N/år (1990-2010). Den anvendte model overestimerer således på landsplan den samlede kvælstoftransport fra det målte opland med ca. 28 %. Imidlertid er der for oplande til de såkaldte V1-fjorde (Vandplaner) foretaget en korrektion for model bias. Denne korrektion betyder, at den korrigerede modellerede diffuse kvælstoftransport for hele landets målte areal for 1990-2009 reduceres fra 41 800 t N/år til 38.000 t N/ år, altså noget tættere på den målte diffuse N transport på 32.900 ton N/år. For det umålte opland betyder disse korrektioner, at den modellerede diffuse N transport her for perioden 1990-2009 reduceres fra 34.200 til 32.900 t N.

For 2010 er den ukorrigerede modelberegnete diffuse kvælstoftransport (26.800 t N) tættere på den målte diffuse transport (24.700 t N).

Tabel 6.2. Nøgletal for kilder, transport og tilbageholdelse af kvælstof, 1990-2010.

Kvælstof, 1990-2010	1990-2009			2010		
	10 ³ t N/år a (målt areal)	10 ³ t N/år c (umålt areal)	10 ³ t N/år Danmark	10 ³ t N/år b (målt areal)	10 ³ t N/år d (umålt areal)	10 ³ t N/år Danmark
Udvaskning fra rodzonen						
Udvaskning dyrket areal, 10 ³ t N/år (1)			204			
Udvaskning udyrket areal, 10 ³ t N/år (1)			8			
Samlet N-udvaskning, 10³ t N/år			212			
Brutto diffus udledt, 10³ t N/år (model **)	53,4	43,9	97,3	37,1	33,8	70,9
Retention små søer	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5
Retention, store søer	5,2	2,5	7,7	3,9	1,9	5,8
Retention små vandløb (<2m)	1,9	2,4	4,3	1,9	2,4	4,3
Retention, vandløb (> 2m)	4,2	4,4	8,6	4,2	4,5	8,7
Retablerede vådområder (2)	0,02	0,01	0,0	0,01	0,01	0,0
Retention, oversvømmelse i ådale	0,14	0,11	0,3	0,14	0,11	0,2
Total retention, 10³ t N/år	11,6	9,7	21,4	10,3	9,2	19,5
Model. transport (diffus) 10 ³ t N/år	41,8 **	34,2 **	76,0	26,8 **	24,6 **	51,4 **
Målt transport 10 ³ t N/år	36,0			26,5		
- heraf spildevand fra punktkilder	3,1			1,7		
Målt transport (diffus) 10 ³ t N/år	32,9			24,7		
Afgivelse (model-målt)/målt %	28%			8%		
Anvendt transport (diffus) 10³ t N/år (3)	32,9	32,9 *	65,8	24,7	25,0 *	49,7
+ Spildevand (4)	3,1	2,1	5,2	1,7	1,3	3,0
+ Spildevand, direkte til havs (4)		5,5	5,5		2,4	2,4
N tilførsel til marint vand, 10³ t N/år	36,0	40,5	76,5	26,4	28,7	55,1
<i>Total retention (5)</i>			145			
<i>Retention i grundvand (5)</i>			124			
<i>Retention i overfladevand (5)</i>			22			

(1) Beregnet ved antaget gennemsnitsklima for 1990-2005 under anvendelse af 3 forskellige udvaskningsmodeller. Nettovandbalancen for det dyrkede areal for to af disse modeller er som gennemsnit for perioden 395 og 375 mm. For landet som helhed er antaget en nettovandbalance på 309 mm og for det udyrkede areal ca. 175 mm/år

(2) Den anførte retention omfatter IKKE retention i nyanlagte større søer (disse er medtaget under posten: store søer). Ufuldstændigt datagrundlag

(3) For 1990-2009 modelberegnes for det målte opland en N-transport fra diffuse kilder på 41800 t N/år, men der måles en transport på 36000 t. I det målte opland udledtes i snit 3100 t N med spildevand, og fratrækkes dette den målte transport fås et estimat på 32900 t N for målt transport fra diffuse kilder af N. Det er naturligvis denne målte transport, der **anvendes** i de videre beregninger (tillægges spildevand og bidrag fra umålt opland). For umålt opland er det den modelberegnete korrigerede N transport fra diffuse kilder, der anvendes og tillægges bidrag fra spildevand (til vandløb og direkte til marint vand). For ca. 8.800 km² umålt opland er der søgt at korrigere den modelestimerede diffuse kvælstoftransport (se tekst)

(4) I den nuværende opsætning af beregningsprogram til kildeopsplitning indregnes ingen retention af det udledte spildevand.

(5) Beregnet som N-udvaskning fra rodzonen – kvælstoftransport (diffus). Retention i overfladevand er særskilt estimeret. Rest-retention antages at være reduktion i grundvand.

