



VANDLØB 2014

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 165

2015



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

VANDLØB 2014

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 165

2015

Peter Wiberg-Larsen
Jørgen Windolf
Jens Bøgestrand
Søren Erik Larsen
Henrik Tornbjerg
Niels Bering Ovesen
Anders Nielsen
Brian Kronvang
Ane Kjeldgaard

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. 165
Titel:	Vandløb 2014
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Peter Wiberg-Larsen, Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Søren Erik Larsen, Henrik Tornbjerg, Niels Bering Ovesen, Anders Nielsen, Brian Kronvang & Ane Kjeldgaard
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	November 2015
Redaktion afsluttet:	November 2015
Faglig kommentering:	Naturstyrelsens enheder og internt i Aarhus Universitet
Sproglig korrektur:	Anne Mette Poulsen
Kvalitetssikring, DCE:	Poul Nordemann Jensen
Finansiel støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Ovesen, N.B., Nielsen, A., Kronvang, B., & Kjeldgaard, A. 2015. Vandløb 2014. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 165 http://dce2.au.dk/pub/SR165.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Dette års rapport beskriver status og udvikling i vandkemiske forhold i vandløb, stoftransport af kvælstof og fosfor til kystvandene, samt økologisk tilstand for perioden før og under NOVANA (frem til og med 2014). Der er udført ny analyser af økologisk tilstand, herunder sammenhæng mellem denne og vigtige miljøvariable.
Emneord:	Vandløb, overvågning, NOVANA, udvikling i økologisk tilstand, kvælstof, fosfor, havbelastning, vandkemi
Layout:	Grafisk Værksted, AU-Silkeborg
Foto forside:	Varde Å er ureguleret på en kort strækning oven for Vagtborghus. Her findes muligvis landets måske eneste bestand af flodperlemusling, som ifølge EU's Habitatdirektiv kræver særlig beskyttelse. Arten er sidst set i 2008, men ikke fundet ved NOVANA-overvågning i 2014. Foto: Peter Wiberg-Larsen.
ISBN:	978-87-7156-167-8
ISSN (elektronisk):	2244-9981
ISSN:	2445-6683
Sideantal:	54
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR165.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
Summary	8
1 Datagrundlag, databehandling og rapportindhold	10
1.1 Om overvågningsprogrammet	10
1.2 Den økologiske overvågning	10
1.3 Kemisk vandkvalitet og stoftransport	11
2 Klima	14
2.1 Datagrundlag og metoder	14
2.2 Klima og ferskvandsafstrømning	15
3 Økologisk tilstand	19
3.1 Måling af økologisk tilstand i danske vandløb	19
3.2 Dansk Vandløbs Fauna Indeks	20
3.3 Den aktuelle økologiske tilstand (faunaklasse) i danske vandløb	21
3.4 Udvikling i økologisk tilstand (faunaklasse)	21
4 Kvælstof i vandløb	26
4.1 Tilstanden i 2014	26
4.2 Udvikling siden 1989	27
5 Fosfor i vandløb	29
5.1 Tilstanden i 2014	29
5.2 Udviklingen siden 1989	30
6 Kvælstofbelastning af havet	32
6.1 Datagrundlag og metoder	32
6.2 Afstrømningen af kvælstof til havet i 2014	34
6.3 Sæsonvariation i vand- og kvælstofafstrømning	38
6.4 Udviklingen i kvælstofafstrømning	39
6.5 Udvikling i nøgleindikatorer af betydning for kvælstoftransporten	40
6.6 Sammenfatning af resultaterne	44
7 Fosforbelastning af havet	45
7.1 Datagrundlag og metode	45
7.2 Fosfortilførsel til havet 2014	45
7.3 Udvikling i fosforafstrømning 1990 -2014	48
8 Referencer	52

[Tom side]

Forord

Denne rapport udgives af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE), 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 i efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2014.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og videngrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser, bl.a. i forhold til en række EU-direktiver inden for natur- og miljøområdet. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luftkvalitet.

DCE har som en væsentlig opgave for Miljø- og fødevarerministeriet at bidrage med forskningsbaseret rådgivning til styrkelse af det faglige grundlag for miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE 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 arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentre og Naturstyrelsen. Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), og fagdatacentret for punktkilder er placeret hos Naturstyrelsen, mens fagdatacentre for vandløb, søer, marine områder, landovervågning samt arter og naturtyper er placeret hos Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, og fagdatacentret for atmosfæren hos Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.

Denne rapport er udarbejdet af Fagdatacenter for Ferskvand, og den har været i høring hos Naturstyrelsen. Rapporten er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsens naturforvaltningsenheder, de tidligere amter og diverse konsulenter på vegne af de nævnte offentlige institutioner.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenter-rapporter i Vandmiljø og natur 2014, som udgives af DCE, GEUS og Naturstyrelsen.

Sammenfatning

Dette års rapport behandler emner som udviklingen i miljøtilstand (økologisk tilstand) i udvalgte vandløb samt i afstrømningen af vand, kvælstof og fosfor til de kystnære havområder. Samtlige data er indsamlet via det Nationale program for Vandmiljø og Natur (NOVANA).

Økologisk tilstand

Den økologiske tilstand i vandløb beskrives på baggrund af forskellige, såkaldte biologiske kvalitetselementer: smådyr, fisk og planter. For smådyrene anvendes Dansk Vandløbs Fauna Indeks (DVFI), der har været benyttet i mere end 20 år, mens indices for fisk og planter kun har været i brug i få år. Kun med DVFI er det muligt at 'måle' udviklingen i økologisk tilstand over en længere periode og på et relativt begrænset antal stationer (250). Her er tilstanden blevet væsentlig forbedret siden 1994. Således er andelen af faunaklasserne 1-3 (dårlig til ringe tilstand) reduceret fra 22-26 % i perioden 1994-1998 til 5-11 % i perioden 2010-2014, ligesom andelen med faunaklasse 4 (moderat tilstand) er reduceret fra 45-58 % til 26-37 %. Tilsvarende er andelen med faunaklasse 5-7 (god til høj tilstand) øget fra 19 % i 1994 til næsten 65 % i 2014. Specielt er andelen med faunaklasse 6 eller 7 øget markant.

Årsagen til den markante fremgang er entydigt forbedret spildevandsrensning, primært ved de kommunale renseanlæg, ligesom belastningen fra dambrug er reduceret. Man kan imidlertid ikke rense sig til en forbedring af den økologiske tilstand, hvis ikke også de fysiske forhold i vandløbene er 'i orden'. Der er god dokumentation for, at dårlige fysiske forhold nu er det væsentligste miljøproblem i danske vandløb, og at forholdene ikke er signifikant forbedret inden for de seneste ca. 10 år. Effekten af forbedret spildevandsrensning (eller fysiske forbedringer) slår i øvrigt ikke altid hurtigt igennem. Det er veldokumenteret, at indikatorarter for god og høj miljøtilstand i mange tilfælde skal have god tid til at indvandre til ny egnede levesteder, men at arternes evne til spredning varierer betydeligt.

De ca. 250 stationer kan desværre ikke benyttes til at beskrive den generelle tilstand i danske vandløb. Dels er små vandløb, der strækningsmæssigt udgør mere end 2/3 af alle danske vandløb, klart underrepræsenteret, dels er deres økologiske tilstand typisk dårligere end de større vandløbs. De aktuelle andele af de forskellige faunaklasser dækker derfor ikke danske vandløb generelt. Men tendensen er sikker: Tilstanden i danske vandløb ER blevet væsentlig forbedret inden for de sidste ca. 20 år.

Kvælstof og fosfor

Indholdet af kvælstof og fosfor i vandløbene er faldet markant siden 1989. Reduceret udvaskning fra dyrkede arealer har hovedansvaret for, at kvælstofindholdet i gennemsnit er reduceret med ca. 45 %, mens reduktionen for fosfors vedkommende på ca. 31 % skyldes forbedret spildevandsrensning i byområder og hos virksomheder. Koncentrationerne af kvælstof og fosfor i vandløbene er dog stadig henholdsvis 3-4 gange og 2-3 gange så høje som dem, man finder i upåvirkede naturvandløb.

Der blev fundet lignende reduktioner i den samlede tilførsel fra land af kvælstof og fosfor til de danske kystvande for perioden 1990-2014. Redukti-

onen i kvælstof-, og især fosforudledningen, er dog endnu større, henholdsvis 50 og 63 % beregnet for den vandføringsvægtede koncentration. For kvælstof er der alene for den såkaldt diffuse tilførsel (tilførsel fra dyrkede og udyrkede arealer samt bidrag fra ejendomme, som ikke er tilkøbet offentlige renseanlæg) tale om en reduktion på ca. 43 %.

Udledningen fra land er for 2014 beregnet til hhv. godt 63.000 tons kvælstof og ca. 2600 tons fosfor. Disse udledninger er for næsten samtlige årets måneder væsentlig mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2013. Samtidig var vandafstrømningen i 2014 ca. 7 % større end gennemsnittet for 1990-2013.

Eftersom det ikke er muligt at måle på hver eneste dråbe vand, som transporteres til havet, er der naturligvis en vis usikkerhed på de beregnede tal.

Summary

This year's report presents topics on the ecological state of selected streams and the runoff of nitrogen and phosphorus to Danish coastal waters. All data presented are collected according to the National Monitoring Program for the Aquatic Environment and Nature (NOVANA).

Ecological state

The ecological state in streams is described using different so-called biological quality elements: benthic macroinvertebrates, fish and macrophytes. Whereas the Danish Stream Fauna Index (DSFI) – a biotic macroinvertebrate index – has been used for more than two decades, the index for fish and macrophytes has only been used for a couple of years. Thus, it is only possible to assess ecological state using DSFI for a longer period and only within a limited network including 250 stream sampling sites.

Focusing on this network of sites, the ecological state has improved significantly since 1994. Thus, the percentage of sites with faunal classes (the categorical index values of DSFI, seven in all) 1, 2 and 3 (representing bad to poor ecological state) decreased from 22-26 in the period 1994-1998 to 5-11 in the period 2010-2014, whereas the percentage of sites with faunal class 4 (moderate state) declined from 45-58 to 26-37. Accordingly, the part of sites with faunal classes 5, 6 or 7 (i.e. good to high ecological status) increased from 19% in 1994 to nearly 65% in 2014. Especially the percentage of faunal classes 6 or 7 increased markedly.

The primary reason for this significant progress is an improvement in the efficiency of urban waste water treatment plants and a reduction of organic pollution from fish farms (located in Jutland). However, it is not possible to improve the ecological state just by reducing discharges of organic pollution (measured as BOD₅) if the physical (i.e. hydro-morphological) condition of the streams is not able to support macroinvertebrates indicative of good and high ecological quality. There is evidence that poor physical conditions, due to canalization and intensive management (weed cutting and dredging), are the main reason for streams not fulfilling, at least, the criteria for good ecological status in the Water Framework Directive. The report documents that the physical conditions at the studied sites have not improved during the last ten years. Improvements in water quality (or physical conditions) are, however, not immediately reflected in increased faunal class values and, thus, enhanced ecological status. Species indicative of good or high status often need considerable time to colonise the stream reaches with improved habitats, especially if they have to disperse overland between stream systems.

The network of 250 stream sites (see above) is unfortunately not representative of Danish streams in general. Thus, small streams, constituting about 2/3 of all Danish streams, are significantly under-represented in the network. Further, the small streams generally exhibit a poorer ecological condition than the larger ones due to a relatively higher human impact. However, the studied network does reflect the general trend in Danish streams that ecological status has improved considerably during the last twenty years.

Nitrogen and phosphorus

The levels of nitrogen and phosphorus in streams have declined markedly since 1989. The main reason is reduced leaching from cropped areas resulting in a mean reduction of approximately 45% for nitrogen due to several general regulations of farming practices (e.g. fertilization norms, seasonal regulation of fertilization, after-crops), whereas an approximately 31% reduction in phosphorus is due to improved waste water treatment in the cities and industry. However, the concentrations of nitrogen and phosphorus in the streams are still 3-4 and 2-3 times, respectively, as high as in unimpacted (reference) streams.

Similar reductions in the total runoff of nitrogen and phosphorus from land to Danish coastal waters have been estimated for the period 1990-2014. The reductions are, in fact, even higher, namely 50 and 63% for nitrogen and phosphorus, respectively, if calculated as discharge-weighted mean concentrations in order to take into consideration climatic differences between years. For the so-called diffuse runoff of nitrogen alone, including leaching from cropped as well as uncropped areas and the contribution of wastewater from scattered dwellings outside the cities, the reduction is approximately 43%.

In 2014, the total runoff from land was estimated to about 63,000 tons of nitrogen and 2,600 tons of phosphorus, these amounts being significantly higher than the average for the period 1990-2013 in nearly all months. This should be seen in the context that the total runoff of water was 7% higher in 2014 than the yearly average during 1990-2013.

As it is impossible to measure 'each and every drop of water' transported to the sea, there is, of course, a certain statistical uncertainty of the estimated transports as these have to be based on both measurements of discharge and concentrations combined with models for catchments without measurements.

1 Datagrundlag, databehandling og rapportindhold

Peter Wiberg-Larsen & Jens Bøgestrand

1.1 Om overvågningsprogrammet

Denne rapport indeholder alene data, som er indsamlet i forbindelse med den overvågning, som er tilknyttet EU's Vandrammedirektiv. Således behandler rapporten ikke data indsamlet i forbindelse med EU's Habitatdirektiv, som omfatter til vandløb knyttede arter (Habitatdirektivets bilag II) og naturtyper (Habitatdirektivets bilag I). Rapportering af disse arter (grøn kølle-guldsmed, flodperlemusling, tykskallet malermusling, hav-, flod- og bæk-lampret, pignersmerling, stav- og majsild, stalling, snæbel, og laks) og naturtyper (3260 – Vandløb med vandplanter, 3270 – Vandløb med tidvis blottet mudder med enårige planter, 6430 – Bræmmer med høje urter langs vandløb eller skyggende skovbryn) foregår i forbindelse med den samlede nationale rapportering for samtlige arter og naturtyper.

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 regionale 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) og stoftransport (DMU 2003, 2004). Med revisionen af NOVANA i 2010 er programmet justeret for perioden 2011-2015, hvilket ligeledes har medført en revision af de tekniske anvisninger. Disse kan ses på Institut for Biosciences hjemmeside (Aarhus Universitet):

<http://bios.au.dk/videnudveksling/til-myndigheder-og-saerligt-interesserede/fagdatacentre/fdcfersk/>

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 i de ånære arealer. I selve vandløbene er der foretaget undersøgelser af biologiske kvalitetselementer som makrofytter (vandløbsplanter), makroinvertebrater (smådyr) og fisk, suppleret med undersøgelser af vandløbenes fysiske og vandkemiske forhold, ligesom der er foretaget planteundersøgelser på brinker og i 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 ca. 250 af vandløbsstationerne er der foretaget årlige undersøgelser af smådyrsfaunaen.

På yderligere 50 lokaliteter i 12 større vandløbssystemer (det intensive program) er der 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.

Med revisionen af NOVANA for 2011-2015 er undersøgelserne ved de oven for nævnte ca. 800 stationer videreført – dog med udskiftning af et mindre antal stationer. Enkelte stationer er udtaget af programmet fra og med 2014, fordi de ikke indgår i vandplanerne. De ca. 800 stationer tilhører den såkaldte kontrolovervågning (landsnet af stationer). Ligeledes er en del af de 50 intensive stationer videreført under kontrolovervågningsens program af klimastationer, der i alt omfatter 35 stationer.

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

Dette års rapportering omfatter resultater fra de ca. 250 stationer med årlige undersøgelser af den økologiske tilstand (se kap. 3). Der er ikke foretaget yderligere rapportering af det meget store datamateriale fra den økologiske overvågning i perioden siden 2004. Dette skyldes, at der først med data fra 2015 vil foreligge et komplet datasæt for den anden NOVANA-periode (2010-2015), som kan sammenlignes med tilsvarende data fra programmets første periode (2004-2009). En væsentlig del af data (makroinvertebrater, fysisk indeks, vandkemi) fra første NOVANA-periode er i øvrigt rapporteret i Wiberg-Larsen m.fl. (2010, 2012).

I perioden 2007-2014 er der i et parallelt program (DEVANO/operationel overvågning under NOVANA) gennemført en række undersøgelser af hhv. smådyrsfaunaen og fiskebestandene (kun frem til 2009) ved et antal vandløbsstationer udvalgt af Naturstyrelsens enheder efter regionale behov. Data fra disse undersøgelser er ikke søgt inddraget i denne rapport, fordi data primært er indsamlet med henblik på forvaltningsmæssigt at understøtte den statslige vandplanlægning. Dermed er der en 'skævhed' i disse data med overvægt af vandløb i en relativt dårlig tilstand. Data er derfor ikke egnede som udgangspunkt for opgørelse af tilstanden i vores vandløb, ligesom de heller ikke er specielt egnede til tværgående analyser.

1.3 Kemisk vandkvalitet og stoftransport

Undersøgelserne i NOVANA-programmet af transporten af vand og stof har omfattet målinger ved i alt 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/kemiske parametre. Desuden er der tilvejebragt en række oplandsrelaterede informationer omfattende oplandsafgrænsning, arealanvendelse, jordtype, spildevandsudledninger, dyrkningspraksis m.m. Undersøgelserne 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.

Ved godt 80 % af stoftransportstationerne måles i perioden 2011-2015 med en frekvens på 18 prøver pr. år. For et mindretal (ca. 10 %) af stationerne (natur oplande) er frekvensen mindre (12 prøver/år), og for søtilløb / -fraløb (ca. 10 %) er den lidt større (19 prøver/år).

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 nedlæggelse 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.

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).

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.

Beregninger af udviklingstendenser i transporter af kvælstof og fosfor følger Larsen m.fl. (2014a). Derudover følger rapporteringen af stoftransporterne til havet samme principper og har samme omfang, som i de foregående års NOVANA-rapporter.

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 er antal stationer fordelt på oplandstyper, der er anvendt i tidsserie-analyse (1989-2014) og aktuelt 2014. Oplandstyper for tidsserie-analyser er opgjort efter situationen i 1991.

