



VANDLØB 2016

Kemisk vandkvalitet og stoftransport

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 270

2018



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

VANDLØB 2016

Kemisk vandkvalitet og stoftransport

NOVANA

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 270

2018

Hans Thodsen
Henrik Tornbjerg
Jørgen Windolf
Jens Bøgestrand
Søren Erik Larsen
Niels Bering Ovesen
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. 270
Titel:	Vandløb 2016 - Kemisk vandkvalitet og stoftransport
Undertitel:	NOVANA
Forfattere:	Hans Thodsen, Henrik Tornbjerg, Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Søren Erik Larsen, Niels Bering Ovesen & Ane Kjeldgaard
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	April 2018
Redaktion afsluttet:	April 2018
Faglig kommentering:	Miljøstyrelsen og internt i Aarhus Universitet
Kvalitetssikring, DCE:	Poul Nordemann Jensen
Finansiel støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Thodsen, H., Tornbjerg, H., Windolf, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Ovesen, N.B. & Kjeldgaard, A. (2018): Vandløb 2016 - Kemisk vandkvalitet og stoftransport. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 54 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 270 http://dce2.au.dk/pub/SR270.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 for perioden før og under NOVANA – og frem til og med 2016.
Emneord:	Vandløb, overvågning, NOVANA, kvælstof, fosfor, havbelastning, vandkemi
Layout:	Grafisk Værksted, AU-Silkeborg
Foto forside:	Kolding Å luftfoto, Thorbjørn Brunander Sund
ISBN:	978-87-7156-328-3
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	54
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR270.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
Kvælstof og fosfor transport	6
Summary	7
Nitrogen and phosphorus	7
1 Datagrundlag, databehandling, og rapportindhold	8
1.1 Om overvågningsprogrammet	8
1.2 Kemisk vandkvalitet og stoftransport	8
1.3 Specielle forhold omkring årets rapportering	10
2 Klima	14
2.1 Datagrundlag og metoder	14
2.2 Klima og ferskvandsafstrømning	15
3 Kvælstof i vandløb	20
3.1 Tilstanden i 2016	20
3.2 Udvikling siden 1989	21
4 Fosfor i vandløb	23
4.1 Tilstanden i 2016	23
4.2 Udviklingen siden 1989	24
5 Kvælstofbelastning af havet	25
5.1 Datagrundlag og metoder	25
5.2 Afstrømningen af kvælstof til havet i 2016	27
5.3 Sæsonvariation i vand- og kvælstofafstrømning	31
5.4 Udviklingen i kvælstofafstrømning	32
5.5 Kvælstofafstrømning for målt opland	34
5.6 Udvikling i nøgleindikatorer af betydning for kvælstof-transporten	35
5.7 Sammenfatning af resultaterne	38
6 Fosforbelastning af havet	39
6.1 Datagrundlag og metode	39
6.2 Fosfortilførsel til havet 2016	39
6.3 Udvikling i fosforafstrømning 1990 – 2016	42
6.4 Sammenfatning af resultaterne	45
7 Nitrat-N-koncentrationer og -transport på målestationer	47
7.1 Introduktion	47
7.2 Afstrømning af nitrat 2016 fra havbelastningsoplande	48
7.3 Nitrattransport og -koncentration for 31 landbrugsdominerede typeoplande	49
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 efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2016.

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 indenfor 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 Miljøstyrelsen. Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), fagdatacentret for punktkilder hos Miljøstyrelsen, 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 til kommentering hos Miljøstyrelsen. Rapporten er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen, 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 2016, som udgives af DCE, GEUS og Miljøstyrelsen.

Sammenfatning

Dette års rapport behandler emner som udviklingen i afstrømningen af vand, kvælstof og fosfor til de kystnære havområder. Samtlige data er indsamlet via det Nationale program for Vandmiljø og Natur (NOVANA). I rapporteringen for året 2016 er økologisk tilstand, miljøfremmede stoffer og tungmetaller samt naturtyper og arter i vandløb rapporteret separat i Rasmussen m.fl. 2018.

Kvælstof og fosfor transport

Typeoplande

Indholdet af kvælstof og fosfor i vandløbene er faldet markant siden 1989. Reduceret udvaskning fra dyrkede arealer har hovedansvaret for, at kvælstof-indholdet i gennemsnit er reduceret med ca. 46 %, mens reduktionen på ca. 42 % for fosfors vedkommende skyldes forbedret spildevandsrensning i byområder og for virksomheder. Koncentrationerne af kvælstof og fosfor i vandløbene er dog stadig omkring henholdsvis 4 gange og 2 gange så høje som de, man finder i upåvirkede naturvandløb.

Stoftransport

Der blev fundet lignende reduktioner, som for typeoplandene, i den samlede tilførsel til havet fra land af kvælstof og fosfor for perioden 1990 til 2016. Reduktionen i kvælstof (45%) er på samme niveau som faldet i koncentrationer på typeoplande, mens fosfortransporten er faldet 63 % beregnet for den vandføringsvægtede koncentration. For kvælstof er der alene for den diffuse tilførsel (tilførsel fra dyrkede og udyrkede arealer, samt bidrag fra ejendomme, som ikke er tilkoblet offentlige renseanlæg) tale om en reduktion på ca. 34 %.

Transporten fra land er for 2016 beregnet til hhv. ca. 62.000¹ ton N og ca. 2.300 tons fosfor. Disse udledninger er for næsten samtlige årets måneder væsentlig mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2007. For kvælstof er månederne februar, april og juli dog kun en smule lavere end gennemsnittet for perioden 1990-2007. Samtidig var vandafstrømningen i 2016 ca. 7 % større end gennemsnittet for 1990-2015.

Den normaliserede kvælstoftilførsel til havet var i kalenderåret 2016 ca. 59.000 ton N.

Eftersom det ikke er muligt at måle på alt vand og stof (hverken rummeligt eller tidsligt), som transporteres til havet, er der en vis usikkerhed på de beregnede tal.

¹ Hertil skal adderes 2.800 ton fra udslip i forbindelse med ulykke på Fredericia havn i februar 2016 (se afsnit 1.3.4).

Summary

This year's report presents topics on the nitrogen and phosphorus run off to Danish coastal waters. All data presented are collected in accordance to the National Monitoring Program for the Aquatic Environment and Nature (NOVANA).

Nitrogen and phosphorus

The concentrations of nitrogen and phosphorus in streams have been markedly reduced since 1989. The main reason is reduced leaching from cropped areas resulting in a mean reduction of approximately 46 % for nitrogen due to several general regulations of farming practices (e.g. fertilization norms, seasonal regulation of manure application, catch-crops), whereas an approximate 42 % reduction in phosphorus is due to improved treatment of residential- and industrial waste water. However, concentrations of nitrogen and phosphorus in the streams are still approximately 3-4 and 2-3 times higher, respectively, than in un-impacted (reference) streams.

Similar reductions in the total load of nitrogen and phosphorus from land to Danish coastal waters have been estimated for the period 1990-2016. The reductions are 45 and 63 % percent for nitrogen and phosphorus, respectively, if calculated as discharge weighted mean concentrations to take climatic differences between years into consideration. Considering the diffuse run-off of nitrogen alone, including leaching from cropped as well as uncropped areas and contribution of wastewater from scattered dwellings, the reduction is approximately 34%.

In 2016, the total load from land was estimated to about 62 000 tons of nitrogen and 2300 tons of phosphorus. For most months, these amounts being significantly lower than the average for the period 1990-2015. This should be seen in the context that total run-off of water was 7% larger in 2016 than the yearly average for the period 1990-2015.

As it is impossible to measure all water transported to the Sea, there is some statistical uncertainty on the estimated transports, as these needs to be based on both measurements of discharge and nutrient concentrations combined with model estimates for ungauged catchments.

1 Datagrundlag, databehandling, og rapportindhold

Jens Bøgestrand & Hans Thodsen

1.1 Om overvågningsprogrammet

Denne rapport indeholder data indsamlet i vandløb under NOVANA programmet (og forudgående programmer), omhandlende vandafstrømning, næringsstof koncentrationer og heraf beregnede stoftransporter. Desuden indgår luft temperatur og nedbørs data.

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. I dette års rapportering er overvågningen af den økologiske, fysisk og kemiske tilstand publiceret i Rasmussen m.fl. 2018.

Samtlige data i NOVANA er indsamlet/tilvejebragt af medarbejdere i de tidligere amter (frem til og med 2006), de nuværende statslige regionale enheder under Miljøstyrelsen, 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 (Vingemåling, Prøvetagning og analysemetoder, generel vandkemi). Anvisningerne kan ses på Institut for Bioscience's hjemmeside (Aarhus Universitet): <http://bios.au.dk/videnudveksling/fagdatacentre/fdcfersk/novana-2004-2010/>. 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 Bioscience's hjemmeside (Aarhus Universitet): <http://bios.au.dk/videnudveksling/til-myndigheder-og-saerligt-interessererede/fagdatacentre/fdcfersk/>

1.2 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. Undersøgelser er foretaget efter samme principper hvert år, dvs. med et forud fastsat antal årlige målinger for at sikre en så præcis bestemmelse af den meget varierende vand- og stoftransport som økonomisk og praktisk muligt.

Ved godt 80% af stoftransportstationerne måles i perioden 2011-2016 med en frekvens på 18 prøver pr. år. For et mindretal (ca. 10%) af stationer (naturoplande) er frekvensen mindre (12 prøver/år) og for søtilløb/-udløb (ca. 10%) lidt større (19 prøver/år).

Gennem alle årene i overvågningsperioden har der været anvendt 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 anvendt vandføringsvægtede gennemsnitskoncentrationer, som tager højde for svingninger i vandføring, både over året og fra år til år. Vandføringsvægtede gennemsnitskoncentrationer 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 3 & 4. Det skal dog bemærkes, at en del vandløb har skiftet oplandstype siden overvågningsprogrammets begyndelse, 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 kategorien dyrkede oplande er derfor ikke det samme i kvælstof- og fosforkapitlerne.

Tabel 1.1. Stationstyper i vandløb baseret på en inddeling efter typeopland. I de anvendte kriterier for denne inddeling er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Angivet antal stationer fordelt på oplandstyper, der er anvendt i tidsserie-analyse (1989-2016) og aktuelt 2016. Oplandstyper for tidsserie-analyser er opgjort efter situationen i 1991.

Oplandstype	Type nr.	1989-2016 tidsserie-analyser	2016 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	69	#
Vandløb med dambrugsudledninger:			
P fra dambrug:			
> 30 % af total transport	5	14	#
> 40 % af punktkildebidrag			
Vandløb i bebyggede områder			
> 50 % bebyggelse	6	2	#
Ikke-naturoplande, i alt		141	215

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

ikke opgjort separat for typerne 2-6

Ca. 120 vandløbsstationer, som er søgt placeret så tæt på vandløbenes udmunding i havet som muligt, er anvendt ved beregning af tilførslen af kvælstof og fosfor 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).

Den samlede stoftilførsel af såvel kvælstof som fosfor til havet genberegnes hvert år for at sikre, at opgørelsen er lavet med samme metode gennem hele tidsperioden 1990 til nærværende år. Den årlige genberegning inkluderer også rettelser i data for år forud for det aktuelle år. Derfor forekommer der mindre ændringer i de opgjorte stoftilførsler i forhold til tidligere udgivne rapporter.

For at vurdere betydningen af forskellige forureningskilder, er bidragene til den samlede stoftransport fra diverse kilder opgjort. Kildeopsplitningen er beregnet 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, dambrug 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. (2014). Derudover følger rapporteringen af stoftransporterne til havet samme principper og har samme omfang, som i de foregående års NOVANA-rapporter, i dette års rapportering er overvågningen af den økologiske, fysisk og kemiske tilstand publiceret i Rasmussen m.fl. 2018.

1.3 Specielle forhold omkring årets rapportering

1.3.1 Genopretning af TN og TP prøver for 2016.

Det blev i 2017 opdaget, at alle total kvælstof (TN) og total fosfor (TP) analyser i forbindelse med NOVANA programmet i 2016 og første kvartal 2017 var blevet analyseret med en forkert metode (Miljøstyrelsen, 2017a). Den forkerte metode (on-line metode) underestimerede TN og TP i forhold til (off-line metode/autoklave metoden), som skulle have været anvendt (Miljøstyrelsen, 2017b). På grund af denne fejl er det blevet undersøgt om de fejlbehæftede resultater kunne genoprettes, på grundlag af prøver (383 prøver for TN; 293 prøver for TP i vandløb) analyseret med begge metoder (Larsen m.fl., 2018). Konklusionen på undersøgelsen var, at for prøver taget i vandløb, kan de fejlbehæftede resultater godt genoprettes til anvendelse i belastningsopgørelse (ligning 1 og ligning 2). De genoprettede prøveværdier for TN kan anvendes selvstændigt fx til beregning af stoftransport (Larsen m.fl., 2018). De korrigerede prøveværdier for TP bør ikke anvendes hverken enkeltvis eller på enkeltstations niveau men udelukkende for større dele af landet (Larsen m.fl., 2018).

$$\text{(Ligning 1)} \quad TN_{\text{kor}} = 0,131541 + 1,035184 \times TN_{\text{online}}$$

$$\text{(Ligning 2)} \quad TP_{\text{kor}} = \exp(-0,12548 + 0,88367 \times \ln(TP_{\text{online}}))$$

For stoftransporter opgjort i kapitel 5 og 6 er værdier genoprettet med hhv. ligning 1 og ligning 2 anvendt for året 2016. For Ligning 2 er der indført et

afskæringskriterie ved 0,34 mg/l da ligningen vil korrigere højere værdier negativt ($TP_{\text{kor}} < TP_{\text{online}}$), hvilket ikke er i overensstemmelse med den fundne analyse metodefejl.

1.3.2 Usikkerhed omkring analysemetode anvendt for årene 2008-2014

I Miljøstyrelsens bestilling, rapporteret i Larsen m.fl. (2018) angives at der også i perioden 2010 til 2014 har været anvendt on-line metoden til op lukning af TN og TP.

I Larsen m.fl. (2018) er det vedr. perioden 2010-2014 vurderet:

"En foreløbig beregning viser at stoftransporten af total kvælstof i 2016 på vandløbsmålestationer bliver øget med ca. 7% ved anvendelse af den fundne korrektionsligning for TN i vandløb. En første vurdering af transport- og koncentrationsdata for total kvælstof, nitrat og organisk kvælstof i perioden 2010-2014 sammenlignet med en periode forud, viser at man på en lang række målestationer i vandløb ser et fald i koncentrationen af organisk N, hvilket vil resultere i at indholdet af nitrat udgør næsten hele andelen af total N. Det er det samme mønster som er set i 2016-17, hvor der er anvendt UV-oplukning. På den baggrund er det DCE's vurdering at der ligeledes har været en utilstrækkelig oplukning af den organiske kvælstoffraktion i perioden 2010-14.

En anvendelse af korrektionsligningen fundet for metodetesten for ALS laboratoriet men på 2010-14 data analyseret af Eurofins viser dog, at kvælstoftransporten ikke kan genoprettes konsistent på alle havstationer. Der er således meget der tyder på, at anvendelsen af korrektionsmodellen for total kvælstof fundet i analysen af metodetesten fra 2017 vil medføre en for stor korrektion af koncentrationerne og dermed af transporten af kvælstof i perioden 2010-2014.

For TP tyder foreløbige analyser på, at genoplukningsfejlen har været mindre i 2010-14 end hvad der er fundet i analysen af metodetesten fra 2017. Men før en eventuel genopretning af total N og total P koncentrationer for perioden 2010-14 kan gennemføres bør der foretages en nærmere udredning af de anvendte laboratoriemetoder. Det vil endvidere være nødvendigt at gennemføre en tilsvarende metodetest i Eurofins, som var det anvendte analyselaboratorie i perioden 2010-14. Under de forudsætninger vil en genopretning af data fra 2010-14 kunne fjerne metodebias for de målte total kvælstof koncentrationer. Da man anvender en model til at genoprette total kvælstof koncentrationer med, så vil man addere en modelusikkerhed til analyseusikkerheden, men det vurderes, at denne modelusikkerhed er noget mindre end analyseusikkerheden.

DCE vurderer derfor, at en sådan genopretning af data fra 2010-14 vil forbedre opgørelsen af stofudledningen, uden at det introducerer væsentlig yderligere usikkerhed. Med hensyn til fosfor er situationen 2010-14 uafklaret, da foreløbige undersøgelser tyder på, at fejlen i 2010-14 har været mindre end i 2016/17."

Derfor er de allerede rapporterede resultaterne, f.eks. i rapporten "Vandløb 2015" (Thodsen m.fl. 2016) (både koncentrationer og transporter, både for typeoplunde og havstationer og endelig både for TN og TP) for perioden 2010 til 2014 usikre i forhold til afklaring af graden af fejl i analyserne fra perioden. Som det fremgår af ovenstående fra Larsen 2018, kan man ikke umiddelbart anvende den samme genopretningsligning, som er fundet for 2016.

Den 5. marts 2018 offentliggjorde Mediehuset Ingeniøren A/S et brev fra laboratoriet Eurofins, hvor der redegøres for Eurofins anvendelse af on-line metoden (<https://ing.dk/artikel/nu-staar-klart-proever-danske-vandmiljoe>

maalte-lavt-ti-aar-210944). Heri angives det at, "For ferskvand anvender Eurofins fra 2008 til 2014 on-line oxidation. Fra 2015 ændre Eurofins metode for ferskvand metoden for ferskvandsprøver til off-line oxidation i overensstemmelse med ændret metodeblad fra referencelaboratoriet".

Derfor er værdier fra og med 2008 til og med 2014, i denne rapport, inkluderet uændrede i forhold til rapporten "Vandløb 2015" (Thodsen 2016) men markeret som havende en forøget usikkerhed formentlig i form af en for lav værdi. Data fra perioden 2008 til 2014 er anvendt i beregningen trends, men ikke i diverse gennemsnits. Derfor er gennemsnits givet for perioden 1990 til 2007, og ikke 1990 til 2015/16. I Larsen m.fl. (2018) er det vurderet at en genopretning vil forbedre opgørelsen af stofudledningen af TN for årene 2010-14.

Der er gennemført en beregning af transporten af TN til havet baseret på analyser foretaget med den fejlbehæftede on-line metode. Denne beregning giver en TN transport, der er ca. 4% mindre end transporten beregnet med de korrigerede analyser svarende til ca. 2.200 ton N. For TN transporten beregnet for de ca. 55% af landet der er målt-opland er forskellen ca. 7%. Forskellen mellem de to procenttal skyldes at TN for de 45% umålt opland er beregnet med en matematisk model, der ikke er influeret af fejlanalyserne, da den er sat op på data fra perioden 1989 til 2005. Der er en meget lille effekt på det endelige TN estimat for de umålte oplande hvor modelestimatet BIAS-korrigeres mod sandsynligvis underestimerede målte stoftransporter, baseret på fejlagtige analyser.