*) Korrigeret værdi. Dvs korrigerede værdier for V1 fjordes umålte opland er anvendt i stedet for estimatet fra rå, ukorrigeret model. Se tekst.

**) Ukorrigeret model. Indregnes de korrigerede værdier fra oplande til V1 fjordes fås i stedet 38.000 t N for målt oplands diffuse N transport i 1990-2009.. Altså tættere på målt diffus N-transport. For 2010 er der ingen betydende forskel på korrigeret og ukorrigeret modelleret N transport målt opland.

a) Vandafstrømning: 7,75 10⁹ m³ (362 mm); b) 7,5 10⁹ m³ (357 mm); c) 6,0 10⁹ m³ (277 mm); d) 6,4 10⁹ m³ (291 mm);

En overordnet sammenkædning af de beregnede data for udledning, retention og transport af kvælstof for perioden 1990-2009 kan sammenfattes således (jf. tabel 6.2):

- Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen (nitrat-N) under dyrkede og udyrkede arealer er beregnet til 212.000 tons N/år.
- Retentionen i overfladevand er beregnet til ca. 22.000 tons N/år (svarende til 10 % af det udvaskede kvælstof).
- De diffuse kilders andel af den samlede kvælstofafstrømning til kystvandene er for perioden beregnet til 86% (ca. 66.000 tons N/år).
- Kvælstofretentionen i grundvand kan overslagsmæssigt beregnes til 124.000 tons N/år (differencen mellem kvælstof udvaskning og summen af kvælstoftransporten fra diffuse kilder + retentionen i overfladevand). Kvælstofretentionen i grundvandet udgør derved 58 % af den samlede udvaskning fra rodzonen.

De beregnede data for 2010 kan tilsvarende kort opsummeres således (jf. tabel 6.2):

- Den samlede kvælstoftilførsel fra land til kystvandene er beregnet til 55.100 tons N/år. Heraf udgør kvælstof udledt med spildevand fra punktkilder ca. 5.400 tons N/år.
- Kvælstofretentionen i overfladevand er beregnet til 19.500 tons N/år.

7 Fosforbelastning af havet

Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Søren Erik Larsen og Niels Bering Ovesen,

7.1 Datagrundlag og metode

Fosforbelastningen er, som kvælstofbelastningen, opgjort for 2. og 3. ordens kystafsnit, jf. oplandene på kortene fig. 7.3 – 7.5. For ca. 49 % af Danmark er transporten opgjort direkte ved hjælp af målestationerne (målte oplande). For den øvrige del af landet (umålte oplande) er belastningen beregnet ved hjælp af en model for den diffuse tilførsel, og resultaterne herfra er summeret med spildevandsudledningerne (fra renseanlæg, dambrug, industriudledninger) og derefter fratrasket retentionen i søer og naturlige vådområder. Den diffuse tilførsel omfatter dels tab af fra dyrkede og udyrkede jorder, dels udledninger af spildevand fra spredt liggende ejendomme i det åbne land (dvs. uden for kloakerede områder). Modellen for den diffuse udledning anvender data for jordtype, dyrkningsgrad, andel af vådområder, nedbør og baseflow som forklarende variable. Opgørelsesmetoder og modelberegninger er beskrevet i Ovesen m.fl. (2009).

Ved kildeopsplitningen er den samlede diffuse belastning angivet som differensen mellem totalbelastningen og spildevandsudledningerne. Det tilgængelige datasæt for spildevandsudledningerne (inkl. dambrug) er i forbindelse med årets rapportering justeret som beskrevet i kapitel 6.1.

Det bemærkes, at modellen for de diffuse udledninger af fosfor er udviklet på baggrund af data fra målestationer i små vandløbsoplande, hvor der har været intensiv, kontinuert prøvetagning og måling af fosforkoncentrationerne. Derimod er vandprøver fra de målte vandløbsoplande på de stationer, der indgår fra NOVANA's 'Havbelastningsstationer' indsamlet ved stikprøvetagning. Typisk er der her kun 18-24 vandkemiske prøvetagninger pr. år. Det er veldokumenteret, at efterfølgende beregninger af fosfortransporter på baggrund af enkeltprøver (stikprøver) typisk resulterer i beregnede transporter, der er mindre end den 'sande' fosfortransport - altså den transport, der kan beregnes ud fra en intensiv, kontinuert prøvetagning.