Oplandstype	Type nr.	1989-2014 tidsserie-analyser	2014 aktuel status
Naturoplande *	1	6	19
Vandløb i dyrkede oplande (P):			
Dyrkningsgrad > 15 %			
Bebyggelse < 50 %	2	32	#
Punktkildebidrag < 25 g P/ha, 0,5 kg N/ha			
Vandløb i dyrkede oplande (N):			
Dyrkningsgrad > 15 %			
Bebyggelse < 50 %	3	54	#
Punktkildebidrag < 0,5 kg N/ha			
Vandløb med punktkilder:			
Punktkildebidrag > 0,5 kg N/ha	4	70	#
Vandløb med dambrugsudledninger:			
P fra dambrug:			
> 30 % af total transport	5	15	#
> 40 % af punktkildebidrag			
Vandløb i bebyggede områder			
> 50 % bebyggelse	6	1	#
Ikke-naturoplande, i alt		172	211

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

ikke opgjort separat for typerne 2-6

2 Klima

Jørgen Windolf & 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. Med øget vandafstrømning vil der også foregå en større tilførsel af fosfor og kvælstof fra dyrkede og udyrkede arealer til 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 variationerne i de klimatiske forhold. Ud over variationer i nedbøren kan variationer i temperaturen 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

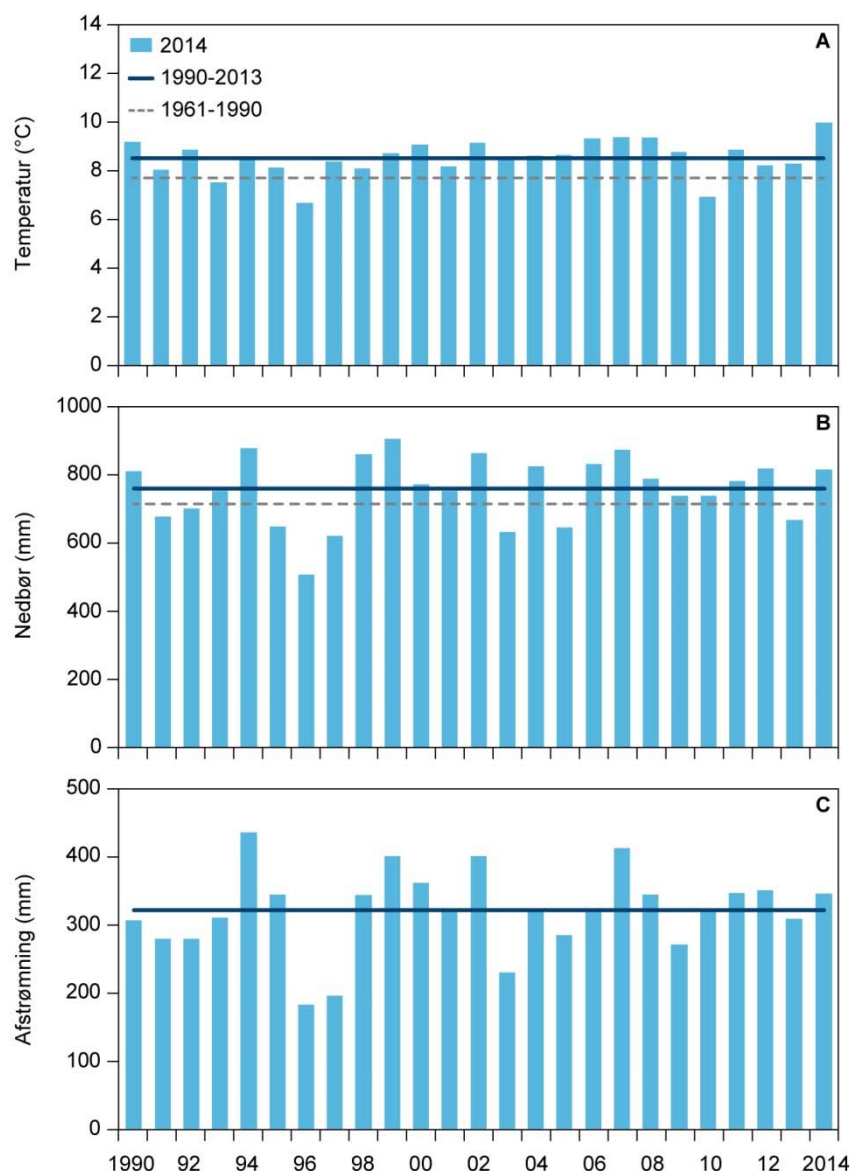
Data om temperatur og nedbør er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://novana.dmi.dk/novana/>). Månedsnedbøren og temperaturdata er således baseret på data fra kvadrater på henholdsvis 10*10 km og 20*20 km, de såkaldte grid-værdier. Grid er 'klippet' med kystlinjen og nationale data for nedbør og temperatur er derefter beregnet for arealet inden for kystlinjen. Det bemærkes, at de anvendte nedbørsværdier 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 fra 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 (1990-2014) indgår måledata fra i alt 179 vandførings-målestationer, der samlet dækker 57 % af landets areal. Der er dog ikke måledata fra alle stationer i alle år. I 2014 blev der målt på 129 af de 179 stationer. Det samlede oplandsareal til disse 129 stationer er 22.400 km², svarende til ca. 52 % af landets areal. Den relative usikkerhed på opgørelsen er størst i de små oplande, hvor der ofte kun er en meget lille andel eller slet intet, der er dækket af målestationer.

2.2 Klima og ferskvandsafstrømning

Vejret i 2014 var som helhed væsentligt varmere end normalen for perioden 1961-1990, (figur 2.1 & 2.3). Middeltemperaturen for landet blev 10,0°C og var dermed den varmeste, der hidtil er registreret jf. Cappelen (2015). I forhold til gennemsnittet for 1990-2013 blev 2014 1,5°C varmere, og middeltemperaturen var hele 2,3°C højere end gennemsnittet for 1961-1990, (figur 2.1A). I alle årets måneder var det varmt i 2014 med gennemsnitlige temperaturer over normalerne for 1961-1990 (figur 2.3A).

Figur 2.1. Årsmiddelværdier for temperatur, nedbør (ukorrigeret) og ferskvandsafstrømning i 2014 samt gennemsnit for perioden 1961-1990 og 1990-2013. Data aggregeret fra DMI's gridværdier.



Nedbørmængden i 2014 var for hele landet 818 mm og dermed 8 % større end gennemsnittet for 1990-2013 (754 mm). Til sammenligning var den gennemsnitlige årsnedbør 714 mm i perioden 1961-1990 (figur 2.1). Generelt var nedbøren i 2014 stærkt varierende (figur 2.3B). Især august, oktober og december fik væsentligt mere nedbør end normalt. Sommeren og efteråret var præget af en række skybrud forskellige steder i landet.

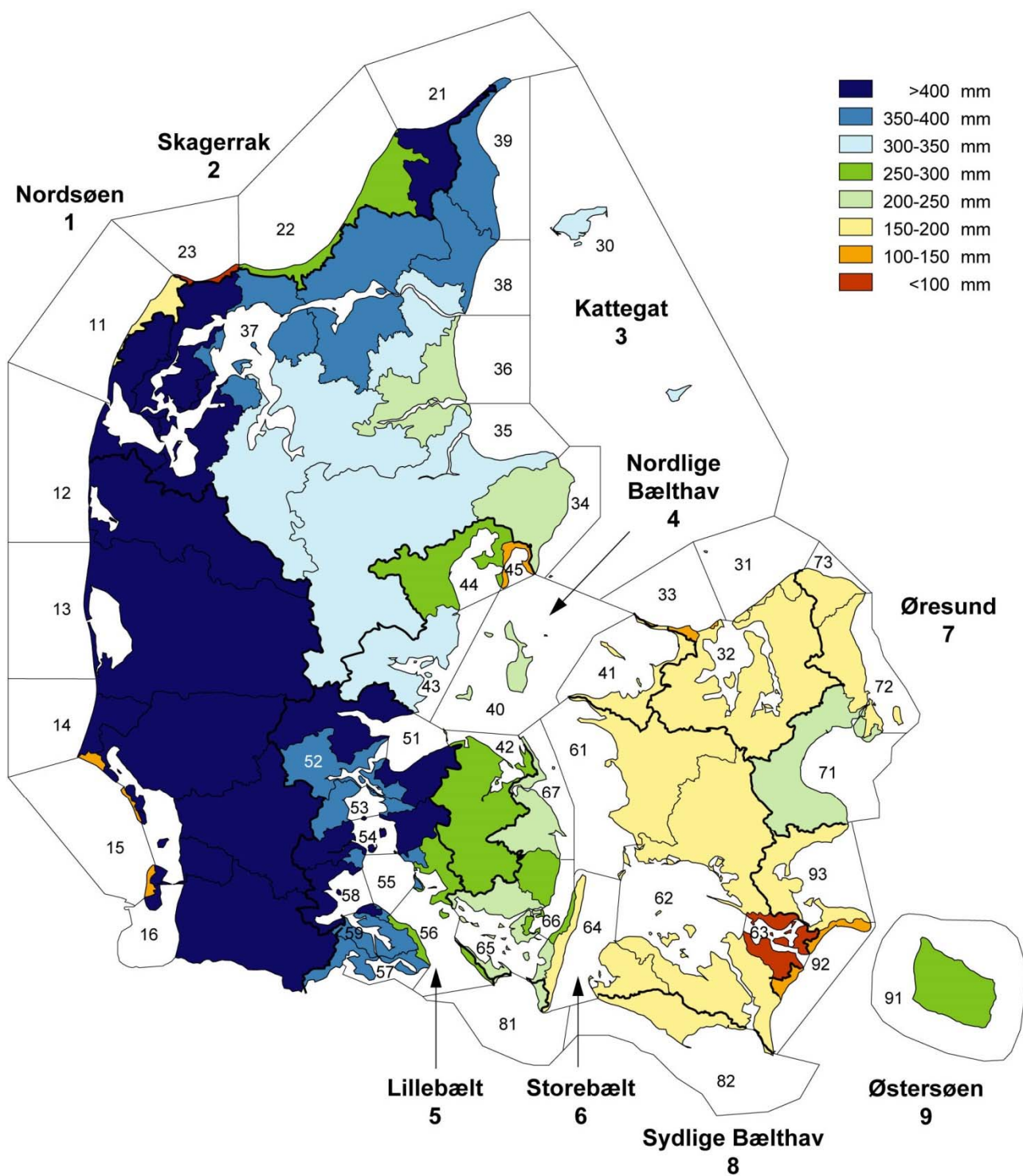
Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande er for 2014 opgjort til 14.900 millioner m³, hvilket svarer til en arealspecifik afstrømning på 347 mm (figur 2.1). Afstrømningen blev dermed noget større end året før (310 mm) og samtidig også 8 % større end den gennemsnitlige afstrømning for perioden 1990-2013 (321 mm) (figur 2.1).

Ferskvandsafstrømningen i 2014 varierede hen over året som i tidligere år (figur 2.3C) med markant større afstrømninger om vinteren (40-60 mm/måned) end om sommeren (10-20 mm/måned). I forårsperioden (marts-april) var afstrømningen noget mindre end gennemsnittet for 1990-2013. Omvendt var afstrømningen over gennemsnittet i januar-februar, især i december 2014 (figur 2.3C).

Den rekordstore nedbørmængde i august forplantede sig kun i meget ringe omfang til forøget vandløbsafstrømning. Det skyldes, at fordampningen er stor i sommerperioden, og at den forudgående del af sommeren var relativt tør. Meget af det overskydende vand er gået til opfyldning af jordvandsmagasinerne. Den megen nedbør i december forplanter sig derimod meget tydeligt til en forøget afstrømning (figur 2.3B og C).

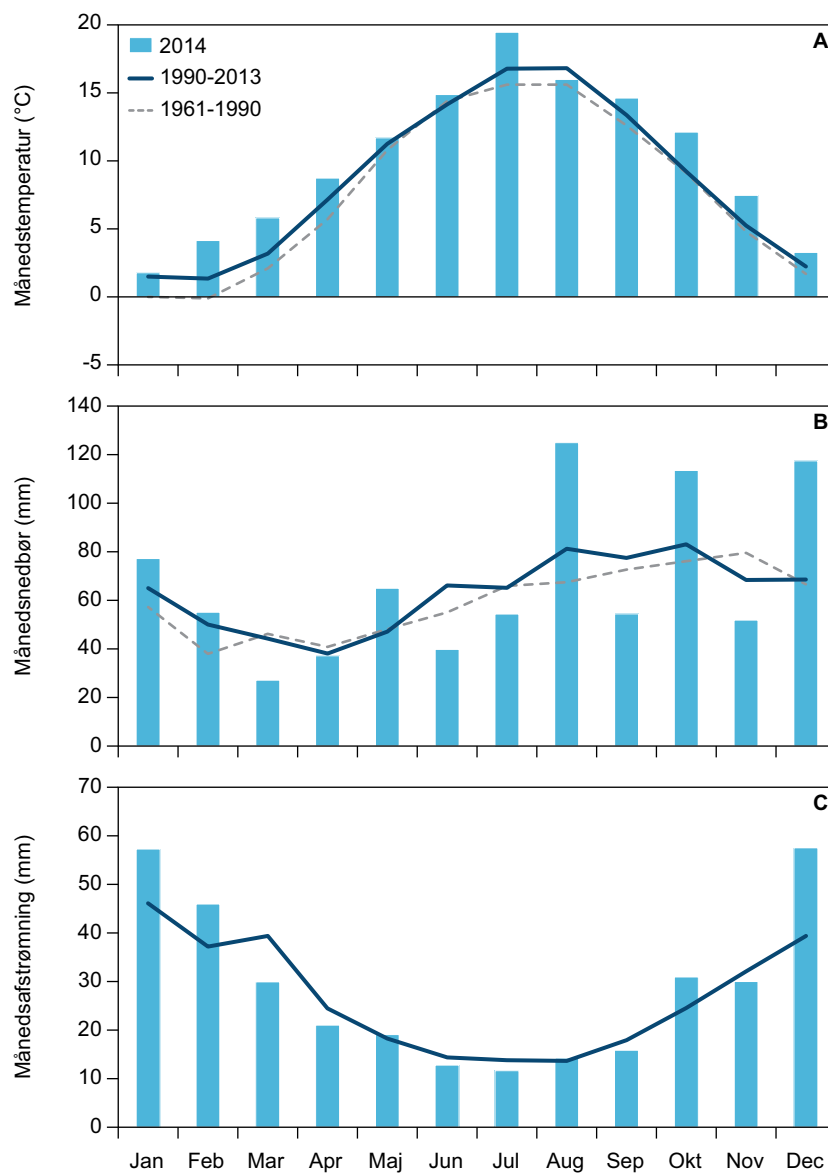
Afstrømningsforholdene udviser normalt – ligesom nedbøren – en stor geografisk variation, hvilket også var tilfældet i 2014 (figur 2.2). Vest for israndslinjen i Jylland var årsafstrømningen typisk 400-475 mm, mens afstrømningen til Limfjorden var lidt mindre (300-400 mm). For Limfjorden ses tydeligt en vest-østlig gradient med den største afstrømning mod vest (over 400 mm) mod 300-350 mm i Limfjordens østlige opland.

For landet som helhed ses også en forskel i afstrømningsfordelingen fra vest mod øst. I det østligste Danmark var afstrømningen mindre på grund af den – klimatisk betingede – generelt mindre nedbør og større fordampning i denne del af landet. Typisk var afstrømningen her i 2014 omkring 200 mm (figur 2.2). Afstrømningen til farvandsområde 63, Smålandsfarvand Øst, var særlig lav, kun 94 mm, men her er kun målt en meget lille del af oplandet, og usikkerheden er betydelig. Afstrømningen på Bornholm var omkring 275 mm.



Figur 2.2. Ferskvandsafstrømning til marine kystafsnit i 2014 (mm/år).

Figur 2.3. Månedsværdier for temperatur, nedbør og ferskvandsafstrømning for Danmark 2014. Desuden er vist gennemsnit for perioderne 1961-1990 og 1990-2013. Ferskvandsafstrømningen er dog ikke opgjort for 1961-1990.



3 Økologisk tilstand

Peter Wiberg-Larsen

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

3.1 Måling af økologisk tilstand i danske vandløb

Vandløbenes økologiske tilstand eller kvalitet bedømmes ifølge Vandrammedirektivet primært på baggrund af såkaldte biologiske kvalitetselementer. Der er som udgangspunkt tale om planteplankton (fytoplankton), bundlevende alger og større vandplanter (makrofytter), smådyr (makroinvertebrater) og fisk. Inden for hvert af disse kvalitetselementer skal der anvendes 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 og fyldestgørende beskrivelse af tilstand og påvirkninger, idet en bestemt organismegruppe typisk vil være særlig egnet til at afspejle bestemte påvirkninger.

Når der anvendes en given indikator, skal der tages hensyn til, hvilken type vandløb der er tale om. Derudover skal det fastlægges, hvordan referencetilstanden er i den pågældende vandløbstype – og hvordan indikatoren afspejler dette. Med referencetilstanden forstås den tilstand, der findes, når et vandløb er helt upåvirket eller kun meget svagt påvirket af menneskets aktiviteter.

Mens de fleste lande i EU som foreskrevet anvender flere kvalitetselementer, og inden for hvert af disse én til flere indikatorer, er der i dansk Vandrammedirektivsammenhæng hidtil kun anvendt smådyr (i førstegenerations vandplanerne). Desuden er der kun anvendt 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 (EU Kommissionen 2013).

Der er imidlertid udviklet et dansk planteindeks (Baatrup-Pedersen m.fl. 2011, Baatrup-Pedersen & Larsen 2013, Søndergaard m.fl. 2013), ligesom der nu foreligger to indices for fisk (Kristensen m.fl. 2014) til beskrivelse af økologisk tilstand i vandløb. Såvel planteindekset som det ene fiskeindeks (DFFVa, der i praksis er en adoptering af det Litauiske Fiskeindeks) er interkalibreret med andre europæiske indices for middelstore/større danske vandløb (EU Kommissionen 2013). Derimod er planteindekset og det ene fiskeindeks (DFFVø, der er baseret på tætheder af ørredyngel) ikke EU-interkalibreret for små danske vandløb. Såvel planteindekset som de to fiskeindices er taget i anvendelse i forbindelse med udkastet til andengenerations vandområdeplaner.