For TP er forskellen på transporten til havet beregnet på basis af de fejlbehæftede on-line analyser 6% lavere end transporten beregnet på de korrigerede analyser resultater. For TP transporten beregnet for de ca. 55% af landet der er målt-opland er forskellen ca. 13%.

1.3.3 Anvendelse af Nitrat analyser

NO₃-N (Nitrat-N) prøver indsamlet samme tid og sted som TN prøverne er ikke berørt af den metode fejl der har været på TN prøverne. Da NO₃-N stabilt udgør >80% af TN kan NO₃-N anvendes som en indikator for udviklingen i TN-koncentration/-transport (80-87% i 77 havbelastningsoplande med fuld måletidsserie for perioden 1990 til 2016, men vist også at være gældende for det samlede belastningsnet på 132 stationer), (Blicher-Mathiesen m.fl., 2017). Derfor er der i dette års rapport inkluderet et kapitel der viser udviklingen i NO₃-N koncentrationen og -transporten.

1.3.4 Kvælstof tilført Lillebælt ved ulykke på Fredericia havn

Den 3. februar 2016 var der, som følge af en brand på Fredericia havn, et udslip af kvælstof fra firmaet Dan Gødning A/S. Da nærværende rapporters formål dels er at opgøre det årlige tilførsel af kvælstof fra land til havet og dels at belyse udviklingen i kvælstoftilførslen på et fra år til år sammenligneligt grundlag, mener vi at det mest korrekte er at angive den mængde kvælstof der skønnes at være tilført Lillebælt ved et enkeltstående ulykkestilfælde separat. Det gøres ved at nævne den estimerede tilførte mængde (2.800 ton) hvor det er relevant (<https://www.fredericia.dk/haendelse-den-3-februar-paa-havnen>). Kvælstof tilført havet som følge af ulykken er ikke medregnet i trendanalyser og fremgår ikke af grafikken i figurer men er angivet i figurtekster og fodnoter.

Det totale udslip fra Dan Gødning A/S tanke på Fredericia havn er opgjort til 4.800 ton N. I (<https://www.fredericia.dk/haendelse-den-3-februar-paa-havnen>) opgør Dansk Miljørådgivning A/S og NIRAS A/S at 2.045 ton N ikke er tilført Lillebælt men er ophobet i jorden/grundvand 1.840 ton (hvoraf 90 ton skønnes at være fordampet imellem ulykkestidspunktet og august 2017), opsamlet 60 ton, tilført rensningsanlæg 145 ton, i alt 2.045 ton. Det giver en mængde der er tilført Lillebælt på $4.800 \text{ ton N} - 2.045 \text{ ton N} = 2.755 \text{ ton N}$ afrundet til nærmeste hele antal 100 ton N er det 2.800 ton N (Fredericia kommune, 2017).

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 en 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 og omsættes i 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

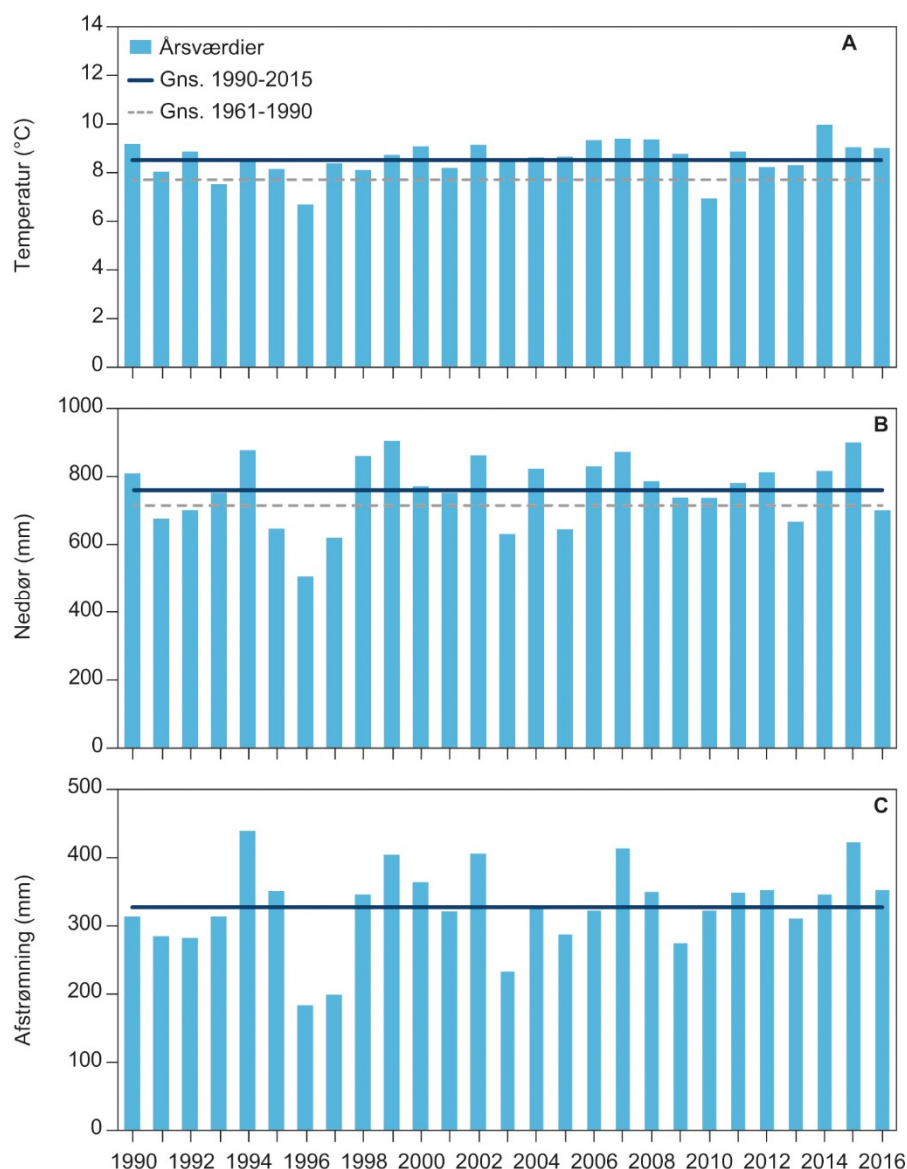
Data om temperatur og nedbør er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://novana.dmi.dk/novana/>). Månedsnedbøren og temperaturdata er således baseret på data fra kvadrater på henholdsvis 10×10 km og 20×20 km, de såkaldte Grid værdier. Grid er 'klippet' med kystlinjen og nationale data for nedbør og temperatur er derefter beregnet for arealet inden for kystlinjen. Det bemærkes, at de anvendte nedbørsværdier ikke er korregeret 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 næringsstofftransport fra umålte oplande (kapitel 5 og 6).

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 (1990-2016) indgår måledata fra i alt 179 vandføringsmålestationer, der samlet dækker 57 % af landets areal. Der er dog ikke måledata fra alle stationer i alle år. I 2016 blev der målt på 127 af de 179 stationer. Det samlede oplandsareal til disse 127 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 2016 var som helhed noget varmere end normalen for perioden 1961-1990, (figur 2.1 & 2.3). Middeltemperaturen for landet blev 9,0°C, hvilket er 1,3°C over normalgennemsnittet (7,7°C) jf. Cappelen (2017). I forhold til gennemsnittet for 1990-2015 blev 2016 0,4°C varmere. Det var især månederne maj, juni, september og december, der var væsentligt varmere end normalt, (figur 2.3A). Til gengæld var både januar, og november noget koldere end normalen for 1990 til 2015.

Figur 2.1. Årsmiddelværdier for temperatur, nedbør (ukorrigeret) og ferskvandsafstrømning fra 1990 til 2016, samt gennemsnit for perioden 1961-1990 og 1990-2015. Data aggregeret fra DMI's Gridværdier.



Nedbørsmængden i 2016 var for hele landet 701 mm, hvilket er 11 mm (2 %) under normalen for 1961-90 og 62 mm (8 %) under gennemsnittet for 1990-2015 (764 mm).

Generelt var nedbøren i 2016 stærkt varierende (figur 2.3B). Især april, juni og juli fik mere nedbør end normalt, hvorimod maj, september og december var meget tørre. Sommeren og efteråret var præget af en række skybrud forskellige steder i landet.

Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande er for 2016 opgjort til 15.200 millioner m³, hvilket svarer til en arealspecifik afstrømning på 353 mm (figur 2.1). Gennemsnittet for perioden 1990-2015 er 328 mm, så afstrømningen blev dermed lidt (8%) større end normalt.

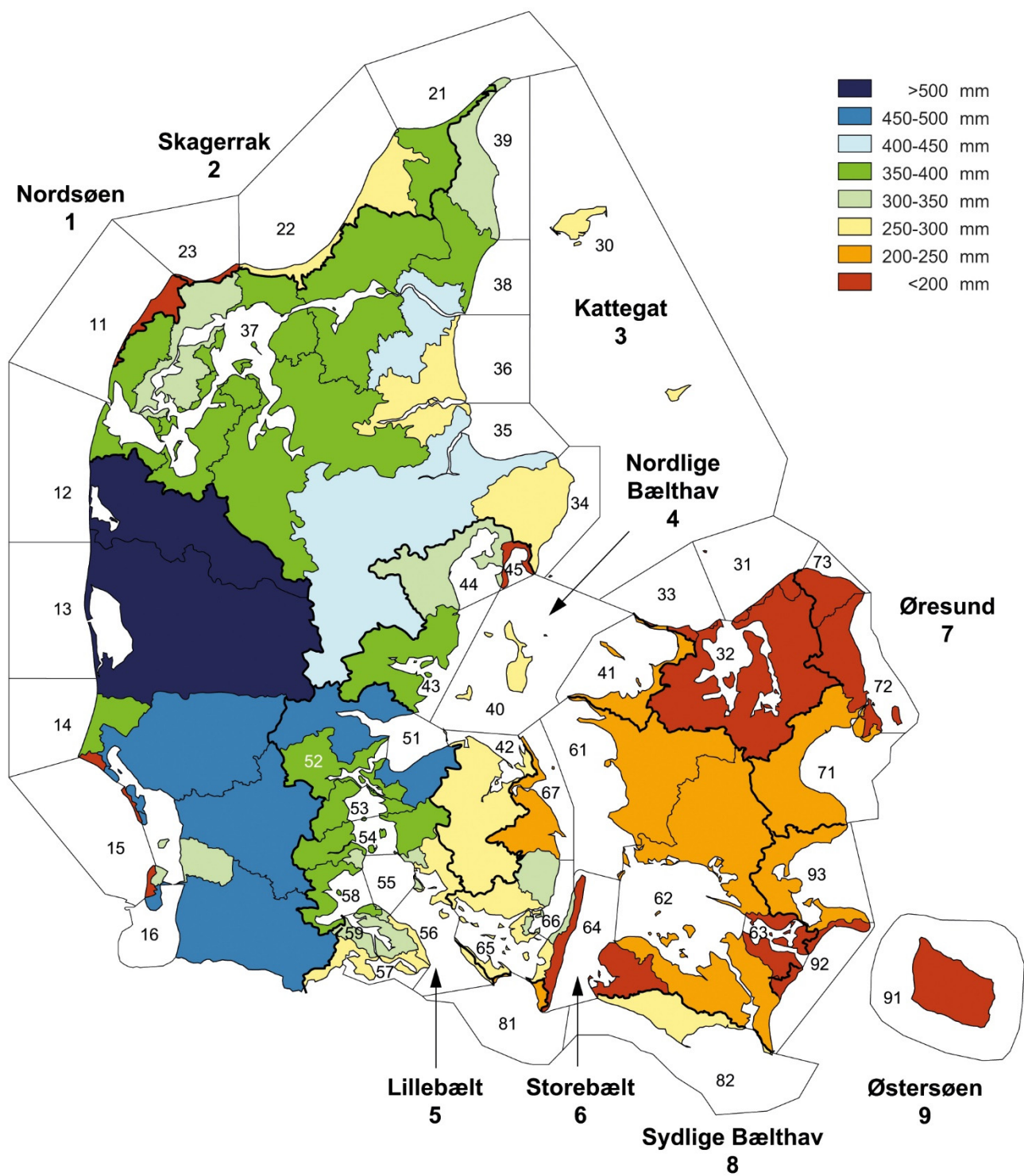
Ferskvandsafstrømningen i 2016 varierede hen over året som i tidligere år (figur 2.3C) med markant større afstrømninger om vinteren (40-60 mm/måned) end om sommeren (10-20 mm/måned). I begyndelsen af året, månederne januar og februar, var afstrømningen noget større end gennemsnittet for 1990-2015, og i slutningen af året var den noget mindre end normalt.

Det var de store nedbørsmængder i de sidste måneder i 2015, der medførte en forhøjet afstrømning i de første måneder i 2016. Det skyldes, at en del af vandmængderne forsinkes i jord- og grundvandsmagasinerne. Fordampningen er meget lav i vinterperioden, så her er afstrømningen tættere koblet til den aktuelle nedbør. De ekstraordinært nedbørsrige måneder juni og juli betinger ikke en tilsvarende høj afstrømning, da fordampningen her er meget høj, og den forudgående maj måned var meget tør. Det forventes, at det relativt tørre efterår og meget tørre december i et vist omfang vil forplante sig til begyndelsen af 2017, så afstrømningen her vil blive reduceret, (figur 2.3B og C).

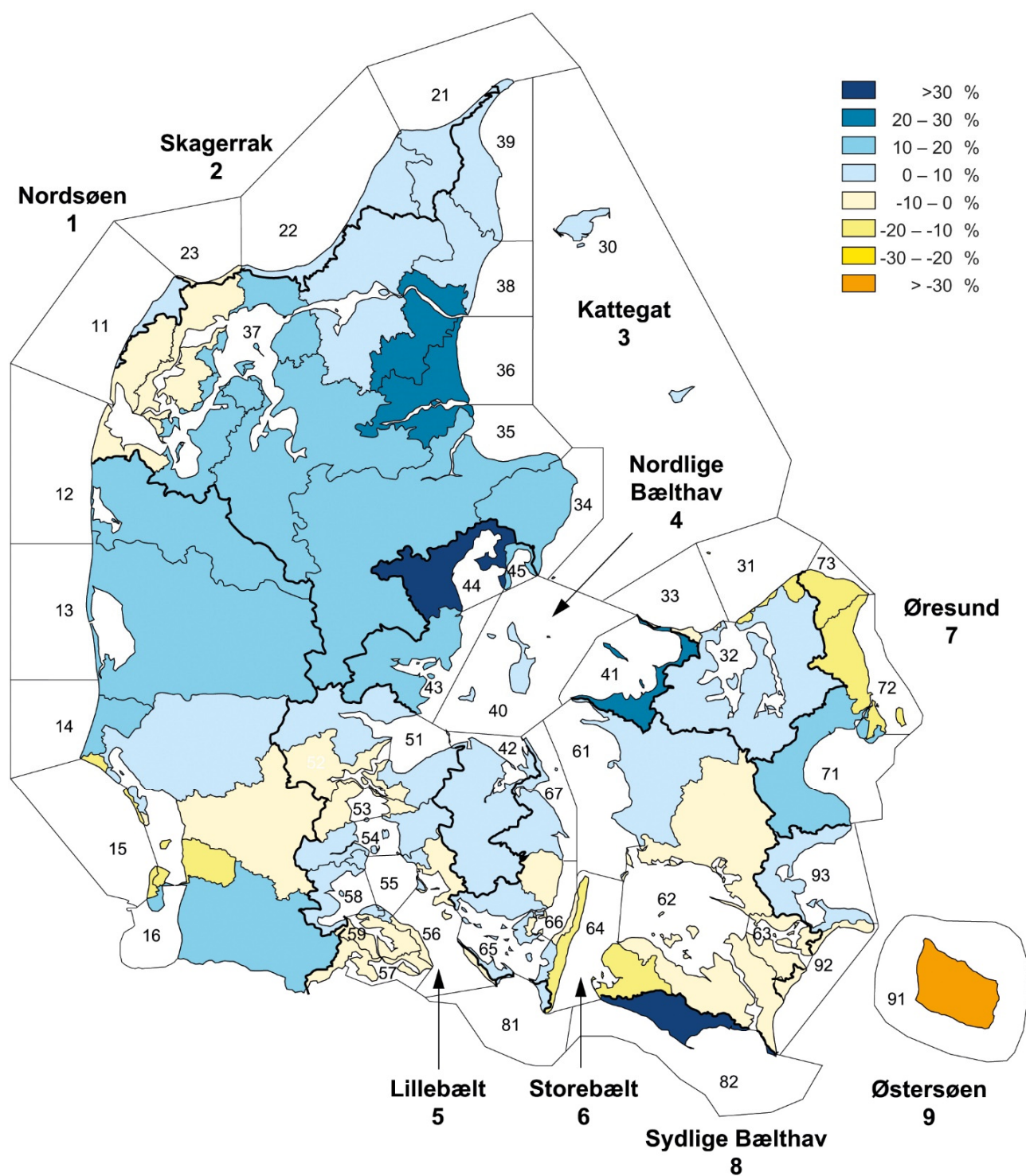
Afstrømningsforholdene udviser normalt - ligesom nedbøren - en stor geografisk variation, hvilket også var tilfældet i 2016 (figur 2.2A). I det midt- og vestlige samt sydlige Jylland var årsafstrømningen typisk 400-500 mm, mens afstrømningen til Limfjorden og fra det østlige Jylland var lidt mindre (300-450 mm). For Sjælland og øerne var afstrømningen typisk mellem 200 og 300 mm. For landet som helhed ses således en tydelig forskel i afstrømningsfordelingen fra vest mod øst, med kun halv så store mængder i øst i forhold til vest.

I de små oplande ses i visse tilfælde en meget afvigende afstrømningsmængde i forhold til nærved liggende stor oplande, f.eks. farvandsområderne 44 i forhold til 45 og i 15 i forhold til 16. (figur 2.2). Disse forskelle kan skyldes betydelige forskelle i oplandenes hydrologiske og geologiske forhold, men også at usikkerheden på opgørelserne for de små oplande kan være meget betydelig.

Det var generelt for hele landet, at afstrømningen i 2016 var lidt større end normalt (figur 2.2.B). Dog er der visse områder, bl.a. Thy – Mors, dele af Sønderjylland, dele af Fyn og Sjælland og især Bornholm, hvor afstrømningen var mindre end normalt.