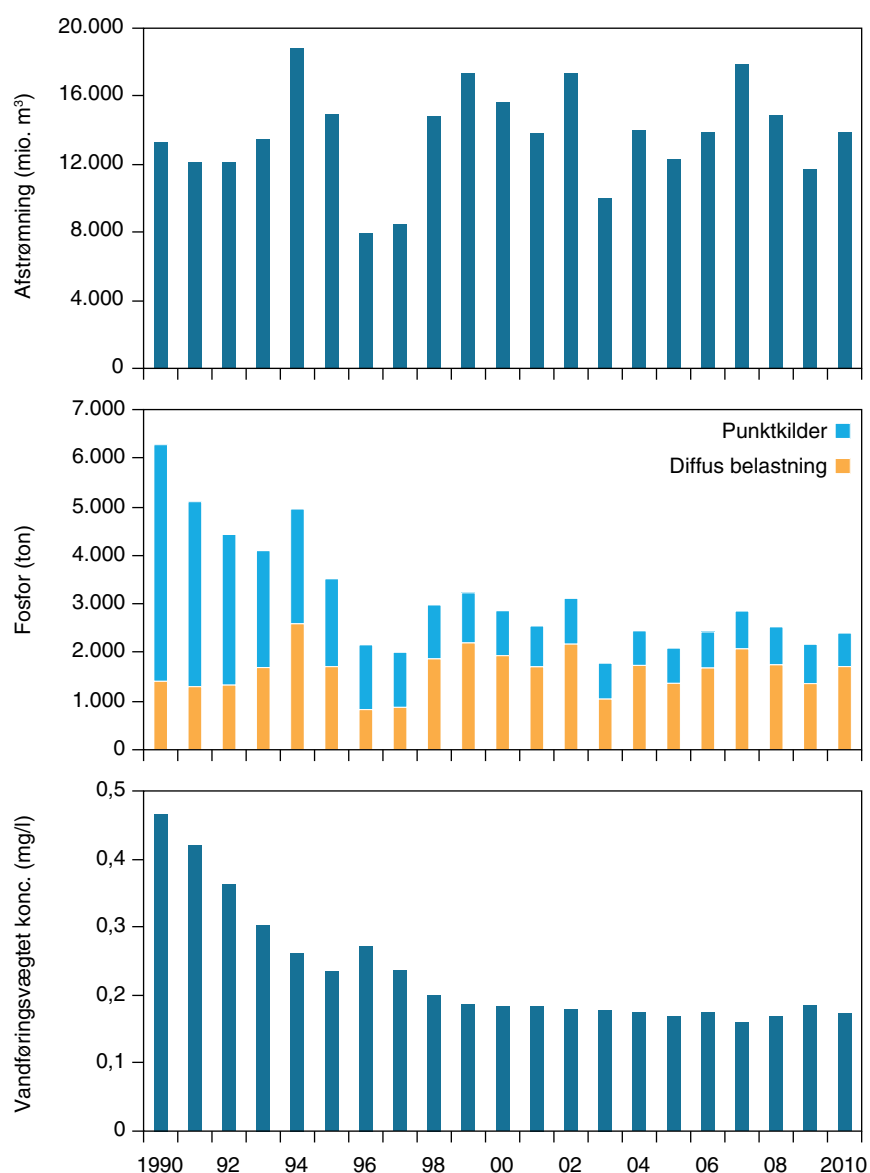
7.2 Fosfortilførsel til havet 2010

I 2010 blev der i alt beregnet en tilførsel af godt 2400 tons fosfor (P) til de danske farvandsområder (figur 7.1, midt). Dermed var fosfortilførslen 23 % mindre end gennemsnittet for perioden siden 1990. Der er altså sket et markant fald i de samlede fosfortilførsler til kystvandene siden 1990. Faldet forklares af den store reduktion i fosforudledningerne med spildevand gennem perioden (figur 7.1, midt), hvilket er en direkte effekt af den forbedrede rensning, som i forbindelse med den første vandmiljøplan blev iværksat omkring og umiddelbart efter 1990. De samlede udledninger af fosfor med spildevand fra punktkilder er således faldet fra omkring 4900 tons fosfor i 1990 til 700-800 tons fosfor de seneste år. Fos-

fortilførslerne fra diffuse kilder (dyrkede og udyrkede arealer, samt spildevand fra spredt bebyggelse) har derved fået relativt større betydning. De varierer – ligesom kvælstof - fra år til år med variationerne i den årlige vandafstrømning (figur 7.1, øverst).

Den markante reduktion i fosfortilførslerne ses specielt tydeligt i udviklingen i de vandføringsvægtede fosforkoncentrationer i den samlede vandmængde, der strømmer fra land til kystvandene omkring Danmark (figur 7.1, nederst). Koncentration blev i 2010 målt og beregnet til 0,173 mg P/l. De vandføringsvægtede fosforkoncentrationer har kun varieret lidt det seneste 10 år med et gennemsnit på 0,173 mg P/l (S.D.: 0,008 mg P/l). Heraf bidrog det udledte spildevand i 2010 med 0,050 mg P/l af den samlede fosforkoncentration. Udledninger fra diffuse kilder bidrog således med resten: 0,123 mg P/l. Det beregnede diffuse koncentrationsbidrag har – på landsplan - siden 1990 været ret konstant og svinget omkring et gennemsnit på 0,117 mg P/l (S.D.; 0,009 mg P/l). Det bemærkes, at der heri også indgår et bidrag for spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse, dvs. spildevand fra ejendomme i det åbne land, der ikke afleder spildevand til centrale renseanlæg. Dette bidrag regnes her som et diffust bidrag.

