AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Modtager: Naturstyrelsen

NOTAT 2.8

Tilførsel af næringsstoffer og organiske stoffer

Lars M. Svendsen,
Jørgen Windolf og
Thomas Ellermann

Dato: August 2012

1. Indledning

Havstrategi direktivet (HSD) opererer i bilag III med en række miljøbelastninger og påvirkninger, herunder "tilsætning af næringsstoffer og organiske stoffer" defineret ved:

- Tilførsel af gødningsstoffer og andre kvælstof- og fosforrige stoffer (f.eks. fra punktkilder, diffuse kilder, herunder landbrug, akvakultur, atmosfærisk deposition)
- Tilførsel af organisk materiale (f.eks. udledninger fra kloakker, fiske- og skaldyrsopdræt og tilførsel fra floder)

Tilførsel af næringsstoffer til det marine miljø har ført til eutrofiering af bl.a. de indre danske farvande og store dele af Østerøsen.

Dette faglige baggrundsnotat omhandler tilførsler til de danske farvande af kvælstof (N), fosfor (P) og organisk stof (O) målt som BI_5 - enten via vandløb, direkte udledninger fra land eller som atmosfærisk deposition af kvælstof på havet og kilder hertil.

Tilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit opgøres samlet for Danmark og er fordelt på de ni 1. ordens marine kystafsnit for både total-kvælstof, total-fosfor og BI_5 såvel som for fraktioner af kvælstof og fosfor i perioden 1990-2010. Tilsvarende opgøres den atmosfæriske tilførsel af kvælstof i perioden 1990-2010 og for oxideret og reduceret kvælstof for 2010 samt samlet for fosfor.

Hovedkilderne til tilførsler via vandløb, landbaserede direkte udledninger af N, P og O og af atmosfærisk kvælstofdeposition vurderes.

DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi
Aarhus Universitet
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 87 15 55 00
Fax: 87 15 89 01
E-mail: dce@dmu.dk
http://dce.au.dk

På flow-normaliserede (vandføringskorrigerede) tilførsler er der udført en trendanalyse for at vurdere, om der har været en udvikling i tilførsler via vandløb + direkte udledning fra land og af de atmosfæriske deposition i perioden 1990-2010 for hele Danmark og de ni 1. ordens kystafsnit - den årlige udvikling er angivet, hvor den har været signifikant.

De detaljerede opgørelser på 1. ordens kystafsnit er vist i bilag 3, dog således at for 2010 er detaljerne vist i selve notatet som kort.

Opgørelserne af tilførsler via vandløb og direkte udledninger fra land er foretaget med en opgørelsesmetode, der har været under udvikling de senest år og som kort er beskrevet i bilag 1. Endvidere er normaliserings- og trendanalysemetoderne kort beskrevet i bilag 2.

I forbindelse med vurdering af kilder for stoftilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit indgår beregning af retention i overfladevand, og metoden er beskrevet i bilag 1.

2. Definition

Næringsstoffer inklusiv organisk stof tilføres havet via flere transportveje, som kan opdeles i tilførsel via:

1. Atmosfærisk deposition (hvor denne rapport alene fokuserer på kvælstof) samt biologisk kvælstoffiksering af atmosfærisk kvælstof i havet
2. Vandløb
3. Udledninger af spildevand fra landbaserede kilder direkte ud i havet (ofte kaldet direkte punktkildeudledninger)
4. Udsivende grundvand i havstokken
5. Tilførsel fra kilder i havet (f.eks. havdambrug, skibe, klapning, råstofudvinding og andre menneskelige aktiviteter i havet/på havbunden samt frigivelse fra sediment akkumuleret i havet)
6. Tilførsel fra tilstødende havområder

I dette faglige notat fokuseres på 1, 2 og 3 samt havdambrug under punkt 5, som der findes årlige opgørelser for. Tilførslerne er kvantificeret for perioden 1990-2010 for hele Danmark og herunder for til 1. ordens marine kystafsnit. På vandførings-normaliserede data er der lavet en analyse på om der er en tidslig statistisk signifikant udvikling på de samlede tilførsler og tilførsler til 1. ordens marine kystafsnit af kvælstof, fosfor or organisk stof via vandløb, på de direkte spildevandsudledninger og de samlede tilførsler.

Hvad angår kilder til kvælstoftilførsler via vandløb og direkte udledninger fra land er der overordnede kilder/transportveje:

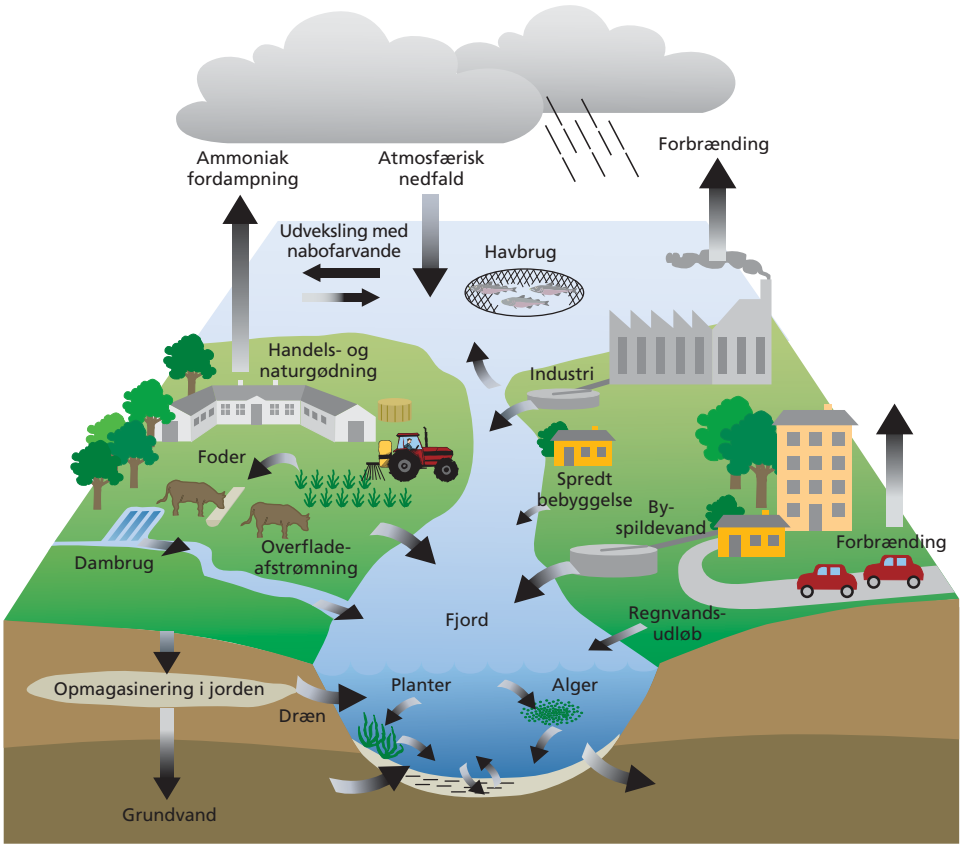
- Naturlig baggrundsbelastning (som er et mål for den diffuse tilførsel der vil komme fra oplandet, hvis der ikke var menneskelig aktivitet og som bestemmes i mindre oplande med lav antropogen påvirkning))
- Diffus belastning (belastning fra dyrkede arealer inkl. spredt bebyggelse, da tilførsler fra spredt bebyggelse ofte er svær at adskille fra øvrige diffuse kilder)
- Punktkilder (renseanlæg, særskilte industrielle udledere, ferskvands-dambrug og havbrug, regnvandsbetingede udledninger)

For de enkelte år opdeles den diffuse belastning ikke i den naturlige baggrundsbelastning og den diffuse belastning ikke, da opdelingen specielt for fosfor og organisk stof er usikker, men det for 5 års gennemsnit er lavet en opdeling.

Emissionskilder, der leder til luftdeposition, kan opdeles i følgende grupper:

- 10sektorer:energiforbrændings- og transformations industri, ikke-industriel forbrænding, forbrænding i produktionsindustri, produktions-processor, udvinding og distribution of fossil brændsel og geotermisk energi, kemiske opløsningsmidler og andre anvendte produkter, vej-transport, andre mobile kilder og maskinanlæg herunder skibstrafik i havne, affaldshåndtering og -deponering, landbrug og andre kilder og ”sinks”
- Skibsfarts i danske farvande og udenfor disse
- Andre lande (som f.eks. Tyskland, England, Frankrig m.fl.)

De væsentligste transportveje og kilder for tilførsel af N, P og O til havet er skitseret i figur 1.



Figur 1 Vigtige kilder og transportveje for næringsstoftilførslen til kystnære og åbne farvande.

I modsætning til tilførsler via vandløb og direkte punktkildeudledninger er der væsentlige kilder til den atmosfæriske deposition af kvælstof, som kommer fra emissioner udenfor Danmark, og som Danmark derfor ikke har selvstændig mulighed for at regulere. Der laves årlige opgørelser for luftemissionerne størrelse både fra DK og udenfor og på et aggregeret niveau over hvilke kilder, der er de væsentligste for depositionen. Endvidere opgøres årligt hvor stor en del af depositionen som kommer fra danske og udenlandske kilder.

Den atmosfæriske deposition er opgjort årligt fra 1990-2010 for total kvælstof til de danske farvande og der er lavet analyse for, om der er en statistisk signifikant udvikling i den normaliserede kvælstofdeposition og af kvælstofemissionerne.

Retention

Der er en tilbageholdelse og omsætning (=retention) af de næringsstoffer, der f.eks. udledes fra rodzonen eller til et vandløb. Fokus er på retentionen når stoffet er nået frem til fersk overfladevand, dvs. i vandløb og søer er kvantifi-

ceret, mens retention, der foregår i en række fjorde og lukkede kystafsnit, før næringsstofferne når de åbne marine områder ikke er kvantificeret. Retention i grundvand, som kan være stor for kvælstof omtales kun kort i denne rapport. I bilag 1 er problemstillingen omkring retention skitseret. Det er ganske væsentlig at kende størrelsesordenen af retentionen. Hvis man fx ønsker en kvælstofreduktion på 1.000 ton til et marint område, og kvælstoffjernelsen og -omsætningen fra den kilde, man ønsker at reducere udledninger fra til farvandsområdet, f.eks. er 75 % - så vil det kræve en reduktion i udledningerne fra denne kilde på fire gange 1.000 tons = 4.000 tons.

Syntetiske, og andre ikke-syntetiske stoffer, radionukleider m.fl. behandles i notat 2.7.

3 Datagrundlag

Datagrundlaget er baseret på målinger, beregninger, opgørelser og modellering foretaget som en del af vandmiljøplanens overvågningsprogram, hvor der årligt siden 1990 for N, P og O er opgjort:

1. Udledninger af spildevand til såvel ferskvand som direkte udledt til havet baseret på målte udledninger (renseanlæg, særskilte industrielle udledere) og på teoretiske beregninger/opgørelser (regnvandsbetingede udledninger, spredt bebyggelse, ferske og marine dambrug).
2. Stoftransport ved målte stationer i vandløb, som dækker ca. 50 % af landets areal
3. Beregninger/modellering af den diffuse stoftilførsel fra den del af landet, hvor der ikke er målt stoftransport (dog er spildevandsudledninger målt/opgjort for hele landet)
4. Samlet stoftilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledning fra Danmark i alt opdelt på bl.a. 1. ordens marine kystafsnitsamt en kildeopsplitning heraf
5. Modellering af kvælstofdepositionen til 1. ordens marine kystafsnit
6. Opgørelserne af kilderne (emissioner) til kvælstofdepositionen

Punkt 1 opgøres årligt af fagdatacenter for punktkilder (e.g. Naturstyrelsen, 2011). Punkt 2-4 varetages af Fagdatacenter for Ferskvand (e.g. Windolf et al., 2011) og punkt 5 af Fagdatacenter for Luftkvalitet (e.g. Ellermann et al., 2011). Endelig har det tidligere DMU forestået emissionsopgørelserne (Hertel et al., 2002, Olesen et al., 2009 og Nielsen et al., 2011) som er baseret på EMEPS emissionsopgørelser (f.eks. EMEP, 2011).

Data formidles i den årlige NOVANA-rapportering fra fagdatacentrene samt i den faglige sammenfatning af NOVANA-resultaterne, hvor de nyeste rappor-

ter er Ellermann et al. (2011), Jensen et al. (2011), Naturstyrelsen (2011), samt Windolf et al. (2011).

Resultaterne i dette notat bygger på de seneste rapporter publiceret i december 2011 suppleret med enkelte korrektioner f.eks. i spildevandsdata udført i forbindelse med udarbejdelse af dette notat. Der er dog anvendt en anden flow-normaliseringsmetode for tilførslerne til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger og den atmosfæriske kvælstofdeposition og for de statistiske analyser for udviklingstendenser i tilførsel af kvælstof og fosfor til de danske farvande idet der er anvendt de metoder HELCOM har brugt i deres seneste belastningsrapport (HELCOM, 2011)

4 Tilførsler: hvor meget, kilder og udvikling

4.1 Tilførsel af N, P og O via vandløb og direkte udledninger

Metode

I perioden 1990 til 2006 har der været anvendt flere forskellige metoder til opgørelse af de årlige tilførsler af N, P og O via vandløb og direkte spildevandsudledninger især hvad angår estimering af de diffuse tilførsler fra umålte oplande. De seneste år er der udviklet en ny metodik for opgørelserne af de diffuse tilførsler fra de ca. 50 % af landet, hvor der ikke måles vand- og stoftransport både for vand og næringsstofferne (N og P). Metoden, som kaldes DK-QNP skal sikre at opgørelse af tilførslerne af kvælstof, fosfor og vand til havet sker ensartet for alle dele af Danmark. Konceptet er skitseret i figur i bilag 1, hvor metoden kort er beskrevet i bilag. Der findes flere detaljer om metoden i bl.a. Windolf et al.(2010 a-c) og Windolf et al. (2011).

Helt overordnet går konceptet ud på at Danmark er opdelt i nogle hydrologiske enheder (HU) på typisk 10-30 km^2. For hver af disse beregnes en udledning af kvælstof og fosfor fra de diffuse kilder inklusiv udledninger fra spredt bebyggelse, mens man kender spildevandsudledningerne (målt eller estimeret). De diffuse udledninger er bestemt ud fra empiriske formler fastlagt ved:

C_{TN} (måned) = funktion af jordtype (% sandjord), dyrkningsgrad, afvandingsgrad, månedlig nedbør (målt dvs. ikke korrigeret til overfladen), månedens lufttemperatur, årligt kvælstofoverskud (landstal for markbalancen)

C_{TP} (måned) = funktion af jordtype (% sandjord), dyrkningsgrad, regionalt baseflow indeks, månedlig nedbør (målt dvs. ikke korrigeret til overfladen) procent vådområde

Disse formler giver månedskoncentrationer for den diffuse tilførsel fra umålte oplande der ganges med månedsvandafstrømninger målt fra nærliggende målestationer eller fra de estimerede beregnede vandafstrømninger for umålte oplande til hvert 2. eller 3. ordens kystafsnit. Til den diffuse tilførsel lægges stoftilførsler fra punktkilder, hvorved der findes en bruttostofudledning i umålt opland og derefter summeres bruttostofudledningen op til summer for 2. eller 3. ordens kysafsnit. Nettoudledninger fra de umålte oplande fastlægges ved at fratrække en beregnet retention i de enkelte umålte oplande. Den samlede tilførsel til et 2. eller 3. orden kystafsnit er så:

Målte stoftransport (målt opland) + beregnet nettotransport fra umålt opland + direkte spildevandsudledninger til pågældende kystafsnit.