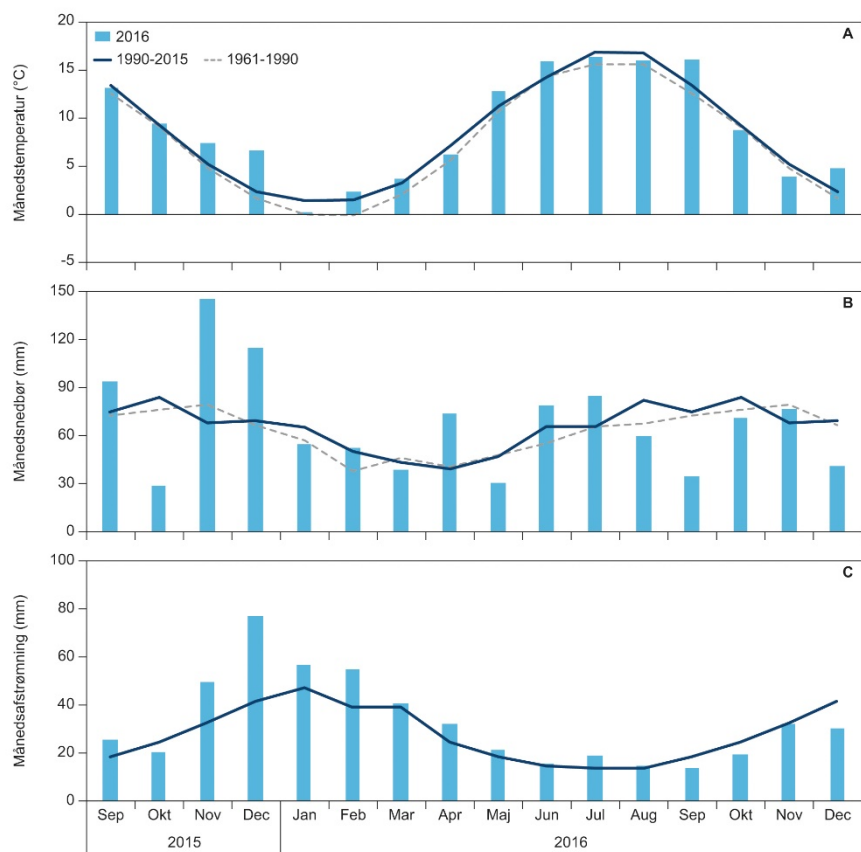


Figur 2.2 A. Ferskvandsafstrømning til marine kystafsnit i 2016 (mm/år).



Figur 2.2 B. Afvigelse i ferskvandsafstrømning til marine kystafsnit i 2016 i forhold til normal for 1990 til 2015,

Figur 2.3. Månedsværdier for temperatur, nedbør og ferskvandsafstrømning for Danmark 2016 og de sidste 4 måneder i 2015. Desuden er vist gennemsnit for perioderne 1961-1990 og 1990-2015. Ferskvandsafstrømningen er dog ikke opgjort for 1961-1990.



3 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. Vandområdeplanerne har som et af de vigtigste mål at reducere tilførslen af kvælstof til havmiljøet og til grundvand/drikkevand.

Kvælstof i vandmiljøet stammer primært fra udvaskning fra landbrugsarealer, men der udledes også mindre mængder fra renseanlæg, industrier, regnbetingede udledninger, dambrug og spredt bebyggelse, samt udyrkede arealer.

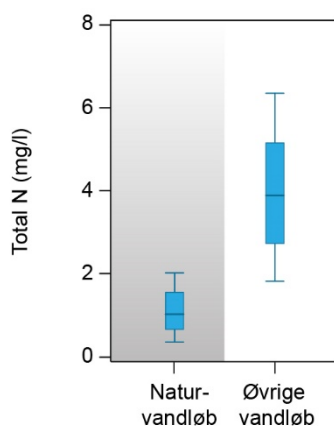
Kvælstof har normalt relativt lille betydning for miljøet i selve vandløbene, bortset fra forhøjede koncentrationer af ammoniak, der har giftvirkning på smådyr og fisk, ligesom forhøjede koncentrationer af ammonium-N kan udelukke tilstedeværelsen af visse vandplanter. Til gengæld er vandløbene en vigtig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

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

3.1 Tilstanden i 2016

Koncentrationen af kvælstof i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller modtager udledninger fra punktkilder, var i 2016 gennemsnitligt omkring 4 gange så høj som baggrundsniveauet målt i naturvandløb (figur 3.1).

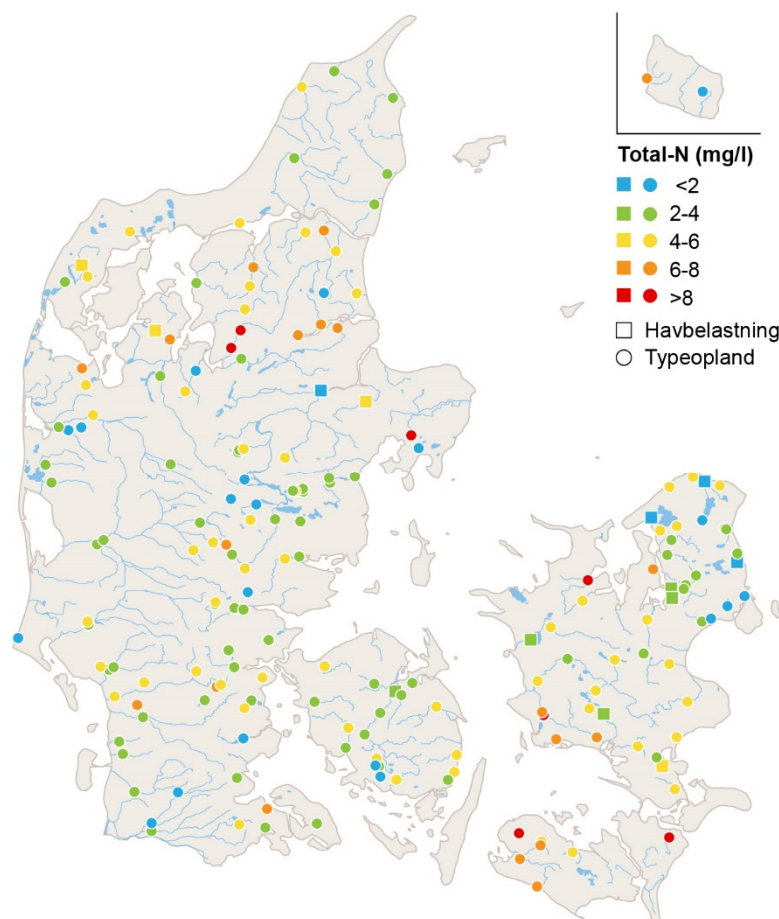
Figur 3.1. Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2016, naturvandløb dog 2014. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier. Box-whiskers angiver 10, 25, 50, 75 og 90 percentiler.



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, for eksempel, de sydsjællandske vandløb (figur 3.2). 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 3.2. Koncentrationen af total-kvælstof i vandløb i 2016. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier.



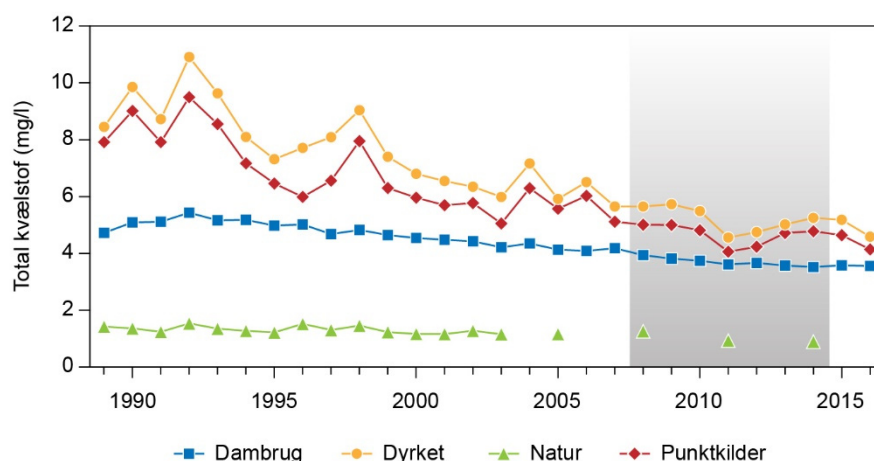
3.2 Udvikling siden 1989

Udviklingen i kvælstofkoncentration er beregnet efter metoden beskrevet i kapitel 5 (lineær regression med 2 knæpunkter), dog med den forskel at startåret for de fleste vandløb er 1989 og at "knækkene" på forhånd er fastlagt til årskiftene 1996/97 og 2010/11. Et mindretal af vandløb er med i analysen, selv om der mangler data for enkelte år i begyndelsen eller slutningen af tidsserien, nemlig årene 1989, 1990 eller 2016. For naturvandløbene bruges kun det tidligste knæk grundet den lave overvågningsfrekvens siden 2008.

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene har generelt været faldende, dog med tegn på et langsommere fald gennem de senere år. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der ligger i dyrkede oplande eller modtager betydende udladninger af by- eller industrispildevand (figur 3.3 og tabel 3.1). 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 endelige 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 3.3. Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991 (tabel 1.1). Perioden 2008 til 2014 er markeret med grå baggrund, da TN analyser for denne periode sandsynligvis er udført med en forkert metode, der underestimerer kvælstofkoncentrationen (se afsnit 1.3.1).



Tabel 3.1. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall) af udviklingstendenser siden 1989 for vandføringskorrigerede koncentrationer samt procentvis ændring i vandføringsvægtede koncentrationer af kvælstof. Middelværdier $\pm$ 95% konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

Alle vandløb omfatter et antal vandløb udover de 4 nævnte typer (tabel 1.1).

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration
Natur	6	1	0	-34 $\pm$ 12
Dyrket	54	48	0	-48 $\pm$ 3
Punktkilder	69	66	0	-48 $\pm$ 3
Dambrug	14	12	0	-35 $\pm$ 6
Alle	147	130	0	-46 $\pm$ 2

4 Fosfor i vandløb

Jens Bøgestrand

Fosfor er, lige som kvælstof, et plantenæringsstof og er den vigtigste årsag til forekomsten af en forøget mængde af planktonalger i mange søer. Fosfor kan også være af betydning for tilstanden på visse tider af året 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 nu den vigtigste kilde til fosfor i vandløbene.

Fosfor har relativt lille betydning for den økologiske tilstand i de fleste danske vandløb, idet andre faktorer som 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 vis rolle for visse plantearter og i visse vandløb, og herigennem påvirke den generelle økologiske tilstand (Wiberg-Larsen et al. 2012).

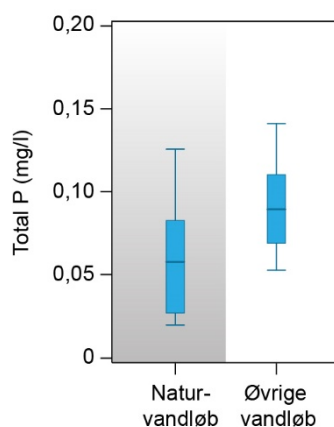
Fosfor transporteres via vandløb til søer og fjorde. Derfor er målte koncentrationer og beregnede transporter vigtige for at kunne vurdere, om tilførslerne til søer og fjorde bliver mindre.

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

4.1 Tilstanden i 2016

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller modtager udledninger fra punktkilder, var i 2016 gennemsnitligt (median-værdien) næsten dobbelt så høj som niveauet målt i naturvandløb (figur 4.1).

Figur 4.1. Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2016, naturvandløb dog 2014. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier. Box-whisker diagrammet giver 10, 25, 50, 75 og 90 percentiler.



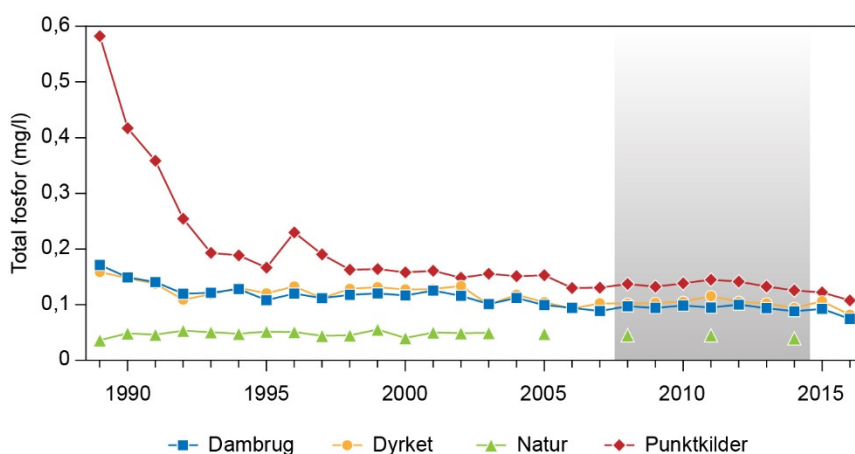
Der er en betydelig variation i koncentrationerne. Tidligere analyser af resultater fra naturvandløb har vist, at der er regionalt betingede forskelle i koncentrationen af fosfor, som kan forklare noget af variationen (Bøgestrand m.fl. 2008).

4.2 Udviklingen siden 1989

Udviklingen i fosforkoncentration er beregnet efter metoden beskrevet i kapitel 6 (lineær regression med 2 knæpunkter), dog med den forskel at startåret for de fleste vandløb er 1989 og at "knækkene" på forhånd er fastlagt til årskiftene 1995/96 og 2001/02. Et mindretal af vandløb er med i analysen, selv om der mangler data for enkelte år i begyndelsen eller slutningen af tidsserien, nemlig årene 1989, 1990 eller 2015. For naturvandløbene bruges kun det tidligste knæk grundet den lave overvågningsfrekvens siden 2008.

Koncentrationen af total fosfor i punktkildebelastede vandløb er faldet markant gennem første halvdel af 1990'erne og er nu kun lidt højere end i dyrkningspåvirkede vandløb (figur 4.2 og tabel 4.1). 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 4.2. Udvikling i fosforkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger, klassificeret ud fra forholdene i 1991 (tabel 1.1). Perioden 2008 til 2014 er markeret med grå baggrund, da TN analyser for denne periode sandsynligvis er udført med en forkert metode, der underestimerer kvælstofkoncentrationen (se afsnit 1.3.1).



Tabel 4.1. Nøgletal for statistisk test (Seasonal Mann-Kendall) af udviklingstendenser siden 1989 for vandføringskorrigerede koncentrationer samt procentvis ændring i vandføringsvægtede koncentrationer af fosfor. Middelværdier $\pm$ 95 % konfidensinterval. (+ : stigning; - : fald).

*Alle vandløb omfatter et antal vandløb udover de 4 nævnte typer (tabel 1.1).

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration
Natur	6	0	1	- 7 $\pm$ 14
Dyrket	32	16	1	-29 $\pm$ 8
Punktkilder	69	64	0	-54 $\pm$ 6
Dambrug	14	14	0	-47 $\pm$ 9
Alle*	148	112	2	-42 $\pm$ 4

5 Kvælstofbelastning af havet

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

Kvælstofbelastningen (dvs. kvælstoftilførslen) er i dette kapitel opgjort for 2. og 3. ordens kystafsnit, jf. oplandene på kortene fig. 5.1 – 5.3.

Danmarks kystlinje er inddelt i kystafsnit af 1.-4. orden, hvor 1. orden som den groveste er inddelt i 9 afsnit, mens 2.-4. orden er underinddelinger heraf. Kystafsnittene har siden 1980'erne været grundlaget for arbejdet i de marine konventioner, som Danmark har tilsluttet sig.

5.1 Datagrundlag og metoder

Til beregning af den samlede tilførsel fra land af total-kvælstof til havet omkring Danmark for perioden siden 1990 er der anvendt data fra i alt 169 målestationer. For 114 af disse stationer er der kontinuerte måledata for hele perioden. For 2016 har der været måledata fra 132 af stationerne. De 169 målestationer dækker et samlet opland på 23.910 km² svarende til 55 % af landets samlede areal. For 55 af målestationerne (2.442 km² opland) er der IKKE kontinuerte måledata 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). TN og TP koncentrationer målt i vandløb i 2016 er analyseret med en fejlagtig analysemetode. Der er foretaget en korrektion af TN og TP koncentrationer målt i 2016, se afsnit 1.3.1.

For de umålte oplande er afstrømningen af total-kvælstof 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 med tendens til underestimering i den østlige del af landet. For kvælstof er en vigtig modelvariabel 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 markbalancerne beregnet i henhold til (Blicher-Mathiesen m.fl., 2015).

For den del af landet, der afvandes til de såkaldte V1-fjorde, er der foretaget korrektioner for ovennævnte modelbias (Windolf m.fl., 2012a). Korrektionerne er foretaget i 2 trin. Først 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 undersøgt, om der for de målte oplande har kunnet påvises en signifikant udvikling over tid for modelresidualerne. Har dette været tilfældet i mindst 9 af årets 12 måneder over perioden siden 1990, er der foretaget en korrektion af denne 'trend-residual' i 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 til Limfjorden (371, 372, 374, 376). 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 (Miljøstyrelsen). Der er ikke foretaget en korrektion af TN og TP værdier for eventuelt forkerte analysemetoder på data fra 2016 eller tidligere år (Miljøstyrelsen, 2018).

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 fællesoffentlige database for punktkildeudledninger, PULS. Springet i udledninger fra RBU fra 2012 til 2013 er opgjort til at være i størrelsesorden 30-40 %, 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 'huludfyldning' 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 givent år 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 god 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. Tidligere angivelser i den hydrologiske reference af, hvorvidt et anlæg udleder direkte til havet, var desværre fejlbehæftede. Det er 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, dambrug 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.