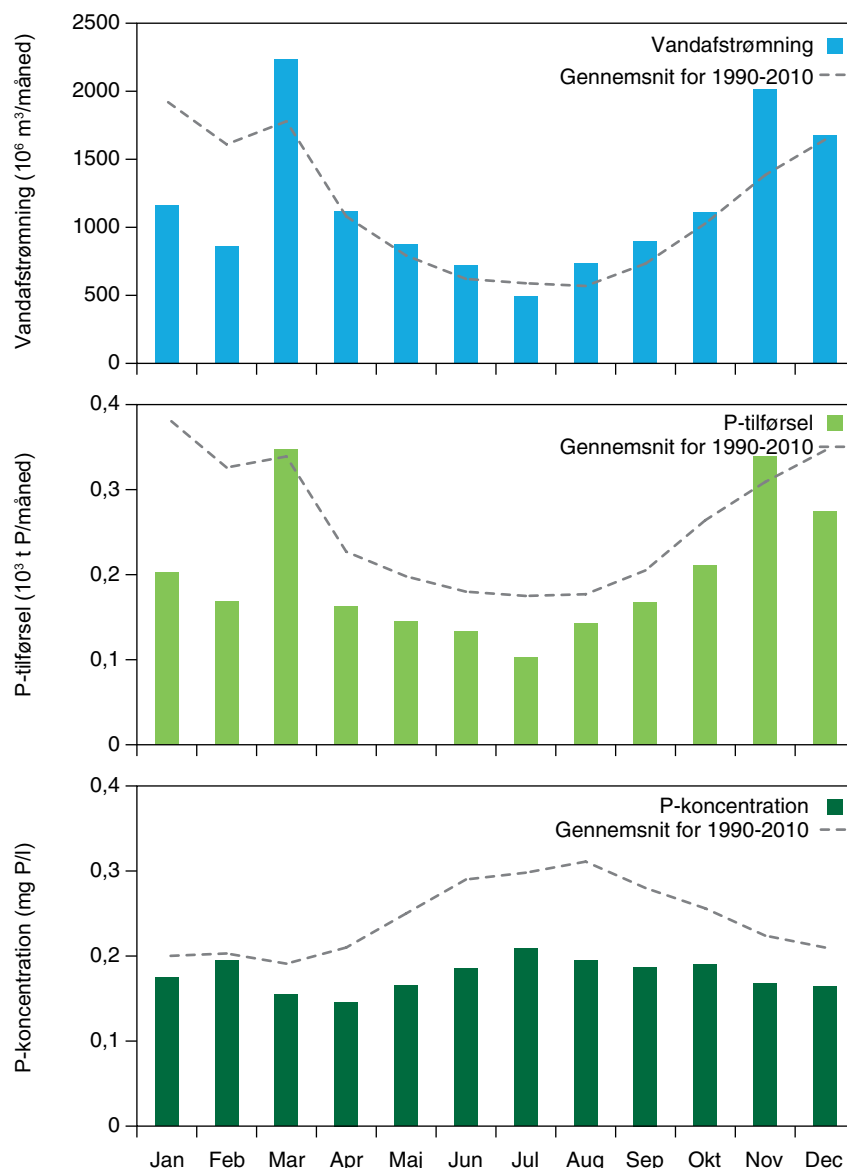
Figur 7.1. Ferskvandsafstrømning, samlet tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit og vandføringsvægtet fosfor koncentration for 1990 til 2010.



Hen over året 2010 var fosfortilførslerne i næsten alle måneder betydeligt mindre end gennemsnittet for perioden siden 1990 (figur 7.2, midt). Dog betød den relativt store vandafstrømning i marts og i november (figur 7.2, øverst), at fosfortilførslerne her blev lidt større end gennemsnittet for hele perioden. Det skyldes naturligvis, at den større vandafstrømning i disse måneder medførte en øget fosfortilførsel fra diffuse kilder.