Til dette faglige notat er der anvendt den seneste genberegning, så det er de nyeste resultater af stoftilførsler for perioden 1990-2010, som er medtaget (tilsvarende som i Windolf et al., 2011), herunder også for spildevandsudledninger. Den nye standardiserede metode til estimering af og vand og stoftilførsel fra umålte oplande og en gennemgang og justering af nogle af spildevandsdata - herunder især hvilke spildevandsudledninger, der udleder til vandløb henholdsvis direkte til marine kystafsnit – medfører, at de årlige opgørelser afviger fra, hvad der tidligere er indberettet til f.eks. internationale konventioner og rapporteret i forbindelse med NOVA og NOVANA for N og P for perioden 1990-2006. For organisk stof er den diffuse belastning fra umålte arealer estimeret med samme metode som der tidligere blev anvendt for kvælstof og fosfor dvs. enten ved arealkoefficienter eller vandføringsvægtede koncentrationer fra målte oplande (fratrukket spildevandsbelastning) med tilsvarende arealudnyttelse, jordbundsforhold m.v., men det er ikke nødvendigvis lavet helt ensartede hvert år i perioden 1990-2006. Endvidere er der ikke foretaget en egentlig gennemgang og justering af spildevandsdata for organisk stof. Data for organisk stof er identisk med hvad der tidligere er rapporteret i forbindelse med NOVA og NOVANA og indberettet internationalt.

Der foregår forsat udvikling på modellen herunder på opgørelse af vand fra umålte oplande og vedrørende nogle af de usikkerheder, som modellen p.t har. I bilag 1 er vist resultater af validering af modellen, hvor det angives at den for kvælstof simulerer en række måledata godt, men at for vandløbsopland vest for israndslinien sker der en betydelig overestimering af kvælstof. For fosfor er der også en betydelig overestimering af fosforkoncentrationen for oplande vest for israndslinien og en generel overestimering ift. måleresultater. For fosfor vil transporten typisk underestimeres baseret på prøvetagning 18-26 pr. år, da fosfortransport ofte sker i pulse over kort tid. Modellen er udviklet på baggrund af intensiv (kontinuerlig) prøvetagning i små vandløbsoplande og må derfor forventes at give et højere og bedre estimat af den faktiske fosfortransport .

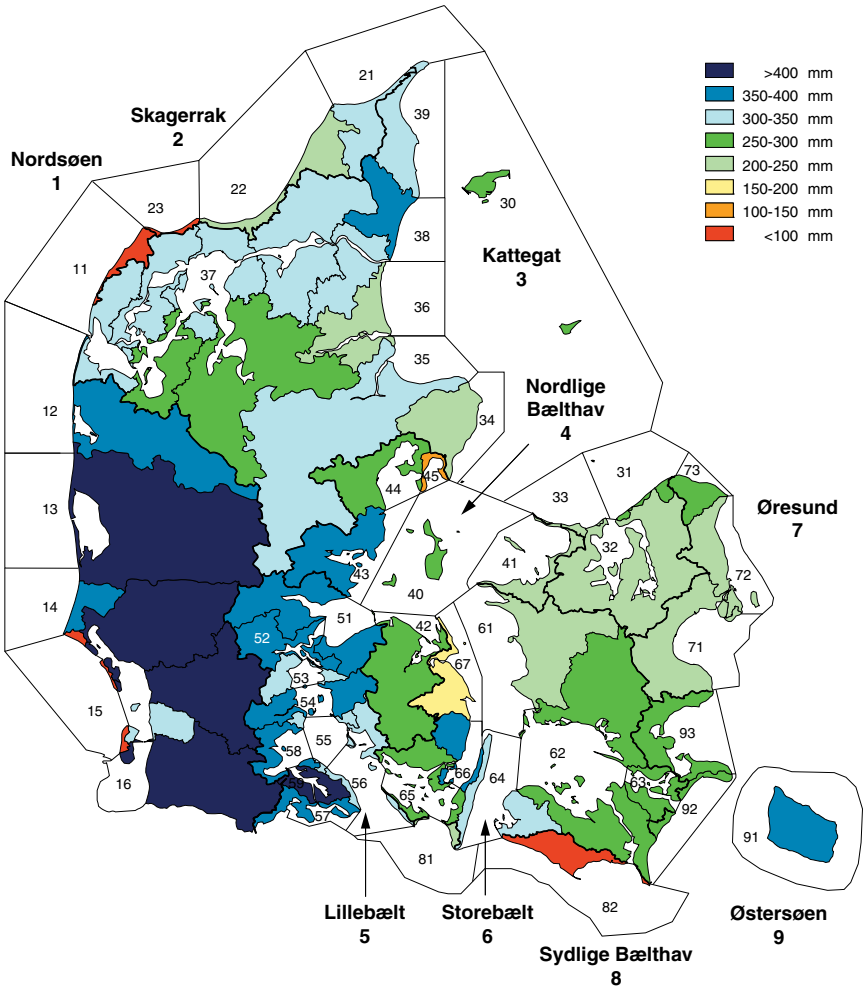
Sammenlignes resultaterne af den nye opgørelsesmetode med hvad der er opgjort og tidligere indberettet internationalt af stoftilførsler til marine kystafsnit for 1990-2006 gav den første version af den nye metode i gennemsnit for perioden 6-7 % lavere kvælstoftilførsler (fra 0 % i 1995 til -15 % i 1998) og 6 % højere fosfortilførsel (fra -10 til + 15 %) (se Bøgestrand et al., 2009). For kvælstof skyldes forskellen især at vandafstrømningen fra umålte oplande med den nye model estimeres lavere end tidligere og den nye model indregner retention i både vandløb, søer og vådområder. Forskellen ift. fosfor skyldes den føromtalte brug af intensive stoftransportstationer ved opstilling af model for diffus tilførsel fra umålte oplande, som giver større stoftransport end den man får beregnet på punktmålinger, som typisk underestimerer den faktiske transport. I Windolf et al. (2011) findes yderligere angivelse af beskrivelse af problemstillinger omkring estimering af vandafstrømningen i nogle af de umålte oplande og hvordan der søges rettet op for den bias som DK-QN modellen giver på estimerede kvælstofkoncentrationer.

Tilførsler:
Tilførsler af ferskvand, kvælstof, fosfor og organiske stof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de ni 1. ordens marine kystafsnit var i 2010 henholdsvis godt 55.000 tons N, 2.400 tons P og knap 25.000 tons BI_5 (tabel 1a). Tilførslen via vandløb udgør langt den største andel af tilførslen idet den udgør 96 % for N, 87 % for P samt 85 % for BI_5. For oplande med høj befolkningstæthed som oplandet til Øresund udgør de direkte spildevandsudledninger dog væsentlig højere andel af de totale tilførsler: 34 % for N, 58 % for P og 46 % for BI_5. Kattegat og Nordsøen, der har henholdsvis 37 % og 25 % af det totale oplandsareal har 35 % og 24 % af den samlede N-tilførsel, 30 % og 22 % af P-tilførsel samt 33 % og 20 % af BI_5-tilførsel.

I figur 2 er der for 2. ordens kystafsnit vist ferskvandsafstrømningen og tilførslen af kvælstof og fosfor. Året 2010 havde på landsplan kun 2 % mere nedbør end normalen og ferskvandsafstrømningen fra Danmark var lig normalen. Reelt faldt der mindre nedbør end normalt i Jylland (3-10 %), fraset Østjylland (+ 4 %), mens resten af landet og især Sjælland (+20-25 %9 og især (+53 %) Bornholm fik en del mere nedbør normalt. Generelt er afstrømningsfordelingen i 2010 mere ensartet end gennemsnittet, hvor der som resultat af der falder mest nedbør i Vest-, Midt- og Sydjylland samt er en lavere fordampning er en større afstrømning fra disse oplande sammenlignet med andre dele af Danmark. Der falder generelt mindst nedbør omkring Kattegat og Storebælt og Sydhavsøerne og her er afstrømningen generelt også lavere. Bornholm har i 2010 haft en højere afstrømning end normalt, hvor der i 2010 også faldt en del mere nedbør end gennemsnittet. Det bør bemærkes at der typisk er op til en faktor ca.-5 i forskel i afstrømningen mellem opland med høj og lav afstrømning.

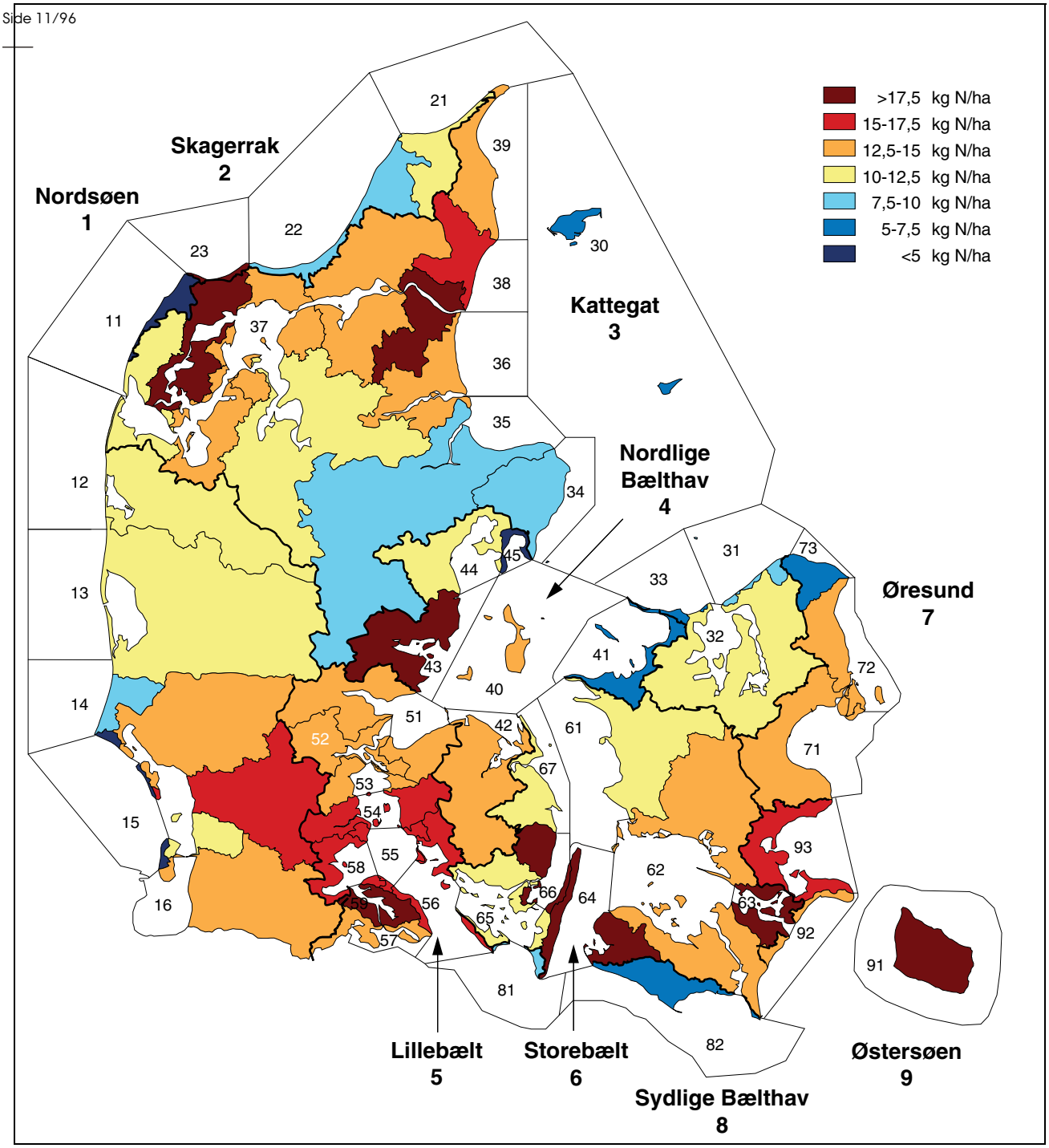
Tabel 1a: Tilførsel af ferskvand og kvælstof, fosfor og organisk stof (målt som BI_5) til de ni 1. ordens kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger i 2010,samt hvor meget de direkte spildevandsudledninger udgør af de samlede tilførsler.

Farvandsområde	Oplands-areal	Fersk-vand	Total N		Total P		Organisk stof	
			Samlet tilførsel	Heraf direkte udledn.	Samlet tilførsel	Heraf direkte udledn.	Samlet tilførsel	Heraf direkte udledn.
	km²	mio. m³	tons	tons	tons	tons	tons	tons
Nordsøen	10.790	4.430	13.100	150	535	10	5.000	130
Skagerrak	1.097	300	1.200	85	70	5	800	70
Kattegat	15.846	4.710	19.100	600	710	40	8.000	870
Nordlige Bælthav	3.317	920	4.200	200	180	10	2.000	320
Lillebælt	3.416	1.250	5.300	280	260	40	2.500	330
Storebælt	5.418	1.470	7.800	320	320	40	4.000	1.200
Øresund	1.722	400	2.100	710	250	145	1.600	730
Sydlige Bælthav	417	50	300	10	10	0	70	0
Østersøen	1.209	390	2.100	35	70	5	600	40
DK farvande i alt	43.052	13.910	55.200	2.400	2.400	300	24.600	3.700