5.2 Afstrømningen af kvælstof til havet i 2016

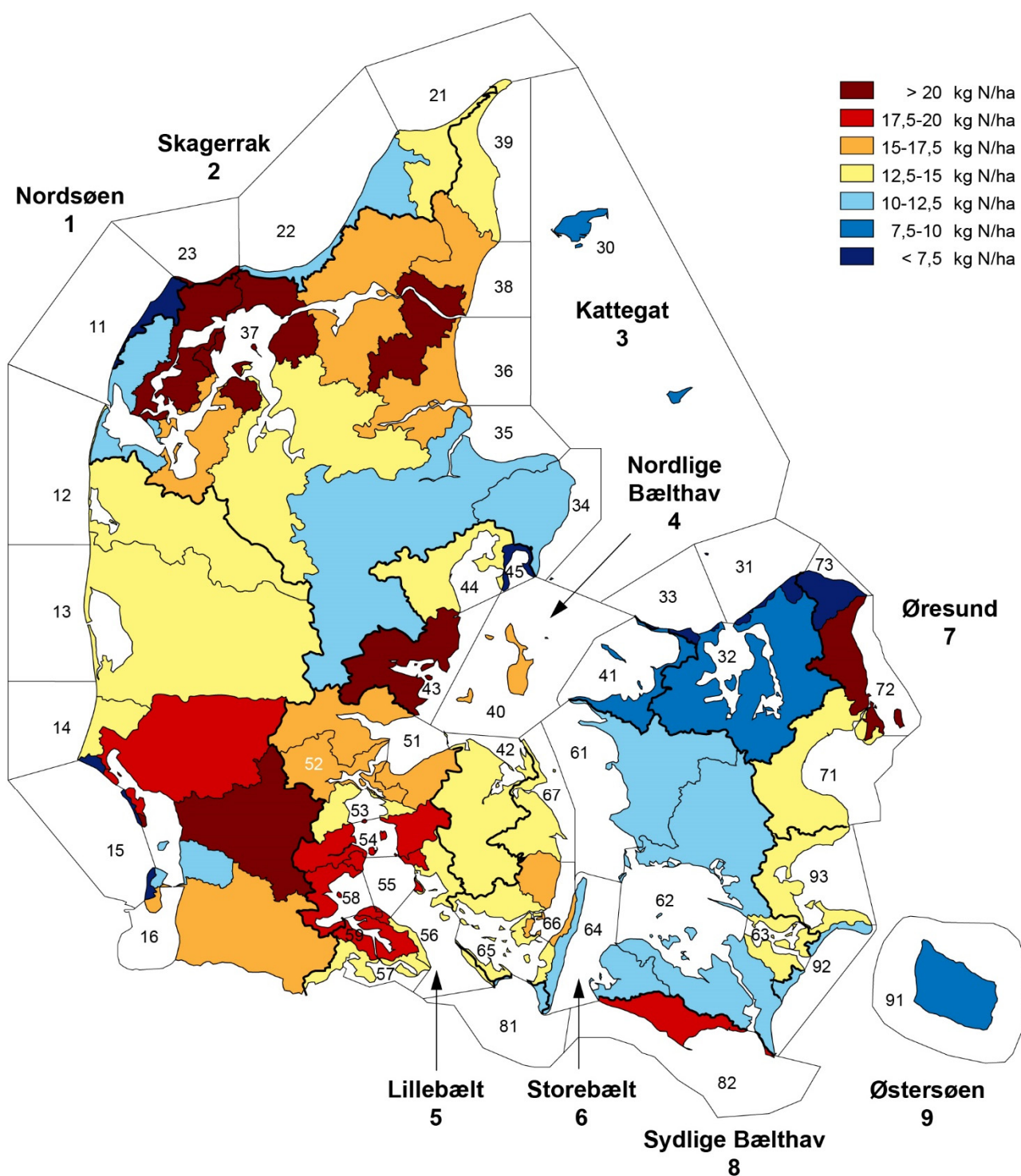
For hele 2016 blev der i alt beregnet en tilførsel på omkring 62.000 tons total-kvælstof fra land til kystafsnittene omkring Danmark. Dette er 19% mindre end for 2015, hvor den var 77.000 ton N. Samtidig var vandafstrømningen på 353 mm i 2016 ca. 17% mindre end i 2015. Dermed blev såvel vand- som kvælstofafstrømningen i 2016 noget mindre end året før.

Tabet af total-kvælstof pr. ha opland til de kystnære vande var som gennemsnit i 2016 omkring 14.5 kg N/ha mod ca. 17.9 kg N/ha i 2015. 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 Gudenå systemet. Her sker der via vandsystemets mange søer en væsentlig fjernelse af det udledte kvælstof, inden vandet løber ud i Randers Fjord (figur 5.1). Også i det østlige Danmark var kvælstoftabet generelt mindre end gennemsnittet. Det skyldes her, at kvælstofoverskud 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 2016 – som i 2015 – i dele af oplandet til Limfjorden og fra oplandene i det sydlige Jylland, strømmende til Vadehavet (figur 5.1).

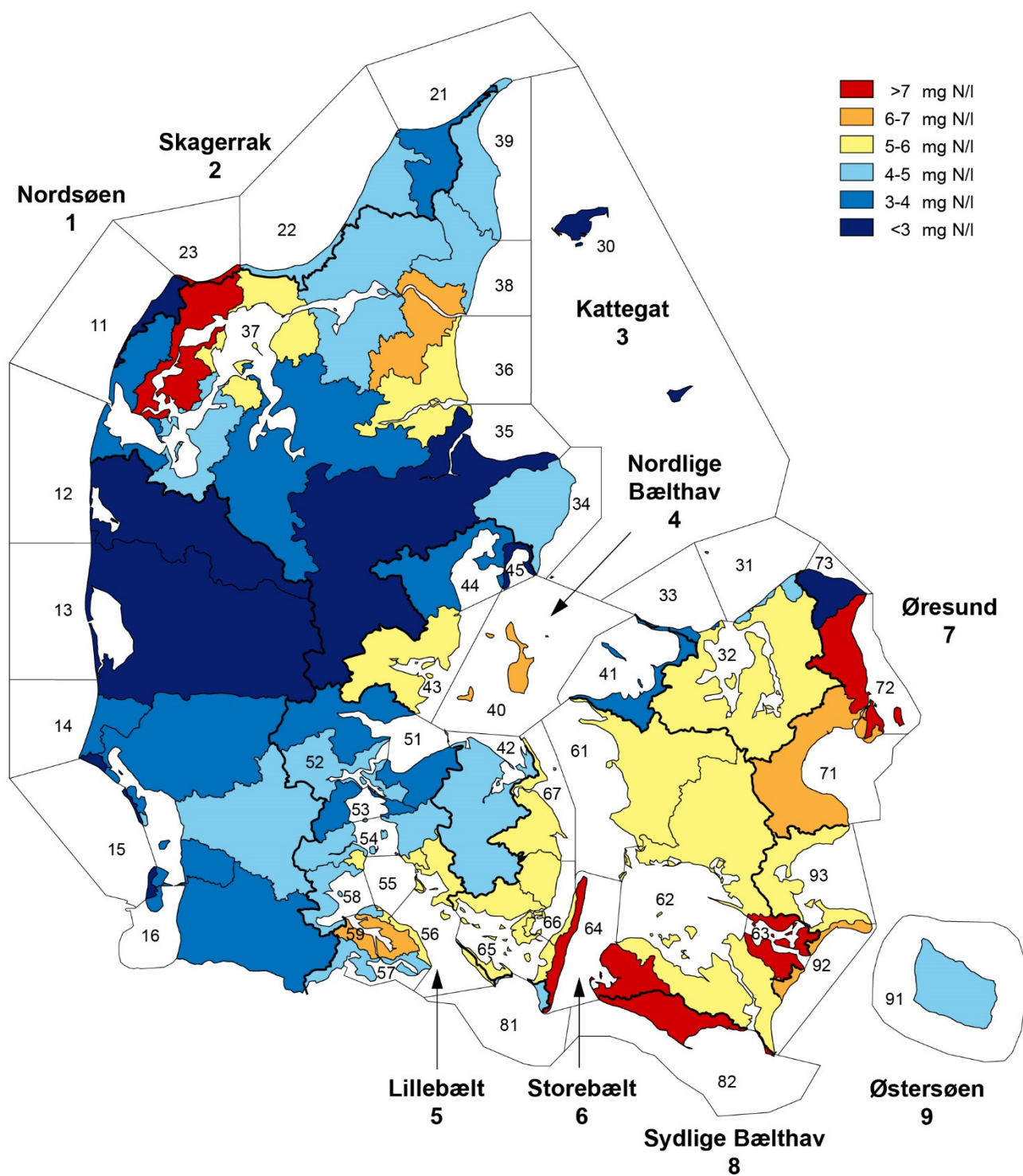
Indholdet af total-kvælstof i det afstrømmende vand til kystvandene var i Jylland generelt mindre end 5 mg N/l og typisk lidt større i det østlige Danmark (figur 5.2). Den absolutte og relative variation over landet var meget lig med den fra året før. I oplandene til f.eks. Randers Fjord, Nissum Fjord og Ringkøbing fjord var koncentrationerne i 2016 endda under 3 mg N/l. De mange søer i Gudenå-systemet medvirker som nævnt ovenfor til via denitrifikation at fjerne en betydelig mængde af den kvælstof, der udledes til vandløbene inden vandet med resterende kvælstof når frem til Randers Fjord. For Storåen og Skjern å, der afvander til hhv. Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord, sker der en væsentlig fjernelse af den kvælstof, der udvaskes til grundvand. I disse typer af oplande passerer det udvaskede kvælstof således nitrat-reducerende lag i undergrunden, hvorved der sker en fjernelse (denitrifikation) af en væsentlig mængde af den udvaskede kvælstof.

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

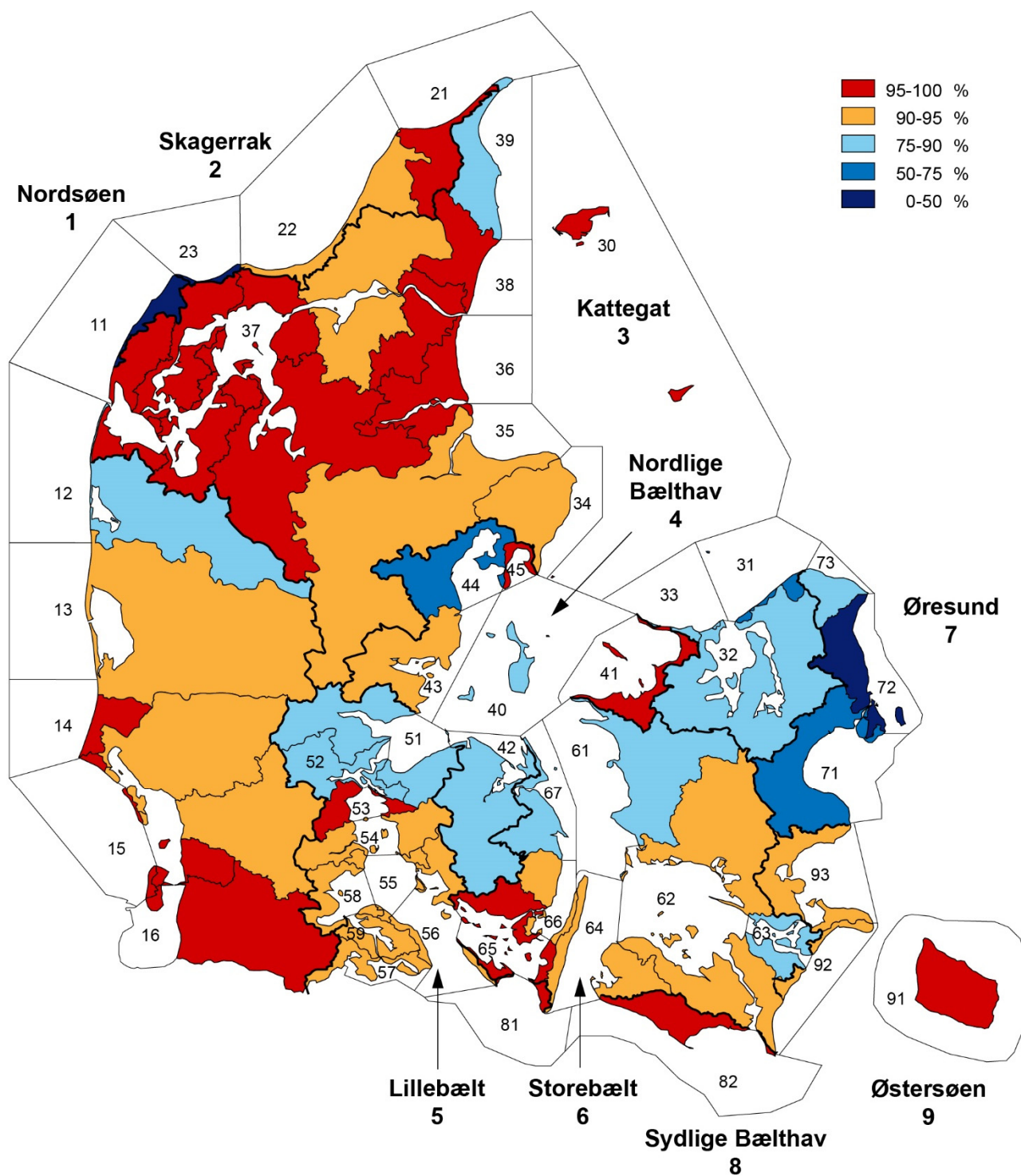
De diffuse kilders andel af den samlede kvælstoftilførsel til kystområderne varierede – som i tidligere år – en del fra landsdel til landsdel. De diffuse kilder omfatter tilførsler fra såvel dyrkede som udyrkede jorder, men også i mindre omfang udledninger af spildevand fra spredtliggende ejendomme uden for de offentlige kloaksystemer. De diffuse kilder var derfor mindst betydende omkring de større byer og størst i de åbne landområder (figur 5.3). For landet som helhed var den samlede udledning af totalkvælstof fra punktkilder (dvs. renseanlæg, regnbetingede udledninger, akvakultur, industri med særskilt udledning) på ca. 6.000 tons i 2016, hertil skal lægges ca. 2.800 ton fra ulykken på Fredericia havn (se afsnit 1.3.4). Den diffuse udledning udgjorde ca. 56.000 tons mod ca. 71.000 tons i 2015. Det svarer til en fordeling på henholdsvis 10 % og 90 % af den totale kvælstoftilførsel, meget lig fordelingen til kystområderne de seneste 5 opgjorte år (9-11% og 89-91%).



Figur 5.1. Tab af total kvælstof fra oplandene til kystområderne i 2016. Udslip på Fredericia havn, havområde 52, er estimeret til at forhøje tilledningen med 2.800 ton, svarende til at havområde 52 får et TN tab på ca. 73 kg N/ha (se afsnit 1.3.4).



Figur 5.2. Kvælstofbelastning af kystområderne i 2016 angivet som vandføringsvægtede koncentrationer. Udslip på Fredericia havn, havområde 52, er estimeret til at forhøje tillædningen med 2.800 ton, svarende til at havområde 52 får et TN tab på ca. 19 mg N/l (se afsnit 1.3.4).



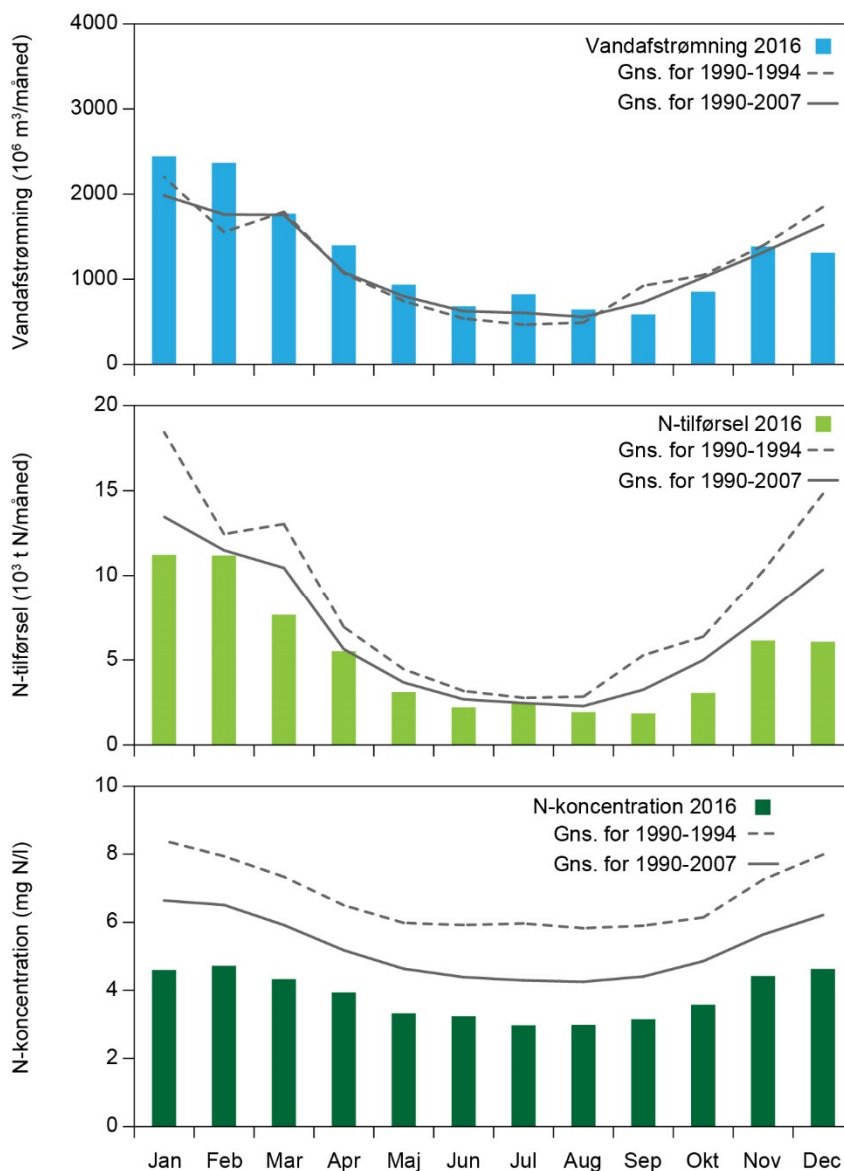
Figur 5.3. Diffus andel af den totale kvælstoftilførsel til kystområderne i 2016. Udslip på Fredericia havn, havområde 52, er estimeret til at forhøje tilledningen med 2.800 ton, svarende til at den diffuse andel af den total kvælstoftilførsel for havområde 52 var ca. 20 % (se afsnit 1.3.4).

5.3 Sæsonvariation i vand- og kvælstofafstrømning

I 2016 var vandafstrømningen til havet omkring Danmark 8% større end gennemsnittet for perioden 1990-2015 (Figur 5.4, se også kapitel 2). Der var dog i de enkelte måneder betydelige afvigelser i forhold til gennemsnittet. I vintermånederne januar og februar var afstrømningen betydeligt større end gennemsnittet i perioden siden 1990. Generelt var afstrømningen mellem januar og august højere end gennemsnittet for den forudgående periode siden 1990 mens afstrømningen i september, oktober og december var lavere end gennemsnittet.

Kvælstofafstrømningen i 2016 var i januar og februar i modsætning til vandafstrømningen mindre end gennemsnittet for perioden 1990-2007. Kvælstofafstrømningen er de fleste måneder noget mindre end gennemsnittet for perioden 1990 - 2007, kun i de tre måneder februar, april og juli var afstrømningen på niveau med (men alle tre lidt lavere) gennemsnittet (Figur 5.4 midt). Kvælstofkoncentrationerne i det afstrømmende vand for alle måneder var tydeligt mindre end gennemsnittet for perioden 1990 - 2007 (Figur 5.4, nederst). Det reducerede kvælstofindhold i den samlede vandafstrømning er relateret til de markant reducerede tab af kvælstof fra de dyrkede marker samt af de reducerede udledninger af kvælstof med spildevand.