Derudover forventes der at blive udviklet et indeks for bundlevende alger (helt konkret kiselalger). Der er indsamlet data fra en række danske vandløb til brug for denne opgave.

Til gengæld vil der ikke blive udviklet et indeks baseret på fytoplankton, fordi dette ikke er et relevant kvalitetselement i danske vandløb på grund af disses i

europæisk sammenhæng ringe størrelse. Fytoplankton er således bedst egnet til større floder, hvor der på grund af vandets lange opholdstid og forekomsten af såkaldt 'bagvande' kan udvikles egentlige samfund af i vandmassen 'fritsvævende' alger (der ellers forekommer i søer og havet).

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 op til 850 stationer igennem perioden 2004-2010, ligesom der undersøges ca. 815 stationer i perioden 2011-2015. Samtlige stationer er udvalgt, således at de giver en god geografisk dækning og samtidig dækker vandløb med forskellig grad af menneskeskabte påvirkninger (se i øvrigt kap. 1).

Til dette års rapportering af miljøtilstanden er der (i lighed med tidligere år) – for at kunne give et bud på den aktuelle tilstand samt udviklingen i samme – alene anvendt data for smådyr. I 2016 vil der blive foretaget en sammenligning af udviklingen for såvel fisk og vandløbsplanter mellem perioderne 2004-2009 og 2010-2015.

3.2 Dansk Vandløbs Fauna Indeks

Smådyr har igennem mange år været anvendt til bedømmelse af miljøtilstanden i vandløb, ikke blot i Danmark, men i store dele af den øvrige verden. Baggrunden er, at gruppen af disse hvirvelløse dyr (fx orme, krebsdyr, insekter, snegle og muslinger) er rig på arter, hvoraf nogle er meget tolerante, andre meget følsomme, over for en række menneskeskabte påvirkninger af vandløbenes miljø. Mange arter er derfor gode indikatorer, ligesom det er ret nemt at indsamle smådyrene på en repræsentativ måde.

Dansk Vandløbs Fauna Indeks er indført som officiel dansk metode i 1998 (Miljøstyrelsen 1998) og bygger på et forarbejde udført i 1979-1980 (Andersen m.fl. 1982, 1984). Metoden, der forudsætter en standardiseret prøvetagning og prøvebearbejdning, 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 de tidligere amters 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 dårlige iltforhold på grund af forurening med let omsætteligt organisk stof. Dette stof stammer primært fra udledning af spildevand fra kommunale spildevandsanlæg, enkeltliggende ejendomme i det åbne land, dambrug samt i sjældne tilfælde ulovlige udledninger af gylle eller ensilagesaft fra landbruget. Der kan også forekomme lave faunaklasse-værdier i vandløb, som er stærkt påvirket af enten okker (som i mange vestjyske vandløb) eller udledninger af insekticider. Desuden vil vandløb med dårlige fysiske forhold, fx udrettede og uddybede vandløb og/eller vandløb, der vedligeholdes intensivt med opgravning af bunden og grødeskæring, kun sjældent kunne opnå faunaklasser over 4. Modsat vil et naturligt bugtet vandløb, som får 'lov at passe sig selv', og som samtidig er ubelastet eller kun forholdsvis lidt belastet med organisk stof (eller okker og pesticider), normalt have en høj faunaklasse (5, 6 eller 7).

En stor del af de danske vandløb har været medtaget i de regionplaner, som de tidligere amter udarbejdede. Heri var der fastsat mål for den ønskede tilstand (herunder en bestemt faunaklasse). Regionplanernes mål er nu afløst af miljømål i de førstegenerations vandplaner, som er udarbejdet af Miljøministeriet som en del af implementeringen af EU's Vandrammedirektiv, og som blev godkendt af Miljøministeren i oktober 2014.

Der er i nærværende rapport IKKE søgt foretaget nogen vurdering af vandløbenes tilstand i forhold til de gældende målsætninger.

3.3 Den aktuelle økologiske tilstand (faunaklasse) i danske vandløb

Kun NOVANA-programmets ca. 800 såkaldte kontrolovervågningsstationer er aktuelt egnede til at give en samlet status for danske vandløbs tilstand. Der er senest givet en sådan status for perioden 2004-2009, hvor samtlige stationer havde været undersøgt (Wiberg-Larsen m.fl. 2010). Først i løbet af 2015 vil samtlige stationer igen være undersøgt, således at der i 2016 kan laves en ny samlet status. Det er dog vigtigt at fastslå, at selvom kontrolovervågningsstationerne er geografisk landsdækkende, er de ikke repræsentative for danske vandløb. Blandt andet er vores mindste vandløb underrepræsenteret (Wiberg-Larsen m.fl. 2010).

Ud over den nævnte kontrolovervågning foretages der undersøgelser ved et langt større antal (tusindvis) såkaldte operationelle stationer. Data herfra kan imidlertid ikke benyttes til en status over danske vandløbs tilstand, idet de primært er udvalgt ud fra en konstateret eller formodet dårlig tilstand. Således er stationerne ikke repræsentative for tilstanden i danske vandløb, idet formålet med programmet er at understøtte de allerede omtalte vandplaner (via identifikation af de vandløb, hvor der er behov for at forbedre tilstanden, og som opfølgning på de tiltag der allerede er gjort for at forbedre tilstanden).

3.4 Udvikling i økologisk tilstand (faunaklasse)

3.4.1 Datagrundlag

Siden 1994 har der været foretaget en standardiseret indsamling af og bearbejdning af prøver fra vandløb i det nationale overvågningsprogram til beregning af faunaklassen. Antallet af stationer og den overordnede strategi under de nationale overvågningsprogrammer har varieret gennem perioden. Således har antallet af stationer, som årligt er undersøgt, ændret sig fra 222 i 1994-1997, 444 i 1998, 1053 i 1999-2003 til ca. 250 siden 2004. For hele perioden er der imidlertid kun ca. 84 stationer, for hvilke der foreligger en ubrudt serie (19-20 år ud af samlet set 20 år) med årlige prøver. For en række yderligere stationer foreligger kortere tidsserier, således at en beskrivelse af udviklingen i danske vandløb inden for de seneste 20 år i praksis kan foretages på baggrund af årligt 91-247 stationer (i gennemsnit 214). De i denne rapport viste resultater er baseret på dette fulde datasæt og ikke de ca. 84 stationer, som har været gennemgående i hele perioden. Der kan argumenteres for, at det havde været mest korrekt at basere analyserne på de gennemgående stationer, men så ville man tabe vigtig information for perioden 1999-2012 (hvor der forefindes stort set fulde datasæt) og ikke mindst for årene fremover. Statistiske analyser viser imidlertid, at forskellene mellem de to opgørelsesmetoder (dvs. sæt af data) er marginale.

Ud over stationerne i de nævnte nationale programmer er der foretaget bestemmelser af faunaklassen ved et langt større antal stationer i forbindelse med de nedlagte amters regionale tilsyn. Datamaterialet er imidlertid så uhomogent mht. frekvens, tidspunkt (år), omfang (antal stationer) og metode, at det reelt ikke er muligt at beskrive en generel udvikling for danske vandløb (Wiberg-Larsen m.fl. 2012). Desuden er der i nyeste tid indsamlet data med 'operationelt' formål (DEVANO m.v.), men på grund af disse datas karakter er de (jf. afsnit 3.3) heller ikke egnede til at indgå i tidsserieanalyser.

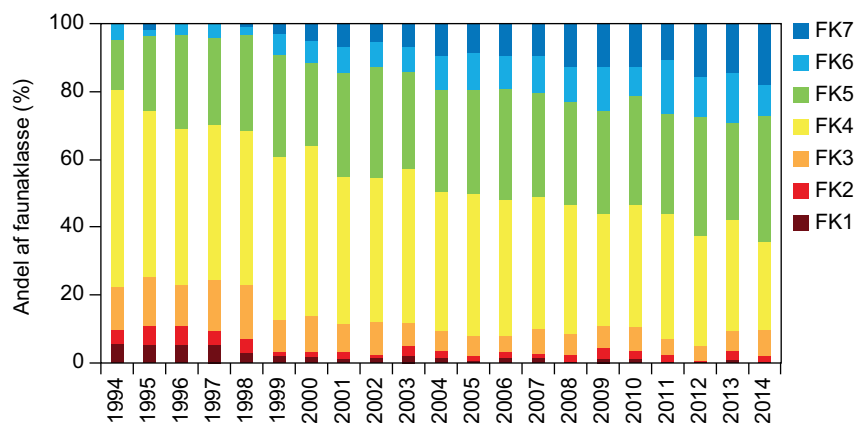
Udviklingen i økologisk tilstand ved de op til ca. 250 NOVANA-stationer er blevet rapporteret i de årlige NOVANA-vandløbsrapporter. Disse stationer udgør i endnu mindre grad end de ca. 800 stationer, som de er en delmængde af (se afsnit 3.3), et repræsentativt udvalg af danske vandløb (Wiberg-Larsen m.fl. 2010, Wiberg-Larsen m.fl. 2012). Således er store og mellemstore vandløb overrepræsenteret, og små vandløb tilsvarende underrepræsenteret, i stationsnettet i forhold til de vandløb, som indgår i seneste udkast til vandområdeplaner, ligesom stationerne som udgangspunkt omfatter vandløb, som er påvirket på forskellig vis (udledninger fra renseanlæg, dambrug, landbrugsdrift, reguleringer, fysisk vedligeholdelse). Man skal derfor ikke lægge vægt på de konkrete procentvise andele af faunaklasserne, hvorimod selve tendensen i udviklingen formodentlig er repræsentativ for landets middelstore og store vandløb.

3.4.2 Hvad viser data?

Den økologiske tilstand, således som den er beskrevet ud fra faunaklassen, er generelt blevet væsentlig forbedret siden 1994 (se figur 3.2). Således er andelen af faunaklasserne 1-3 reduceret fra 22-26 % i perioden 1994-1998 til 5-11 % i perioden 2010-2014, ligesom andelen med faunaklasse 4 er reduceret fra 45-58 % til 26-37 %. Modsat er andelen med faunaklasse 5-7 (god til høj tilstand) øget fra 19 % i 1994 til næsten 65 % i 2014. Specielt er andelen med faunaklasse 6 eller 7 øget markant.

Udviklingen i retning af en bedre tilstand er stærkt statistisk signifikant (lineær regression for hhv. faunaklasse 1-3, 4 og 5-7: $r^2 = 0,71-0,94$, $p < 0,001$). Ses alene på de seneste fem år er der imidlertid ingen statistisk signifikant udvikling, om end der synes at være tendens til forsat forbedring for faunaklasse 5-7 ($p=0,07$). Set over de seneste 10 år er der derimod en stærk statistisk signifikant positiv udvikling i tilstanden udtrykt ved faunaklasse 5-7 ($r^2 = 0,90$, $p < 0,001$), mens niveauet for vandløb med dårligste tilstand (faunaklasse 1-3) er konstant. Det betyder, at det er vandløb med moderat tilstand (faunaklasse 4), som forbedres i disse år. Det er vanskeligt at afgøre, om udviklingen i positiv retning vil fortsætte, eller om tilstanden i de undersøgte vandløb er ved at finde et 'stabilt leje'.

Figur 3.1. Udvikling i faunaklassen (Dansk Vandløbs Fauna Indeks) ved 91-247 stationer undersøgt på standardiseret vis igennem perioden 1994-2013 (se afsnit 3.4.1 for nærmere forklaring).

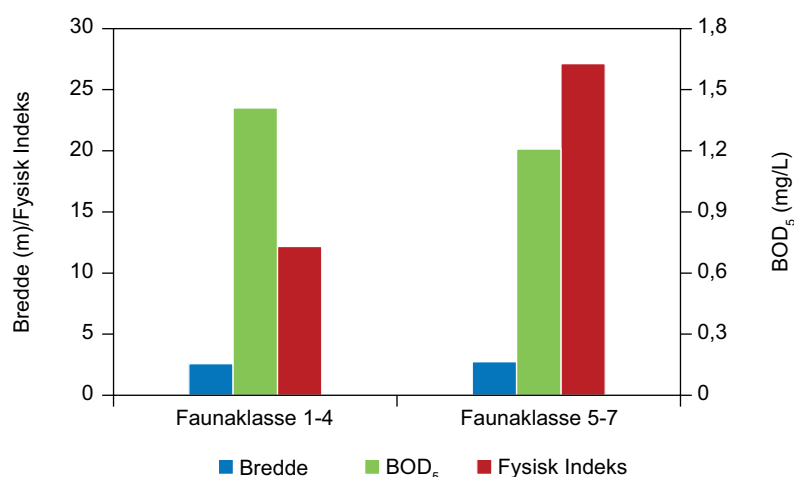


Men hvad er forklaringen på den markant positive udvikling? Er der tale om forbedring af vandkvaliteten gennem forbedret spildevandsrensning ved offentlige renseanlæg, ejendomme i det åbne land og ferskvandsdambrug, eller er de fysiske forhold forbedret som følge af en mere miljøvenlig vedligeholdelse eller endda fysisk restaurering? Dette er diskuteret ret indgående i Wiberg-Larsen m.fl. (2012). Konklusionen var, at udviklingen i perioden 1994-2007 primært følger en reduktion i vandløbenes indhold af let nedbrydeligt organisk stof. Denne reduktion i belastning er et resultat af indgreb over for udledninger af spildevand, bl.a. i form af bedre rensning af byernes udledninger via de offentlige renseanlæg, reduktion i udledninger fra dambrug (i Jylland) samt eliminering af ulovlige udledninger af ajle, møddingsvand, ensilagesaft mv. fra landbruget. Denne indsats blev primært gennemført i forbindelse med Vandmiljøplan I og blev primært foretaget omkring 1990.

To forhold er afgørende for, om en kemisk forbedring af vandkvaliteten slår igennem i form af forbedret faunaklasse. 'Rentvandsarterne' skal således være i stand til at indvandre og udkonkurrere 'forureningstolerante' arter. Hastigheden af denne indvandring er betinget af, om rentvandsarterne allerede findes i et givet vandløbssystem (for så kan det gå relativt hurtigt), eller om de skal indvandre over land fra andre vandsystemer (for så vil det tage årtier, hvis afstandene er store), se fx Wiberg-Larsen & Nørum (2009). Indvandring kan dog ikke stå alene. Ligeså vigtigt er det, at der også er fysiske levesteder i de vandløb, hvor vandkvaliteten er forbedret. Der er således påvist en signifikant positiv sammenhæng mellem fysisk kvalitet, målt ved Dansk Fysisk Indeks, og faunaklasse (se fx Wiberg-Larsen m.fl. 2010).

Betydningen af vandkvalitet og fysiske forhold fremgår også af figur 3.2, som viser signifikant større værdier af fysisk indeks ved vandløbsstationer med faunaklasse 5-7 sammenlignet med stationer, som kun har faunaklasse 1-4. Forskellen i vandkvalitet (målt som BOD₅, en indikator for let nedbrydeligt organisk stof, der typisk stammer fra renseanlæg, spredt liggende ejendomme og dambrug) mellem stationer med faunaklasse 5-7 og 1-4 er også signifikant, men afgjort mindre betydende på nuværende tidspunkt. Interessant er også, at der ikke er nogen statistisk signifikant forskel i størrelsen (målt som vandløbsbredde) af vandløbene mellem de to grupper.

Figur 3.2. Vandkvalitet (BOD₅), fysisk tilstand og bredde for vandløbsstationer med hhv. faunaklasse 1-4 og 5-7 i 2013 (i alt ca. 250 vandløbsstationer). Bemærk, at værdierne for BOD₅ og fysisk Indeks er angivet som medianværdier for perioden 2004-2013.



Selvom der kan peges på vandkvalitetsforbedringer som den primære årsag til den positive udvikling i miljøtilstand, kan det ikke udelukkes, at også fysiske forbedringer – i det mindste lokalt – har haft betydning.

En analyse af forskellen i fysisk tilstand (middelværdier) mellem hhv. perioden 2004-2009 og 2010-2014 for en delmængde af de ca. 250 vandløbsstationer viser imidlertid ingen forskel (Wilcoxon Signed Ranks test, $P = 0,15$). Selvom testen kun omfatter 103 stationer, hvor der er data for begge perioder, er der data nok til meningsfuldt at angive middelværdier for begge perioder. En lignende test for samtlige NOVANA-stationer viser heller ingen forskel mellem perioderne ($P=0,28$, $N=163$). Tendensen er således ret sikker: Der er ikke sket afgørende ændringer i den fysiske tilstand inden for de seneste 10 år.

Der er generelt en udpræget mangel på dokumentation for ændringer i de fysiske forhold i danske vandløb, hvis vi går længere tilbage i tid. Her er der således ikke foretaget systematiske målinger, fx i form af fysisk indeks eller lignende. Det kunne ellers have været relevant, fordi man kunne have forventet en forbedring som følge af ændringen af formålet med vandløbsloven i 1985. Her blev afvanding og miljøinteresser i princippet ligestillet, hvor afvanding var hovedformålet før den tid. Miljøvenlig vedligeholdelse af vandløb blev efterfølgende indbygget i nye regulativer, som dog først blev fuldt implementeret omkring midten af 1990'erne (senest i de mindre vandløb). Men selvom vedligeholdelsen af vandløbene herefter generelt skulle være blevet mere 'miljøvenlig' – og derved burde føre til bedre fysiske forhold – er der tegn på, at vedligeholdelsen ikke er udført så miljøvenligt som angivet i regulativerne (Moeslund & Schlönsen 2011). Dertil kommer, at 'miljøvenlig' vedligeholdelse udført i overensstemmelse med regulativerne ikke nødvendigvis er tilstrækkelig til at sikre forbedrede fysiske forhold, ligesom det kan være nødvendigt at supplere med egentlige fysiske restaureringer for at opnå tilstrækkelig positiv effekt.

Konklusionen er derfor, at forbedringerne i økologisk tilstand (målt som faunaklasse) – ved de ca. 250 vandløbsstationer – primært er et resultat af forbedret spildevandsrensning ved kommunale renseanlæg og dambrug, hvorimod forbedret rensning ved ejendommene i det åbne land næppe har slået igennem i samme grad. Dels er sidstnævnte endnu ikke gennemført i fuldt omfang på landsplan, dels er udledningerne kun af væsentlig betydning i små vandløb, som i mindre omfang indgår i nærværende analyser.