Fosforkoncentrationerne i det afstrømmende vand fra land varierede hen over året 2010, men var – på grund af de reducerede spildevandsudledninger – i alle måneder markant mindre end gennemsnittet for hele perioden siden 1990 (figur 7.2, nederst). Generelt er fosforkoncentrationerne noget større i sommermånederne, fordi ferskvandsafstrømningen er mindre (figur 7.2, øverst), hvorved det udledte spildevand ikke 'fortyndes' så meget som i øvrige måneder. Dette fænomen er dog mindre tydeligt nu end tidligere, hvor spildevandstilførslen bidrog relativt mere til den samlede koncentration.

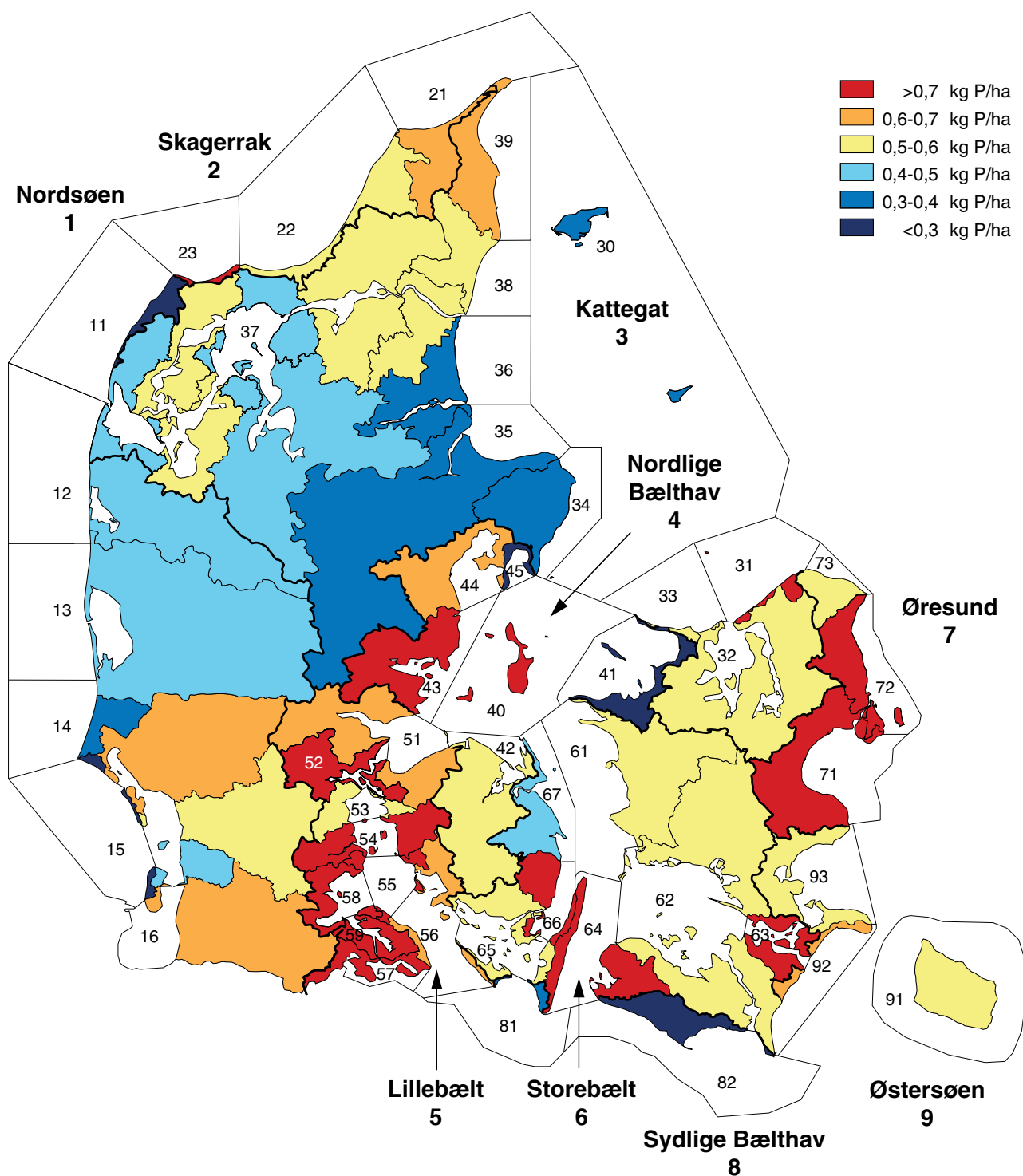
Figur 7.2. Månedsvise vandafstrømning, fosfortilførsel og vandføringsvægtet fosforkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark i 2010 og som gennemsnit for 1990-2010