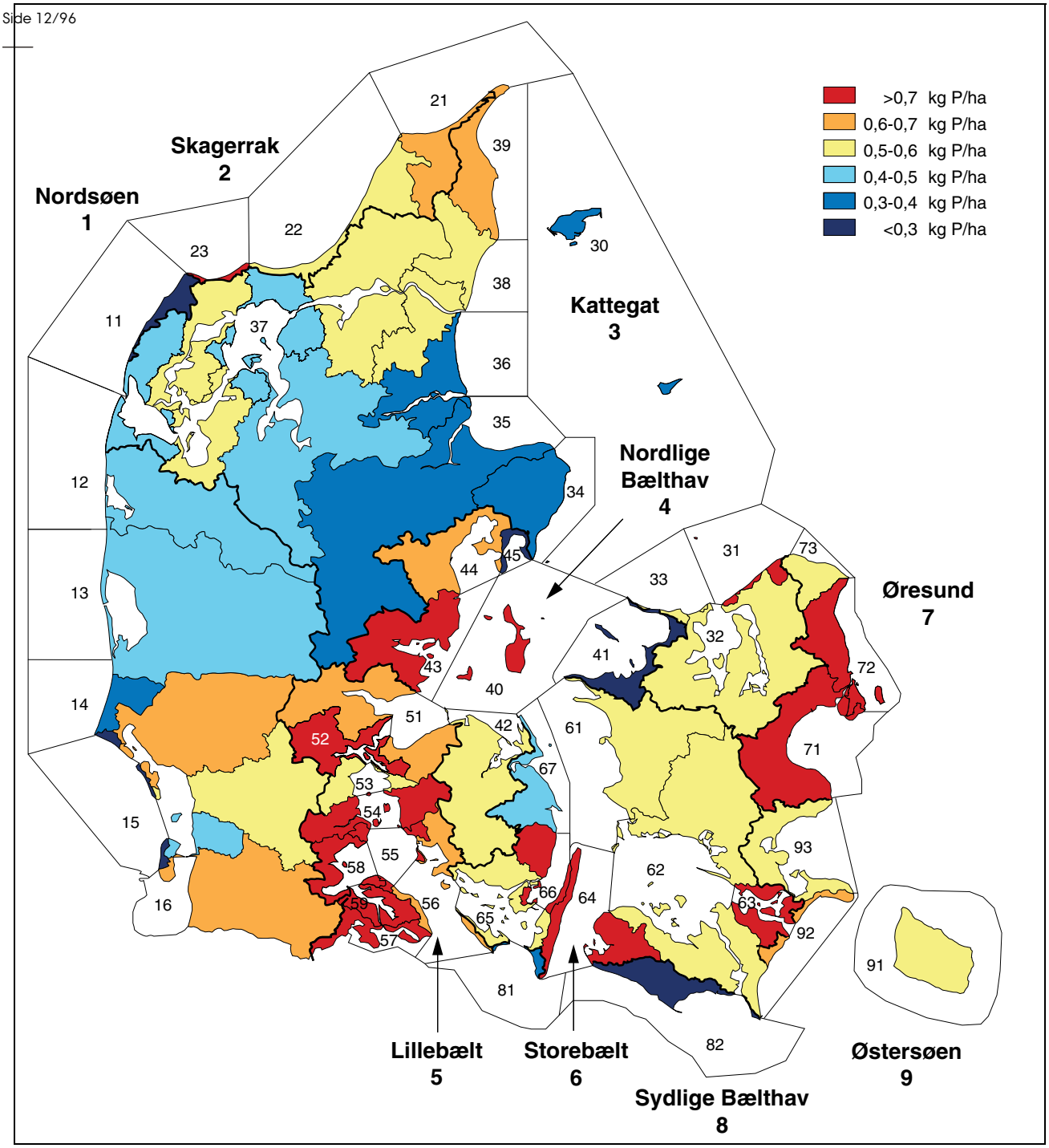


Figur 2. Ferskvandstilførslen fra oplandene til 2. marine kystafsnit i 2010 angivet i mm (Windolf et al. 2011)

Kvælstof- og fosfortilførslen via vandløb(figur 3 og 4) afhænger bl.a. afstrømningen og de hydrologiske forhold, oplandets beskaffenhed, de menneskelige aktiviteter i oplandet som landbrug herunder ikke mindst tæthed af husdyr, samt hvor mange søer/vådområder, der findes. Det bemærkes f.eks. at den totale kvælstof- og fosforafstrømning fra Gudenå oplandet (farvandsområde 35) er lav, da der er mange søer i oplandet, hvori kvælstof kan omsættes og tilbageholdes. Der er et relativt høj tilførsel af kvælstof fra oplande til Limfjorden, en del oplande til Lillebælt, dele af Syd Sjælland og Lolland-Falster (figur 3). Afstrømningen af fosfor er typisk ret høj fra områder, hvor der bor mange mennesker, hvilket betyder at spildevandsudledninger stadig giver et væsentlig bidrag til fosforudledningerne f.eks. i nogle oplande til Lillebælt og oplandene til Øresund (figur 4). Der er et relativt lavt fosfortab fra en række oplande til Nordsøen med relativ lav befolkningstæthed og som primært består af sandede jorde.



Figur 3: Kvælstoftilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger i 2011 fra oplandene til 2. ordens kystafsnit angivet i kg pr. ha (fra Windolf et al., 2011).



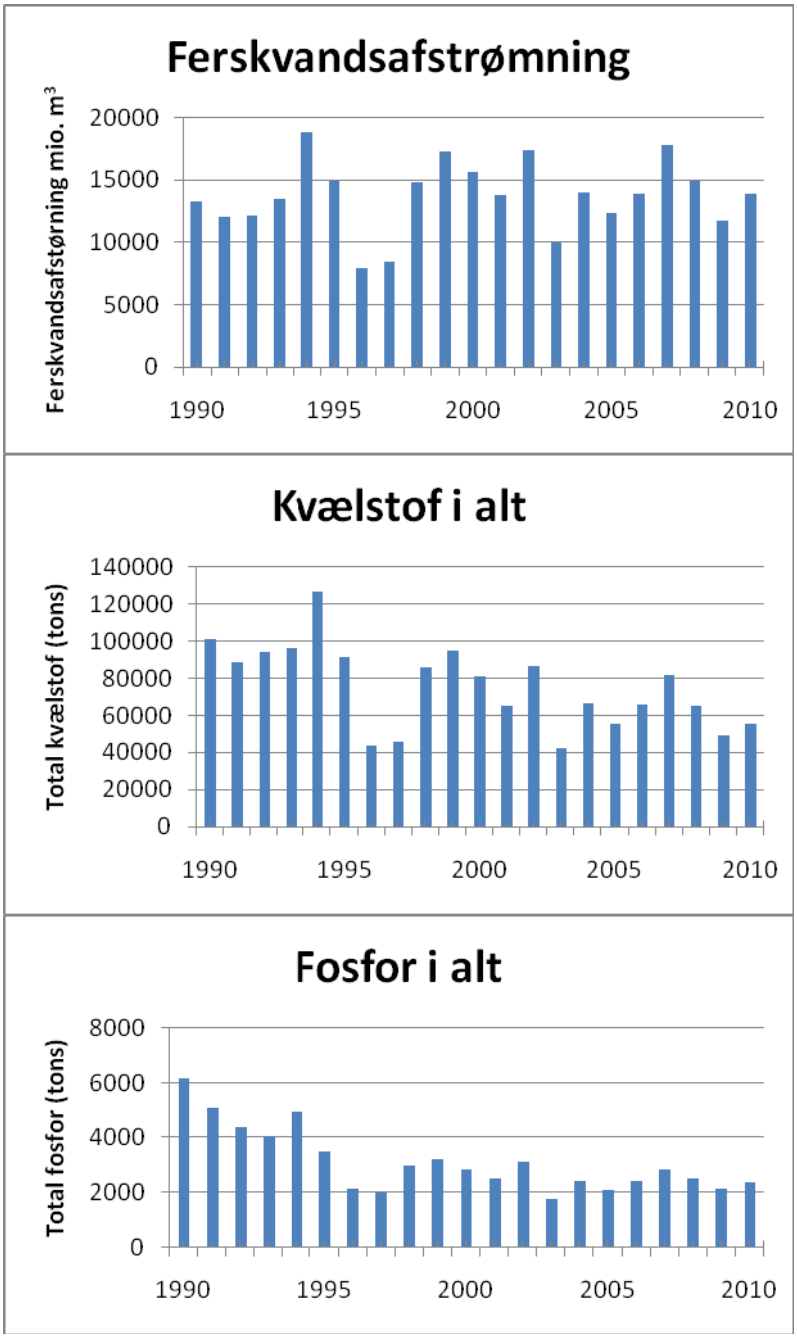
Figur 4: Fosfortilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger i 2011 fra oplandene til 2. ordens kystafsnit angivet i kg pr. ha (fra Windolf et al., 2011).

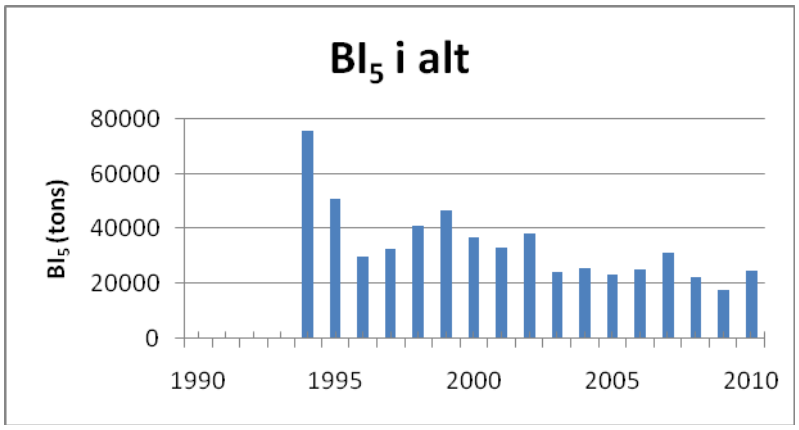
Tilsvarende 2010 (tabel 1.a) er der lavet en opgørelse af den årlige ferskvandsafstrømning og tilførsler af kvælstof, fosfor samt organisk stof via vandløb og direkte spildevandsudledninger siden 1990 som vises i tabel 1.b og totalerne er også vist grafisk i figur 5. I bilag 3 tabel A-1.1 til A1-.9 findes en tilsvarende opgørelse for hver af de ni 1. ordens kystafsnit. I kapitel 4.3 vurderes betydningen af de enkelte kilder herunder de direkte udledningers betydning, men det fremgår umiddelbart at de direkte spildevandsudledningers betydning har været aftagende siden 1990 og at de faktiske udledninger har været faldende. I kapitel 4.4 vurderes om der har været en signifikant udvikling i tilførslen via henholdsvis vandløb og de direkte spildevandsudledninger samt i de diffuse tilførsler når der korrigeres for variationen i afstrømningen.

Tabel 1b: Tilførsel af ferskvand og total kvælstof, total fosfor og organisk stof (BI_5) via vandløb og direkte spildevandsudledninger i 1990-2010 til danske marine kystafsnit, samt hvor meget de direkte spildevandsudledninger udgør af de samlede tilførsler. Der er først lavet opgørelser af BI_5 fra 1994.

År	**Ferskvand**	**Total N**		**Total P**		**Organisk stof**	
	mio. km^3	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte Udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	13.300	100.900	14.300	6.190	3.010	-	-
1991	12.100	88.500	12.700	5.090	2.350	-	-
1992	12.130	94.400	11.800	4.400	1.920	-	-
1993	13.460	96.400	9.200	4.080	1.480	-	-
1994	18.830	127.100	9.000	4.940	1.460	75.800	34.200
1995	14.920	91.800	7.800	3.500	1.050	51.000	20.900
1996	7.930	43.800	5.400	2.150	740	29.800	14.000
1997	8.490	45.700	4.200	2.000	560	32.500	15.100
1998	14.850	85.800	3.900	2.980	470	41.100	17.800
1999	17.350	94.800	3.500	3.230	420	46.600	13.600
2000	15.670	81.200	3.300	2.860	380	36.800	9.100
2001	13.830	65.300	2.900	2.550	340	33.200	7.800
2002	17.370	86.400	3.100	3.110	370	38.500	9.800
2003	9.980	42.500	2.500	1.780	290	24.400	7.200
2004	14.020	66.900	2.500	2.440	280	25.600	5.000
2005	12.330	55.500	2.600	2.080	290	23.600	4.700
2006	13.900	65.500	2.700	2.420	310	25.400	4.100
2007	17.870	81.600	2.800	2.860	320	31.200	3.900
2008	14.910	65.300	2.400	2.530	350	22.500	4.200
2009	11.730	49.100	2.700	2.170	430	18.000	3.600
2010	13.910	55.200	2.400	2.400	300	24.600	3.700

Baseret på en statistisk beregning er usikkerheden på den samlede årlige tilførsel af kvælstof og fosfor til de danske farvande via vandløb og direkte spildevandsudledninger på henholdsvis 20-25 % og ca. 20 % (Wiberg-Larsen, 2010).





Figur 5. Samlede årlige afstrømning, tilførsel af total kvælstof, total fosfor og BI_5 via vandløb og direkte spildevandsudledninger til de danske kystafsnit i perioden 1990-2010. Opgørelser for BI_5 har kun kunne laves fra 1994.

Hovedparten af kvælstoftilførslen i 2010 og i perioden 1990-2010 er som nitrat-nitrit kvælstof idet denne fraktion udgør ca. 85 % af den samlede kvælstoftilførsel (tabel 2.a og 2.b). Ammonium kvælstof udgør som gennemsnit for Danmark kun 2-3 % af den samlede tilførsel. Den resterende del af kvælstoftilførslen sker som især partikulært bundet kvælstof (organisk kvælstof). For enkelte kystafsnit udgør ammonium kvælstof en større del, herunder til Skagerrak og Øresund, hvor spildevand fra husholdning og industri i nogle oplande udgør en væsentlig andel af de samlede kvælstofudledninger. Der er ikke nogen umiddelbar udvikling i andelen af de tre kvælstoffraktioner i perioden 1990-2010. Der er en vis usikkerhed på andelen af de enkelte kvælstoffraktioner, da de ikke måles på spildevand og derfor fordeles efter erfaringstal og for de umålte oplande antages fordeling mellem fraktionerne at fordele sig som i tilsvarende målte oplande.

I gennemsnit udgør partikulært fosfor godt halvdelen af den samlede fosfortilførsel til marine kystafsnit. I 2010 udgør opløst fosfor over 50 % for oplandene til Storebælt, Øresund samt til Sydlige Bælthav og Østersøen, som bl.a. andet kan forklares ved en del spildevand grundet høj befolkningstæthed og industriel aktivitet. Den forbedrede spildevandsrensning og mindskede udledninger af spildevand kan forklare at opløst fosfor andel af de samlede tilførsler er faldet fra 1990 til 2010 fra ca. 55 % til godt 40 %. Der er en tilsvarende usikkerhed på andelen af de to fosforfraktion som omtalt for kvælstoffraktionerne.

Tabel 2a: Årlig tilførsel via vandløb inklusiv direkte udledninger i 2010 af ammonium, nitrat og organisk kvælstof (beregnet som total kvælstof minus ammonium og nitrat-nitrit kvælstof) og af opløst og partikulært fosfor til de ni 1. ordens kystafsnit. I parentes er angivet procent af henholdsvis totalkvælstof og totalfosfor.

Farvandsområde	Ammonium-N tons (%)	Nitrat-nitrit-N tons (%)	Total N minus ammonium- og nitrat-nitrit-N tons (%)	Opløst-P tons (%)	Partikulært-P tons (%)
Nordsøen	410 (3,1)	11.000 (84,0)	1.700 (12,9)	130 (25,0)	400 (75,0)
Skagerrak	120 (9,7)	900 (77,2)	200 (13,1)	30 (36,3)	40 (64,7)
Kattegat	360 (1,9)	16.300 (85,1)	2.500 (13,0)	280 (39,6)	430 (60,4)
Nordlige Bælthav	90 (2,2)	3.600 (84,5)	600 (13,3)	70 (40,6)	110 (59,4)
Lillebælt	100 (1,9)	4.600 (85,9)	600 (12,2)	120(45,5)	140 (54,5)
Storebælt	220 (2,8)	6.600 (81,3)	1.200 (15,9)	210(65,6)	110 (34,4)
Øresund	110 (5,1)	1.700 (81,7)	300 (13,2)	150 (57,4)	110 (43,6)
Sydlige Bælthav	3(1,1)	300 (90,4)	2 (8,5)	6 (68,8)	3 (31,2)
Østersøen	10 (0,5)	1.800 (89,8)	200 (9,7)	420 (60,2)	30 (39,8)
DK farvande i alt	1.400 (2,6)	46.500 (84,2)	7.300 (13,2)	1.030 (43,0)	1.370 (57,0)

Tabel 2b: Årlig tilførsel fra DK via vandløb inklusiv direkte udledninger 1990-2010 af ammonium, nitrat og organisk kvælstof og af opløst og partikulært fosfor. I parentes er angivet procent af henholdsvis totalkvælstof og totalfosfor.