Det må dog forventes, at den forbedrede spildevandsrensning i det åbne land vil få en synlig positiv effekt på tilstanden i landets små vandløb generelt. Når der alligevel sker en stadig forbedring af den økologiske tilstand, skal årsagen derfor søges i en fremadskridende rekolonisering af fysisk egnede vandløbsstrækninger med god vandkvalitet med arter af smådyr, som er indikatorer for god-høj økologisk tilstand. Denne rekolonisering accelerer naturligt i takt med, at dyrene får flere og flere 'holdepunkter', hvorfra de yderligere kan spredes.

Men alting har en grænse. Uden forbedringer af de dårlige fysiske forhold i regulerede vandløb vil fremgangen for de økologisk 'krævende' smådyr standse. Konklusionen er derfor også, at det relativt væsentligste miljøproblem i danske vandløb aktuelt er dårlige fysiske forhold. Det betyder, at der er behov for forbedringer af disse forhold, såfremt man ønsker at forbedre den økologiske tilstand yderligere.

Konklusionerne bygger som nævnt kun på en mindre delmængde af danske vandløb, som kun til en vis grad er repræsentative for danske vandløb og de vandløb, som er medtaget i vandplanerne. Det vurderes imidlertid, at tendenserne er generelt gyldige, idet forholdene i de små vandløb dog kan være væsentlig anderledes end beskrevet.

4 Kvælstof i vandløb

Jens Bøgestrand

Kvælstof er et plantenæringsstof, og de menneskeskabte forøgede tilførsler af kvælstof til havet er her 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 nogle af vores søer. Vandmiljøplanerne har som et af de vigtigste mål at reducere tilførslen af kvælstof til havmiljøet og til grundvand / drikkevand.

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

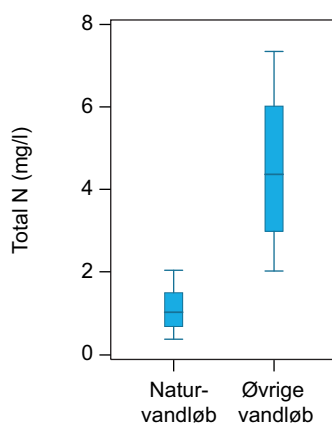
Kvælstof har normalt relativt lille betydning for miljøet i selve vandløbene, bortset fra forhøjede koncentrationer af ammoniak, der har giftvirkning på smådyr og fisk, ligesom forhøjede koncentrationer af ammonium-N kan udelukke tilstedeværelsen af visse vandplanter. Til gengæld er vandløbene en vigtig 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 med undtagelse af de vejledende kravværdier for ammoniak og ammonium i vandplanerne.

4.1 Tilstanden i 2014

Koncentrationen af kvælstof i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller modtager udledninger fra punktkilder, var i 2014 gennemsnitligt omkring 4 gange så høj som baggrundsniveauet målt i naturvandløb (figur 4.1).

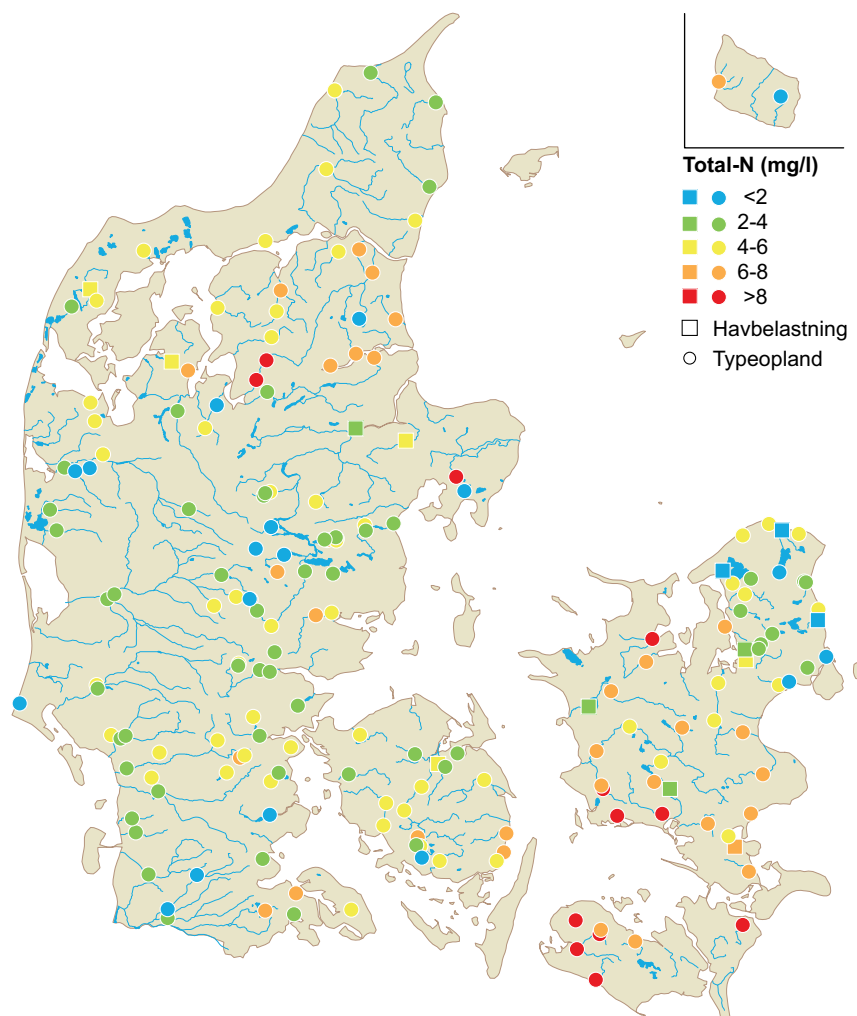
Figur 4.1. Koncentrationen af totalkvælstof i vandløb i 2014. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier. Box-whiskers angiver 10, 25, 50, 75 og 90 percentiler.



Der er en betydelig variation i koncentrationerne. Tidligere analyser af resultater fra naturvandløb har således vist, at der er regionalt betingede forskelle, som kan forklare noget af variationen. Således er koncentrationen af nitratkvælstof væsentligt højere i oplande med lerjord end i sandjordsoplande.

Vandløb i Vestjylland har bl.a. derfor generelt en lavere koncentration af kvælstof end eksempelvis de sydsjællandske vandløb (figur 4.2). I Vestjylland siver en stor del af regnvandet lang vej gennem regionale grundvandsmagasiner, før det når frem til vandløbene. 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.

Figur 4.2. Koncentrationen af totalkvælstof i vandløb i 2014. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier.

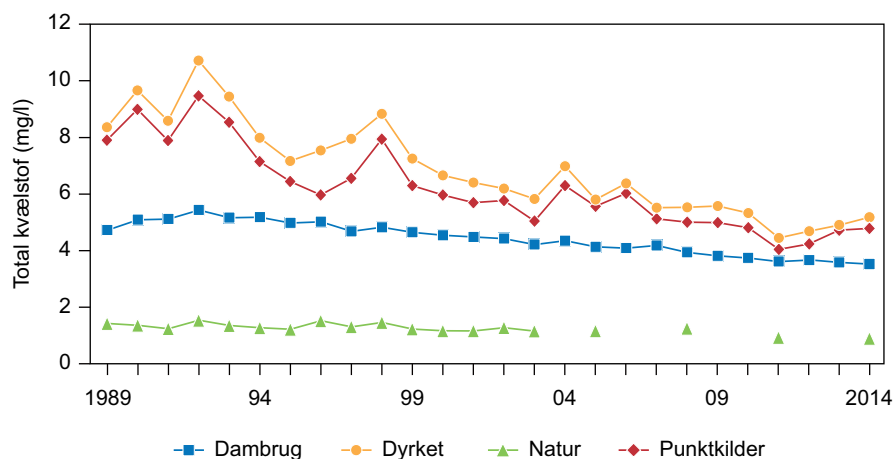


4.2 Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene har generelt været faldende. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der ligger i dyrkede oplande eller modtager betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 4.3 og tabel 4.1). Der har været betydelige udsving fra år til år, eksempelvis i perioden 2004-6 og i 2011, hvor koncentrationen faldt brat for i de efterfølgende år at nærme sig det tidligere niveau. I vandløb med betydelige udledninger fra dambrug har der været en mindre, men dog betydelig, 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 er relativt lavt og mere konstant. De senere år har vist tegn på et fald i kvælstofkoncentrationen i naturvandløb. Der er dog tale om meget få vandløb, hvoraf nogle har svinget meget i koncentration gennem årene, så der kan endnu ikke drages tungvejende konklusioner. Siden 2011 er der blevet målt på et større antal naturvandløb, hvilket på længere sigt vil give et bedre grundlag for at vurdere eventuelle ændringer.

Figur 4.3. Udvikling i kvælstofkoncentrationen siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991.



Tabel 4.1. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall og Senn's trend estimator) af udviklingstendenser siden 1989 for vandføringskorrigerede koncentrationer og transport af kvælstof. Middelværdier $\pm$ 95 % konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Alle vandløb omfatter et antal vandløb ud over de fire nævnte typer.

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration	Procentvis ændring i transport
Natur	6	2	0	-23 ± 7	-30 ± 4
Dyrket	54	49	0	-49 ± 5	-50 ± 4
Punktkilder	70	66	0	-51 ± 4	-50 ± 3
Dambrug	15	14	0	-35 ± 6	-36 ± 10
Alle	146	132	0	-45 ± 3	-48 ± 3

5 Fosfor i vandløb

Jens Bøgestrand

Ligesom kvælstof er fosfor et plantenæringsstof og er den vigtigste årsag til forekomsten af en forøget mængde planktonalger i mange søer. Fosfor kan også være af betydning for tilstanden i nogle 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 en relativt lille betydning for den økologiske tilstand i de fleste danske vandløb, idet andre faktorer såsom dårlige fysiske forhold, fysiske forstyrrelser og spildevandets indhold af let nedbrydeligt organisk stof generelt har større betydning. En nyere analyse af data fra NOVANA har imidlertid vist, at koncentrationen af opløst fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) kan spille en væsentlig rolle for visse plantearter og i visse vandløb og herigennem påvirke den generelle økologiske tilstand (Wiberg-Larsen m.fl. 2012).

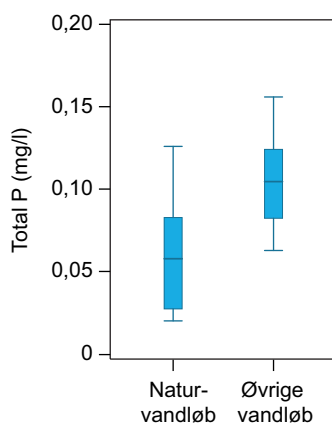
Fosfor transporteres via vandløb til søer og fjorde. Derfor er målte koncentrationer og beregnede transporter vigtige for at kunne vurdere, om tilførslerne til søer og fjorde som ønsket bliver mindre.

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

5.1 Tilstanden i 2014

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller modtager udledninger fra punktkilder, var i 2014 gennemsnitligt (median-værdien) dobbelt så høj som niveauet målt i naturvandløb (figur 5.1).

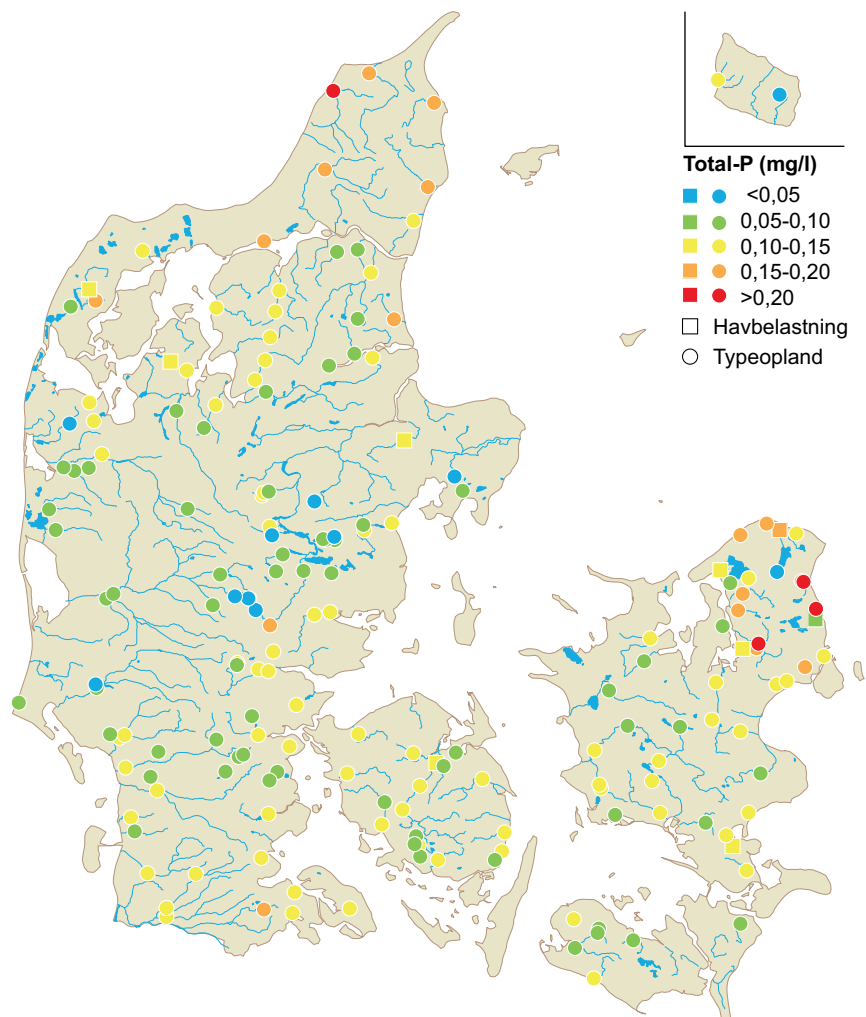
Figur 5.1. Koncentrationen af totalfosfor i vandløb i 2014. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier. Box-whisker diagrammet giver 10, 25, 50, 75 og 90 percentiler.



Der er en betydelig variation i koncentrationerne. Tidligere analyser af resultater fra naturvandløb har vist, at der er regionalt betingede forskelle i koncentrationen af fosfor, som kan forklare noget af variationen.

Høje koncentrationer af fosfor optræder især i det tæt befolkede Nordsjælland (figur 5.2), 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 renselanlæg 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.

Figur 5.2. Koncentrationen af totalfosfor i vandløb i 2014. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier.

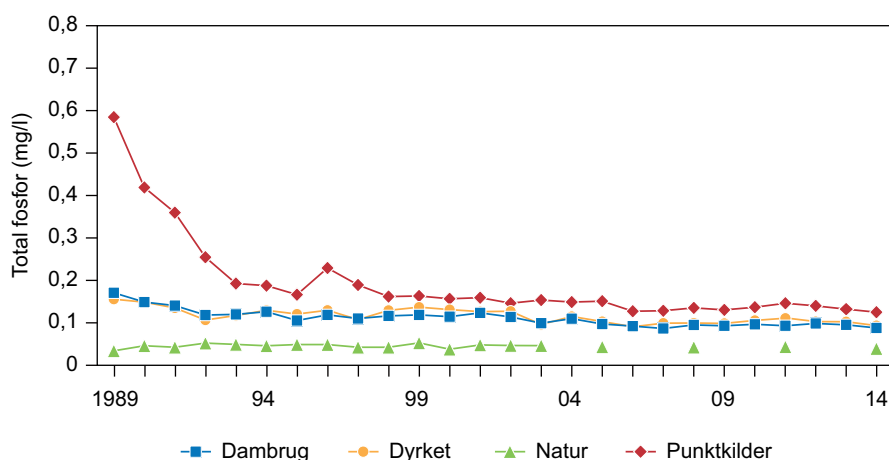


5.2 Udviklingen siden 1989

Koncentrationen af totalfosfor i punktkildebelastede vandløb er faldet markant gennem den første halvdel af 1990'erne og er nu kun lidt højere end i dyrkningspåvirkede vandløb (figur 5.3 og tabel 5.1). 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. Som gennemsnit er faldet dog mindre end i vandløb med påvirkninger fra punktkilder eller dambrug. Regionale forskelle er ikke testet.

Figur 5.3. Udvikling i fosfor-koncentrationen siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991.



Tabel 5.1. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall og Senn's trend estimator) af udviklingstendenser siden 1989 for vandføringskorrigerede koncentrationer af fosfor. Middelværdier $\pm$ 95 % konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

*Alle vandløb omfatter et antal vandløb ud over de fire nævnte typer.

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration	Procentvis ændring i transport
Natur	6	0	0	-1 $\pm$ 9	-0 $\pm$ 9
Dyrket	32	15	1	-17 $\pm$ 9	-15 $\pm$ 8
Punktkilder	70	61	0	-40 $\pm$ 6	-41 $\pm$ 6
Dambrug	15	13	0	-28 $\pm$ 10	-29 $\pm$ 10
Alle*	147	104	2	-31 $\pm$ 4	-32 $\pm$ 4

6 Kvælstofbelastning af havet

Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Gitte Blicher-Mathiesen, Ane Kjeldgaard, Søren Erik Larsen, Henrik Tornbjerg & Niels Bering Ovesen

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

Danmarks kystlinje er inddelt i kystafsnit af 1.-4. orden, hvor 1. orden er den groveste inddeling på ni afsnit, mens 2.-4. orden er tiltagende underinddelt. Kystafsnittene har siden 1980'erne været grundlaget for arbejdet i de marine konventioner, som Danmark har tilsluttet sig.

6.1 Datagrundlag og metoder

Til beregning af den samlede tilførsel fra land af totalkvælstof til havet omkring Danmark for perioden siden 1990 er der anvendt data fra i alt 169 målestationer. For 115 af disse stationer har der været kontinuerede måledata til stede for hele perioden. For 2014 har der været måledata fra 130 af stationerne. De 169 målestationer dækker et samlet opland på 23887 km² svarende til 55 % af landets samlede areal. For 54 af målestationerne (2320 km² opland) har der IKKE været kontinuerede måledata til stede for hele perioden. Stoftransporter for disse stationer er for måneder uden måledata beregnet via procedurer for 'huludfyldning'. Den valgte metode hertil er beskrevet i Windolf m.fl. (2013).