Figur 5.4. Månedsvis vandafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midterst) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark (nederst) i 2016 og som gennemsnit for perioden 1990-2007 og 1990-1994. En estimeret kvælstoftilførsel på 2.800 ton ved ulykke på Fredericia havn tilfører for februar 2.800 ton (midterst) og forhøjer TN-koncentrationen til 5,9 mg N/l mod 4,7 mg N/l uden ulykken (nederst). Data fra Fredericia ulykken er IKKE inkluderet i figuren (se afsnit 1.3.4).

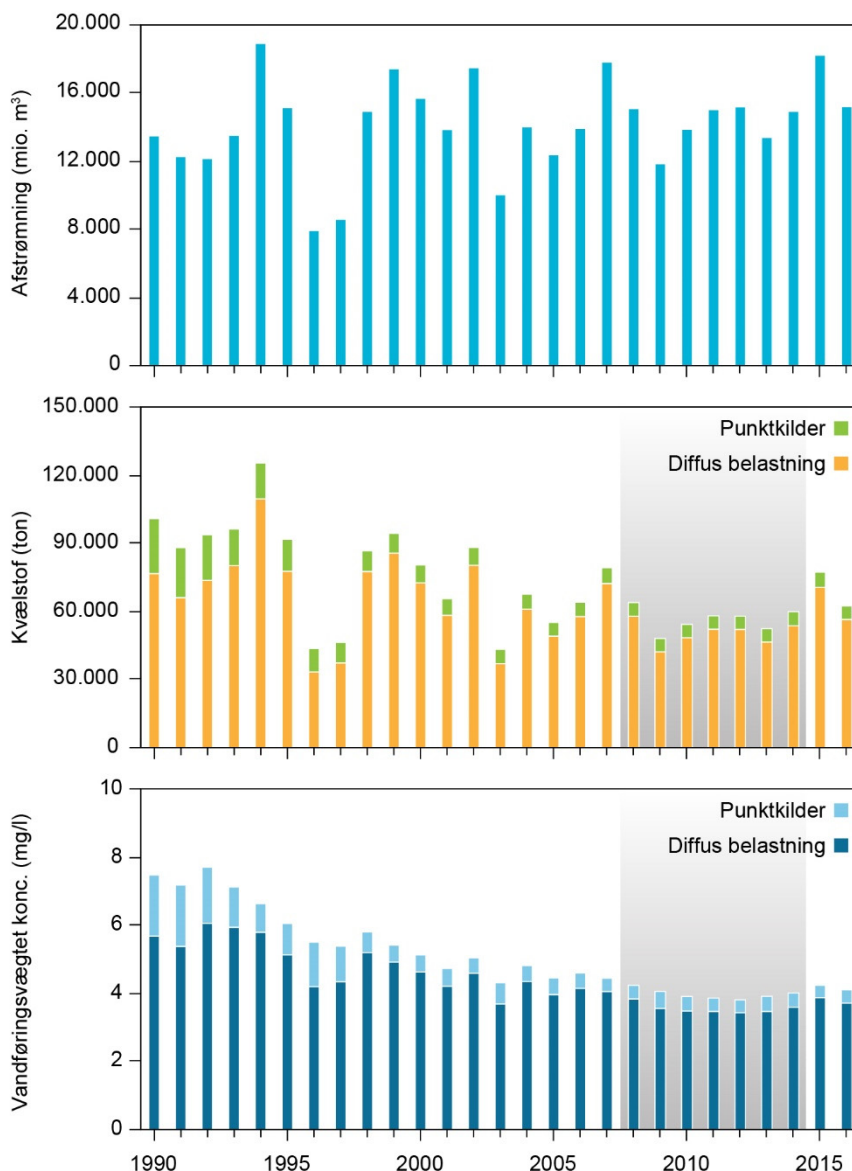


5.4 Udviklingen i kvælstofafstrømning

Variationen i de årlige samlede kvælstoftilførsler til kystvandene følger i udpræget grad variationen i vandafstrømningen (Figur 5.5). Det ses dog også klart af figuren, at kvælstoftilførslen generelt har været faldende siden 1990. Faldet har specielt været tydeligt, når der ses på udviklingen i den vandføringsvægtede koncentration af total-kvælstof (Figur 5.5, nederst). Koncentrationerne er således faldet fra et niveau på 7-8 mg N/l i begyndelsen af 1990'erne til i de seneste 2 år at være 4,1 (2016) og 4,2 mg N/l i 2015.

Størstedelen af faldet gennem perioden forklares af en reduktion i de landbrugsrelaterede diffuse udledninger af kvælstof (Figur 5.5, midt og nederst).

Figur 5.5. Udvikling i ferskvandsafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midterst) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark (nederst), 1990-2016. 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 N med spildevand til ferskvand. Perioden 2008 til 2014 er markeret med grå baggrund, da TN analyser for denne periode sandsynligvis er udført med en forkert metode, der underestimerer kvælstofkoncentrationen (se afsnit 1.3.1). Kvælstoftilførsel fra ulykke på Fredericia havn i 2016 estimeret til 2.800 ton (midterst) forøger TN-koncentrationen (nederst) til 4,3 mg/l og mod 4,1 mg N/l uden den tilførte mængde. Koncentrationen af punktkilde tilledninger forøges til 0,58 mg N/l hvis udledningen fra ulykken i Fredericia medregnes mod 0,39 uden mængden tilført ved ulykken (se afsnit 1.3.4). Data fra Fredericia ulykken er IKKE inkluderet i figuren (se afsnit 1.3.4).



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 2016 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 statistisk analyse (Mann-Kendall trend test, Tabel 5.1) viser, at der er tale om et signifikant fald i den vandføringsvægtede koncentration af totalkvælstof i den samlede afstrømning til havet. Signifikansen af tidsserier er testet ved anvendelse af Mann-Kendalls trend test samt "brocken-stick" modeller (Carstensen & Larsen, 2006). For Total N er der defineret et knæpunkt mellem 2009 og 2010 og to lineære modeller er estimeret og det totale fald er beregnet ved formlen:

$$100 \cdot \frac{\hat{x}_{1990} - \hat{x}_{2015}}{\hat{x}_{2015}},$$

Estimater er beregnet ud fra de to lineære modellers forskrifter. Konfidensintervaller på det samlede fald er beregnet ved anvendelse af standard error på estimaterne for årene 1990 og 2016. Faldet er estimeret til 45% (95 % konfidensgrænser: 38 til 51 %). Netop udviklingen i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration er et godt mål for den reelle udvikling i kvælstofafstrømningen, fordi der delvist tages højde for betydningen af de store naturlige år til år udsving i vandafstrømning. Også for hvert af de 9 farvandsområder kan der konstateres et signifikant fald i kvælstofkoncentrationen (Tabel 5.1). For hele landet faldt de vandføringsvægtede koncentrationer i den diffuse tilførsel ligeledes signifikant. Faldet i det diffuse koncentrationsbidrag estimeres på landsplan til 34 % i perioden 1990-2016, (95 % konfidensgrænser: 25% til 43%). I oplandene til farvandsområderne varierede de beregnede fald i det diffuse koncentrationsbidrag mellem 23% og 45%.

Analyserne af udviklingen i kvælstoftransporten i Tabel 5.1 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 1990-2016 finder man en tilsvarende udvikling i den diffuse kvælstoftransport.

Tabel 5.1. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og i den diffuse tilførsel af kvælstof til kystområderne for perioden 1990–2016. 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	-33	-45
Skagerrak	-44	-57
Kattegat	-27	-34
Nordlige Bælthav	-45	-57
Lillebælt	-41	-59
Storebælt	-35	-49
Øresund	-32	-73
Sydlig Bælthav	-31	-35
Østersøen	-33	-56
Limfjorden	-23	-25
Isefjorden/Roskilde fjord	-37	-57
Danmark	-34 (-43;-25)	-45 (-51;-38)

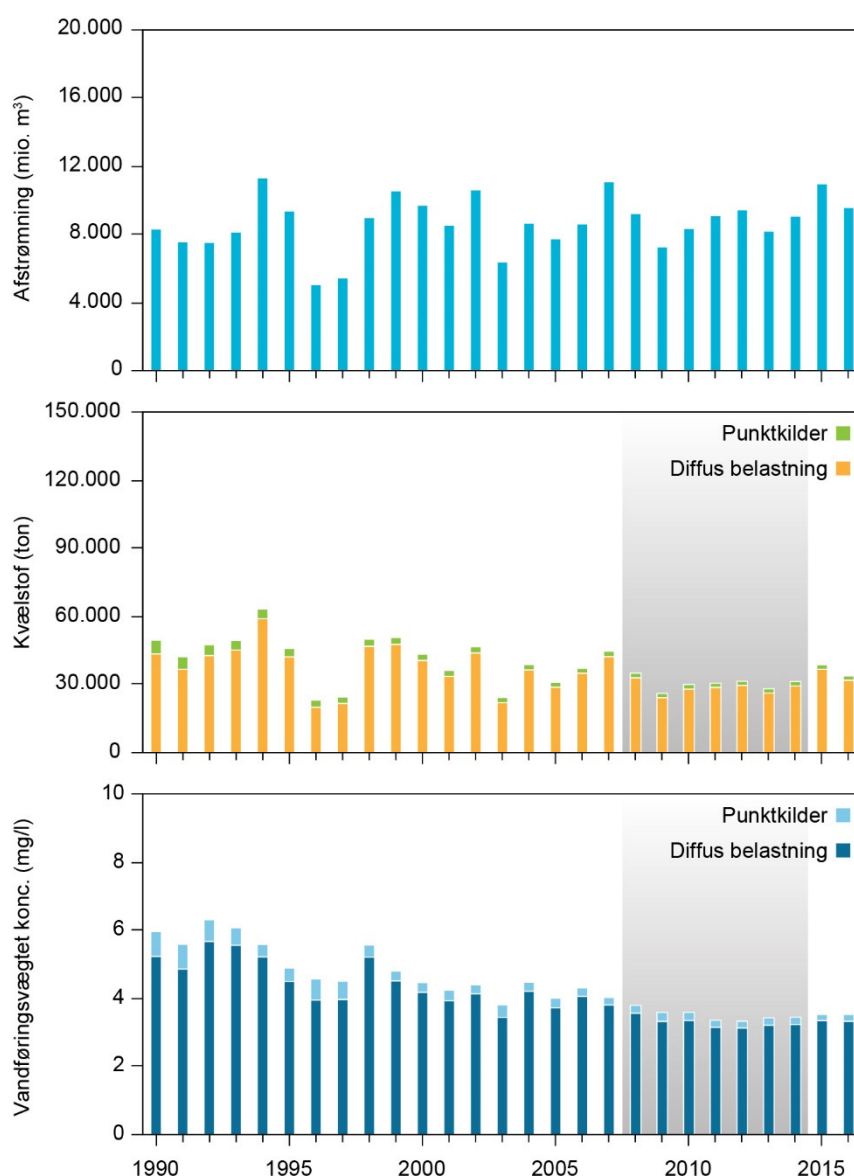
5.5 Kvælstofafstrømning for målt opland

I dette afsnit er kvælstofafstrømningen opgjort for det målte opland, altså den del af Danmark som er placeret opstrøms målestationer som har været i drift med TN målinger igennem hele perioden 1990-2016. Det er tilfældet for 114 stationer og dækker ca. 50% af landets areal (21.470 km²).

Vandafstrømningen for det målte opland er for 2016 opgjort til 446 mm hvilket er 13% lavere end i 2015 og 10% højere end gennemsnittet for perioden 1990-2015 (figur 5.6, øverst). Vandafstrømningen for det målte opland er altså opgjort til at være noget højere end for hele landet hvor afstrømningen er opgjort til 353 mm i 2016.

Kvælstoftransporten fra det målte opland var ca. 34.000 ton hvilket er et fald på ca. 13% i forhold til kvælstoftransporten i 2015 (figur 5.6, midterst). Andelen af kvælstoftransporten som stammer fra punktkilder er opgjort til 6%. Denne andel har været faldende igennem perioden siden 1990, hvor gennemsnittet for 1990-1991 var ca. 13% mod et gennemsnit på ca. 5% for 2015 og 2016. Opgørelsen indregner ikke retention i overfladevandssystemet imellem udledningsstedet og målestationen, hvorfor punktkilde andelen er lidt overestimeret.

Figur 5.6. Udvikling i ferskvandsafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midterst) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration (nederst) i det afstrømmende vand fra det målte opland, 1990-2016. 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 N med spildevand til ferskvand. Perioden 2008 til 2014 er markeret med grå baggrund da TN analyser for denne periode sandsynligvis er udført med en forkert metode, der underestimerer kvælstofkoncentrationen (se afsnit 1.3.1)



Den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration for det målte opland er for 2016 opgjort til 3,5 mg N/l hvilket er det samme som for 2015 (figur 5.6, nederst). Kvælstofkoncentrationen i begyndelsen af måleperioden 1990 til 2016 var højere end den er nu. Middel kvælstofkoncentrationen 1990 til 1994 var 5,9 mg N/l mens midlet for de sidste to år er 3,5 mg N/l (Der er kun anvendt et middel af 2015 og 2016 da analyser fra 2008-2014 sandsynligvis er underestimeret pga. fejl i analysemetode, se afsnit 1.3.1).

Ved sammenligning mellem Figur 5.5 og Figur 5.6 ses det, at den overordnede udvikling på det målte opland og hele landet er tæt på at være ens. For perioden 2011 til 2014 ses det dog, at de forholdsvis lave vandføringsvægtede koncentrationer, der ses i denne periode ses tydeligere på opgørelsen for hele landet end for det målte opland.

5.6 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 lille nedbørsmængde. 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 5.7 (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 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 1990-2016 (329 mm/år).

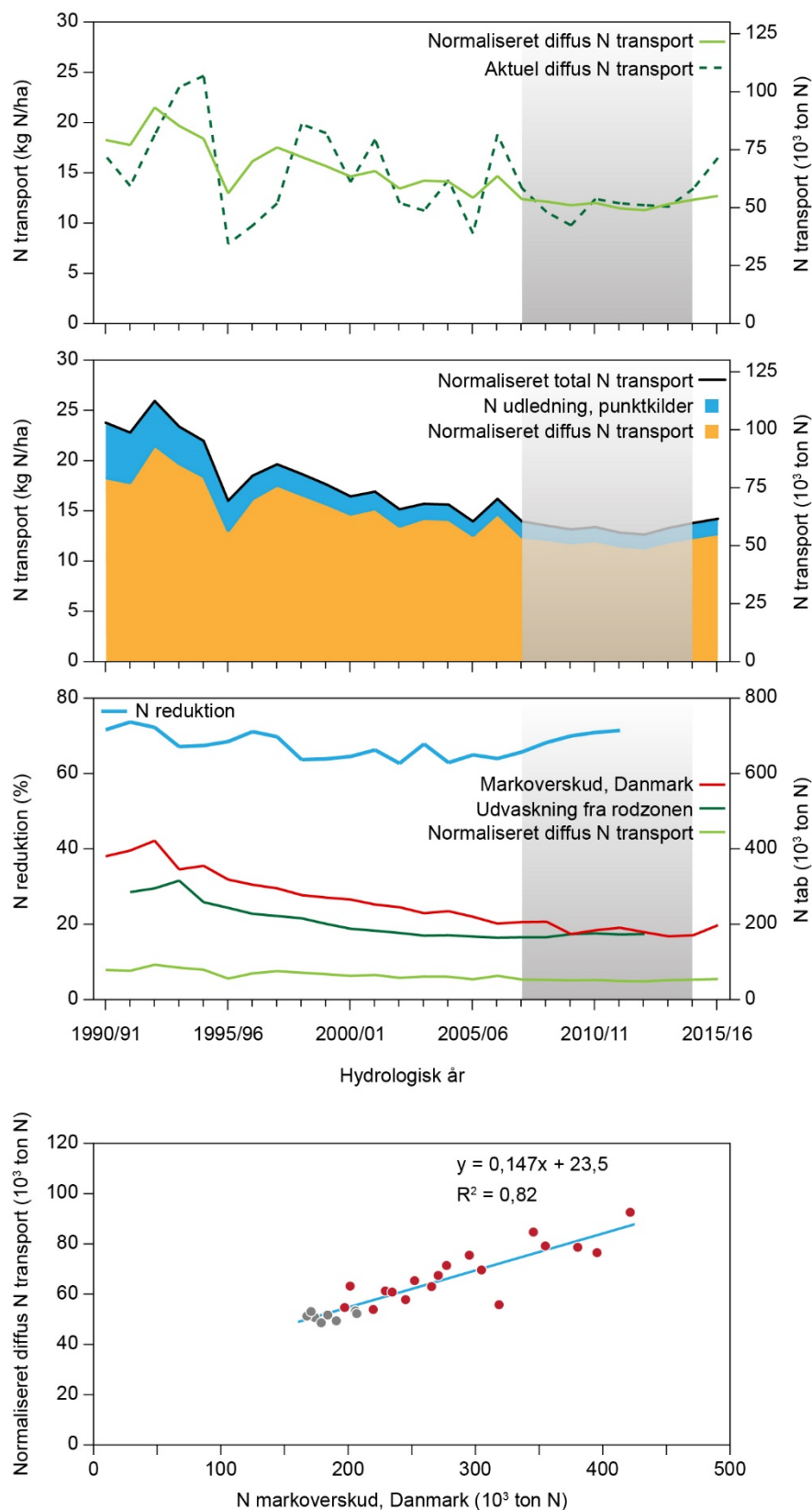
Det bemærkes, at den anvendte normaliseringsmetode ikke tager højde for betydningen af alle klimatiske faktorer. Dette gælder f.eks. betydning af varierende relative vandafstrømninger og transporter imellem de enkelte år og der er ej heller taget højde for eventuelle betydninger af varierende temperaturer.

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 af 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 5.7, øverst).

Selv om det totale fald i kvælstofafstrømningen tydeligt ses at være størst i den første del af perioden (Figur 5.7, to øverste delfigurer), antydes der dog også et mindre fald i den afstrømningsnormaliserede kvælstofafstrømning siden 2005. Det bemærkes dog, at den normaliserede totale kvælstofafstrømning fra diffuse kilder i det senest opgjorte agrohydrologiske år (2015/16) (1. april til 31. marts) er beregnet til ca. 55.000 ton N.