År	Ammonium-N tons (%)	Nitrat-nitrit-N tons (%)	Total N minus ammonium og nitrat-nitrit-N tons (%)	Opløst-P tons (%)	Partikulært-P tons (%)
1990	2.900 (2,8)	87.900 (86,5)	10.800 (12,2)	3.500 (56,3)	4.800 (43,7)
1991	2.700 (3,1)	75.000 (85,4)	10.100 (11,5)	2.800 (55,0)	4.000 (45,0)
1992	2.300 (2,5)	82.500 (88,0)	8.900 (9,5)	2.300 (52,8)	3.700 (47,2)
1993	2.300 (2,4)	84.400 (88,1)	9.100 (9,5)	2.100 (51,8)	3.400 (48,2)
1994	3.000 (2,4)	107.300 (85,1)	15.300 (12,5)	2.400 (48,2)	4.500 (51,2)
1995	2.200 (2,4)	76.600 (84,0)	12.300 (13,6)	1.600 (46,2)	3.300 (53,4)
1996	1.700 (3,9)	36.000 (82,8)	5.600 (13,3)	1.000 (48,9)	1.900 (51,1)
1997	1.300 (2,9)	37.500 (82,9)	6.400 (14,2)	900 (45,6)	1.900 (54,4)
1998	1.600 (1,8)	73.000 (85,7)	10.600 (12,5)	1.300 (44,3)	2.800 (55,7)
1999	1.800 (1,9)	78.200 (83,3)	13.900 (14,8)	1.400 (42,3)	3.100 (57,7)
2000	1.700 (2,1)	67.300 (84,0)	11.200 (13,9)	1.300 (44,4)	2.700 (55,6)
2001	1.500 (2,4)	53.900 (83,7)	9.000 (13,9)	1.000 (41,5)	2.500 (58,5)
2002	1.700 (2,0)	71.100 (83,1)	12.800 (14,9)	1.300 (42,4)	3.100 (57,6)
2003	1.300 (3,0)	35.000 (83,5)	5.700 (13,9)	700 (41,6)	1.800 (58,4)
2004	1.400 (2,1)	55.400 (83,8)	9.300 (14,1)	1.000 (40,2)	2.400 (59,8)
2005	1.300 (2,4)	45.500 (82,8)	8.100 (14,8)	800 (40,1)	2.100 (59,9)

2006	1.400 (2,2)	54.100 (84,3)	8.600 (13,5)	1.100 (44,8)	2.200 (55,2)
2007	1.600 (1,9)	67.100 (82,2)	13.000 (15,9)	1.300 (45,3)	2.700 (54,7)
2008	1.300(2,0)	54.000(82,5)	10.100 (15,5)	900 (39,7)	2.700 (61,3)
2009	1.200(2,4)	42.000(85,4)	6.000 (12,2)	900 (39,7)	2.200 (60,3)
2010	1.400(2,6)	46.500(84,2)	7.300 (13,2)	1.000 (43,0)	2.400 (57,0)

I bilag 3 tabel A-4.1 findes er der for de ni første ordenskystafsnit angivet gennemsnits procentuelle andele af kvælstof- og fosforfraktioner som gennemsnit for perioden 1990-94; 1995-99; 2000-2004 og 2005-09.

4.2 Tilførslen af N, P og O via atmosfærisk deposition

Metode:
Kvælstofdepositionen måles ved 5 målestationer (2010), som anvendes til at beregne depositionen til land og vand i områderne omkring målestationerne. (Ellermann et al., 2011). For at få et samlet geografisk dækkende billede af depositionen over de danske land- og vandområder modelleres kvælstofdepositionen på basis af emissioner til atmosfæren. Beregningen dækker de nederste 15 km af atmosfæren, der er opdelt i 29 gitterceller, nederst er disse relativt tynde (60 m) og øverst tykkere (200 m) (Ellermann et al., 2011). Beregningerne foretages med systemet THOR (se Thor.DMU.dk). Modelleringen forudsætter anvendelse af en meteorologisk model kaldet MM5 (Greel et al., 1995). Der anvendes emissionsopgørelser for hele EUROPA med en geografisk dækning på 17*17 km (Hertel et al., 2002). Disse emissionsopgørelser er baseret på EMEP's 50*50 km emissionsopgørelser (EMEP 2011), detaljeret opgørelse på 17*17 km for EU's landområde og detaljerede danske opgørelser på 6*6 km. Depositionen for 2010 er baseret på sammenstilling af nationale emissionsopgørelser fra 2009 (Nielsen et al., 2011) og internationale opgørelser fra EMEP fra 2008, som er de nyeste tilgængelige. Emissionsopgørelser fra skibstrafik i de danske farvande er fra 2007 med en geografisk opløsning på 1*1 km (Olsen et al., 2009).

Tilførsler:
Målingerne fra de 5 målestation lå i 2010 for de stationer der repræsenterer deposition på landområder på 10-11 kg N pr. ha og 6-8 kg N pr. ha for de to stationer som repræsenterer depositionen på (kystnære) vandområder. Det vurderes at usikkerheden på den årlige kvælstofdeposition til vandområderne er relativt stor 27-43 %, hvilket skyldes dels den anvendte metode og at den totale kvælstofdeposition er fastlagt som summen af flere kvælstofforbindelser (Ellermann et al, 2011).

Baseret på modelberegninger er den samlede kvælstofdeposition på de danske farvande i 2010 beregnet til 71.000 tons (tabel 2.1 og figur 6), hvor vådde-

positionen i alt udgør de knap 80 %. Depositionen er størst nær ved kysterne med op til 13 kg N pr. ha og lavest (6 kg N pr. ha) på dele af Nordsøen, Skagerrak og Østersøen, som ligger længst væk fra kilderne. Som gennemsnit for de danske farvande er variationen i den arealspecifikke deposition dog relativ beskeden med de højeste værdier over Lillebælt og Sydlige Østersø og lavest over Nordsøen og Skagerrak. I Ellermann et al. (2011) vurderes usikkerheden på modelberegningerne for vandområderne at være ± 30%, men noget højere på de kystnære farvande (± 50 %).

De danske kilder til depositionen på danske farvande er i gennemsnit kun 14 % dog noget højere for Kattegat og hovedparten af Bælthavet (op til ca. 30 %). Som gennemsnit var depositionen af oxideret kvælstof (NO_x) større end af reduceret kvælstof (NH_x hvor emissioner fra landbrug er langt dominerende), men til Kattegat, Bælthavet og Øresund udgør NH_x mindst halvdelen af den samlede kvælstofdeposition, idet kvælstof fra landbrug (især ammoniak) især er en væsentlig kilde i de kystnære farvande.

Tabel 3 Den modelberegnede samlede kvælstofdeposition til de danske hovedfarvande i 2010.

Hovedfarvand	Tør-deposition 1000 ton N	Våd-deposition 1000 ton N	Total deposition 1000 ton N	Total deposition /-areal kgN/ha	Areal km^2	Dansk andel %	NH_x-andel %	NOx-andel %
Nordsøen – dansk del	6,6	24,6	31,2	6,4	48.754	9	41	59
Skagerrak – dansk del	1,1	5,3	6,4	6,2	10.329	14	44	56
Kattegat – dansk del	2,6	9,3	11,9	7,1	16.830	22	50	50
Nordlige Bælthav	0,7	2	2,8	7,1	3.909	29	54	46
Lillebælt	0,7	1,4	2,1	9,5	2.171	31	64	36
Storebælt	0,9	2,6	3,5	7,7	4.519	25	55	45
Øresund - dansk del	0,2	0,8	1	7,4	1.336	17	50	50
Sydlige Bælthav - dansk del	0,5	1,7	2,2	8,5	2.547	13	54	46
Østersøen - dansk del	2,1	8,3	10,4	7	14.926	8	44	56
Alle danske farvandsområder	**15**	**56**	**71**	**6,8**	**105.320**	**14**	**46**	**54**

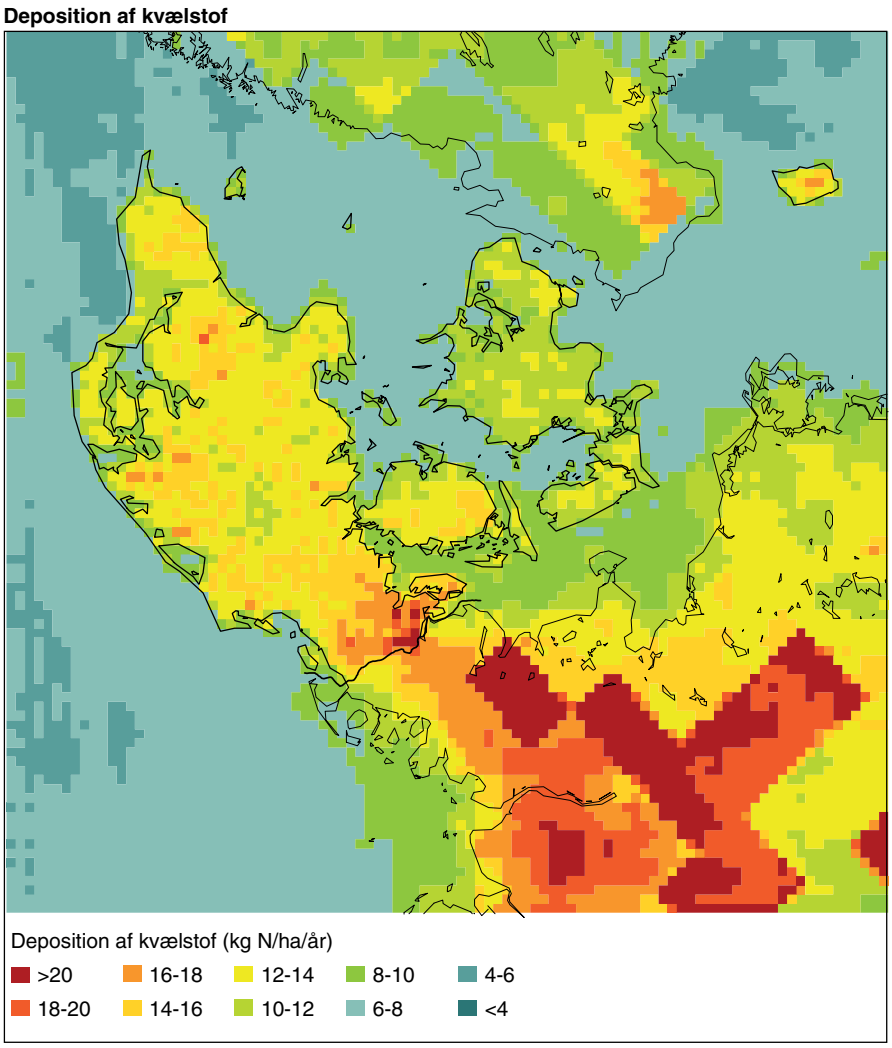
Den samlede årlige kvælstofdeposition for 1990-2010 herunder opdelt på oxiderede og reducerede kvælstofforbindelser viser en årlig variation, som bl.a. andet kan tilskrives variation i de meteorologiske forhold (nedbør, dominerende vindsystemer) og ændringer i emissioner. Endvidere er der sket ændringer i de anvendte meteorologiske data fra omkring år 2000 som har medført. at der er et niveauspring i tidsserien for den beregnede deposition omkring år 2000. hvor den beregnede deposition relativt set var for lav i perioden op til 2000 (flere detaljer om dette kan findes i årsrapporteringen for år 2009: Ellermann et al. 2010). I afsnit 4.5 vurderes på udviklingstendenser i

kvælstofdepositionen. Det skal bemærkes at depositioner i 2009 er baseret på 2008 emissioner og i 2010 på 2009 emissioner. Frem til og med 2009 har NH_x udgjort 52-56 % af den samlede kvælstofdeposition, mens i NO_x i 2010 derimod udgør 54 %.

Tabel 4 Den modelberegnede årlige deposition af total kvælstof og af NOx- og NHx-fraktionerne til de danske farvande i perioden 1990-2010. Bemærk at det ved vurdering af resultaterne skal tages med i betragtning, at der er et niveauspring i resultaterne fra modelberegningerne i år 2000.

År	NOx deposition 1000 ton	NHx deposition 1000 ton	Total kvælstof deposition 1000 ton
1990	42,0	50,3	92,3
1991	39,7	49,1	88,9
1992	35,5	44,3	79,8
1993	40,6	46,5	87,1
1994	39,2	47,5	86,7
1995	31,9	38,8	70,7
1996	34,7	41,7	76,3
1997	36,3	42,1	78,4
1998	44,2	46,0	90,2
1999	42,8	47,1	89,9
2000	48,1	53,0	101,0
2001	39,9	45,0	84,9
2002	41,6	46,0	87,6
2003	38,4	42,1	80,5
2004	39,3	41,6	80,9
2005	34,9	38,7	73,6
2006	39,9	46,7	86,5
2007	32,8	38,0	70,8
2008	33,7	38,3	72,0
2009*	40,7	45,3	86,0
2010**	38,7	32,6	71,4

*Depositionen beregnet på basis af 2009 meteorologi og 2008 emissioner
** Depositionen beregnet på basis af 2010 meteorologi og 2009 emissioner



Figur 6: Atmosfærisk tilførsel af kvælstof i 2010 til danske farvande vist for beregnede modelgrid (kg N ha^{-1}).

Atmosfærisk deposition af fosfor:
Luftbåren fosfor er en kilde for tilførsel til danske farvand, men der er ingen reduktionsmålsætninger. Det tilføres primært via partikler i form af opløselige fosforsalte eller bundet i biologisk materiale. Det tilføres naturligt via støv fra land, luftbårne alger, polen svampesporer og mikroskopiske bladfragmenter. Endvidere tilføres det via menneskeskabte kilder, primært forbrænding af kul og halm, mens emissioner fra olie- og gasforbrænding har mindre betydning.

Den samlede deposition er summen af tørdeposition af partiklebundet fosfor og våddeposition af fosfor i regndråber og sne. Depositionsopgørelserne er baseret på målinger ved 5 målestationer. I 2010 er der ændret analysemåle-

metode for tørdepositionen og en ny (baseret på ICP-MS) ved at blive indkørt, hvorfor tørdepositionsestimaterne for 2010er baseret på målinger fra 2009 (Ellermann et al., 2011). Våddepositionen er målt i 2010. Den samlede deposition til de indre danske farvande er vurderet til at være ca. 0,04 kg P pr. ha og dermed uændret ift. 2009. Anvendes denne arealspecifikke deposition er der til de indre danske farvande tilført knap 130 tons P. Det vurderes at ca. halvdelen af den samlede fosfordeposition er som uorganisk opløseligt fosfor og tilsvarende ca. halvdelen som organisk fosfor (Ellermann et al., 2011).

Der er ret stor usikkerhed på måling af såvel tør som våddeposition af fosfor. Ved våddepositionen er der risiko for biologisk kontaminering f.eks. fra fugleklatter. Endvidere ligger de målte koncentrationer tæt på og ofte under detektionsgrænsen (ved tørdepositionen). Usikkerheden er derfor vurderet til at være mindst 50 % (Ellermann et al., 2011).