For de såkaldt umålte oplande er afstrømningen af totalkvælstof beregnet ved brug af simple modeller for udledning og omsætning af kvælstof, den såkaldte DK-QNP model. En nærmere dokumentation for metoden er givet i Windolf m.fl. (2010, 2011, 2012a). Det er tidligere påvist (Bøgestrand m.fl. 2009), at den anvendte metode generelt overestimerer kvælstofkoncentrationerne i det vestlige Danmark og viser tendens til underestimering i den østlige del af landet. For kvælstof er en vigtig variabel i DK-QNP modellen det årligt beregnede kvælstofoverskud på 'mark-niveau'. Der er i Blicher-Mathiesen m.fl. (2015) foretaget visse justeringer ved beregning i tidsserien (1990-2013) for denne markbalance. I de modelberegninger, der er foretaget i de aktuelle opgørelser, er den hidtidige tidsserie for markbalancen dog bevaret (Blicher-Mathiesen m.fl., 2012). Dette er gjort, fordi det er denne tidsserie, som kalibreringen af DK-QNP modellen er baseret på.

For den del af landet, der afvandes til de såkaldte V1-fjorde, og som indgår i udkastene til vandplaner, er der forsøgt foretaget korrektioner for ovennævnte modelbias. Korrektionerne er foretaget i to trin. Først er der sket en oplands- og månedsspecifik opretning af de modellerede koncentrationer af kvælstof for de 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 det undersøgt, om der for de målte oplande har kunnet påvises en signifikant udvikling over tid for modelresidualerne. Har dette været tilfældet i mindst ni af årets 12 måneder over perioden siden 1990, er der foretaget en korrektion af denne 'trend-residual' i de modellerede data. Korrektionen er således udledt oplandsspecifikt for de enkelte fjordes målte oplande og antaget at kunne overføres til de umålte oplande. Der er konkret foretaget en korrektion for 'trend-residualer' 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. (2012a).

Data for udledninger af spildevand fra punktkilder er for samtlige år leveret af Fagdatacentret for punktkilder (tidligere Miljøstyrelsen, nu under Naturstyrelsen).

For rensningsanlæg, særskilte industrielle udledere, ferskvandsdambrug og saltvandsbaseret fiskeopdræt er udledningerne knyttet til et punkt. Spredt bebyggelse har indtil 2009 været knyttet til et opland, men er fra og med 2010 knyttet til punkter i form af enkelte ejendomme. Regnvandsbetingede udledninger (RBU) har ligeledes været knyttet til et opland, men er fra og med 2013 knyttet til punkter i form af de udledningspunkter, som kommunerne er ansvarlige for, og som forefindes i den nye fællesoffentlige database for punktkildeudledninger, PULS. De samlede udledninger fra RBU i 2013 og 2014 er opgjort til at være væsentligt (størrelsesorden 30-40 %) højere end tidligere år, hovedsageligt på grund af et forbedret datagrundlag (Naturstyrelsen, 2015), hvilket betyder, at tidligere års opgørelser har undervurderet de samlede udledninger. Vi har ikke forsøgt at korrigere for dette i nærværende rapport.

For at opnå en konsistent tidsserie for spildevandsudledningerne er der foretaget 'hul-udfyldning' i tilfælde af manglende data. I de tilfælde, hvor der mangler oplysninger fra begyndelsen af 1990'erne, er det antaget, at udledningerne har været af samme størrelse 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 bearbejdet for at opnå en bedre geografisk distribution og en fuld tidsserie, 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 det tilsvarende sket ved at udnytte den geografiske distribution for 2013 på udledningspunkterne fra PULS kombineret med viden om den samlede 'aktuelle årsudledning' gennem hele perioden.

Visse anlæg udleder direkte til havet. Det drejer sig især om større renseanlæg, særskilte industrielle udledere, regnvandsbetingede udledninger og saltvandsbaserede fiskeopdræt. De eksisterende angivelser i den hydrologiske reference af, hvorvidt et anlæg udleder direkte til havet, er desværre fejlbehæftede. Derfor er det aftalt mellem fagdatacentre for punktkilder og ferskvand at definere direkte udledninger således, at koordinaterne for udledningspunktet enten ligger ude i havet eller på land højst 100 meter fra kystlinjen. Metoden er brugt til renseanlæg, industrielle udledere og regnvandsbetingede udledninger. 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 (om end dette næppe er tilfældet). Endelig skal det bemærkes, at spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse er indregnet under den diffuse kvælstofudledning.

6.2 Afstrømningen af kvælstof til havet i 2014

For hele 2014 blev der i alt beregnet en tilførsel på godt 62.800 tons totalkvælstof fra land til kystafsnittene omkring Danmark mod godt 54.000 tons N i 2013. Samtidig var vandafstrømningen i 2014 på 347 mm mod 323 mm som gennemsnit for hele perioden. Dermed blev såvel vand- som kvælstofafstrømningen i 2014 noget større end året før.

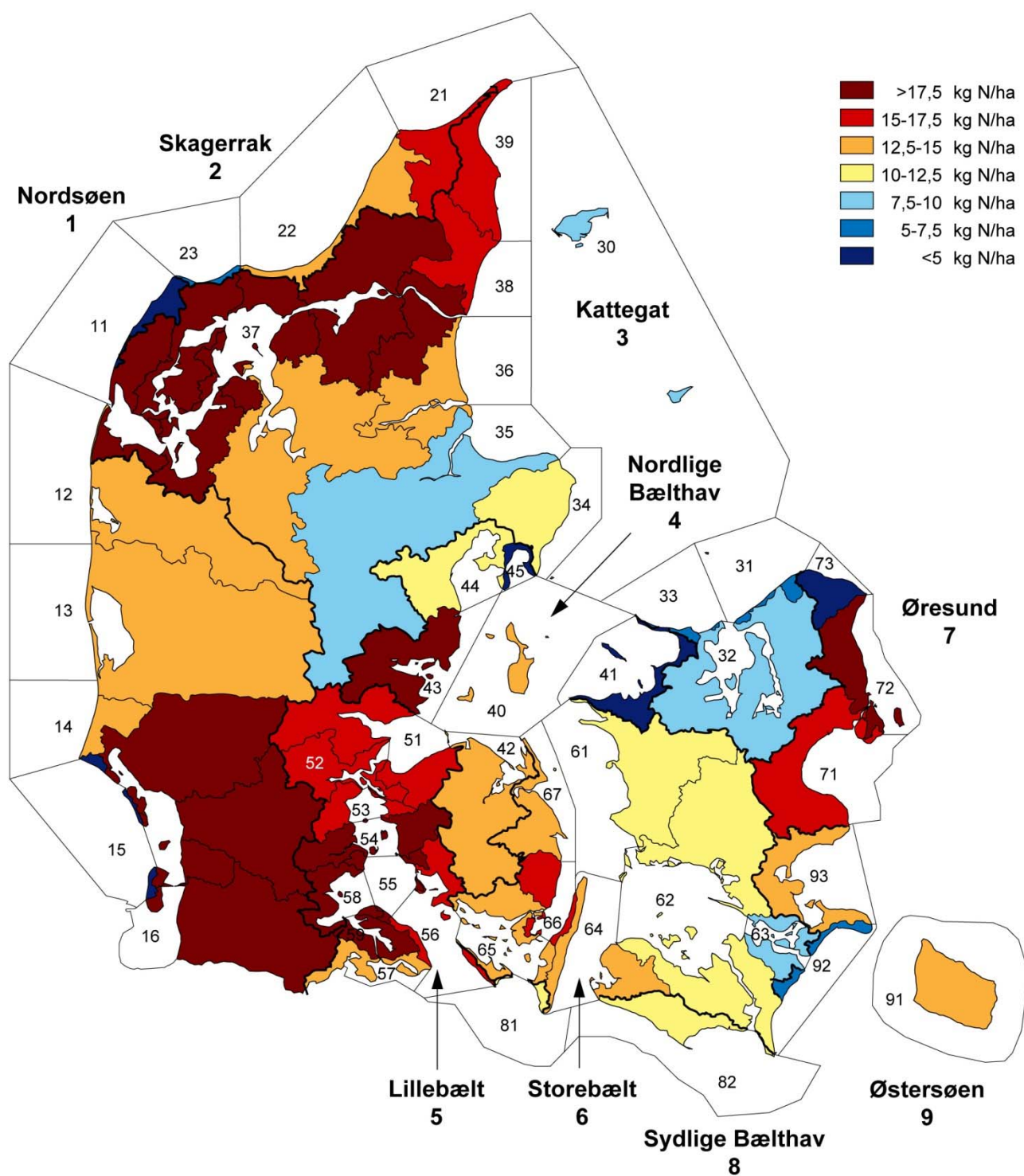
Tabet af totalkvælstof pr. ha opland til de kystnære vande var som gennemsnit i 2014 omkring 14,6 kg N/ha mod 12,6 kg N/ha i 2013. Der var dog betydelige afvigelser imellem de forskellige dele af landet (figur 6.1). I nogle oplande var tabet til de kystnære vandområder mindre, fx i Gudenåsystemet. Her sker der via vandsystemets mange søer en væsentlig fjernelse af det udledte kvælstof, inden vandet løber ud i Randers Fjord (figur 6.1). Også i det østlige Danmark var kvælstoftabet generelt mindre end gennemsnittet. Det skyldes her, at kvælstofoverskuddet på markerne typisk er mindre end gennemsnittet (Windolf m.fl. 2012b), samt at vandafstrømningen i det østlige Danmark er væsentligt mindre end mod vest.

Relativt store oplandstab af kvælstof forekom i 2014 – som i 2013 – i store dele af oplandet til Limfjorden og fra oplandene i det sydlige Jylland (figur 6.1).

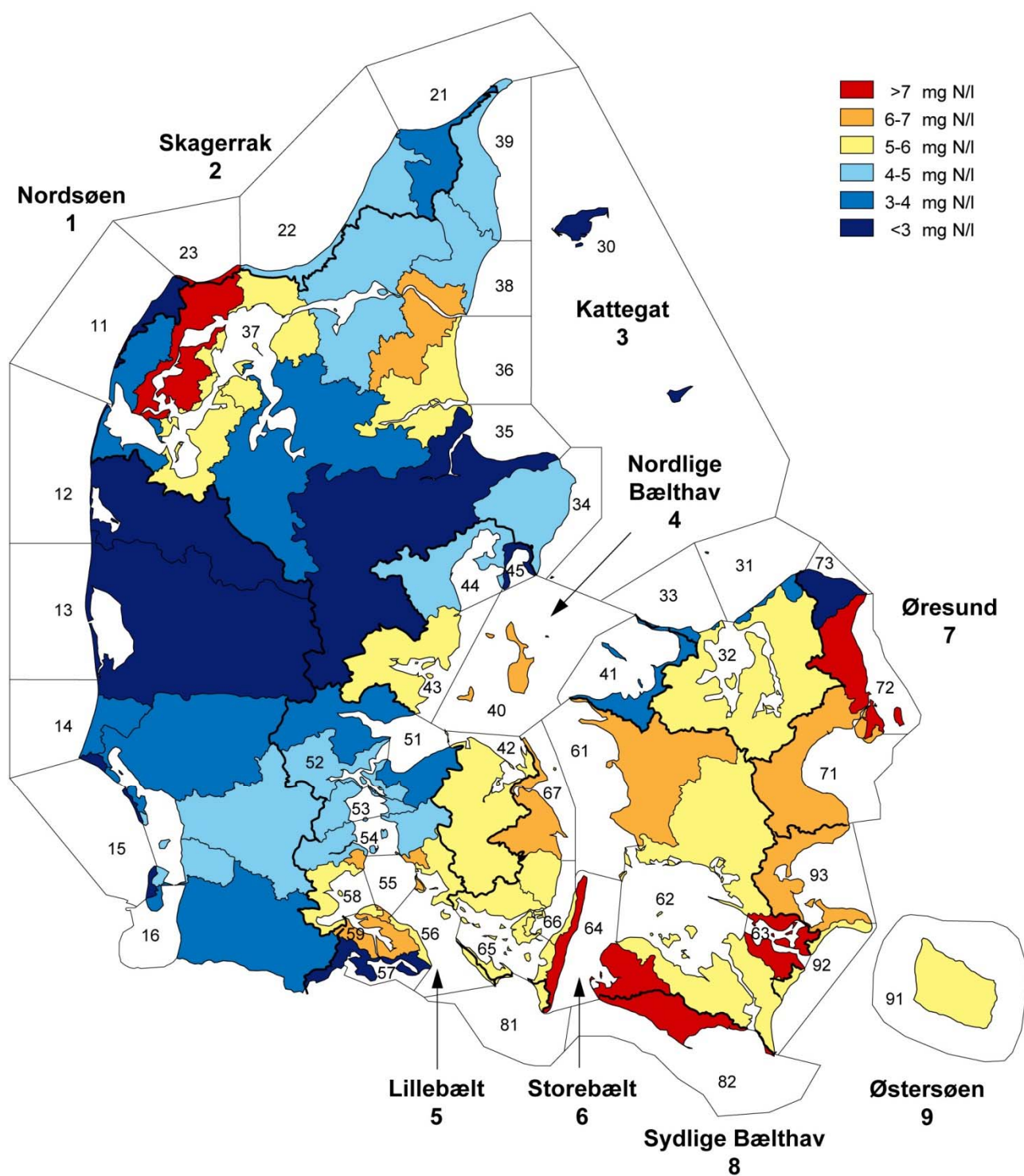
Indholdet af totalkvælstof i det afstrømmende vand til kystvandene var generelt mindre end 5 mg N/l (figur 6.2). Den absolutte og relative variation landet over var meget lig med den fra året før. I oplandene til fx Randers Fjord, Nissum Fjord og Ringkøbing fjord var koncentrationerne i 2014 – som i 2012-13 – endda under 3 mg N/l. De mange søer i Gudenåsystemet medvirker som nævnt ovenfor til via denitrifikation at fjerne en betydelig mængde af det kvælstof, der udledes til vandløbene, inden vandet med resterende kvælstof når frem til Randers Fjord. For Storåen og Skjernå, der afvander til Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord, sker der en væsentlig fjernelse af det kvælstof, der udvaskes til grundvand. I disse typer af oplande passerer det udvaskede kvælstof således nitratreducerende lag i undergrunden, hvorved der sker en fjernelse (denitrifikation) af en væsentlig mængde af det udvaskede kvælstof.

I enkelte oplande – fx visse områder omkring Limfjorden, Mariager Fjord, Horsens Fjord og størstedelen af det østlige Danmark – var koncentrationerne generelt større end 5 mg N/l.

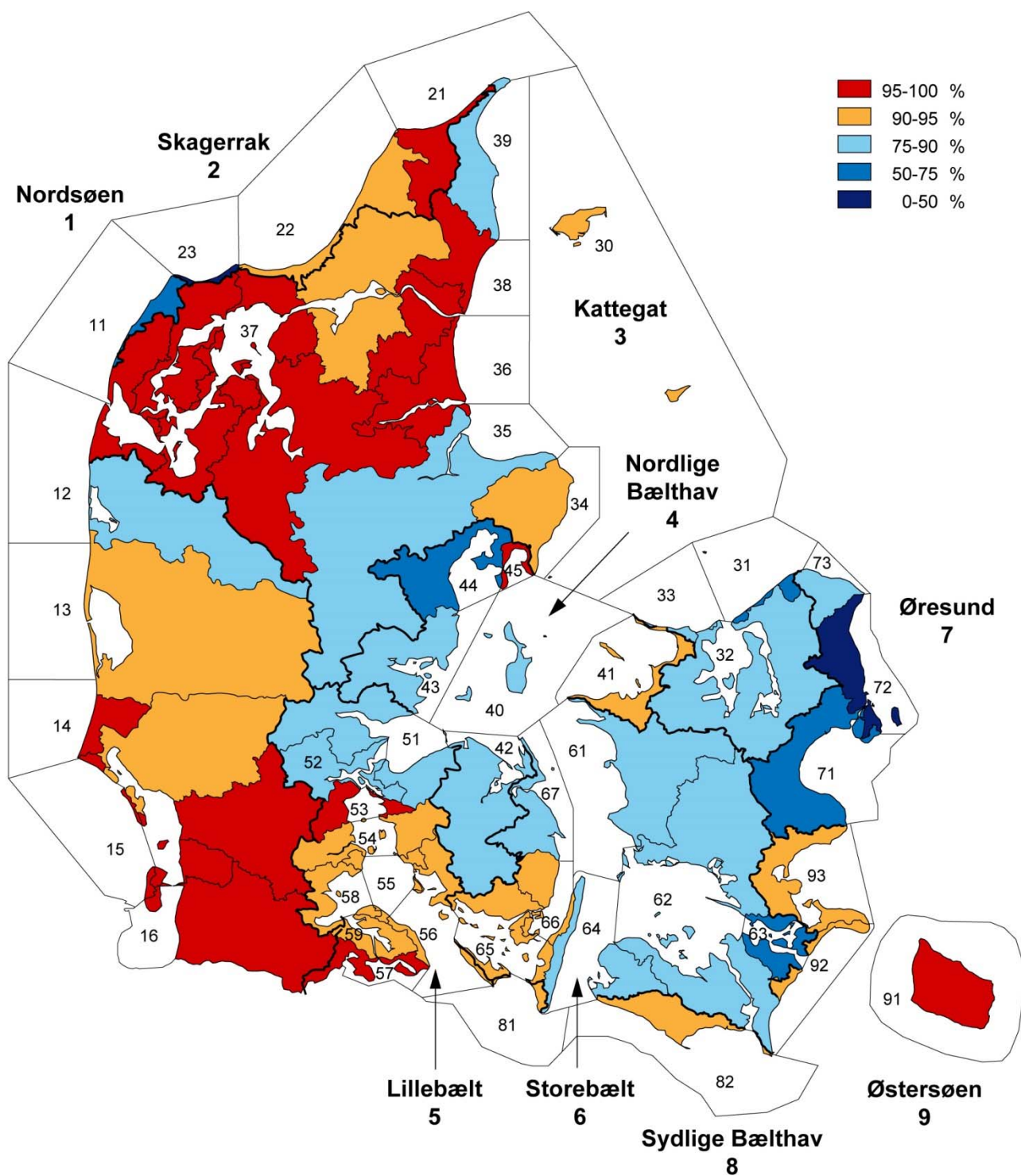
De diffuse kilders andel af den samlede kvælstoftilførsel til kystområderne varierede – som i tidligere år – noget fra landsdel til landsdel. De diffuse kilder omfatter tilførsler fra såvel dyrkede som udyrkede jorder, men også i mindre omfang udledninger af spildevand fra spredt liggende ejendomme uden for de offentlige kloaksystemer. De diffuse kilder var derfor mindst betydende omkring de større byer og mest betydende i de åbne landområder (figur 6.3). For landet som helhed var den samlede udledning af totalkvælstof fra punktkilder (dvs. renseanlæg knyttet til bymæssig bebyggelse, dambrug, virksomheder) på 6.200 tons i 2014, mens den diffuse udledning udgjorde godt 56.000 tons mod godt 48.000 tons i 2013. Det svarer til en fordeling på henholdsvis 10-11 og 89-90 % af den totale kvælstoftilførsel til kystområderne for 2012-2014.