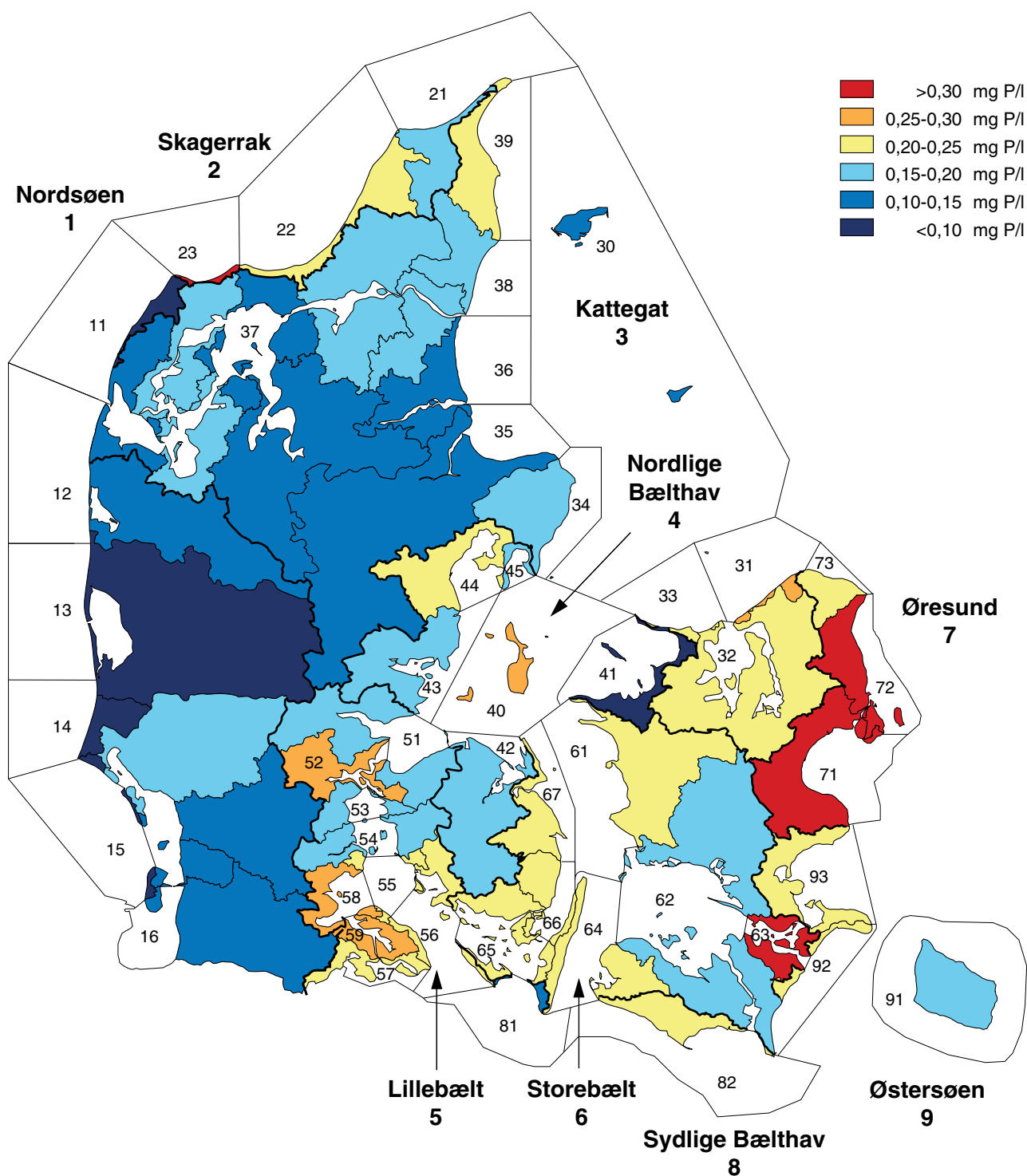
Den regionale belastning af kystområderne varierede betragteligt i 2010 (figur 7.3). Størst var oplandstabet (kg P/ha) til Lillebælt, Horsens Fjord og til Øresund, hvor oplandstabet generelt var større end 0,7 kg P/ha. Den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor var i langt størstedelen af landet på mellem 0,1 og 0,2 mg P/l (figur 7.4). I det østlige Danmark og specielt omkring Hovedstadsområdet var forfor-koncentrationerne i den samlede vandafstrømning dog betydeligt større. De diffuse fosforkilders betydning var generelt størst i Jylland og mindst i det østlige Danmark (figur 7.5).