4.3 Kilder for tilførsel af N, P og O til de danske farvande

4.3.1 Via vandløb og direkte spildevandsudledninger

Der er foretaget en kildeopsplitning af de samlede tilførsler til de marine kystafsnit for at vurdere betydningen af kilderne herunder om der er sket en udvikling over tid som f.eks. kan afspejle den indsats der har været gennemført for at reducere spildevandsudledninger. En del af indsatsen overfor spildevand blev allerede foretaget inden 1990 og (en del af) effekten i forhold til udledningerne er derfor sket før 1990.

Kilderne til kvælstof, fosfor og organisk stof tilførslerne via vandløb/direkte udledninger opdeles i:

- Baggrunds- (eller natur)bidrag
- Diffuse tilførsler (inkl. spredt bebyggelse) minus baggrundsbidraget (diffus antropogen)
- Punktkilder opland
- Direkte punktkildeudledninger

idet der tages højde for retention i overfladevand (vandløb, søer og vådområder), men ikke en eventuel retention i fjorde/kystnære områder inden næringsstofferne føres til åbne farvande. Der er udviklet ny ensartet metode for beregningen af retentionen i vandløb, søer og vådområder som kort er beskrevet i bilag 1.

Kildeopsplitningen et lavet med udgangspunkt i, hvad der tilføres af stof til de marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger. Baggrundsbidraget er fastlagt ud fra målinger i små oplande med lav menneskelig aktivi-

tet og er et mål for det tab som vil forekomme fra alle ikke befæstede arealer uagtet menneskelig påvirkning (baggrundsbidraget er dog sandsynligvis påvirket af en forhøjet atmosfærisk deposition sammenlignet med forhold helt uden menneskelig aktivitet på Jorden). Da det er svært at skelne mellem baggrundsbidrag og øvrigt diffust bidrag er der kun som gennemsnit for 5 års perioder lavet en opdeling mellem baggrundsbidraget og de diffuse tilførsler. I tabel 5 a-b er for henholdsvis kvælstof og fosfor tilførslerne til de ni 1. ordens kystafsnit i 2010 fordelt på diffuse tilførsler inklusiv baggrundsbidraget, punktkilder til ferskvand og de direkte punktkildeudledninger. Endvidere er angivet hvor stor (i procent) den beregnede retention er ift. den samlede tilførsel til havet. Uden retentionen i vandløb, søer og vådområder ville tilførslen have været de procent større som retentionsprocenten angiver. Herudover er der også en betydende retention fra rodzonen og i grundvand til vandet når overfladevand. I tabel 6a og 6b findes de tilsvarende opgørelser men for de samlede årlige tilførsler til marine kystafsnit som 5 års gennemsnit over perioden 1990-2010, hvor baggrundsbidraget er angivet særskilt fra øvrige diffuse bidrag. I tabel 5a+ b og 6a + b er der ikke beregnet retention på punktkilderne, dvs. retentionen alene er lagt på det diffuse antropogene bidrag som for målt opland er bestemt som målt transport minus målte udledninger fra punktkilder (fraset spredt bebyggelse) mens det diffuse bidrag er beregnet ud fra den model som er omtalt i kapitel 4.1.

Ved vurdering af betydning af de enkelte kilder skal man være opmærksom på at mens udledninger fra punktkilder ved eller nær ved kysten straks når kysten vil stoftab fra en række diffuse kilder være lang tid undervejs får det når de marine kystafsnit. Det gælder ikke mindst hvis stoftabet sker lang fra kysten og stoffet skal passerer en række jordlag og evt. grundvandsmagasiner før det når frem til havet. Her kan der gå år fra stoffet mobiliseres til det når marine kystafsnit og meget af stoffet kan tabes undervejs. Således måles i landovervågningsoplandene under NOVANA programmet at kun 12 % af udvaskede kvælstof (fra rodzonen) når frem til vandløb i sandede oplande og 32 % i lerede oplande (Jensen et al, 2011) og der sker en yderligere fjernelse i vandløb, søer og vådområder på knap 30 % (se tabel 8.a). Disse tal er ikke nødvendigvis repræsentative tal for hele landet da denitrifikationen kan være betydelig højere i landovervågningsoplandene end på landsplan, det afstrømmende vand repræsenteret landbrugspraksis af ældre dato og den målte afstrømning pr. arealenhed kan være for lav da der måles i små oplande

For kvælstof er de diffuse kilder som udgør 90 % af tilførslen af total kvælstof i via vandløb og direkte udledninger i 2010. De antropogene kilder – og dermed især bidraget fra landbrug - udgør i 2010 ca. 70 % af den samlede tilførsel til marine kystafsnit i 2010 og baggrundsbidraget udgør 20 % af de samlede tilførsler og spildevand ca. 10 %. Til Øresund udgør spildevand i alt godt 55 %, hvor især de direkte udledninger har stor betydning. Retentionen i vand-

løb, søer og vådområder svarer i gennemsnit til ca. 27 % af den samlede tilførsel men varierer mellem 13 % (oplandet til Østersøen) og 41 % (oplandet til Sydlige Bælthav) for oplandene til de ni 1, ordens kystafsnit.

Tabel 5a Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger fra Danmark i 2010 til 1. ordens kysthavsnit opdelt i, diffuse bidrag (landbrug, spredt bebyggelse m.fl. og baggrundsbidrag), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af bruttotilførslen via vandløb.

Farvands-område	Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb	Diffus %	Spildevand Ferskvand %	Spildevand direkte %
Nordsøen	30,0	93,0	5,9	1,1
Skagerrak	20,6	89,8	3,2	7,0
Kattegat	29,3	92,3	4,6	3,1
Nordlige Bælthav	20,4	86,5	8,6	4,9
Lillebælt	18,5	89,1	5,6	5,3
Storebælt	26,0	90,5	5,3	4,2
Øresund	31,8	54,3	11,7	34,0
Sydlige Bælthav	40,8	92,0	5,3	2,7
Østersøen	12,9	95,9	2,3	1,8
DK farvande i alt	**26,9**	**90,0**	**5,6**	**4,4**

Kvælstofudledninger fra renseanlæg udgør i 2010 ca. 55 % af de samlede spildevandstilførsler med kvælstof. Spredt bebyggelse og havbrug/dambrug (tal fra 2008) udgør hver ca. 14 % mens regnbetingede og industri er de mindst betydende kilder med henholdsvis ca. 12 % og 5 % - se tabel A-6.1 i bilag 4.

For fosfor er de diffuse tilførsler også den største kilde i 2010 og udgør for hele landet ca. 71 % af de samlede tilførsler af fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger. På landplan udgør de antropogene tilførsel godt 55 % og baggrundsbidraget ca. 15 %, mens spildevand til ferskvand og de direkte spildevandsudledninger hver udgør 12-16 % af fosfortilførslerne til de marine kystafsnit (tabel 5b). Til Øresund er spildevandsudledninger klar den største kilde i 2010 med ca. 75 % af den samlede tilførsel og hvor de direkte spilde-

vandsudledninger bidrager med mere end halvdelen af de samlede tilførsler. . Retentionen af fosfor i vandløb, søer og vådområder er lavere end for kvælstof og er i gennemsnit knap 10 % for hele Danmarks og variere fra knap 2 % (oplandet til Østersøen) til 14 % (oplandet til Kattegat). Nogle søer afgiver stadig netto fosfor grundet akkumuleret fosfor i søsedimentet fra tidligere tiders høje fosfortilførsler og til nogle 2. ordens kystafsnit er der negativ fosforretention.

Fosforudledninger fra renseanlæg udgør i 2010 ca. 44 % af de samlede spildevandstilførsler med fosfor. Spredt bebyggelse og regnbetingede udløb udgør hver ca. 21-22 %, mens havbrug/dambrug (tal fra 2008) og industri er de mindst betydende kilder med henholdsvis ca. 10 % og 2 % - se tabel A-6.2 i bilag 4.

Tabel 5b Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total-fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger fra Danmark i 2010 til 1. ordens kystnære havsnit opdelt i, diffuse bidrag (landbrug, spredt bebyggelse m.fl. og baggrundsbidrag), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af bruttotilførslen via vandløb.

Farvandsområde	Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb	Diffus antropogen %	Spildevand Ferskvand %	Spildevand direkte %
Nordsøen	6,5	79,9	17,5	2,6
Skagerrak	1,2	85,1	6,4	8,5
Kattegat	13,7	78,3	15,8	5,9
Nordlige Bælthav	8,7	75,5	18,6	5,9
Lillebælt	4,4	71,8	13,9	14,3
Storebælt	8,7	69,4	16,9	13,7
Øresund	15,8	25,1	17,3	57,6
Sydlige Bælthav	4,4	60,9	31,4	7,7
Østersøen	1,7	84,0	10,9	5,1
DK farvande i alt	**9,4**	**71,3**	**16,1**	**12,6**

I kapitel 4.4 vises at der er sket et fald i de samlede tilførsler af kvælstof og fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit i perioden 1990-2010. Hvis udledninger fra især en kildereduceres giver det en

ændring i procentfordelingen mellem kilderne. Selv om andelen er stigende for nogle kilder betyder det derfor ikke nødvendigvis, at der er en øget tilførsel fra disse kilder, den kan blot være uændret eller reduceret mindre end de andre kilder. Betydningen af de enkelte kilder vil ændrer sig Der fremgår således at der er en ændring i kildernes betydning fra 1990 til 2010 for de samlede tilførsler af kvælstof og fosfor. Spildevandsudledningerne er blevet markant reduceret jf. tabel 1b og der har samtidigt medført at deres relativ betydning samtidigt gradvist reduceres fra at udgøre ca. 20 % af kvælstof- og 67 % fosfortilførslerne til de marine kystafsnit som gennemsnit for 1990-1994 til at udgør henholdsvis ca. 10 % og ca. 30 % sidst i perioden. De diffuse antropogene kilders andel af de samlede kvælstofudledninger er næsten konstant ca. 70 % i perioden mens baggrundsbidragets andel har været stigende. For fosfor er den andel de diffuse tilførsler udgør af de samlede tilførsler stigende i 1990'erne og har i perioden 2000-2010 udgjort godt 50 % af de samlede fosfortilførsler. Relativt udgør baggrundsbidraget med fosfor også en stigende andel af de samlede tilførsler. I kapitel 4.4 vurderes udviklingstendenser på nogle af kilderne.

Retentionens andel af de samlede tilførlser er tilsyneladende stigende for fosfor. Det hænger sandsynligvis samme med at den interne belastning med frigivelse af fosfor fra søsediment (som er en negativ retention) igennem perioden 1990-2010 har været aftagende. Samtidig er der sket et markant fald i de direkte spildevandsudledninger hvorpå retentionen er sat til 0.

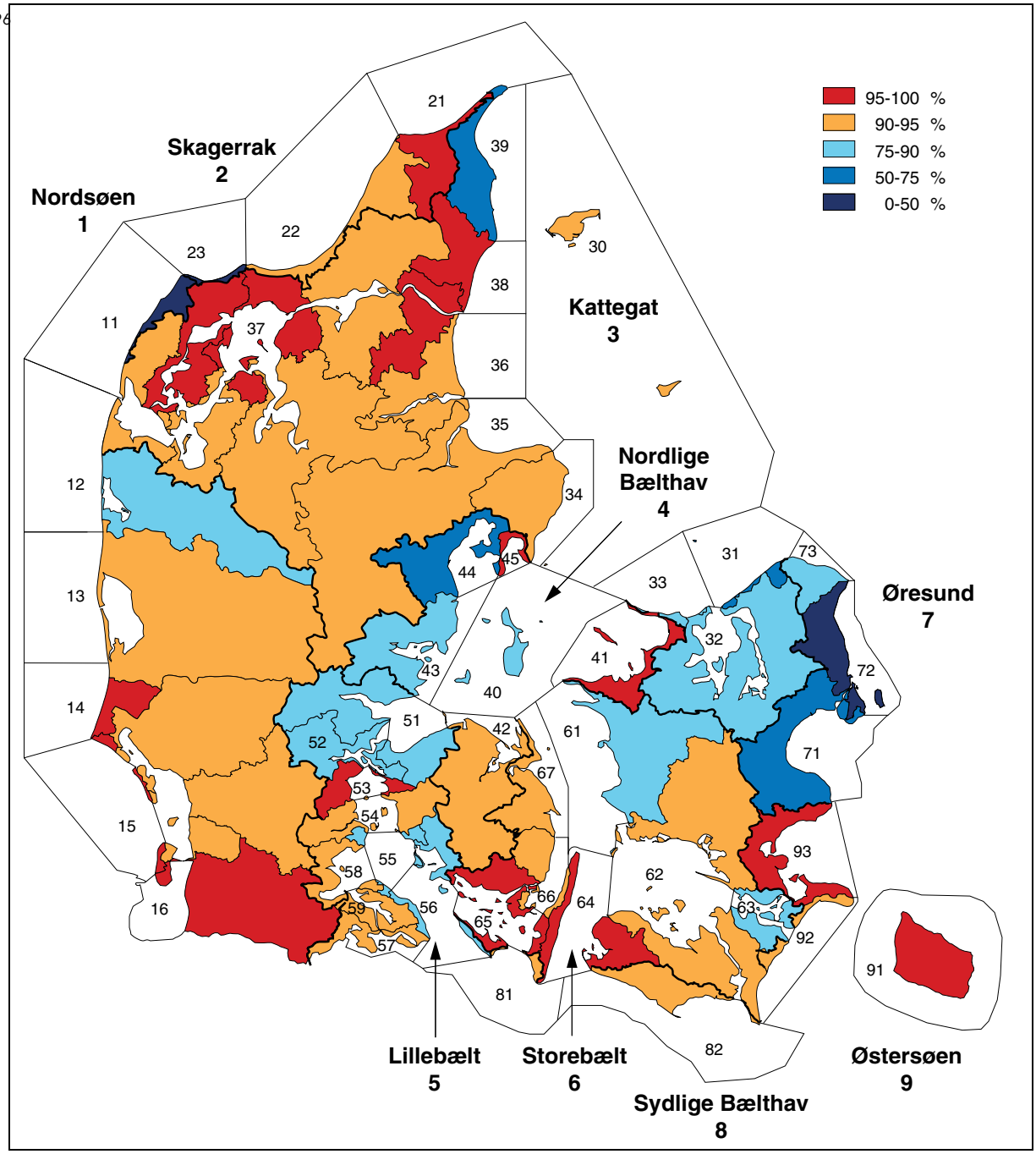
Tabel 6a Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger fra Danmark i perioden 1990- 2009 som gennemsnit for 5-års perioder og for 2010 opdelt i baggrundsbidrag (naturbidraget), diffust antropogen bidrag (landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De fire kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af bruttotilførslen via vandløb.