Figur 6.1. Tab af totalkvælstof fra oplandene til kystområderne i 2014.



Figur 6.2. Kvælstofbelastning af kystområderne i 2014 angivet som vandføringsvægtede koncentrationer.

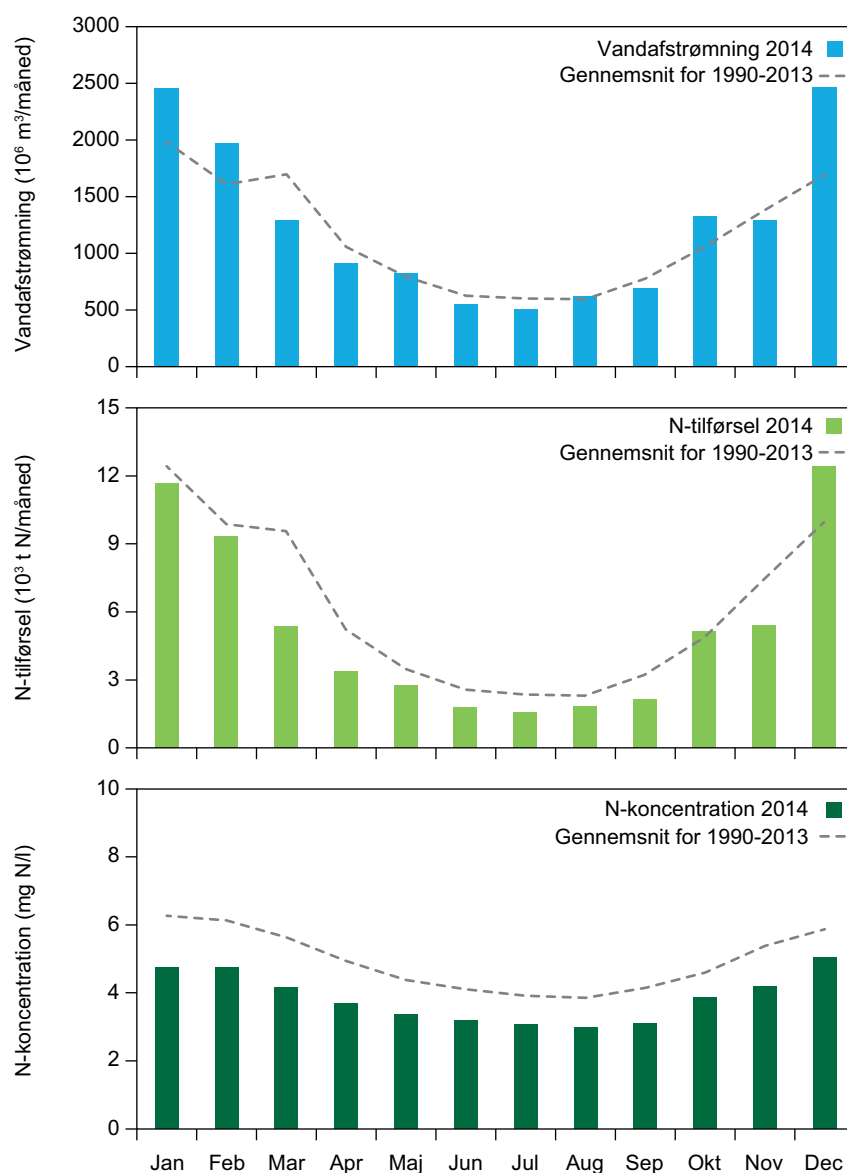


Figur 6.3. Diffus andel af den totale kvælstoftilførsel til kystområderne i 2014.

6.3 Sæsonvariation i vand- og kvælstofafstrømning

I 2014 var vandafstrømningen til havet omkring Danmark 7 % større end gennemsnittet for perioden 1990-2013 (figur 6.4, se også kapitel 2). Der var dog i de enkelte måneder betydelige afvigelser i forhold til gennemsnittet. I januar-februar måned – specielt markant i december – var afstrømningen større end i forudgående år. Omvendt var afstrømningen i sommerhalvåret 2014 generelt på niveau med eller lidt mindre end normalt (figur 6.4). Kvælstofafstrømningen i 2014 var – bortset fra oktober og december måned – klart mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2013 (figur 6.4, midt). Kvælstofkoncentrationerne i det afstrømmende vand for alle måneder var markant mindre end gennemsnittet for perioden forud (figur 6.4, nederst). Det reducerede kvælstofindhold i den samlede vandafstrømning er relateret til det markant reducerede tab af kvælstof fra de dyrkede marker samt af de reducerede udledninger af kvælstof med spildevand.

Figur 6.4. Månedsvis vandafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midt) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark (nederst) i 2014 og som gennemsnit for perioden 1990-2013.

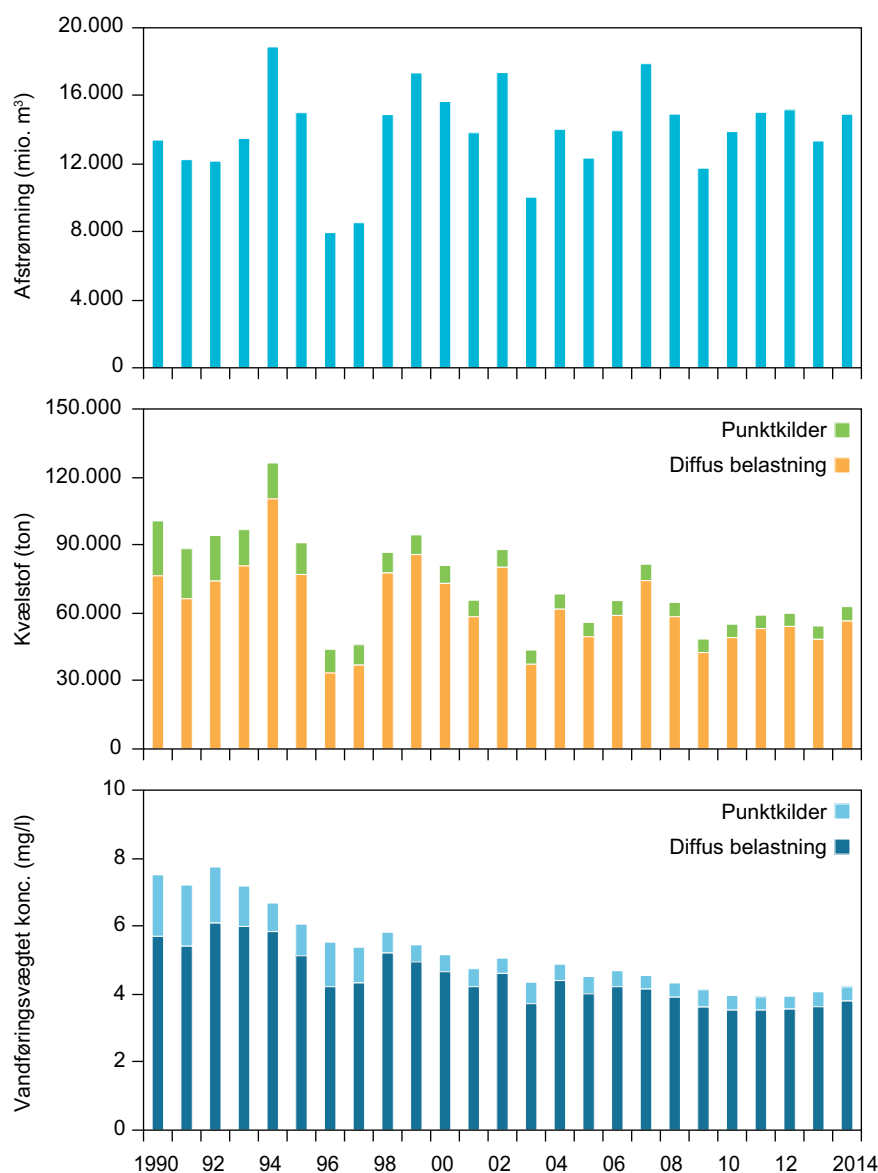


6.4 Udviklingen i kvælstofafstrømning

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 totalkvælstof (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 seneste fem år at variere mellem 3,9 og 4,2 mg N/l. Koncentrationerne på 3,9-4,0 mg N/l i 2010, 2011 og 2012 er de lavest målte/beregnete værdier for hele perioden siden 1990. I 2013 beregnedes en lidt større koncentration på 4,1 mg N/l, og igen i 2014 findes en lidt højere koncentration på 4,2 mg N/l. For det målte opland findes, at koncentrationerne i 2013-14 var ca. 0,1 mg N/l højere end i de to forudgående år.

Størstedelen af faldet gennem perioden forklares af en reduktion i de landbrugsrelaterede diffuse udledninger af kvælstof (figur 6.5, midt og nederst).

Figur 6.5. Udvikling i ferskvandsafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midt) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark (nederst), 1990-2014. Kvælstoftilførslen er fordelt på diffuse kilder (inkl. spildevand fra spredt bebyggelse) og spildevand fra punktkilder. Der er i den beregnede kildeopsplitning ikke indregnet retention af udledt kvælstof med spildevand til ferskvand..



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 eller omkring 70 %. I 2014 udgjorde spildevandsudledninger fra punktkilder således kun 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 totalkvælstof i den samlede afstrømning til havet. Faldet er estimeret til 50 % (95 % konfidensgrænser: 40-62 %). 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 ni 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 estimeres på landsplan til 43 % i perioden 1990-2014 (95 % konfidensgrænser: 34-54 %). I oplandene til farvandsområderne varierede de beregnede fald i det diffuse koncentrationsbidrag mellem 35 og 54 %.

Analyserne af udviklingen i kvælstoftransporten i tabel 6.1 er udført på de samlede transporter fra målte og umålte oplande. Gennemføres en lignende statistisk analyse af udviklingen i den samlede kvælstoftransport fra vandløbsmålestationer, der indgår i beregningerne med måletidsserier for hele perioden 1990-2014, finder man en tilsvarende udvikling i den diffuse kvælstoftransport.

Tabel 6.1. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og den diffuse tilførsel af kvælstof til kystområderne for perioden 1990-2014. 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	-38	-46
Skagerrak	-46	-61
Kattegat	-35	-42
Nordlige Bælthav	-54	-57
Lillebælt	-51	-54
Storebælt	-51	-51
Øresund	-48	-64
Sydlig Bælthav	-41	-42
Østersøen	-45	-51
Danmark	-43 (-54;-34)	-50 (-62;-40)

6.5 Udvikling i nøgleindikatorer af betydning for kvælstoftransporten

Som bl.a. vist i dette kapitel er der en væsentlig kobling mellem størrelsen af ferskvandsafstrømningen og den tilknyttede kvælstoftransport. I 'våde' år med megen nedbør og stor ferskvandsafstrømning vil der typisk også være en større kvælstoftransport end i 'tørre' år med ringe nedbør. Variationer i

ferskvandsafstrømningen fra år til år medfører således en betydelig år-til-år variation i kvælstofafstrømningen. Denne variation vanskeliggør i nogen grad en vurdering af, hvorledes de forureningsbegrænsende tiltag generelt er slået igennem.

Betydningen af variationer i ferskvandsafstrømningen for det enkelte års kvælstoftransport er i figur 6.6 (øverst) søgt elimineret. Figuren viser dels den – stærkt varierende – aktuelle samlede kvælstoftransport i vandløb fra diffuse kilder de enkelte år i perioden siden 1990 og dels den normaliserede kvælstoftransport. Den anvendte metode til denne normalisering er gengivet i Windolf m.fl. (2012a, 2012c). Den normaliserede transport illustrerer den kvælstoftransport, der ville have været det enkelte år, såfremt vandafstrømningen havde været konstant gennem hele perioden (323 mm / år).

Det bemærkes, at den anvendte normaliseringsmetode ikke tager højde for betydningen af alle klimatiske faktorer. Dette gælder fx betydningen af varierende relative vandafstrømninger og transporter imellem de enkelte år, og der er ej heller taget højde for eventuelle betydninger af varierende temperaturer.

Når data søges normaliseret, er det med den hensigt bedre at kunne belyse betydningen af de påvirkninger af kvælstoftabet til vandmiljøet, der ikke kan forklares med naturlige variationer i klimaforhold. Den helt dominerende påvirkning er her kvælstofudledningerne fra de dyrkede arealer.

Det ses tydeligt, at der gennem perioden er sket et fald i den normaliserede kvælstoftransport fra diffuse kilder (figur 6.6, øverst).

Selvom det totale fald i kvælstofafstrømningen tydeligt ses at være størst i den første del af perioden (figur 6.6, to øverste delfigurer), er der dog antydningen af et mindre fald i den afstrømningsnormaliserede kvælstofafstrømning siden 2005. Det bemærkes dog, at den normaliserede totale kvælstofafstrømning fra diffuse kilder i det senest opgjorte hydrologiske år (2013/14) er beregnet til godt 52.000 tons kvælstof mod godt 49.000 tons kvælstof i de to forudgående år. De forudgående års fald synes således at klinge af her i de seneste år.

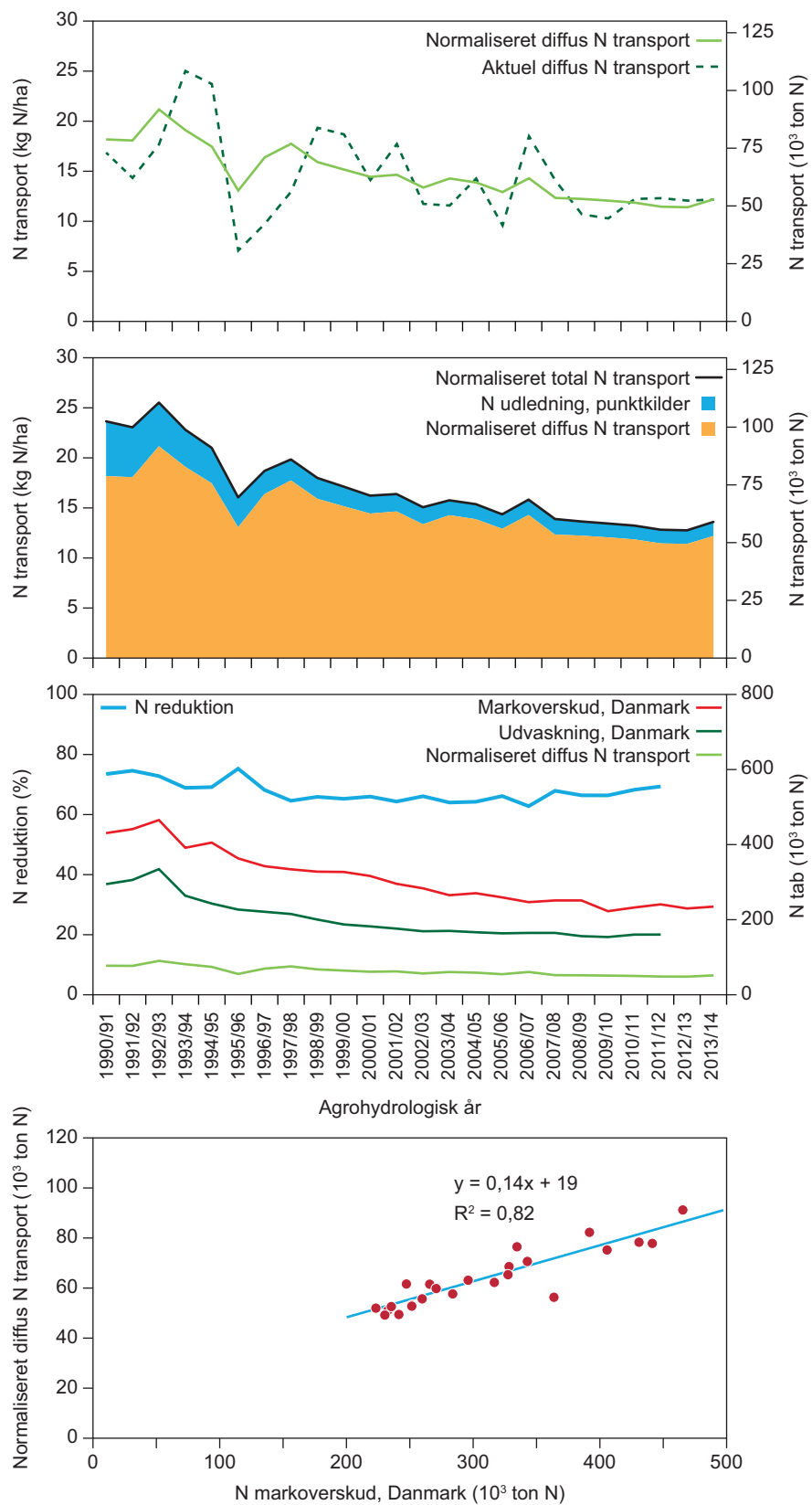
Ud over de diffuse kilder til kvælstoftransporten udledes der også kvælstofholdigt spildevand til vandmiljøet. Disse spildevandsudledninger er ikke i samme grad som udledningerne fra de diffuse kilder påvirket af variationer i nedbøren. Tillægges de aktuelle spildevandsudledninger fra punktkilder (ekskl. spildevand fra spredt bebyggelse, som medregnes under den diffuse afstrømning), fås således et estimat for, hvordan udviklingen i den samlede 'normaliserede' kvælstoftilførsel til de kystnære områder har udviklet sig siden 1990.