7.3 Udvikling i fosforafstrømning 1990 – 2010

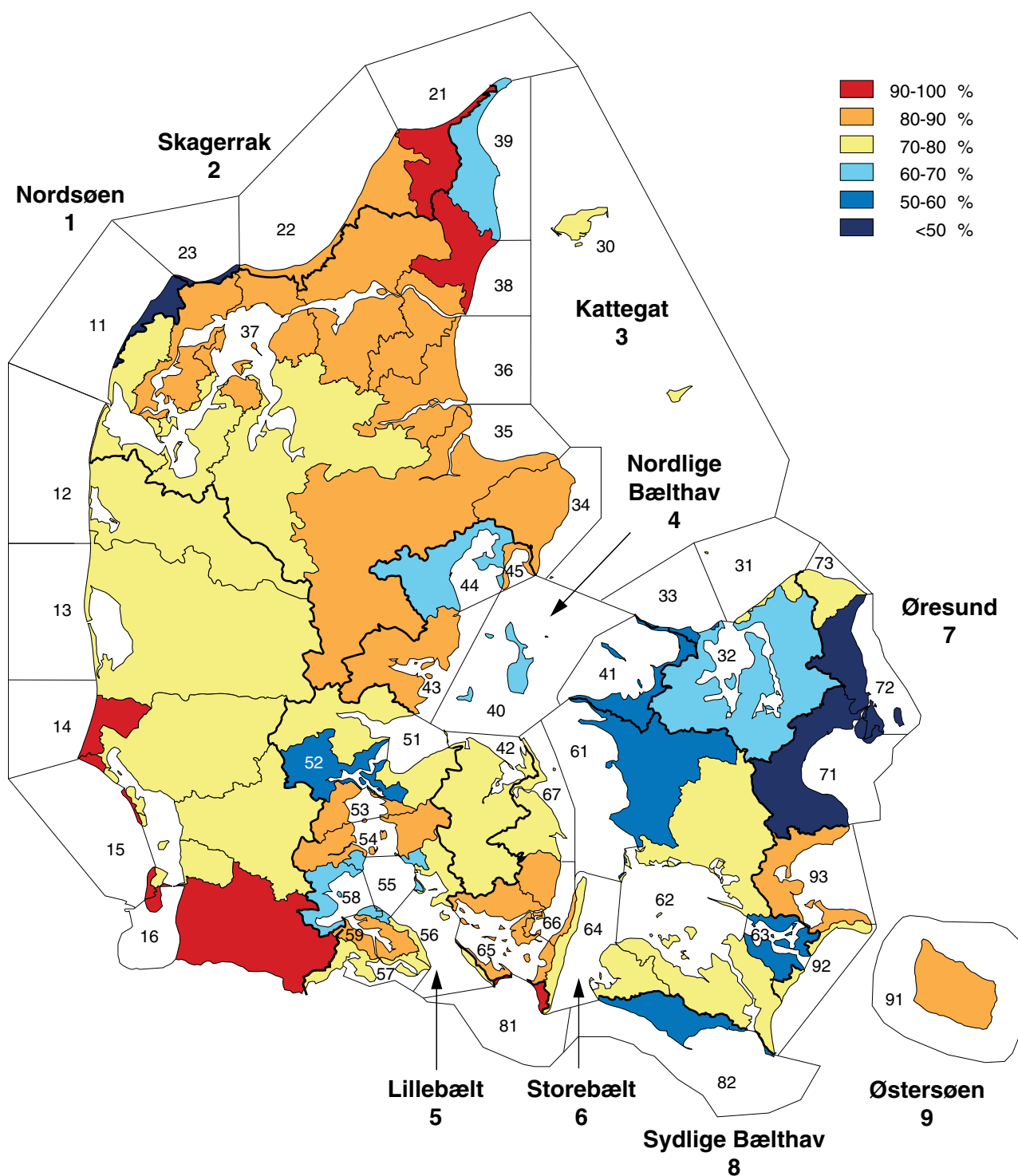
Der har i perioden 1990-2010 været et statistisk signifikant (Mann-Kendall trend test) fald i den samlede tilførsel af total fosfor fra land til havet omkring Danmark (figur 7.4). Faldet er estimeret til 64 % (95 % C.L.: 33-104 %), se tabel 7.1. Ligeledes er der for alle overordnede farvandsområder (1. orden) påvist et statistisk sikkert fald gennem perioden. Faldene estimeres til 37-81 %.



Figur 7.3. Oplandstab af total fosfor fra oplandene til kystområderne i 2010.



Figur 7.4. Fosforbelastning af kystområderne angivet som vandføringsvægtet koncentration i 2010.



Figur 7.5. Diffuse andel af den totale fosfortilførsel til kystområderne i 2010.

Reduktionen i belastningen af havet med fosfor kan forklares af de reducerede udledninger af fosfor med spildevand. For tilførslerne fra diffuse kilder kan der ikke – hverken på landsplan eller for enkelte 1. ordens farvandsafsnit - påvises en statistisk sikker udvikling over tid (tabel 7.1).

Tabel 7.1. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og i den diffuse tilførsel af fosfor til kystområderne for perioden 1990–2010. Resultaterne er angivet som procentvis ændring i forhold til et estimeret niveau for 1990. Testen er lavet på vandfø-ringsvægtede koncentrationer. Tallene i parentes angiver 95 % konfidensinterval.