Figur 5.7. Udvikling i indikatorer for kvælstoftransporter beregnet for agrohydrologiske år (1. april til 31. marts). Værdier for de agrohydrologiske år 2007/08 til 2014/15 er markeret med grå baggrund/grå prikker (nederst) da TN analyser for denne periode sandsynligvis er udført med en forkert metode, der underestimerer kvælstofkoncentrationen (se afsnit 1.3.1).



Ud over de diffuse kilder til kvælstoftransporten udledes der også kvælstof med spildevand til vandmiljøet. 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 5.7 (næst øverst). Her er regnet i agrohydrologiske år (1. april til 31. marts), 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 5 år har de beregnede normaliserede kvælstoftilførsler været mellem 54.000-61.000 tons N. Heraf stammer omkring 5.800 til 6.500 tons fra spildevandsudledninger fra punktkilder.

For senest opgjorte agrohydrologiske år (2015/16) (1. april til 31. marts) fås en årlig normaliseret total transport på ca. 61.000 tons N/år.

Normaliseres der på kalenderår, fås for 2016 en normaliseret transport fra diffuse kilder på 53.000 tons N. Tillagt udledninger af spildevand fra punktkilder på 6.000 tons N beregnes således en samlet normaliseret tilførsel på ca. 59.000 tons N. (Heri ikke indregnet tilførsler fra ulykken på Fredericia havn (Afsnit 1.3.4). For 2015 beregnes på lignende vis en samlet normaliseret N tilførsel på 62.000 tons N.

Den dominerende 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 5.7 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.

Der er således – for perioden som helhed – en meget stærk, signifikant lineær relation mellem det nationale markoverskud og den samlede, normaliserede kvælstoftransport fra diffuse kilder (Figur 5.7, nederst). I de seneste 5 opgjorte agrohydrologiske år (1. april til 31. marts) har kvælstofoverskuddet (mark) varieret mellem 186.000 – 215.000 tons N.

I figur 5.7 (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 N- markoverskud og N-udvaskning ud fra tilgængelige nationale data. Denne relation er så efterfølgende anvendt til at beregne udvaskningen af nitrat- kvælstof i år, hvor alene information om N overskuddet 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 kvælstof-mængde (Figur 5.7 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 f.eks. 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 5.7. En væsentlig

medvirkende forklaring herpå er forekomst af ikke reduceret dybere liggende grundvand med høj opholdstid og deraf følgende, stadigt højt indhold af kvælstof, som bidrager væsentligt til kvælstoftransporten i vandløbene.

5.7 Sammenfatning af resultaterne

- Den samlede kvælstoftilførsel fra land til kystvandene i 2016 er beregnet til ca. 62.000 tons N/år. Heraf udgør kvælstof udledt med spildevand fra punktkilder ca. 6.000 tons N/år. I dette tal for udledningen indgår ikke udledningen på 2.800 ton N ved ulykken i Fredericia. Beregningerne dette år er baseret på målinger fra 132 kystnære målestationer i vandløb og en model for det resterende umålte opland.
- Den vandføringsvægtede TN koncentration for hele landet var i 2016 4,1 mg N/l mod 4,2 mg N/l året før.
- Den normaliserede kvælstoftilførsel fra land til kystvandene for 2016 (kalender år) er beregnet til ca. 59.000 tons N/år.
- Kvælstoftilførslerne fra land til havet er siden 1990 reduceret med omkring 45%, (vurderet ud fra udviklingen i vandføringsvægtede koncentrationer)
- De diffuse kilders andel af den samlede kvælstofafstrømning til kystvandene var i 2016 omkring 90%.
- Punktkildernes andel af den samlede kvælstofafstrømning til kystvandene var i 2016 omkring 10%.
- Kvælstoftilførslerne fra diffuse kilder er reduceret med omkring 34% siden 1990.
- Reduktionen i tilførslerne fra diffuse kilder forklares af et fald i kvælstofoverskuddet og kvælstofudvaskningen på de dyrkede marker. Der er dog stor lokal og oplandsspecifik variation i, hvor meget tilførslerne er reduceret gennem perioden.

6 Fosforbelastning af havet

Henrik Tornbjerg, Hans Thodsen, Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Søren Erik Larsen og Niels Bering Ovesen

6.1 Datagrundlag og metode

Fosforbelastningen er, som kvælstofbelastningen, opgjort for 2. og 3. ordens kystafsnit, jf. oplandene på kortene fig. 7.3 – 7.5. For måledatagrundlaget og den metodiske tilgang for opgørelserne henvises til kapitel 5. 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, regnbetingede udledninger, akvakultur og industriudledninger) og derefter fratrullet 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 verificeret og testet på et supplerende datagrundlag, og der er her specielt fundet behov for at korrigere modellen for det vestlige Jylland, idet der her beregnes 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 model".

Ved kildeopsplitningen er den samlede diffuse belastning angivet som differensen mellem totalbelastningen og spildevandsudledningerne. Det tilgængelige datasæt for spildevandsudledningerne er tilvejebragt som beskrevet i kapitel 5.1. For data analyseret i 2016 med forkert analysemetode er der foretaget en korrektion, se afsnit 1.3.1. Der er ikke foretaget korrektion af eventuelle fejl analyser på spildevand (Miljøstyrelsen, 2018).

6.2 Fosfortilførsel til havet 2016

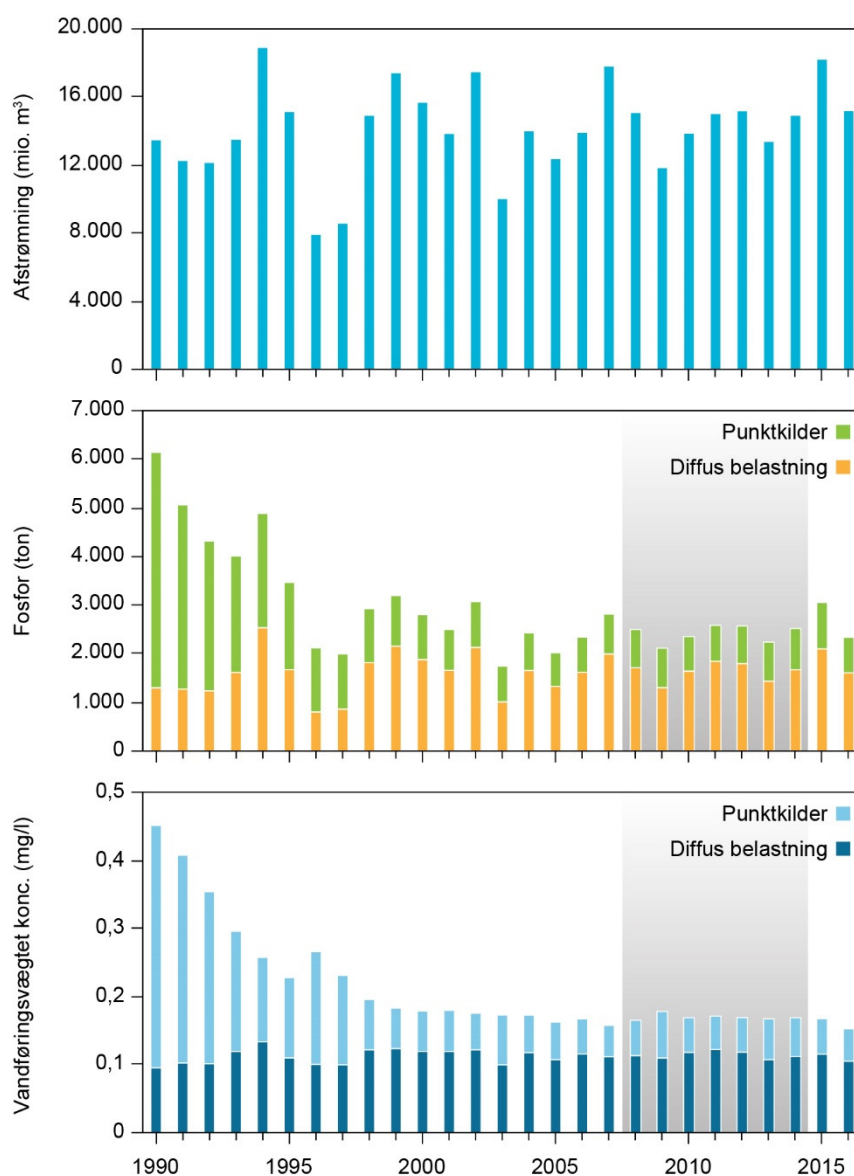
I 2016 blev der i alt beregnet en tilførsel af ca. 2.300 tons fosfor (P) til de danske farvandsområder (Figur 6.1, midt). Det er omkring 23% mindre end året før. Vandafstrømningen var i 2016 17% mindre end året før. Koncentrationen af fosfor i den samlede ferskvandsafstrømning var i gennemsnit 0,152 mg P/l i 2016 og dermed lidt lavere end i de seneste år og den laveste koncentration siden 1990, (Figur 6.1, nederst), en del af 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 6.1, 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 4.800 tons fosfor i 1990 til et niveau på 700-1.000 tons fosfor de seneste år. Spildevandsudledningerne af fosfor fra punktkilder udgjorde i 2016, 740 tons og blev dermed den laveste de seneste år. Det skal bemærkes, at allerede i 1980'erne blev der på foranledning af krav fra de daværende amter reduceret kraftigt på udledningerne med fosforholdigt spildevand til visse vandområder. Spildevandstilledningerne med fosfor til f.eks. 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 relativt større betydning. De varierer nu – ligesom kvælstof – fra år til år primært med variationerne i den årlige vandafstrømning (Figur 6.1, øverst).

Den markante reduktion i fosfortilførslerne ses specielt tydeligt i udviklingen i de vandføringsvægtede fosforkoncentrationer i den samlede vandmængde, der strømmer fra land til kystvandene omkring Danmark (Figur 6.1, nederst). Efter det markante fald frem til slutningen af 1990'erne ses et nær konstant niveau de følgende år.

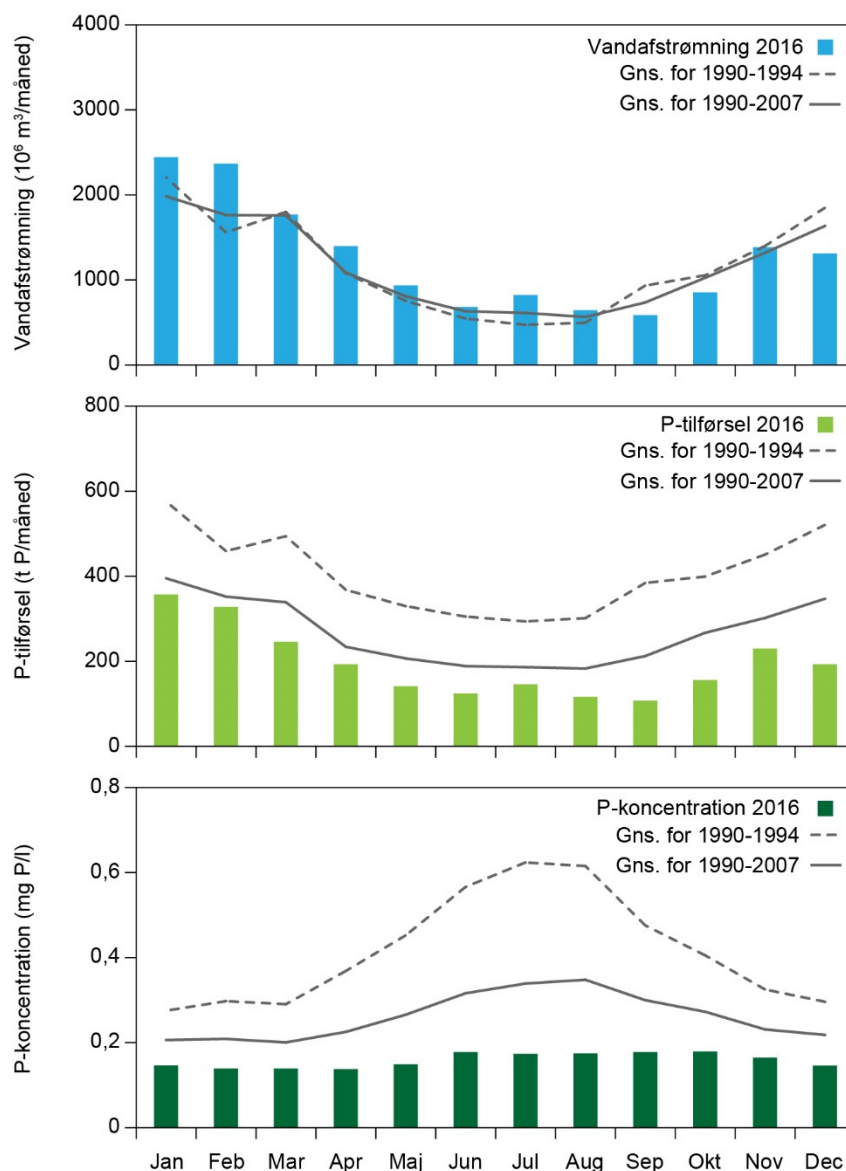
Figur 6.1. Ferskvandsafstrømning (øverst), samlet tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit (midterst) og vandføringsvægtet fosfor koncentration (nederst) for 1990 til 2016. Fosfor er fordelt på udledninger fra diffuse kilder (inkl. Spildevand fra spredt bebyggelse) og udledninger med spildevand fra punktkilder (renseanlæg m.v.). Det bemærkes, at der ikke er indregnet retention i ferskvand af P udledt med spildevand fra punktkilder. Perioden 2008 til 2014 er markeret med grå baggrund da total fosfor analyser for denne periode sandsynligvis er udført med en forkert metode der muligvis underestimerer (se afsnit 1.3.1).



Hen over året 2016 var fosfortilførslerne i alle måneder markant lavere end gennemsnittet for årene 1990-1994 og også tydeligt lavere end gennemsnittet for perioden 1990-2007, januar, februar og juli dog kun lidt lavere (Figur 6.2, midt). Variationen i fosfortilførslerne fulgte som i tidligere år variationen i ferskvandsafstrømningen. De relativt høje fosfortilførsler i vintermånederne forklares således af den store vandafstrømning i disse måneder (Figur 6.2, øverst). Fosforkoncentrationerne i det afstrømmende vand fra land varierede hen over året 2016, men var – på grund af de reducerede spildevandsudledninger – i alle måneder markant mindre end gennemsnittet for perioden siden 1990-2007 (Figur 6.2, nederst). Generelt er fosforkoncentrationerne noget større i sommermånederne, fordi ferskvandsafstrømningen er mindre

(Figur 6.2, øverst), hvorved det udledte spildevand ikke 'fortyndes' så meget som i øvrige måneder. Dette fænomen er dog mindre tydeligt nu end tidligere, hvor spildevandstilførslen bidrog relativt mere til den samlede koncentration (Figur 6.2, nederst).

Figur 6.2. Månedsvis vandafstrømning (øverst), fosfortilførsel (midterst) og vandføringsvægtet fosforkoncentration (nederst) i det afstrømmende vand til havet omkring Danmark i 2016 og som gennemsnit for 1990-2007 og 1990-1994.



Den regionale belastning af kystområderne varierede betragteligt i 2016 (figur 6.3). Størst var oplandstabet (målt som kg P/ha) i oplandet til Lillebælt samt

Øresund, hvor tabet generelt var større end 0,7 kg P/ha. Den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor var i størstedelen af landet på mellem 0,1 og 0,2 mg P/l, men lavere i Nordsøens opland og højere i oplandet til Øresund og Østersøen (Figur 6.4). De diffuse fosforkilders betydning var generelt størst i Jylland samt oplandene til sydlige Bælthav og Østersøen, mens det var mindst i oplandet til Øresund og Isefjord/Roskildefjord (Figur 6.5).

I figur 6.3, - 6.4 og - 6.5 er der anvendt en opdeling på 1. ordens kystafsnit, dog er Limfjorden og Isefjord/Roskilde fjord opgjort som 2. ordens kystafsnit. Denne geografiske opløsning er grovere end den tidligere anvendte opløsning for at reducere den usikkerhed der er blevet tilføjet som følge af fejlbæftede analyser af total fosfor (Larsen m.fl., 2018; Thodsen m.fl., 2016). At beregne vægtede gennemsnits på flere målestationer reducere usikkerheden på opgørelser til de enkelte kystafsnit. Usikkerheden, introduceret som følge af analysefejlen, reduceres også ved stigende andel af umålt opland, da den model der estimerer tabet herfra ikke er influeret af analysefejlen. Derfor er oplande med mange målestationer og/eller en stor andel af umålt areal de oplande hvor der introduceres mindst usikkerhed. Derfor er kystområde 2 (Skagerrak), 8 (Sydlige Bælthav) og 9 (Østersøen) de oplande med den største usikkerhed pga. et forholdsvis lille antal målestationer.