Farvandsområde	Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb	Baggrund %	Diffus antropogen %	Spildevand Ferskvand %	Spildevand direkte %
1990-1994	22,2	12,3	68,4	8,1	11,2
1995-1999	23,0	15,4	70,6	7,1	6,9
2000-2004	23,0	17,4	72,4	6,0	4,2
2005-2009	24,3	19,6	70,9	5,3	4,2
2010	26,9	20,6	69,5	5,6	4,4

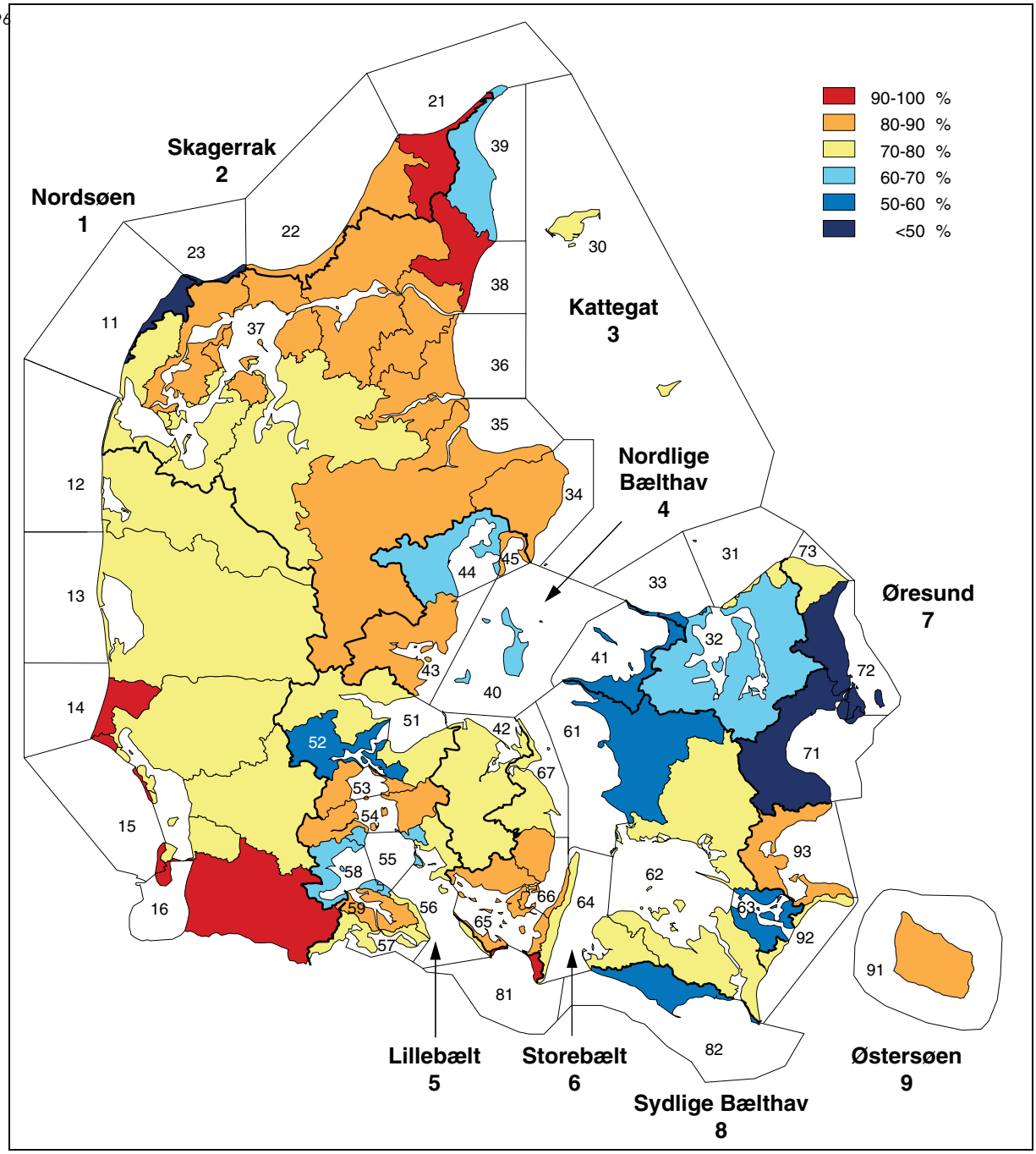
Tabel 6b Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total-fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger fra Danmark i perioden 1990- 2009 som gennemsnit for 5-års perioder og for 2010 opdelt i baggrundsbidrag (naturbidraget), diffust antropogen bidrag (landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De fire kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af bruttotilførslen via vandløb.

Farvandsområde	Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb	Baggrund %	Diffus antropogen %	Spildevand Ferskvand %	Spildevand direkte %
1990-1994	4,5	8,5	24,5	25,6	41,4
1995-1999	6,8	13,0	40,7	22,9	23,4
2000-2004	7,7	15,3	52,0	19,5	13,1
2005-2009	8,9	16,9	51,3	17,7	14,1
2010	9,4	15,7	55,6	16,1	12,6

Betydningen af den diffuse tilførsel (baggrundsbidraget plus antropogene diffuse kilder) af kvælstof og fosfor til 2. ordens marine kystafsnit i 2010 fremgår af figur 7 og 8. For store dele af Jylland og Fyn udgør de diffuse kilder af kvælstof over 90 eller 95 % af de samlede tilførsler, mens den for dele af Østjylland og større dele af Sjælland er på højst 75 %. Overordnet ses det samme mønster for fosfor, hvor de diffuse kilder i store dele af Jylland og på Fyn udgør over 75 % af de samlede tilførsler mens det til Øresund udgør under 50 %.



Figur 7 Den diffuse kvælstofstoftilførsels andel af den samlede tilførsel til 2. ordens marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger i 2010. Fra Windolf et al., 2011.



Figur 8 Den diffuse fosfortilførsels andel af den samlede tilførsel til 2. ordens marine kystafsnit via vandløb og direkte spildevandsudledninger i 2010. Fra Windolf et al., 2011.

Retention for organisk stof er ikke opgjort, da der ikke er tilstrækkelig viden herom til at fastlægge den. Der foregår en række processer som omsætter organisk stof, men samtidig sker der også en produktion af organisk stof i bl.a.

overfladevand. Kilderne er i tabel 7 fastlagt ud fra opgjorte spildevandsmængder til henholdsvis ferskvand og ved direkte udledninger til marine kystafsnit. Endvidere opgøres potentielle tilførsel fra spredt bebyggelse som er den største spildevandskilde med organisk stof i 2010 (Naturstyrelsen, 2011). Baggrundsbidrag er bestemt ud fra små oplande med lav menneskelig aktivitet/påvirkning. De diffuse antropogene kilder (inkl. spredt bebyggelse) findes ved fra de samlede tilførsel af organisk stof via vandløb til marine kystafsnit at fratrække spildevandsudledninger til ferskvand og baggrundsbidraget. Ligesom for kvælstof og fosfor er der et fald i den andel som spildevandsudledninger udgør af de samlede organisk stof tilførsler fra 1944 til 2010, hvor de fra at udgøre over 2/3 af de samlede tilførsler nu udgør under 50 %. Havde der været tal for 1990-1994 vil andelen have været endnu større. Det skal som ved kvælstof og fosfor understreges at opdelingen i baggrundsbidrag og diffuse antropogene kilder er ret usikker.

Organiskstofudledninger fra havbrug/dambrug (tal fra 2008) og spredt bebyggelse udgør i 2010 henholdsvis ca. 30 % og 25 % af de samlede spildevandstilførsler med fosfor. Renseanlæg og regnbetingede udløb udgør hver ca. 18-19, mens industri er den mindst betydende kilde på under 1 % - se tabel A-6.3 i bilag 4.

Tabel 7 Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af organisk stof (BI_5) via vandløb og direkte spildevandsudledninger fra Danmark i perioden 1995- 2009 som gennemsnit for 5-års perioder og for 2010.

Farvandsområde	Baggrund %	Diffus antropogen %	Spildevand Ferskvand %	Spildevand direkte %
1995-1999	20,5	6,0	31,2	42,3
2000-2004	23,4	20,5	31,7	24,4
2005-2009	32,5	19,8	30,7	17,0
2010	33,7	25,6	25,8	15,0

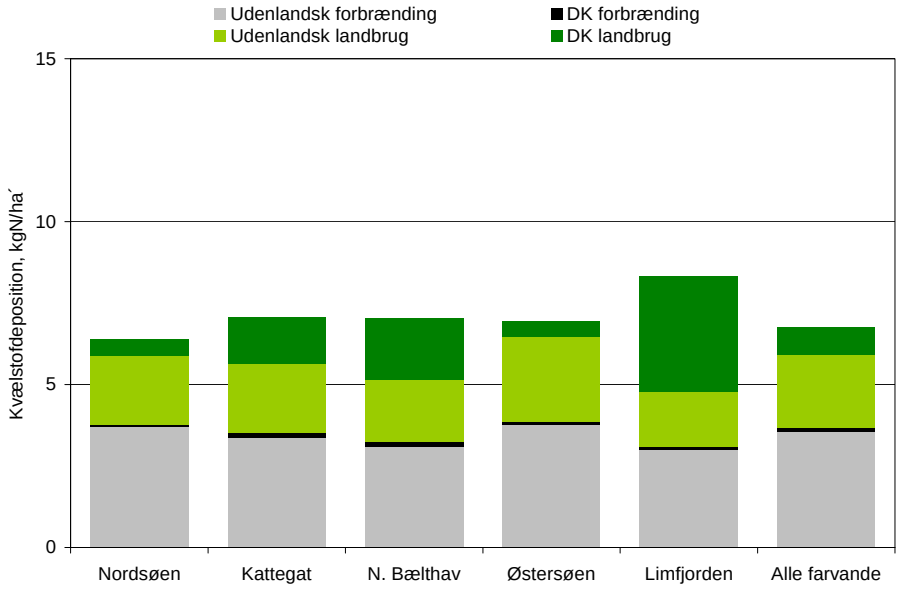
I bilag 3 tabelA-2.1 til A-2.9 henholdsvis A-3.1 til A-3.9 er der beregnet årlig kildeopsplitning for Danmark for total kvælstof og total fosfor for de ni første ordens kystafsnit i perioden 1990-2010.

4.3.2 Atmosfærisk deposition

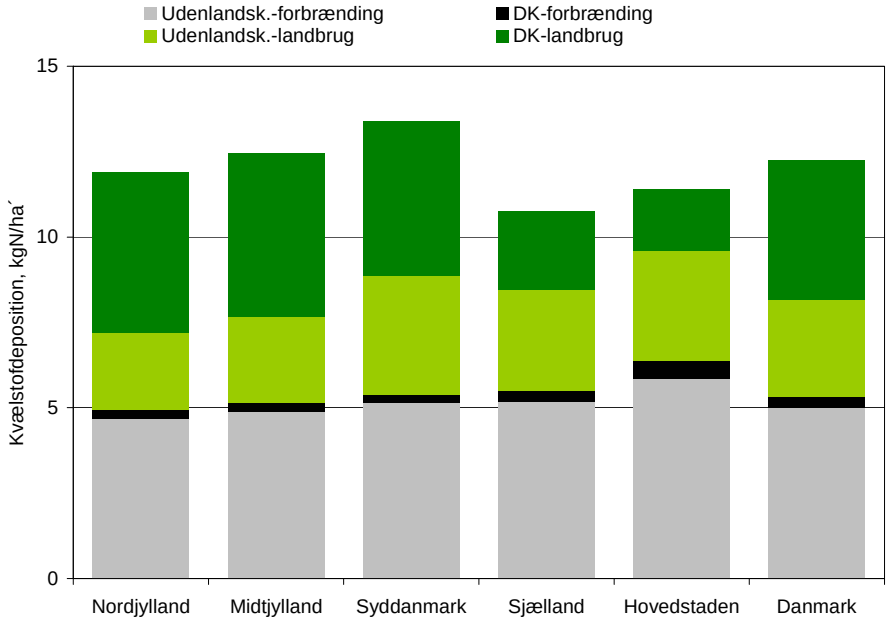
Der genføres ikke årligt beregning af betydningen af de enkelte emissionskilder for depositionen på de danske farvande. Men baseret på modelberegninger er det estimeret, hvor stor en andel af den samlede deposition på de danske farvande som stammer fra danske henholdsvis udenlandske emissionskilder. Endvidere er det muligt at opdele disse kilder i emissioner relateret til forbrændingsprocesser (transport, energiproduktion, forbrændingsan-

læg og industriproduktion) og i landbrugsemissioner (Ellermann et al., 2011). Opdelinger foretages på baggrund af at kilderne til kvælstofilter alene stammer fra forbrændingsprocesser mens mere end 95 % af emission af reduceret kvælstof (ammoniak) stammer fra landbrugsproduktionen.

Hovedparten af den modellerede kvælstofdepositionen til de danske farvande kommer fra udenlandske kilder (figur 9). For de danske farvande under et udgør kvælstofdepositionen fra forbrændingsprocesser i 2010 ca. 54 %. For de farvandsområder der i gennemsnit ligger tæt på land som Limfjorden og Bælthavet og til dels Kattegat er det landbrugsproduktionen, der er den største kilde til kvælstofdepositionen. Til de åbne farvande stammer kun 14 % fra danske kilder lavest til Nordsøen (9 %), mens andelen er større i Lillebælt (31 %), Nordlige Bælthav (29 %), Kattegat (23 %) og Store Bælt (25 %) (Ellermann et al., 2011). Kystnært er den danske andel væsentligt større som f.eks. ved Limfjorden (44 %) og bugter og vige. De danske depositionsbidrag stammer primært fra dansk landbrugsproduktionen og variationen i de danske bidrag mellem farvandsområderne afhænger først og fremmest af variationen i landbrugsbidraget. Sammenlignes med den modellerede kvælstofdepositionen over land er den i 2010 gennemsnit knap dobbelt så stor (12,7 kg N pr. ha) som over de danske farvande (6,8 kg N pr. ha). Over land er betydning af depositionen fra danske kilder større end over vand og er i gennemsnit for Danmark 38 %, højest i Nord- og Midtjylland (43-44 %), hvor husdyrtrykket er størst kombineret med høj nedbør samt afstand til udenlandske kilder (figur 10). Over land udgør depositionen fra landbrugsproduktionen 58 % af den samlede deposition.



Figur 9 Kvælstofdeposition i 2010 til udvalgte danske farvandsområder og Limfjorden samt til alle danske farvande opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser (NO_x) og landbrugsproduktion (NH_x).



Figur 10. Gennemsnitlig kvælstofdeposition i 2010 til de nye regioner og i gennemsnit for hele landet (Danmark) opdelt på danske og udenlandske kilder samt opdelt på emissioner fra forbrændingsprocesser (NO_x) og landbrugsproduktion (NH_x) .

Fra tabel 4 fremgår at for den samlede deposition over de danske farvande i perioden 1990-2010 har landbrugsproduktionens andel (svarende til NHx depositionen) udgjort mellem 51 og 56 % på nær i 2010 hvor den udgjorde 46 %.