Farvandsområde	Fosfor	
	Diffus tilførsel % ændring	Samlede tilførsel % ændring
Nordsøen	17*	-37
Skagerrak	7*	-82
Kattegat	15*	-46
Nordlige Bælthav	-12*	-58
Lillebælt	-6*	-45
Storebælt	-11*	-52
Øresund	24*	-79
Sydlig Bælthav	-14*	-45
Østersøen	-5*	-81
Danmark	-5 (-10;20)*	-64 (-104;-33)

*Testen viser ikke en signifikant udvikling på 5 %-niveau.

8 Referencer

Bøgestrand, J. (red) (2009) Vandløb 2007. NOVANA, 2009. Faglig rapport fra DMU nr. 711. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 108 s. (<http://www.dmu.dk/pub/FR711.pdf>)

DMU (2003) Teknisk anvisning for gennemførelse og beregning af vandføringsmålinger. Danmarks Miljøundersøgelser, 14 pp., april 2003. (http://www2.dmu.dk/1_Om_DMU/2_tvaer-funk/3_fdc_fv/tekanv/tekn_anv_vingem.doc)

DMU (2004) Teknisk anvisning for NOVANA vandløb – vandkemi og stoftransport. Stations- og oplandsbeskrivelse og prøvetagning og analysemetoder. Danmarks Miljøundersøgelser, 12 pp. (http://www2.dmu.dk/1_Om_DMU/2_tvaer-funk/3_fdc_fv/tekanv/TA_vandlob_kemi_v5.doc)

Europa-Parlamentet & Rådet (2000) Direktiv 2000/60/EF af 23. oktober om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EF-Tidende nr. L137 af 22/12/2000, pp. 0001-0073.

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

Miljøstyrelsen (1998) Biologisk bedømmelse af vandløbskvalitet. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1998.

Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Bøgestrand, J. & Konvang, B. (2009) Fosforbelastning af havet. S. 33-41 i: Bøgestrand, J. (red), Vandløb 2007. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 711. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, 108 s.

Pedersen, M.L., Baattrup-Petersen, A. & Wiberg-Larsen, P. (2007) Økologisk overvågning i vandløb under NOVANA 2004-2009. Teknisk anvisning fra DMU nr. 21, 5. udgave. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

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

Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Baattrup-Pedersen, A., Bøgestrand, J., Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Thodsen, H., Sode, A., Kristensen, E., Kronvang, B. & Kjeldgaard, A. (2010) Vandløb 2009. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 804. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 100 s. (<http://www.dmu.dk/Pub/FR804.pdf>)

Wiberg-Larsen, P. (2011) Teknisk anvisning for makroinvertebrater (smådyr) i vandløb. TA nr. V07, vers. 1.0. FDC for Ferskvand, DMU. AU. (http://www.dmu.dk/myndighedsbetjening/overvaagning/fagdatacentret/fdcfersk/programgrundlag_og_vejledninger/novana-2011-2015/)

Windolf, J., Henriksen, H. J. & Trolborg, L. (2009) Ferskvandsafstrømning. Temakapitel i: Bøgestrand, J. (red): Vandløb 2007. NOVANA, 2009. Faglig rapport fra DMU nr. 711. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, 108 s.

Windolf, J., Bøgestrand, J. Kjeldgaard, A. Kronvang, B. Larsen, S.E. Ovesen, N.B. & Thodsen, H. (2010) TEMA: Geografisk distribueret beregning af tilførslen af vand og kvælstof til havet. Pp. 40-58 i: Wiberg-Larsen P. (red.) Vandløb 2008. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 764. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, 66 s.

Windolf, J., Thodsen, H., Trolborg, L., Larsen, S.E., Bøgestrand, J., Ovesen, N.B. & Kronvang, B. (2011) A distributed modelling system for simulation of monthly runoff and nitrogen sources, loads and sinks for ungauged catchments in Denmark. Journal of Environmental Monitoring (<http://pubs.rsc.org/doi:10.1039/C1EM10139K>)

[Tom side]

VANDLØB 2010

NOVANA

Med dette års rapport er der gjort status for dele af vandløbsovervågningen under NOVANA 2004-2009 suppleret med 2010, idet der dog for nogle områder er inddraget data fra tidligere overvågningsprogrammer. Indholdet i rapporten er i år koncentreret om kemisk tilstand i vandløbene (kapitel 4, 5) og udviklingen i tilførslerne af kvælstof og fosfor til de danske kystvande beskrevet (kapitel 6 & 7). Derimod er økologisk tilstand omtalt men uden præsentation af data.

ISBN: 978-87-92825-11-7
ISSN: 2244-9981