6.3 Udvikling i fosforafstrømning 1990 – 2016

Der har i perioden 1990-2016 været et statistisk signifikant fald i den samlede tilførsel af total fosfor fra land til havet omkring Danmark (Figur 6.1) og (Tabel 6.1). Signifikansen af tidsserier er testet ved anvendelse af Mann-Kendalls trend test samt "brocken-stick" modeller (Carstensen & Larsen, 2006). For Total P er der defineret et knæpunkt mellem 1997 og 1998 og to lineære modeller er estimeret og det totale fald er beregnet ved formlen:

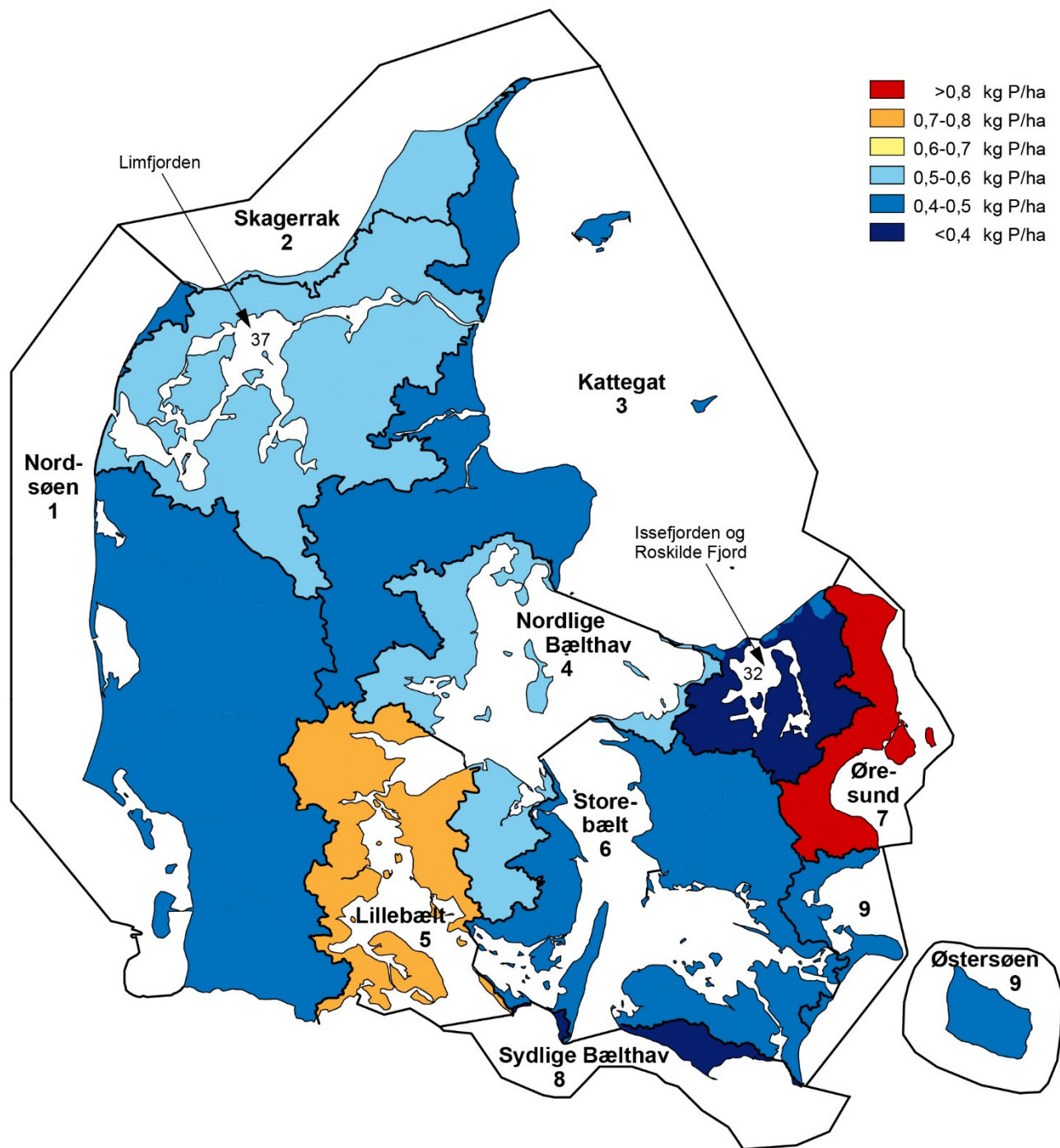
$$100 \cdot \frac{\hat{x}_{1990} - \hat{x}_{2015}}{\hat{x}_{2015}},$$

Estimerer er beregnet ud fra de to lineære modellers forskrifter. Konfidensintervaller på det samlede fald er beregnet ved anvendelse af standard error på estimerterne for årene 1990 og 2016. Faldet er estimeret til omkring 63 %, varierende mellem 14% til Limfjorden og 80% fald i tilledningen til Øresund.

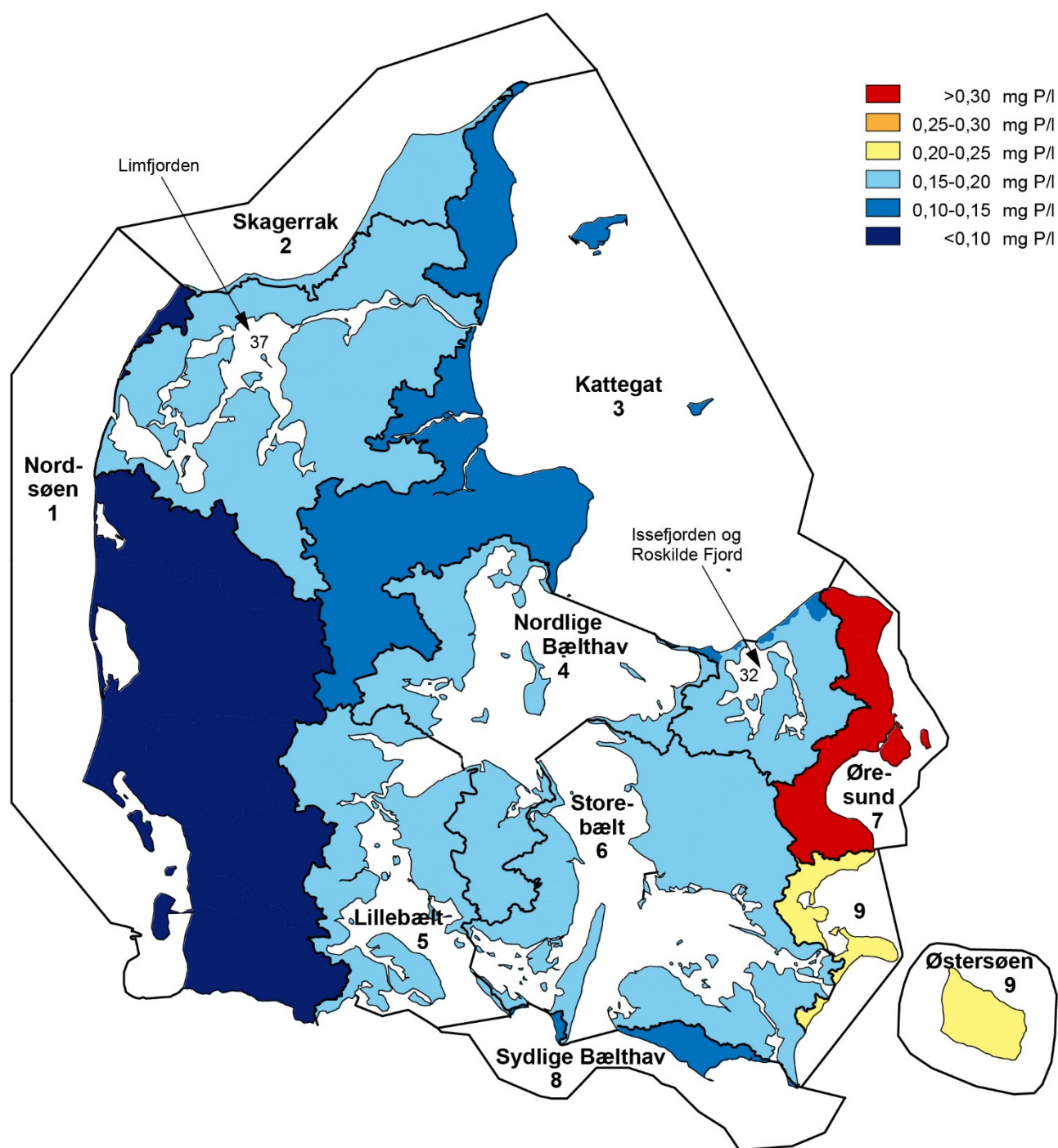
Tabel 6.1. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede tilførsel af fosfor til kystområderne for perioden 1990–2016. Resultaterne er angivet som procentvis ændring i forhold til et estimeret niveau for 1990. Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer. Talene i parentes angiver 95 % konfidensinterval. Alle udviklinger er signifikante på 5 %-niveau.

Fosfor	
Farvandsområde	Samlede tilførsel % ændring
Nordsøen	-54
Skagerrak	-69
Kattegat	-51
Nordlige Bælthav	-64
Lillebælt	-70
Storebælt	-65
Øresund	-80
Sydlige Bælthav	-61
Østersøen	-68
Limfjorden	-14
Isefjorden/Roskilde fjord	-80
Danmark	-63 (-66; -60)

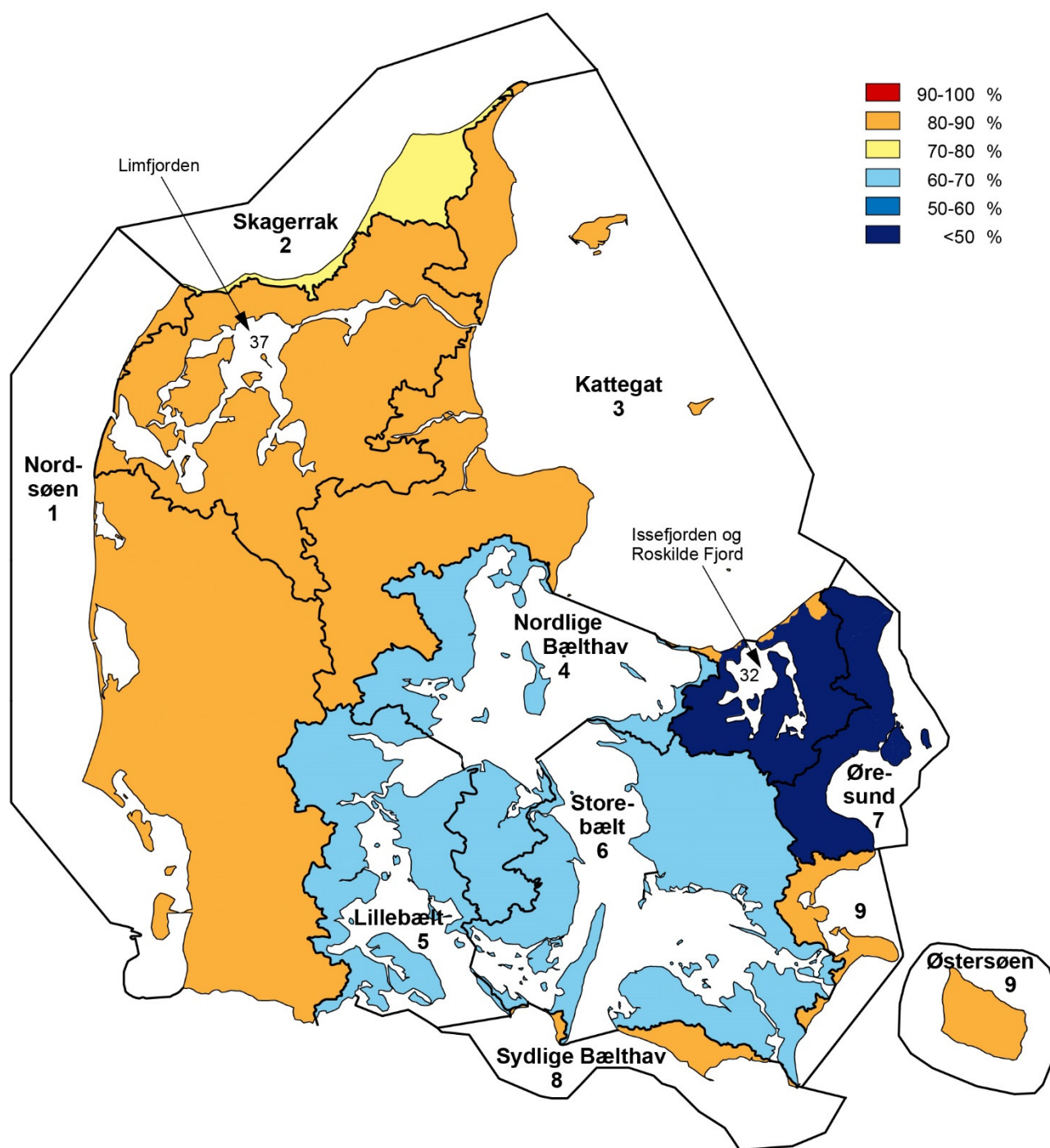
Reduktionen i belastningen af havet med fosfor kan – som allerede fremhævet – forklares ved de reducerede udledninger af fosfor med spildevand. For tilførslerne fra diffuse kilder kan der derimod ikke på landsplan påvises en statistisk sikker udvikling over tid. De signifikante fald i fosforkoncentrationer, der kan påvises i 16 ud af 32 type-vandløb uden udledninger fra egentlige punktkilder (jf. kapitel 3), afspejles således ikke i landstallene.



Figur 6.3. Oplandstab af total fosfor fra oplandene til kystområderne i 2016.



Figur 6.4. Fosforbelastning af kystområder angivet som vandføringsvægtet koncentration i 2016.



Figur 6.5. Diffus andel af den totale fosfortilførsel til kystområderne i 2016

6.4 Sammenfatning af resultaterne

- Den samlede fosfortilførsel fra land til kystvandene i 2016 er beregnet til ca. 2.300 tons P/år. Heraf udgør fosfor udledt med spildevand fra punktkilder ca. 740 tons P/år. Beregningerne dette år er baseret på målinger fra 132 kystnære målestationer i vandløb og en model for det resterende umålte opland.
- Den vandføringsvægtede TP koncentration for hele landet var i 2016 0,152 mg P/l.

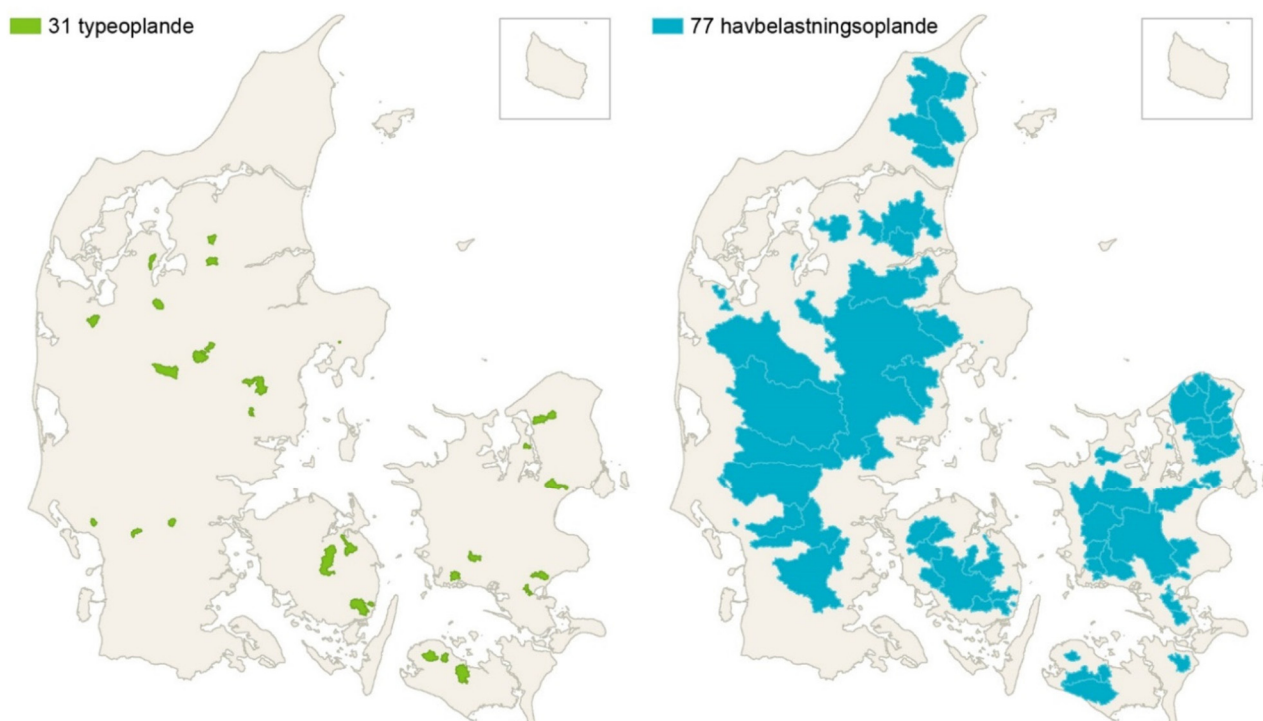
- Fosfortilførslerne fra land til havet er siden 1990 reduceret med omkring 63%, (vurderet ud fra udviklingen i vandføringsvægtede koncentrationer)
- De diffuse kilders andel af den samlede fosforafstrømning til kystvandene var i 2016 omkring 70%.
- Punktkildernes andel af den samlede fosforafstrømning til kystvandene var i 2016 omkring 30%.

7 Nitrat-N-koncentrationer og -transport på målestationer

Henrik Tornbjerg, Jørgen Windolf, Hans Thodsen, Gitte Blicher-Mathiesen

7.1 Introduktion

Udviklingen i nitrat-N-koncentrationen og -transporten for perioden 1990 til 2016 er belyst i dette kapitel. Udviklingen kan beskrives for 77 havbelastningsstationer med månedlig måletidsserie for hele perioden, dækkende ca. 38% af landet, svarende til et samlet målt areal på 16.550 km². De 77 havbelastningsoplande har en gennemsnitlig dyrkningsgrad på 61 pct., hvilket stort set svarer til dyrkningsgraden for hele landet der er på 60%. Det målte areal er vist i figur 7.1.



Figur 7.1. Placering af de 31 typeoplande (tv) og 77 havbelastningsoplande (th), der i dette notat anvendes til at opgøre nitrat-N-transport (Blicher-Mathiesen m.fl., 2017).

Kapitel 7 bygger på analysen fra Blicher-Mathiesen, 2017. Denne analyse blev lavet med den forudsætning, at der kunne være fejlbehæftede analyseresultater af total kvælstof fra perioden 2010-14. Det er senere oplyst fra analyselaboratoriet Eurofins, at den fejlbehæftede online-metoden har været benyttet i perioden 2008-2014. Der skal derfor tages et forbehold – dog vurderes det at en evt. fejl ved at inddrage 2008 og 2009 i analysen vil være minimal, da de indgår i en meget lang tidsserie.

Der findes færre kystnære målestationer med en fuld måletidsserie for nitrat-N end for TN hvorfor der indgår færre stationer i dette afsnit end i afsnittet om det målte opland i kapitel 5.

Der foreligger ikke metoder til at estimere nitrat-N værdier for målestationer med manglende måledata for en del af måleperioden eller for umålt opland,

hvorfor der ikke kan beregnes en nitrat-N belastning for hele landet, som det er gjort for TN i kapitel 5.

De målte nitrat-N-koncentrationer er ikke påvirket af de fejl, der er på bestemmelsen af TN koncentrationen i 2016 og første kvartal 2017. Nitrat-N udgør en forholdsvis stabil høj andel af TN, hvorfor nitrat-N kan bruges som verifikation af TN udviklingen på målestationer (Blicher-Mathiesen, 2017). Nitrat-Ns andel af TN opgjort årligt for den samlede transport på de 77 målestationer varierede mellem 80% og 87% for perioden 1990 til 2011 (Blicher-Mathiesen, 2017). De 3 værdier over 85% findes dog alle i perioden 1990 – 1993. Dermed kan der ved samme TN transport, to forskellige år være ca. 10% variation i nitrat-N-transporten. For 31 typeoplande (>60% dyrkning) med fuldstændig tidsserie (Figur 7.1), varierede nitrat-Ns andel af TN mellem 85% og 91% for perioden 1990 til 2011. For typeoplande ses også høje værdier for den tidlige del af perioden. Vurderinger af status og udvikling i koncentrationen og transporten af nitrat-N er således et supplement til de tilsvarende vurderinger for total N. En forskel mellem TN- og nitrat-N-transporten er, at TN primært afhænger af transporten til vandløbet og retentionen gennem overfladevandsystemet, mens nitrat-N-transporten i tillæg hertil også afhænger af i hvor høj grad nitrat-N omdannes til organisk-N undervejs igennem overfladevandsystemet. Der sker en stor omdannelse for vandløb der løber igennem søer, hvor omdannelsen bl.a. afhænger af årstiden, med stor omdannelse i sommerhalvåret og mindre i vinterhalvåret.