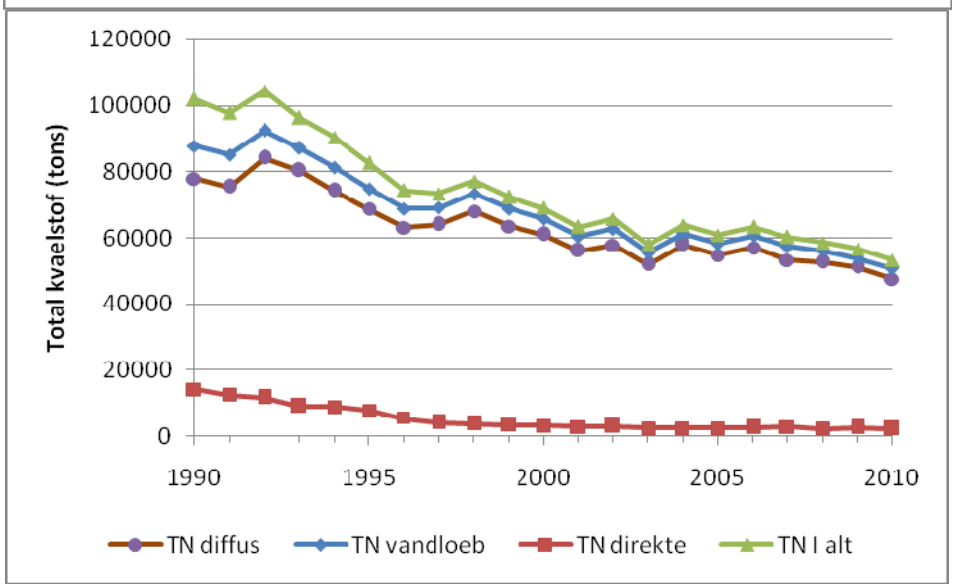
4.4 Udvikling i tilførsler af N, P og O:

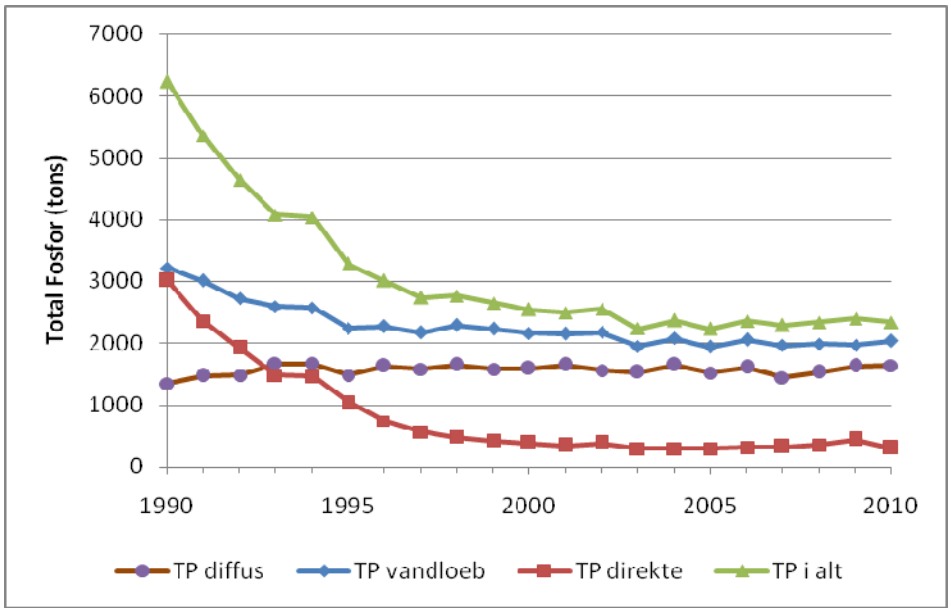
Via vandløb og direkte spildevandsudledninger

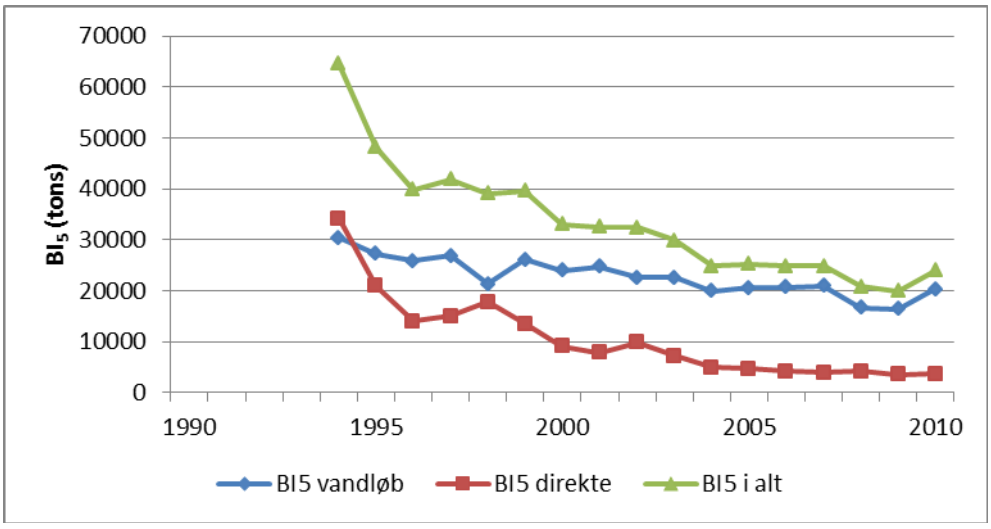
Udvikling i de samlede tilførsler af kvælstof, fosfor og organisk stof via vandløb, direkte spildevandsudledninger samt fra de diffuse kilder vurderes i dette kapitel. Da ikke mindst tilførslen fra diffuse kilder påvirkes af vejrforholdene, herunder ikke mindst nedbør (mængde, form og intensitet) og afledt heraf afstrømningsforholdene foretages en såkaldt normalisering af tilførslen fra diffuse kilder og via vandløb, hvorimod de direkte spildevandsudledninger ikke normaliseres, da de kun i mindre grad påvirkes af vejrforholdene. Normalisering skal medvirke til at man mere entydigt kan vurdere om der er sket en udvikling i tilførslerne over tid, når den "støj" som varierende afstrømning giver udglattes over den periode der testes på. Der er gennemført en flow-normalisering efter den anbefalede HELCOM-metode beskrevet i bilag 2 (Helcom, 2011). Sammenlignet med den anvendte metode i Windolf et al (2011) adskiller den sig ved at normaliserer på log-log transformerede stoftransporter fremfor på vandføringsvægtede koncentrationer (der sammenlignes senere mellem resultatet fra de to analyser). Herefter er der på samme måde som i Windolf et al. (2011) lavet en statiske analyse for om der er en signifikant udviklingstendens (trend analyse), hvor der også anvendes HELCOMS anbefalede metode (se bilag 2). Trendanalysen er lavet for perioden 1990-2010 samlet for Danmark og for hver af de ni 1. ordens kystafsnit for henholdsvis diffuse tilførsler, tilførsler via vandløb, direkte spildevandsudledninger samt i de samlede tilførsler. Endvidere er den procentuelle ændringen i tilførslerne over perioden 1990-2010 for kvælstof og fosfor og 1994-2010 for organisk stof beregnet.

Betydning af normalisering erkendes ved at sammenligne figur 5 med figur 11, dvs. henholdsvis ikke flow og flow normaliserede tilførsler af kvælstof fosfor og organisk stof (direkte spildevandsudledninger er ikke flow-normaliseret). De flownormaliserede tilførsler viser mindre år til år variationer og giver umiddelbart et bedre indtryk af om der er sket en udvikling over tid i tilførslerne. Umiddelbart viser figur 11 at de diffuse kvælstoftilførsler, kvælstoftilførslerne via vandløb, de direkte spildevandsudledninger af kvælstof og den samlede kvælstoftilførsel er faldende fra 1990 til 2010, men hvorvidt det er statistisk signifikant fremgår af tabel 8a.

Ferskvandsafstrømning
Afstrømning mio km³
20000
17500
15000
12500
10000
7500
5000
2500
0
1990
1995
2000
2005
2010


Total kvaelstof (tons)
120000
100000
80000
60000
40000
20000
0
1990
1995
2000
2005
2010
TN diffus
TN vandloeb
TN direkte
TN I alt





Figur 11: For totalkvælstof (næst øverste figur), totalfosfor (nr. 2 fra neden) og BI_5 (nederst) flow-normaliseret årlig stoftilførsel opdelt på diffus tilførsel (baggrundbidrag + antropogen diffus tilførsel inkl. spredt bebyggelse), tilførsel via vandløb, direkte spildevandsudledninger (eneste der ikke er flow-normaliseret) samt "normaliseret" totale tilførsel som er summen af normaliseret tilførsel via vandløb + direkte ikke normaliseret spildevandsudledninger til danske marine kystafsnit i perioden 1900-2010 (BI_5 dog kun fra 1994 til 2010). Endvidere er øverst vist den årlige samlede ferskvandsafstrømning (ikke normaliseret) i perioden.

For at teste om der er signifikant udviklingstendens i tilførslerne anvendes Kendall's trend test (Hirch et al., 1982 og Hirch & Slack, 1984 - se også bilag

2). For at estimere en årlig ændring (hældningen) anvendes Sen-Theil estimator (Hirch e al., 1982). I tabel 8a-c opsummeres resultatet af analyserne. Med fed angives at der er en signifikant faldende eller stigende udviklingstendens på 5 % niveau og den årlige ændring er angivet med fortegn, dvs. at **-385** tons $år^{-1}$ for Nordsøen for TN diffuse i tabel 8a betyder, der har været et signifikant fald i den diffuse kvælstoftilførsel til Nordsøen i perioden 1990-2010 med en årlig estimeret ændring på 385 tons N pr. år. Endvidere er den samlede procentuelle ændring i den diffuse kvælstoftilførsel i perioden 1990 til 2010 beregnet til 38 %. For alle ni marine 1. orden kystafsnit og samlet til danske marine kystafsnit har der været et signifikant fald både i de diffuse kvælstoftilførsler, kvælstoftilførsler via vandløb, de direkte spildevandsudledninger af kvælstof til marine kystafsnit og den samlede kvælstoftilførsel i perioden 1990-2010 (tabel 8a). Set for hele Danmark er den diffuse kvælstoftilførsel faldet med 39 %, tilførslen via vandløb med 42 %, de direkte kvælstofudledninger med 83 % og den samlede kvælstoftilførsel til marine kystafsnit med 48 %. Der er overordnet ca. tilsvarende reduktioner for de ni 1. orden kystafsnit. For kvælstof er der derfor en signifikant reduktion i tilførslerne fra både de diffuse kilder (primært landbrug), spildevand til ferskvand og direkte spildevandsudledninger til alle 1.ordens kystafsnit. Tilsvarende fandt man et signifikant fald på henholdsvis 41 % i de diffuse kvælstoftilførsler og 51 % i de samlede kvælstoftilførsel til de danske marine kystafsnit i en analyse af udviklingstendenser i Windolf et al. (2011) baseret på vandføringsvægtede koncentrationer og der er generelt også god overensstemmelse mellem de fundne reduktioner i kvælstoftilførsler til de ni første ordens kystafsnit mellem metoden i denne rapport og den anvendt i Windolf et al. (2011)..

For såvel kvælstof som fosfor gælder at der især overfor spildevandsudledninger har været iværksat en række indsatser før 1990. Det betyder især for fosfor, hvor spildevandsudledninger omkring 1990 udgjorde langt den største del af tilførslerne til overfladevand (se tabel 6b), at der allerede inden 1990 har været et fald i fosfortilførslen (vi starter ikke på toppen af kurven). Udviklingsanalysen giver for fosfor er mindre entydigt billede sammenlignet med kvælstof (tabel 8.2). Effekten af fortsat indsats ift. rensning af spildevand ses tydeligt af at de direkte spildevandsudledninger er faldet signifikant til alle 1. ordens kystafsnit og i alt for Danmark, hvor faldet fra 1990 til 2010 har været på 90 % (varierer mellem 84 % og 97 % fald til de enkelte 1. ordens kystafsnit). Tilsvarende er faldet i den samlede fosfortilførsel til hver af de ni 1. ordens kystafsnit og alle kystafsnit under et signifikant (for hele Danmark 62 % mens de variere mellem 47 % (Kattegat) og 85 % (Øresund) til 1. ordens kystafsnit. Der er også et signifikant fald til alle 1. orden kystafsnit og til alle kystafsnit under et i tilførslerne af fosfor via vandløb. For Danmark er faldet 37 %, mens det varierer mellem 24 % (Nordsøen) og 54 % (Øresund) for de ni 1. ordens kystafsnit. Faldet skyldes reduktioner i spildevandsudledninger til ferskvand, da der for hele Danmark ikke noget signifikant fald i den diffuse fosfor

afstrømning. Kun til Lillebælt og Nordlige Bælthav er der er signifikant fald (henholdsvis 6 % og 1,5 %), mens der til Nordsøen og Øresund er en signifikant stigning (henholdsvis 37 og 12 %). Det er især spildevand fra renseanlæg og industrien som er årsagen til faldet i spildevandsudledningerne af kvælstof og fosfor siden 1990 – se figuren i bilag 4 fra Naturstyrelsen (2011).

For fosfor er der en signifikant reduktion i udledninger af spildevand til såvel ferskvand som direkte til marine kystafsnit, men ikke nogen generel reduktion i tilførslerne fra diffuse kilder herunder landbrug og spredt bebyggelse. De fundne udviklingstendenser for de samlede tilførsler af forfor til danske marine kystafsnit og de ni første ordens kystafsnit er i god overensstemmelse med hvad der findes i Windolf et al (2011) for udviklingen i vandføringsvægtede fosforkoncentrationer, mens der ikke findes nogen signifikant udvikling for de diffuse vandføringsvægtede fosforkoncentration hverken for Danmarks eller de ni første ordnes kystafsnit.

Som for fosfor har der været en målrettet indsats mod at reducere spildevandsudledninger af BI_5 i en lang årrække før 1994 således at spildevandsudledninger er kraftigt reduceret allerede inden 1994 og disse reduktioner kan ikke indgå i udviklingsanalysen, da der kun datagrundlag fra 1994 og frem til at lave opgørelse af de samlede tilførsler til marine kystafsnit (tabel 8c). De direkte spildevandsudledninger af organisk stof er reduceret signifikant til alle 1. ordens kystafsnit og for hele Danmark. Faldet er for de danske kystafsnit under et 89 % men varierer mellem 73 % (sydlige Bælthav) og 98 % (Skagerrak) for 1. ordens kystafsnit. De samlede tilførsler af organisk stof til marine kystafsnit er faldet signifikant til alle 1. ordens marine kystafsnit på nær for Sydlige Bælthav og for kystafsnittene under et, hvor faldet har været 63 % mens det for 1 ordens kystafsnit varierer imellem 13 (Nordlige Bælthav) og 87 %. Da opgørelsen af tilførslerne af organisk fra umålte oplande ikke er opgjort efter samme standardiserede metoder som for kvælstof og fosfor er der større usikkerhed for organisk stof og dermed også på vurdering af udviklingen i tilførslerne fra forskellige kilder. Tilførslerne af organisk stof via vandløb er signifikant for kystafsnittene under et og er faldet med 34 % og er også faldet signifikant for Nordsøen, Skagerrak, Kattegat, Nordlige Bælthav samt Østersøen. For organisk stof er der en signifikant reduktion i udledninger af spildevand til såvel ferskvand som direkte til marine kystafsnit, men ikke nogen generel reduktion i tilførslerne fra diffuse kilder. For de samlede spildevandsudledninger af organisk stof findes data fra 1989 og frem (se figuren i bilag 4 fra Naturstyrelsen (2011)), som viser det især er udledningerne fra renseanlæg og industrien som er reduceret mens der også har været reduktion i udledninger fra dambrug og spredt bebyggelse.

Tabel 8a: Trendanalyse på tidserier af normaliserede total-kvælstof fra diffus afstrømning, tilførsler via vandløb, samlede tilførsler samt ikke-normaliseret direkte spildevandsudledninger til 1. orden kystafsnit og danske kysafsnit i alt i perioden 1990-2010. Fed markere at udviklingstendensen er signifikant på 5% niveau, og fortegnet om der er stigende eller faldende (-) udvikling. Desuden er den årlige ændring (tons $år^{-1}$) angivet. Endvidere er den procentuelle ændring over perioden på de normaliserede data beregnet.