Den samlede normaliserede kvælstoftilførsel fra såvel diffuse kilder som fra punktkilder er illustreret i figur 6.6 (næstøverst). Her er regnet i agrohydrologiske år, idet dette er mest korrekt ved sammenstillinger af landbrugspraksis (markbalancer) og diffus kvælstoftilførsel til havet. Det fremgår, at der med den anvendte metode beregnes en kvælstoftilførsel på over 100.000 tons N i starten af perioden. For de seneste seks år har de beregnede normaliserede kvælstoftilførsler været mellem 55.000-59.000 tons N. Heraf stammer omkring 6.000 tons fra spildevandsudledninger fra punktkilder. For senest opgjorte hydrologiske år (2013/14) fås en årlig normaliseret total transport på ca. 58.500 tons N / år.

Den altovervejende kilde til den diffuse kvælstoftransport i vandløbene er tabet af kvælstof fra de dyrkede arealer.

Den markante reduktion i den diffuse, normaliserede kvælstoftilførsel er vist sammen med udviklingen i overskuddet af kvælstof, altså det kvælstof, som potentielt kan udvaskes fra markerne (figur 6.6 næstnederst). Markoverskuddet er beregnet som beskrevet i Blicher-Mathiesen m.fl. (2015) og omfatter det samlede markoverskud for hele landets areal, dvs. fra såvel dyrkede som udyrkede arealer. Det ses tydeligt af figuren, at såvel markoverskud som den diffuse normaliserede kvælstoftransport falder i takt med hinanden.

Figur 6.6. Udvikling i indikatorer for kvælstoftransporter beregnet for agrohydrologiske år.



Der er således – for perioden som helhed – en meget stærk og signifikant lineær relation mellem det nationale markoverskud og den samlede, normaliserede kvælstoftransport fra diffuse kilder (figur 6.6, nederst). I de seneste fem opgjorte hydrologiske år har kvælstofoverskuddet (mark) varieret mel-

lem 223.000 til 241.000 tons N, og den normaliserede kvælstoftransport fra diffuse kilder har varieret omkring 49.000 til 52.000 tons N.

I figur 6.6 (næstnederst) er også vist udviklingen i den samlede normaliserede kvælstofudvaskning fra rodzonen under dyrkede og udyrkede arealer. For år, hvor der ikke har foreligget anden information om kvælstofudvaskningen, er der indledningsvist udledt en generel relation mellem markoverskud af kvælstof og udvaskning af kvælstof ud fra tilgængelige nationale data. Denne relation er så efterfølgende anvendt til at beregne udvaskningen af nitrat-kvælstof i år, hvor alene information om kvælstofoverskuddet har foreligget.

På kvælstoffets vej fra mark til rodzone og ud i vandløb mod fjorde og øvrige kystvande sker der en reduktion i den transporterede kvælstofmængde. Denne reduktion har – opgjort på denne måde – varieret mellem 65 og 70 % de seneste fem opgjorte år (figur 6.6 næstnederst).

Tilsvarende sammenhænge er tidligere vist – ikke alene for landet som helhed, men også for en række deloplande til danske fjorde (Windolf m.fl. 2012b, 2012c). Dog er det også vist, at der ikke for alle fjordoplande er forekommet hurtigt indtrædende reduktioner i den diffuse kvælstoftransport (Windolf m.fl. 2012b, 2012c). Det gælder fx oplandet til Mariager Fjord og visse deloplande til Limfjorden (Hjarbæk Fjord m.m.). I disse oplande er den diffuse kvælstoftilførsel til fjordene reduceret mindre, end man umiddelbart kunne forvente ud fra den generelle relation vist i figur 6.6. En væsentlig medvirkende forklaring herpå er forekomsten af ikke reduceret dybereliggende grundvand med et stadigt højt indhold af kvælstof, som bidrager væsentligt til kvælstoftransporten i vandløbene (Mariager Fjords opland).

6.6 Sammenfatning af resultaterne

- Den samlede kvælstoftilførsel fra land til kystvandene i 2014 er beregnet til knap 63.000 tons N/år. Heraf udgør kvælstof udledt med spildevand fra punktkilder godt 6.000 tons N/år. Beregningerne dette år er baseret på målinger fra 130 kystnære målestationer i vandløb.
- Kvælstoftilførslerne fra land til fjorde og øvrige kystnære områder er siden 1990 reduceret med omkring 50 % (vurderet ud fra udviklingen i vandføringsvægtede koncentrationer).
- De diffuse kilders andel af den samlede kvælstofafstrømning til kystvandene var i 2014 omkring 90 %.
- Kvælstoftilførslerne fra diffuse kilder er reduceret med omkring 43 % siden 1990.
- Reduktionen i tilførslerne fra diffuse kilder forklares af et fald i kvælstofoverskuddet og kvælstofudvaskningen på de dyrkede marker.
- Den afstrømnings-normaliserede kvælstoftilførsel til havet fra diffuse kilder er for de hydrologiske år 2008/09-2013/14 estimeret til mellem 49.000 og 53.000 tons. Hertil skal lægges et bidrag fra punktkilder på omkring 6.000 tons, således at det nuværende niveau for den samlede normaliserede kvælstoftilførsel til havet omkring Danmark er omkring 55.000-59.000 tons N.

7 Fosforbelastning af havet

Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Søren Erik Larsen, Henrik Tornbjerg & Niels Bering Ovesen

7.1 Datagrundlag og metode

Fosforbelastningen er, som kvælstofbelastningen, opgjort for 2. og 3. ordens kystafsnit, jf. oplandene på kortene i figurerne 7.3 – 7.5. For måledatagrundlaget og den metodiske tilgang for opgørelserne henvises til kapitel 6. Måledatagrundlaget for opgørelser af fosforbelastningen er – ligesom for kvælstof – i alt 169 målestationer. For 54 af disse har der ikke været komplette måletidsserier for perioden siden 1990, og der har derfor været foretaget en 'huludfyldning' for fosfortransporten på disse stationer på tilsvarende vis som for kvælstof (Windolf m.fl. 2014). For den øvrige del af landet (helt 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 inden for de respektive oplande. Den diffuse tilførsel omfatter dels tab af fosfor 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). Modellen er nyligt søgt verificeret og afprøvet på et supplerende datagrundlag, og der er her specielt fundet behov for at korrigere modellen for det vestlige Jylland, idet der her beregnes klart for høje fosforudledninger med den nuværende model (Larsen m.fl. 2014b). En sådan bias-korrektion er endnu ikke udarbejdet, og data i nærværende rapport er derfor tilvejebragt med den hidtidige 'ukorrigerede metode'.

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

7.2 Fosfortilførsel til havet 2014

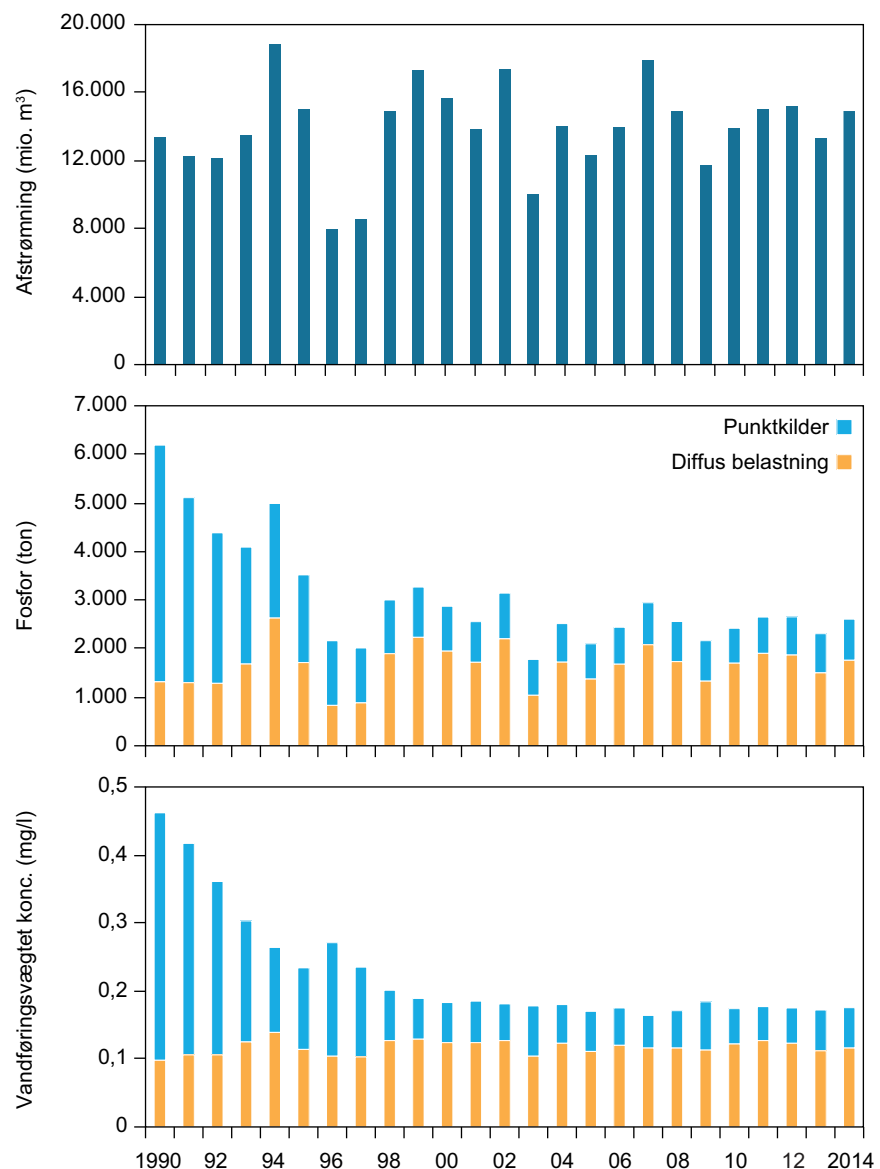
I 2014 blev der i alt beregnet en tilførsel af godt 2.600 tons fosfor (P) til de danske farvandsområder (figur 7.1, midt). Det er omkring 12 % mere end året før. Også vandafstrømningen i 2014 var 12 % større end året før. Koncentrationen af fosfor i den samlede ferskvandsafstrømning var i gennemsnit 0,175 mg P/l i 2014 og dermed på samme niveau som i de seneste år (figur 7.1, nederst), så forskellen i fosfortilførsel kan forklares ved variation i vandafstrømningen.

Siden 1990 er der sket et markant fald i de samlede fosfortilførsler til kystvandene. 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 de daværende amters skærpede krav og kravene i den første vandmiljøplan blev iværksat omkring og umiddelbart efter 1990. De samlede udledninger af fosfor med spildevand fra punktkilder (uden spildevand fra spredt bebyggelse, der indregnes som diffus kilde) er således faldet fra omkring 4.900 tons fosfor i 1990 til 750-850 tons fosfor de seneste år. Det skal bemærkes, at også i 1980'erne blev der på foranled-

ning af krav fra de daværende amter reduceret kraftigt på udledningerne med fosforholdigt spildevand til visse vandområder. Spildevandstilledningerne med fosfor til fx Limfjorden og Randers Fjord blev således halveret i perioden forud for 1990 (jf. upublicerede oplysninger fra Naturstyrelsen).

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

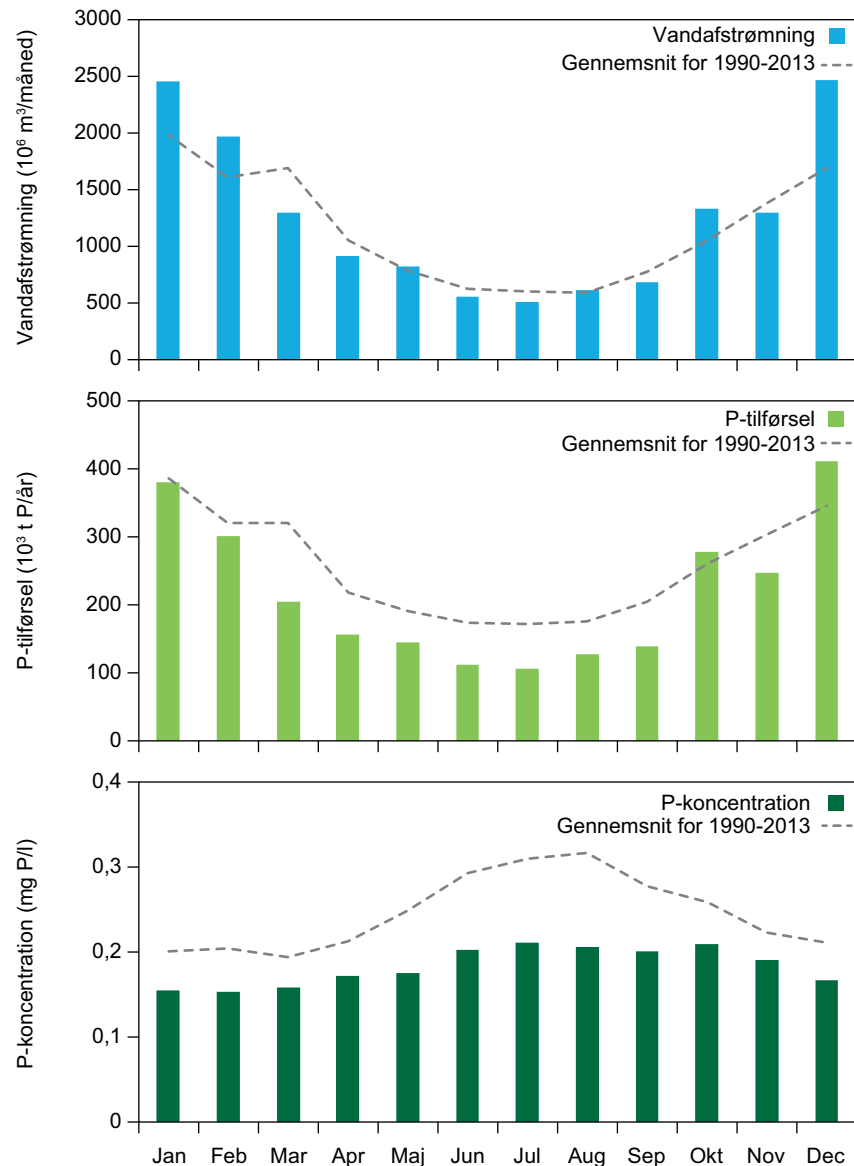
Figur 7.1. Ferskvandsafstrømning, samlet tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit og vandføringsvægtet fosforkoncentration for 1990 til 2014. Fosfor er fordelt på udledninger fra diffuse kilder (inkl. spildevand fra spredt bebyggelse) og udledninger med spildevand fra punktkilder (renseanlæg m.v.) Det bemærkes, at der ikke er indregnet retention i ferskvand af fosfor udledt med spildevand fra punktkilder.



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). Efter det markante fald frem til slutningen af 1990'erne ses et nær konstant niveau de følgende 17 år. Fosforkoncentrationerne i den samlede ferskvandsafstrømning fra Danmark har de sidste 10 år ligget omkring 0,174 mg P/l (+/- 0,005 S.D.), hvoraf 0,118 mg P/l (+/- 0,005 S.D.) kan tilskrives fosfor udledt fra diffuse kilder. Resten stammer således fra spildevand fra punktkilder (renseanlæg, dambrug m.v.).

Hen over året 2014 var fosfortilførslerne i alle måneder på nær oktober og december mindre end gennemsnittet for perioden siden 1990 (figur 7.2, midt). Variationen i fosfortilførslerne fulgte som i tidligere år variationen i ferskvandsafstrømningen. De relativt høje fosfortilførsler i oktober og december forklares således af den store vandafstrømning i disse måneder.

Figur 7.2. Månedsvis vandafstrømning, fosfortilførsel og vandføringsvægtet fosforkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark i 2014 og som gennemsnit for 1990-2013.



Fosforkoncentrationerne i det afstrømmende vand fra land varierede hen over året 2014, 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 de øvrige måneder. Dette fænomen er dog mindre tydeligt nu end tidligere, hvor spildevandstilførslen bidrog relativt mere til den samlede koncentration.