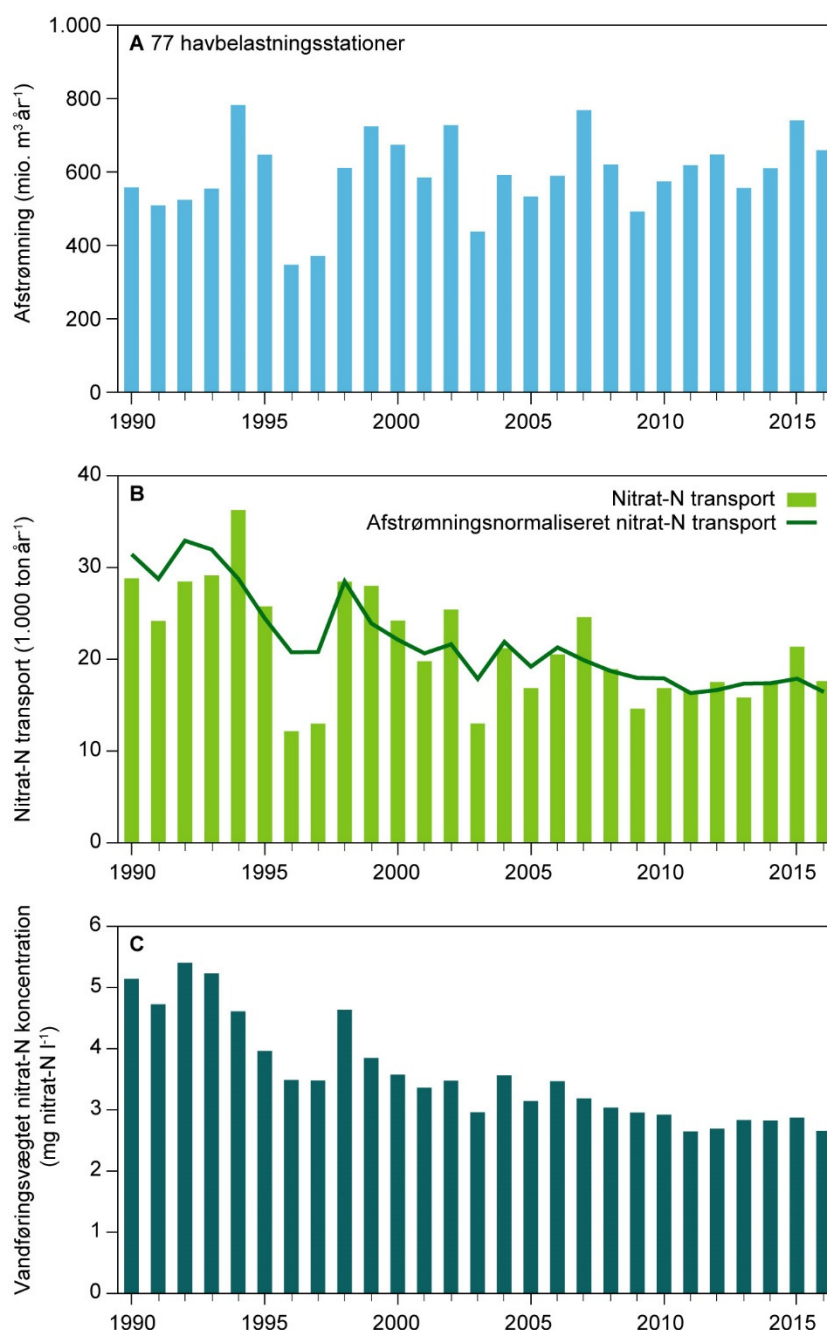
7.2 Afstrømning af nitrat 2016 fra havbelastningsoplande

Den aktuelle nitrat-N transport for havbelastningsoplandene viser en stor år til år variation, som det også ses for vandafstrømningen (Figur 7.2) og af TN transporten (kapitel 5). I perioden 2010-2014 varierer den aktuelle nitrat N-transport mellem 15.800 og 17.300 tons N, steg i 2015 til 21.400 tons N, men faldt i 2016 med ca. 18% til 17.600 tons N, svarende til nogenlunde samme niveau, som blev målt i 2012 og 2014. Vandafstrømningen på de 77 stationer var i 2016, 10 pct. over middel i forhold til for måleperioden 1990 til 2015.

Den afstrømningsnormaliserede nitrat-N transport faldt fra 17.900 tons i 2010 til 16.300 tons i 2011. I perioden 2011 til 2015 steg den afstrømningsnormaliserede nitrat-N transport til 17.800 ton, men faldt i 2016 igen til 16.400 tons, som er meget tæt på det samme lave niveau som i 2011.

Den vandføringsvægtede nitrat-N koncentration faldt fra 3,0 mg N/l i 2010 til 2,7 mg N/l i 2011 det hidtil laveste niveau siden 1990. I perioden 2011-2015 steg denne koncentration til 3,0 mg N/l, men faldt i 2016 igen til 2,8 mg N/l tæt på samme lave niveau som i 2011.

Figur 7.2. Havbelastningsoplandenes udvikling i ferskvandsafstrømning som sum for de 77 oplande (A), beregnet årlig sum for nitrat-N transport (lysegrønne søjler) og afstrømningsnormaliseret nitrat N-udledning (grøn linje) ved de 77 stationer (B) samt gennemsnitlig vandføringsvægtet nitrat-N koncentration (C) opgjort for kalenderår i perioden 1990-2016. Kort med den geografiske placering af de 77 havbelastningsoplande figur 7.1. (Blicher-Mathiesen m.fl., 2017).



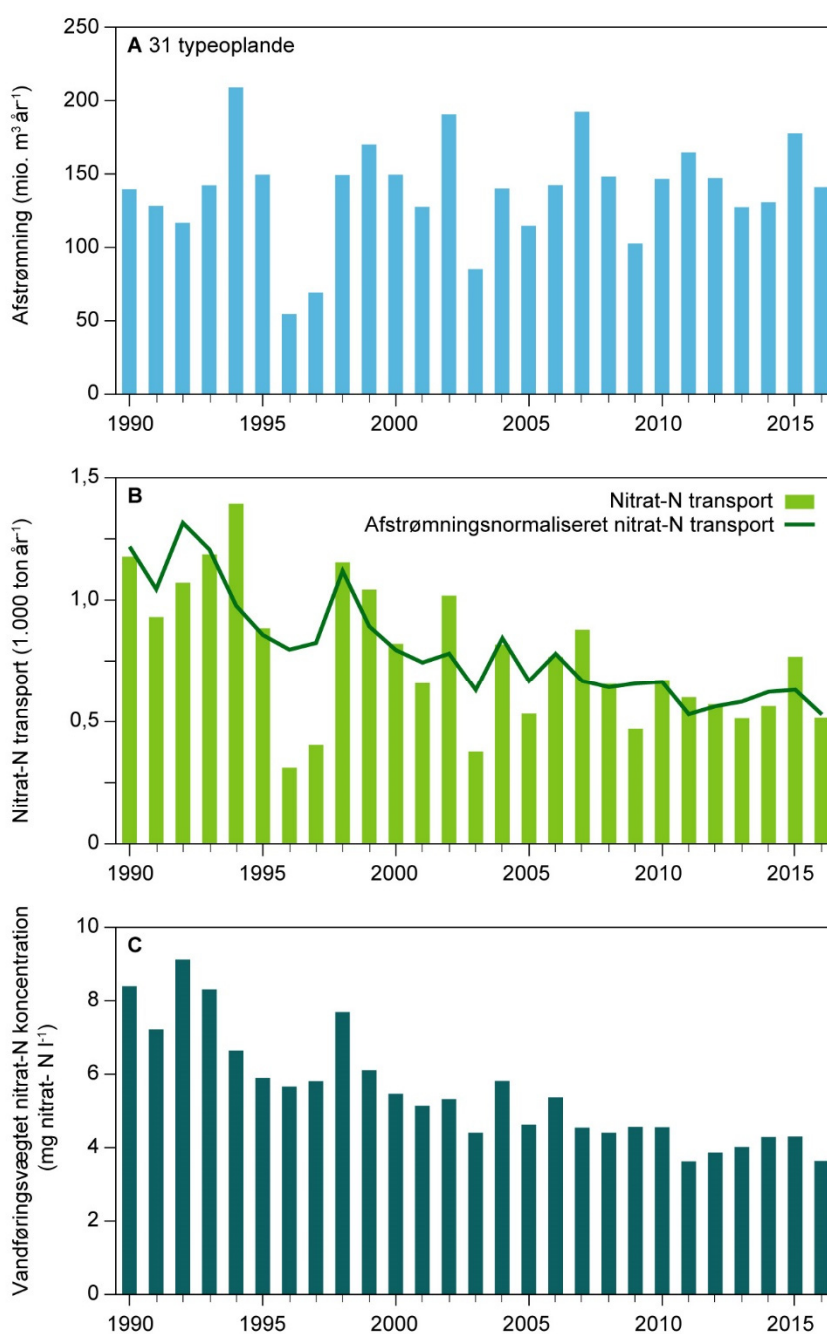
7.3 Nitrattransport og -koncentration for 31 landbrugsdominerede typeoplande

Med typeoplande menes dyrkningsdominerede, små oplande. Oplandene er valgt, så der ikke forekommer spildevandsudledning fra større punktkilder. Vandløbene ligger øverst i vandløbssystemerne og er derfor minimalt påvirkede af den kvælstofretention og omdannelse af nitrat til organisk kvælstof, der sker i ferskvandssystemet, og som er særligt stor i oplande med store søer som f.eks. Gudenåens nedre del. En respons på ændring i dyrkningspraksis, herunder ændret gødskning, vil forholdsvis hurtigt kunne måles i disse små og stærkt dyrkningspåvirkede oplande/vandløb. Mange af disse små vandløb er dog også meget dynamiske, og den tidlige variation i vandafstrømning, nitrat-koncentration og -transport er relateret til variationer i klimaet. Først og fremmest variationer i nedbøren.

De nationale data for dyrkningsdominerede typeoplande omfatter årlige målinger af total-N på 44 målestationer i perioden 1990-2016, hvor der er målt i alle år. På 31 af disse stationer findes desuden en fuld tidsserie, hvor der hvert år også er målt nitrat. Her præsenteres derfor nitratmålinger for disse 31 typeoplande. De anvendte typeoplande er forholdsvis små 0,6 - 65 km² og ligger spredt over det meste af landet, dog indgår der ikke typeoplande i Nordjylland og i Sønderjylland på grund af manglende stationer med fuld tidsserie af årlige nitratmålinger i perioden 1990-2016 (figur 7.1). De 31 typeoplande dækker et samlet areal på 566 km² og har en gennemsnitlig dyrkningsgrad på 71 % af oplandsarealet.

Den aktuelle nitrat-N transport for de 31 typeoplande viser stor år til år variation, som det også ses for vandafstrømningen (Figur 7.3). Den aktuelle nitrat-N transport falder fra 670 tons N i 2010 til 510 tons N i 2013, stiger i 2014 og igen i 2015 til 770 tons N men falder igen i 2016, med 34%, til stort set samme lave niveau på 520 tons N, som i 2013. Afstrømningen for 2016 var lidt over middel for måleperioden.

Figur 7.3. Typeoplandenes udvikling i afstrømning som sum for de 31 oplande (A), beregnet årlig sum for nitrat N-transport (lysegrønne søjler) og afstrømningsnormaliseret nitrat N-transport (grøn linje) (B) samt gennemsnitlig vandføringsvægtet nitrat N-koncentration (C). Data er opgjort for kalenderår i perioden 1990-2016. Kort med den geografiske placering af typeoplandene figur 7.1. Blicher-Mathiesen m.fl., 2017).



Den afstrømningsnormaliserede nitrat-N-transport udgjorde 660 tons N i 2010 og faldt til et lavere niveau på 530 tons nitrat-N i 2011. I perioden 2011-2015 stiger den afstrømningsnormaliserede nitrat N-transport til 630 tons N, men falder i 2016 igen med 16% til 530 tons N, altså samme lave niveau som i 2011. Den afstrømningsnormaliserede N-transport er opgjort som en sum for alle typeoplande.

Den vandføringsvægtede nitrat N-koncentration faldt fra 4,7 mg N/l i 2010 til 3,8 mg N/l i 2011, det hidtil laveste niveau siden 1990. I perioden 2011 til 2015 stiger koncentrationen til 4,5 mg N/L, men falder i 2016 til det samme lave niveau som i 2011 på 3,8 mg N/l.

Den aktuelle nitrat-N transport fra typeoplandene falder fra 2010 til 2013, stiger både i 2014 og i 2015 og falder igen i 2016 til samme niveau som i 2013. For havbelastningsoplandene ses, at den aktuelle nitrat-N transport varierede mellem 15.800 og 17.300 ton i perioden 2010-2014, steg i 2015 til 21.400 ton men faldt i 2016 igen til 17.600 ton, stort set det samme niveau som i 2012 og 2014.

Fælles for udviklingen i den afstrømningsnormaliserede nitrat-N transport for både de 31 landbrugsdominerede typeoplande og de 77 havbelastningsoplande er et fald fra 2010 til 2011, en stigning i perioden 2011-2015 og et fald i 2016 til stort set det samme lave niveau som i 2011. Det kan være en god indikation for, hvordan den samlede total N-transport var i 2016 sammenlignet med tidligere år – dog uden det kan anvendes til at genoprette TN for årene 2008-14.

Når nitrat-N transport opgøres for kalenderår som her, vil der typisk være større år til år variation, end hvis opgørelsen følger hydrologiske år (1. april til 31.marts). Det betyder, at der skal måles i en årrække, for at der kan konkluderes på trend i nitrat-N transport. Desuden er det som før nævnt vanskeligt at udjævne år til år variation fuldstændigt med metoden, der anvendes til at afstrømningsnormalisere den målte nitrat-N transport.

.

8 Referencer

Blicher-Mathiesen, G., Henrik Tornbjerg, Jørgen Windolf, Hans Thodsen, Hans Estrup Andersen, Niels Bering Ovesen og Brian Kronvang (2017) Nitrat N-udledning for typeoplande og havbelastningsoplande med målt kontinuert tidsserie 1990-2016. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi Dato: 22. november 2017. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2017/Nitrat_N-udledning_for_typeoplande_og_havbelastningsoplande_1990-2016.pdf

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.

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>)

Bøgestrand, J., Kronvang, B., Ovesen, N.B., Nyegaard, P., Troldborg, L. (2008) Baggrundskoncentrationer af næringsstoffer i grundvand og overfladevand. Vand og Jord, Vol 15, 3. 113-116.

Cappelen, J.(ed.), 2017. Danmarks klima 2016. DMI rapport 17-01. pp 89 <http://www.dmi.dk/laer-om/generelt/dmi-publikationer/>

Carstensen, J. & Larsen, S.E. 2006: Statistisk bearbejdning af overvågningsdata - Trendanalyser. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser. 38 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 24. <http://www.dmu.dk/Pub/TA24.pdf>

Fredericia Kommune, 2017. Statusorientering om hændelsen på Fredericia Havn den 3. februar 2016. Findes under bilag 08.09.17 her <https://www.fredericia.dk/haendelse-den-3-februar-paa-havnen>

Larsen, S.E., Windolf, J. & Kronvang, B. (2014) 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., Tornbjerg, H., Hoffmann, C.C., Søndergaard, M. & Blicher-Mathiesen, G. 2018. Genopretning af fejlbehæftede kvælstof- og fosforanalyser. Ferskvand. Aarhus Universitet, DCE- Nationalt center for Miljø og Energi, 70 s. - Teknisk rapport fra DCE- Nationalt center for Miljø og Energi nr. 110. <http://dce2.au.dk/pub/TR110.pdf>

Miljøstyrelsen (2018). Punktkilder 2016. Miljøstyrelsen. 1xx s. <http://mst.dk/media/114910/punktkilder-2016.pdf>

Miljøstyrelsen 2017a. Leverandør-fejl i laboratorieanalyser. <http://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2017/jun/leverandoer-fejl-i-laboratorieanalyser/>

Miljøstyrelsen 2017b. Miljøstyrelsen igangsætter serviceeftersyn af laboratorier. <http://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2017/jul/miljoestyrelsen-igangsætter-serviceeftersyn-af-laboratorier/>

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

Ovesen, NB, Larsen, SE, Bøgestrand, J & Kronvang, B 2009, Fosforbelastning af havet. I J Bøgestrand (red.), Vandløb 2007: NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, Faglig rapport fra DMU, nr. 711, s. 33-41.

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.

Rasmussen, J.J., Andersen, D.K. & Alnøe, A.B. 2018. Vandløb 2016. Økologisk tilstand, miljøfremmede stoffer og tungmetaller samt naturtyper og arter. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 64 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 260 <http://dce2.au.dk/pub/SR260.pdf>

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.

Thodsen, H., Windolf, J., Rasmussen, J., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Tornbjerg, H., Ovesen, N.B., Kjeldgaard, A. & Wiberg-Larsen, P. 2016: Vandløb 2015. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 68 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 206.

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>)

Windolf, J, Blicher-Mathiesen, G, Carstensen, NJ, Kronvang, B & Larsen, SE 2014, 'Land based nitrogen loadings to and impact in coastal waters in Denmark, 1990-2012.' NJF seminar 469 Agriculture and Water Quality – Future Challenges for Monitoring, Stavanger, Norge, 19/03/2014 - 21/08/2014.

Windolf, J, Ovesen, NB, Troldborg, L & Henriksen, HJ 2009, 'Ferskvandsafstrømning' *Vand og Jord*, bind 16, nr. 3, s. 100-103.

Windolf, J., Blicher-Mathiesen, G. & Larsen, S. (2012b) Markbalancer og den diffuse kvælstofafstrømning. Fagligt notat fra DCE til Naturstyrelsen, 47 pp.

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

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., Troldborg, 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., 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 2016

Kemisk vandkvalitet og stoftransport

NOVANA

Dette års rapport beskriver status og udvikling i vandkemiske forhold i vandløb, stoftransport af kvælstof og fosfor til kystvandene for perioden før og under NOVANA – og frem til og med 2016.

ISBN: 978-87-7156-328-3

ISSN: 2244-9981