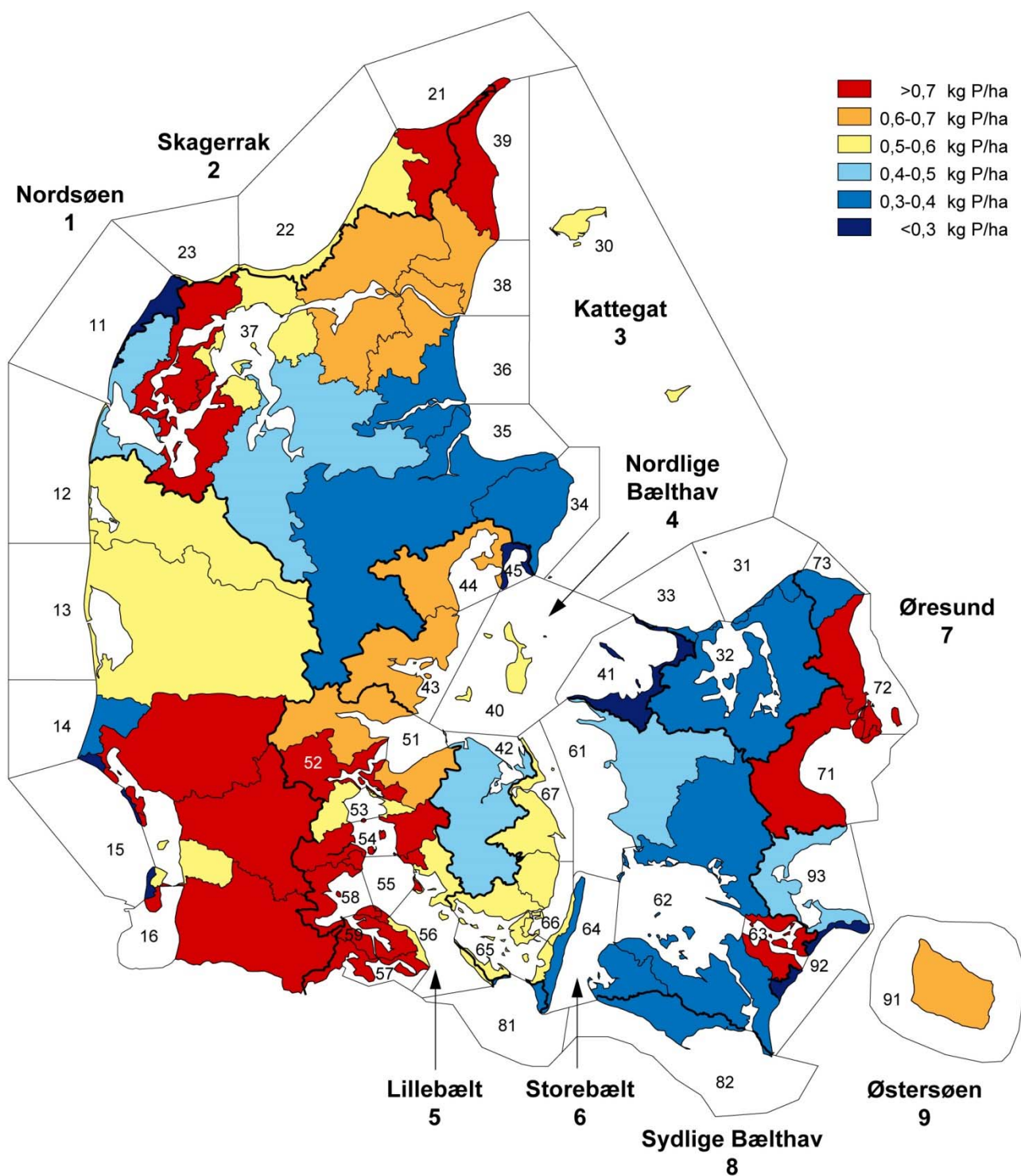
Den regionale belastning af kystområderne varierede betragteligt i 2014 (figur 7.3). Det relative mønster i variationen svarede generelt til mønstret i årene forinden. Størst var oplandstabet (målt som kg P/ha) i Sønderjylland,

store dele af Nordjylland, i oplandet til Lillebælt, Århusbugten, Horsens og Vejle Fjord samt Øresund, hvor tabet generelt var større end 0,6 kg P/ha. Den vandføringsvægtede koncentration af totalfosfor var i langt størstedelen af Jylland, det meste af Fyn og det sydlige Sjælland og Lolland-Falster på mellem 0,1 og 0,2 mg P/l (figur 7.4). Koncentrationer under 0,1 mg P/l fandtes i ferskvandsafstrømningen til Ringkøbing Fjord. I det østlige Danmark – specielt omkring Hovedstadsområdet samt omkring Aarhus og det nordlige Lillebælt – var fosforkoncentrationerne i den samlede vandafstrømning dog noget større. De diffuse fosforkilders betydning var generelt størst i Jylland og mindst i det østlige Danmark (figur 7.5).

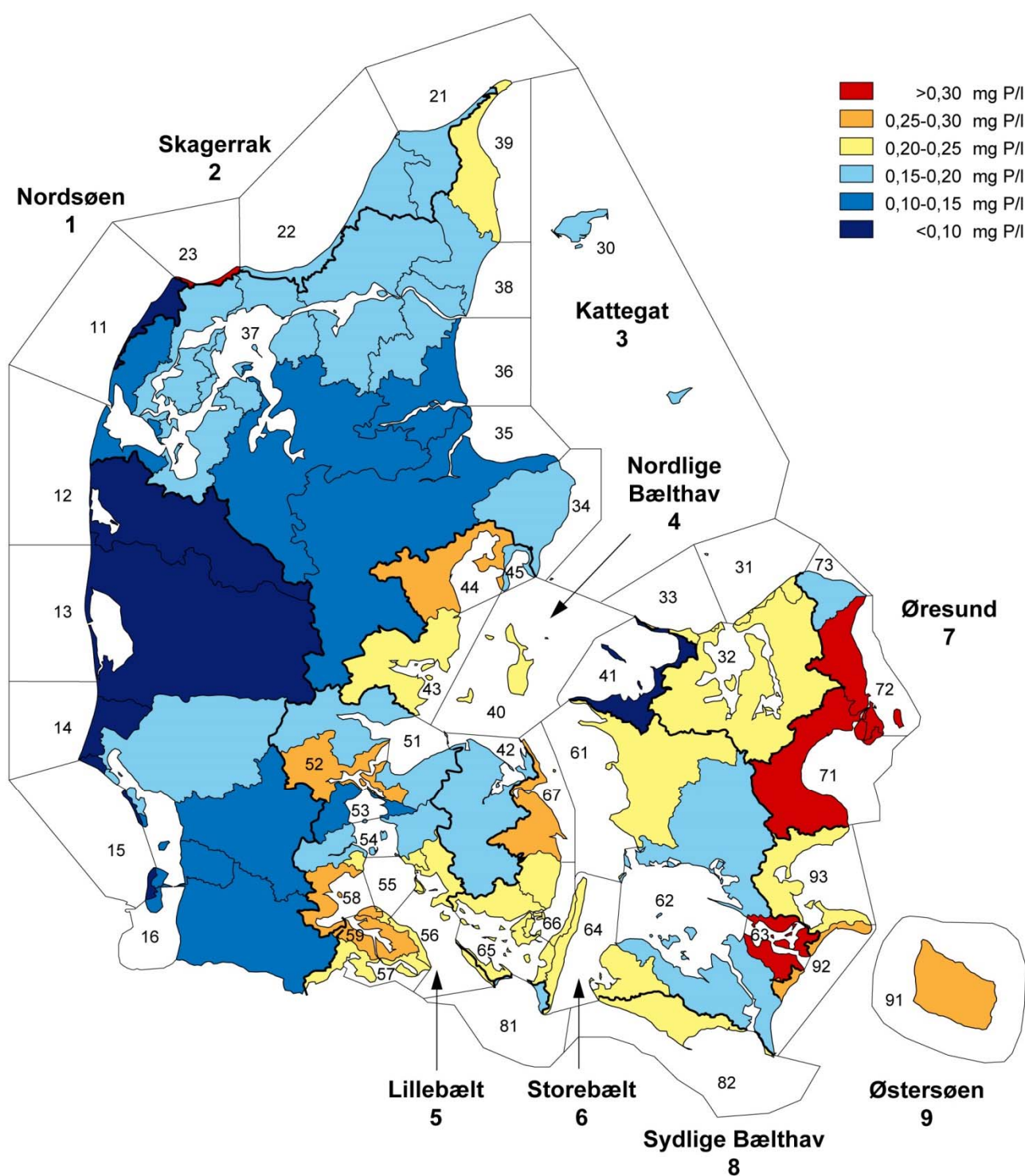
7.3 Udvikling i fosforafstrømning 1990 -2014

Der er i perioden 1990-2014 sket et statistisk signifikant fald i den samlede tilførsel af totalfosfor fra land til havet omkring Danmark (figur 7.1). Faldet er estimeret til omkring 63 %.

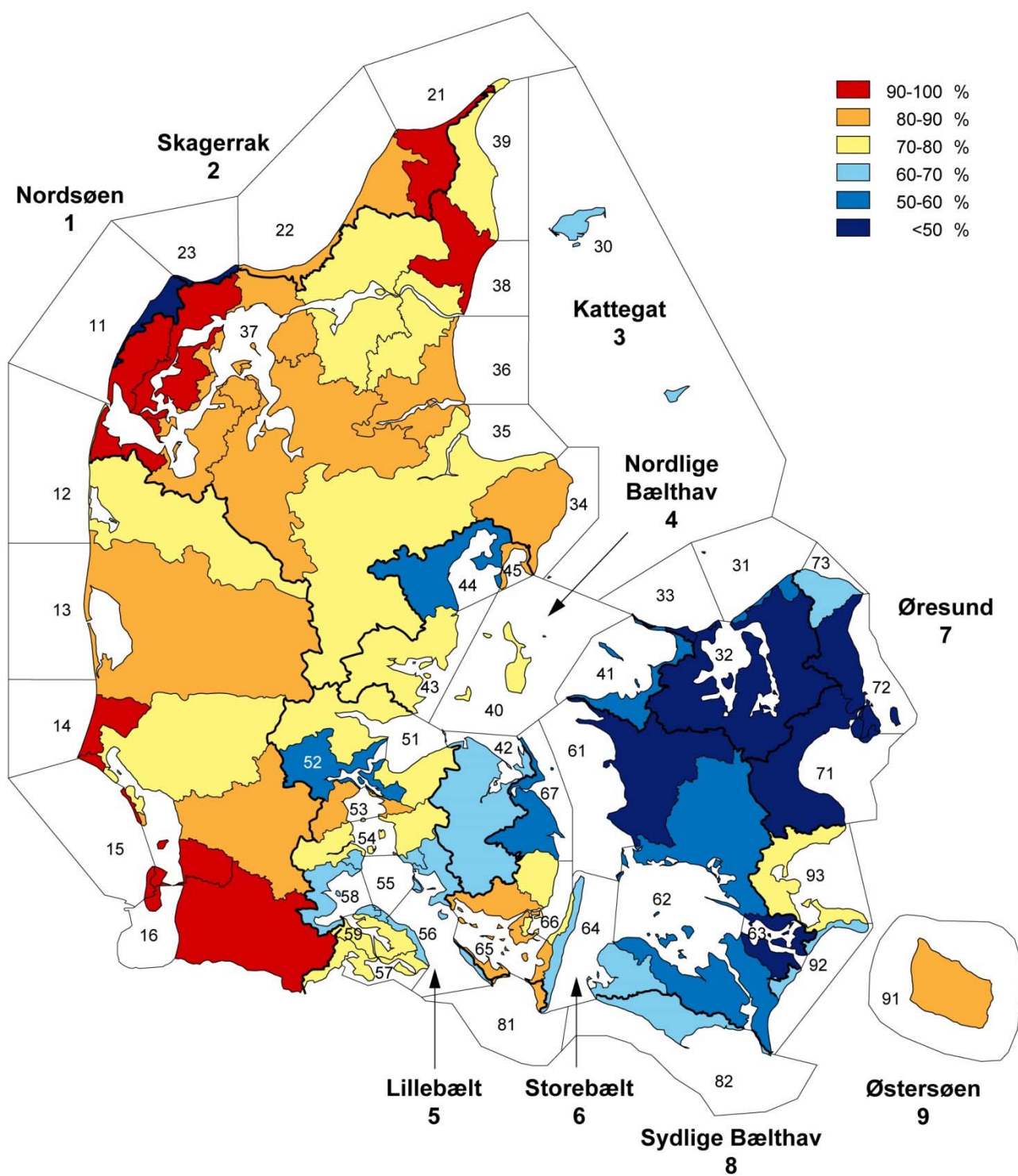
Reduktionen i belastningen af havet med fosfor kan – som allerede fremhævet – forklares ved de reducerede udledninger af fosfor med spildevand. For tilførslerne fra diffuse kilder kan der derimod ikke på landsplan påvises en statistisk sikker udvikling over tid. De signifikante fald i fosforkoncentrationerne, der kan påvises i 15 ud af 32 type-vandløb uden udledninger fra egentlige punktkilder (jf. kapitel 5), afspejles således ikke i landstallene. Foreløbige analyser peger på, at faldet i type-vandløbene er relateret til tætheden af spredt bebyggelse i oplandene og derfor muligvis til den indsats, der mange steder har været for at reducere spildevandsudledningerne fra spredt bebyggelse (Windolf m.fl., 2014).



Figur 7.3. Oplandstab af totalfosfor fra oplandene til kystområderne i 2014.



Figur 7.4. Fosforbelastning af kystområder angivet som vandføringsvægtet koncentration i 2014.



Figur 7.5. Diffus andel af den totale fosfortilførsel til kystområderne i 2014.

8 Referencer

Andersen, M.M., Jørgensen, H.S. & Riget, F.F. (1982) Nyt biologisk forureningsindeks til danske vandløb. *Stads- og Havneingeniøren* 1/1982: 12-16.

Andersen, M.M., Riget, F.F. & Sparholt, H. (1984) A modification of the Trent index for use in Denmark. *Water Research* 18: 145-151.

Baatrup-Pedersen, A., Larsen, S.E., Moeslund, B., Sode, A., Pedersen, T., Thomsen, A.G., Riis, T., Buchwald, E., Pedersen, M., Bøgestrand, J. & Larsen, L.M.K. (2011) Planteindeks på vej i vandløb. *Vand & Jord* 3: 101-103.

Baatrup-Pedersen, A. & Larsen, S.E. (2013). Udvikling af planteindeks i danske vandløb. Vurdering af økologisk tilstand (Fase I). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 32 s. *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* nr. 60. (<http://www.dmu.dk/Pub/SR60.pdf>)

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>)

Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Jensen, P.G., Hansen, G. & Thorling, L. (2012) Landovervågningsoplande 2011. NOVANA. Aarhus Universitet – Nationalt Center for Miljø og Energi. *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* nr. 31.

Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Andersen, H.E., Timmermann, A., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. (2015) Landovervågningsoplande 2013. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 154 s. *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* nr. 120.

EU Kommissionen (2013) Kommissionens afgørelse af 20. september 2013 om fastsættelse i overensstemmelse med Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af værdierne for klassifikationerne i medlemsstaternes overvågningssystemer som resultat af interkalibreringen og om ophævelse af beslutning 2008/915. Den Europæiske Unions Tidende L266/8.10.2013.

Kristensen, E.A., Jepsen, N., Nielsen, J., Pedersen, S. & Koed A. (2014) Dansk Fiskeindeks For Vandløb (DFFV). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 58 s. *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* nr. 95 (<http://dce2.au.dk/pub/SR95.pdf>)

Larsen, S.E., Windolf, J. & Kronvang, B. (2014a) Præcisering af trendanalyser af den normaliserede totale og diffuse kvælstoftransport i perioden 2005-2012. *Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* (30. april 2014), 9 pp.

Larsen, S.E., Windolf, J. & Kronvang, B. (2014b) Validering af fosformodellen (upubliceret).

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

Moeslund, B. & Schlönsen, K. (2011) Konsekvensanalyser af ændret grødeskæring i vandløb. 3. Konsekvensanalyser af ændret grødeskæring i 3 udvalgte vandløb. Orbicon/Leif Hansen A/S, rapport til Landbrug & Fødevarer, 62 pp.

Naturstyrelsen (2015) Punktkilder 2014. Miljø- & Fødevareministeriet, Naturstyrelsen, 140 s.

Ovesen, N.B., Larsen, S.E., Bøgestrand, J. & Kronvang, 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 pp.

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.

Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Kristensen, E.A., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R. & Friberg, N. (2013) Biologiske indikatorer til vurdering af økologisk kvalitet i danske søer og vandløb. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 78 s. *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* nr. 59. (<http://www.dmu.dk/Pub/SR59.pdf>)

Wiberg-Larsen, P. & Nørum, U. (2009) Effekter af pyrethroidet lambda-cyhalothrin på biologisk struktur, funktion og rekolonisering i vandløb. *Bevælgelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen* 126, 166 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 pp. (<http://www.dmu.dk/Pub/FR804.pdf>)

Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Thodsen, H., Ovesen, N.B., Kronvang, B. & Kjeldgaard, A. (2012) Vandløb 2011. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 70 s. *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* nr. 32. (<http://www.dmu.dk/Pub/SR32.pdf>)

Wiberg-Larsen, P., Windolf, J., Bøgestrand, J., Baattrup-Pedersen, A., Kristensen, E.A., Larsen, S.E., Thodsen, H., Ovesen, N.B., Bjerring, R., Kronvang, B. & Kjeldgaard, A. (2013) Vandløb 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 84 s. *Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi* nr. 75. (<http://dce2.au.dk/pub/SR75.pdf>)

Wiberg-Larsen, P., Friberg, N., Baattrup-Pedersen, A. & Kristensen, E.A. (2012) Er miljøkvaliteten i vore vandløb forbedret? *Vand & Jord* 19: 62-65.

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, 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* 13: 2645-2658.

Windolf, J., Bøgestrand J. & Kjeldgaard, A. (2012a) Beregning af kvælstoftilførsel til en række udpegede danske fjorde. *Fagligt notat* fra DCE til Naturstyrelsen.

(http://dce.au.dk/fileadmin/dmu.au.dk/Notat_kvaelstoftilfoersel_til_fjorde.pdf)

Windolf, J., Blicher-Mathiesen, G. & Larsen, S. (2012b) Markbalancer og den diffuse kvælstofafstrømning. *Fagligt notat* fra DCE til Naturstyrelsen, 47 pp. (http://dce.au.dk/fileadmin/dmu.au.dk/Notat_Markbalancer_01.pdf)

Windolf, J., Blicher-Mathiesen, G., Carstensen, J. and Kronvang, B. (2012c) Changes in nitrogen loads to estuaries following implementation of Governmental Action Plans in Denmark: A paired catchment and estuary approach for analysing regional responses. *Environmental Science and Policy* 24: 24-33.

Windolf, J., Timmermann, A., Kjeldgaard, A., Bøgestrand, J., Larsen, S. E., & Thodsen, H. (2013) Landbaseret tilførsel af kvælstof og fosfor til danske fjorde og kystafsnit, 1990-2011. *Teknisk rapport* fra DCE nr. 31. Aarhus Universitet. (<http://dce2.au.dk/pub/TR31.pdf>)

[Tom side]

VANDLØB 2014

NOVANA

Dette års rapport beskriver status og udvikling i vandkemiske forhold i vandløb, stoftransport af kvælstof og fosfor til kystvandene, samt økologisk tilstand for perioden før og under NOVANA (frem til og med 2014). Der er udført ny analyser af økologisk tilstand, herunder sammenhæng mellem denne og vigtige miljøvariable.