Farvands-område	**TN diffus**	**TN via vandløb**	**TN direkte**	**TN I alt**	**TN diffus**	**TN via vandløb**	**TN direkte**	**TN i alt**
	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %
Nordsøen	**-385**	**-459**	**-50**	**-533**	-38	-41	-93	-45
Skagerrak	**-40**	**-45**	**-16**	**-64**	-43	-45	-80	-51
Kattegat	**-417**	**-519**	**-64**	**-585**	-34	-37	-73	-40
Nordlige Bælthav	**-148**	**-175**	**-22**	**-201**	-51	-53	-74	-55
Lillebælt	**-184**	**-224**	**-22**	**-252**	-45	-49	-84	-54
Storebælt	**-190**	**-219**	**-23**	**-249**	-47	-48	-77	-51
Øresund	**-35**	**-57**	**-210**	**-273**	-45	-50	-87	-75
Sydlige Bælthav	**-10**	**-11**	**-0,5**	**-12**	-33	-36	-76	-37
Østersøen	**-45**	**-48**	**-16**	**-65**	-42	-42	-91	-51
Danmark	**-1.530**	**-1808**	**-416**	**-2347**	-39	-42	-83	-48

Tabel 8b: Trendanalyse på normaliserede totalfosfor tidserier af diffus afstrømning, tilførsler via vandløb, samlede tilførsler samt ikke-normaliseret direkte spildevandsudledninger til 1. orden kystafsnit og danske kysafsnit i alt i perioden 1990-2010. Fed markere at udviklingstendensen er signifikant på 5% niveau og fortegnet om der er stigende eller faldende (-) udvikling. Endvidere er den årlige ændring (tons $år^{-1}$) angivet. Endvidere er den procentuelle ændring over perioden på de normaliserede data beregnet, hvor udviklingen har været signifikant.

Farvandsområde	**TP diffus**	**TP via vandløb**	**TP direkte**	**TP i alt**	**TP diffus**	**TP via vandløb**	**TP direkte**	**TP i alt**
	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %
Nordsøen	**3,2**	**-7,3**	**-3,1**	**-13**	37	-24	-97	-50
Skagerrak	0,1	**-1,3**	**-2,2**	**-3,9**	-	-38	-91	-57
Kattegat	1,2	**-11**	**-9,8**	**-22**	-	-33	-87	-47
Nordlige Bælthav	**-1,0**	**-4,9**	**-2,0**	**-7,1**	-1,5	-49	-88	-58
Lillebælt	**-0,6**	**-4,8**	**-3,3**	**-8,4**	-6,0	-43	-90	-66
Storebælt	-1,2	**-8,0**	**-2,9**	**-10**	-	-50	-84	-62
Øresund	**0,5**	**-3,1**	**-42**	**-46**	12	-54	-90	-85
Sydlige Bælthav	0,0	**-0,3**	**-0,2**	**-0,6**	-	-41	-93	-57
Østersøen	-0,1	**-0,6**	**-3,4**	**-3,9**	-	-28	-96	-69
Danmark	3,2	**-39**	**-70**	**-107**	-	-37	-90	-62

Tabel 8c: Trendanalyse på normaliserede BI_5 tidserier af tilførsler via vandløb, samlede tilførsler samt ikke-normaliseret direkte spildevandsudledninger til 1. orden kystafsnit og danske kysafsnit i alt i perioden 1990-2010. Fed markere at udviklingstendensen er signifikant på 5% niveau og fortegnet om der er stigende eller faldende (-) udvikling. Endvidere er den årlige ændring (tons $år^{-1}$) angivet. Endvidere er den procentuelle ændring over perioden på de normaliserede data beregnet, hvor udviklingen har været signifikant.

Farvandsområde	**BI_5 via vandløb**	**BI_5 direkte**	**BI_5 i alt**	**BI_5 via vandløb**	**BI_5 direkte**	**BI_5 i alt**
	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Udvikling tons $år^{-1}$	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %	Ændring 1990-2010 %
Nordsøen	**-147**	**-46**	**-177**	-46	-90	-51
Skagerrak	**-65**	**-74**	**-128**	-59	-98	-87
Kattegat	**-344**	**-253**	**-631**	-34	-90	-58
Nordlige Bælthav	**-29**	**-17**	**-47**	-12	-21	-13
Lillebælt	-33	**-41**	**-81**	-	-86	-47
Storebælt	-29	**-394**	**-440**	-	-84	-68
Øresund	-5,6	**-84**	**-98**	-	-91	-84
Sydlige Bælthav	-2,3	**-0,5**	-2,6	-	-73	-
Østersøen	**-14**	**-22**	**-45**	-35	-98	-79
Danmark	**-681**	**-1088**	**-1827**	-34	-89	-63

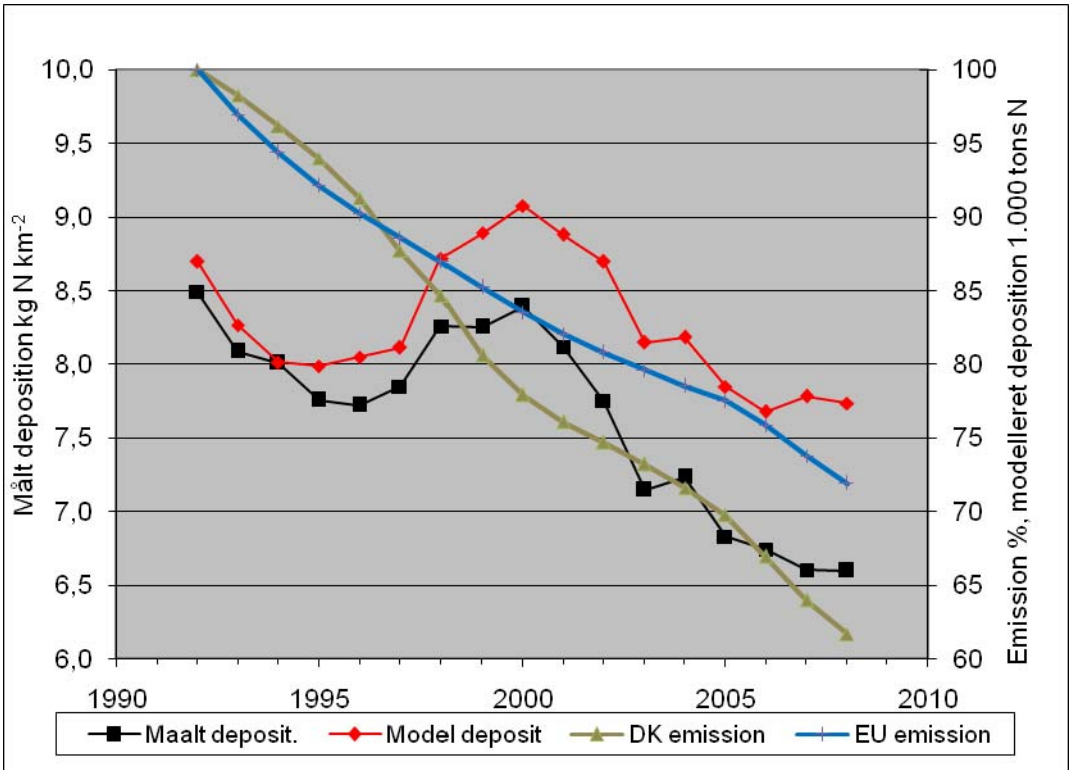
Ud fra fig. 11 kunne det se ud som om reduktionen i udledning af diffust tilført kvælstof primært har fundet sted i perioden frem til 2003. Tidsserien med diffus kvælstofafstrømning er derfor delt op i perioden 1990-2002 og 2003-2010 for at teste dette. Resultatet er vist i tabel 9. Der er et signifikant fald i den diffuse kvælstofafstrømning til alle 1. ordens kystafsnit og til kystafsnittene under et i perioden 1990-2002. Fra hele Danmark er faldet 26 % og faldet varierer mellem 20 % (Kattegat) og 34 % (Nordlige Bælthav). For den noget kortere perioden 2003-2010 er der et signifikant fald i kvælstofafstrømningen til Nordlige Bælthav (18 %) og Lillebælt (13 %). Til de øvrige marine kystafsnit og for kystafsnittene under et er faldet ikke signifikant men til Storebælt og de marine kystafsnit under et er faldet ganske tæt på at være signifikant på 5 % niveau (er signifikant på 6 % niveau).

Tabel 9: For den diffuse kvælstofafstrømning er der også på en normaliseret dataserie lavet en trendanalyse, hvor tidsserien er opdelt i 1990-2002 og 2003-2010, og der er lavet trendanalyse på de to perioder. Se i øvrigt forklaring til tabel 8a.

Farvandsområde	1990-2002		2003-2010	
	Udvikling tons $år^{-1}$	Ændring 1990-2002 %	Udvikling tons $år^{-1}$	Ændring 2003-2010 %
Nordsøen	**-489**	**-26**	-360	-
Skagerrak	**-40**	**-27**	-21	-
Kattegat	**-533**	**-20**	-238	-
Nordlige Bælthav	**-186**	**-34**	**-130**	-18
Lillebælt	**-233**	**-30**	**-155**	-13
Storebælt	**-242**	**-31**	-199	(-21)
Øresund	**-47**	**-28**	-259	-
Sydlige Bælthav	**-14**	**-30**	-9	-
Østersøen	**-63**	**-31**	-24	-
Danmark	**-2.122**	**-26**	-1.175	(-8)

Atmosfærisk deposition

Det er i HELCOM besluttet (i regi af HELCOM LOAD og HELCOM MONAS) at luftdepositionen normaliseres for at vurdere udvikling over tid og det sker ved at beregne et glidende 5 års middel. Dette er en meget simpel metode, men det er vurderet at alternativet er en meget avanceret normalisering på data som i forvejen er modelberegnet. Der er i dette notat derfor anvendt 5 års glidende midler for at normaliserer målte depositioner og emissioner, så disse kan sammenlignes. Dermed afviger analysen for om der sket udvikling i kvælstofdepositionen fra den anvendte metode i NOVANA rapporten fra 2011 (Ellermann et al., 2011). Eftersom der er sket et skifte i de meteorologiske input data midt i perioden 1990-2010 og der dermed ikke er samme datagrundlag i gennem perioden som er anvendt ved modelberegnede kvælstofdepositioner er de målte depositioner på danske målestationer også medtaget i figur 12. Fem års glidende middel af emissionen fra henholdsvis danske og europæiske kilder er sat til indeks 100 i 1992 (middel af 1990-1994). De indekserede normaliserede europæiske emissioner falder fra indeks 100 til 72 i perioden (28 %), mens de danske emissioner falder mere fra 100 til ca. 61. Den normaliserede målte deposition falder hen over perioden med cirka ligesom faldet i de europæiske emissioner (hvor meget og om det er signifikant fremgår i forbindelse med tabel 11). Omkring år 2000 er der en stigning i den målte kvælstofdepositionen som er betinget af de meteorologiske forhold (mere våddeposition i nedbørsrige år og våddepositionen udgør 70-90 % af depositionen over vand) og for den modellerede deposition desuden af omtalte ændring i input data til modellen (og der er ikke lavet genberegning bagud i tid).



Figur 12: Normaliseret målt og modelleret deposition sammenlignet med normaliserede emissioner fra Danmark og fra EU. Normaliseringen er jf. anbefaling fra EMEP glidende 5-årsmidler. 1992 angiver således middel for 1990-1994 og 2008 middel for 2006-2010 (der indgår således data for periode 1990-2010 i figuren). Emissioner er efterfølgende indekseret, så det glidendende middel fra 1992 er sat til 100 %.

Ellermann et al. (2010) gennemførte en analyse af udviklingen i de modelberegnede kvælstofdepositioner på de ni hovedfarvandsområder i perioden 1989-2009. For danske farvande under et blev der beregnet et signifikant fald på 9 % og for de enkelte farvande et signifikante fald på mellem 5 og 13 % men de relativt beskedne fald sammenlignet med faldet i emissionerne i samme periode er påvirket af det omtalte skift i input data efter 2000 og skal derfor tages med et større forbehold.

For depositionen overland er det tilsvarende fald på i gennemsnit 28 % (mellem 23 og 30 % for de forskellige regioner) (Ellermann et al., 2010). Depositionen over land stammer i højere grad fra lokale emissionskilder som udviser større fald over perioden end de udenlandske kilder.

Grundet de omtalte problemstillinger med skift af input data midt i perioden 1990-2010 for de modelberegnede kvælstofdepositioner er der alene testet på om der er statistisk signifikant udviklingstendens i perioden i kvælstofdepositionen på målte depositionsdata for de stationer, der repræsentere depositionen på vand (i box 2 i bilag 2 er beskrevet hvordan). Udviklingsanalysen viser et statistisk signifikant fald (på 5 % niveau) i perioden med en årlig ændring på i gennemsnit -0,105 g kg N m^{-2} og et samlet fald i depositionen på 24 % (tabel 10). I Ellermann et al. (2011) er der beregnet et signifikant fald på 27 % i kvælstofdepositionen til vand siden 1989.

Tabel 10 Trendanalyse på den samlede årlige normaliserede (glidende 5-års midler) målte totale kvælstofdeposition 1992-2008 (dvs. perioden 1990-2010). Den er markeret med fed, fordi den er signifikant på 5 % niveau, og den årlig ændring (fald) er angivet. Endvidere er den samlede ændring over perioden beregnet.

Farvandsområde	Totale N-deposition	
	Årlig ændring kg N m^{-2}	Ændring 1992-2008* (%)
DK farvande i alt	**-0,105**	**-24**

5 Resumé

I dette kapitel gives et kort resume som fokuserer på status i 2010 samt om der har været en signifikant udvikling i tilførslerne og kilder i perioden 1990-2010. I kapitlet er resultater opsummeret for de farvandsområder som der opereres med i MFSD som i et tilfælde går på tværs af de ni 1. ordens marine kystafsnit, dvs. for Nordsøen/Skagerrak, Kattegat inkl. nordlige del af Øresund samt Bælthavet inkl. sydlige del af Øresund. Øresund består af tre 2. ordens kystafsnit, hvor sydlige Øresund er område 71 og nordlige Øresund, som fremover regnes sammen med Kattegat er farvandsområde 72+73 (se f.eks. figur 3). I bilag 3 tabel A-5-1 angives hvor den andel område 71 har af hele Øresunds tilførsel af ferskvand, kvælstof og fosfor angivet for hvert år i perioden 1990-2010. Det fremgår heraf at farvandsområde 71 modtager mellem ca. 50 og 67 % af ferskvandsafstrømninger, 40 til 60 % af de samlede kvælstoftilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger med den højeste andel de seneste år samt ca. 20 45 % af de samlede fosfortilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger også med en tendens til største andele sidst i perioden.

I tabel 12 er opsummeret ferskvandsafstrømningen, de samlede tilførsler af kvælstof, fosfor og organisk stof via vandløb og direkte spildevandsudlednin-

ger i 2010. Det kan bemærkes at ferskvandsafstrømningen er af samme størrelsesorden til de tre farvandsområder og oplandet til de tre farvandsområder også har sammenlignelige størrelser. Den specifikke ferskvandsafstrømning (l s^{-1} km^{-2}) til Nordsøen/Skagerrak er 12,5 mens den er ca. 9,3 til de to andre farvandsområder.

Tabel 12 Ferskvandsafstrømning og tilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger af total kvælstof, total fosfor og organisk stof (BI_5) i 2010 opgjort for områderne Nordsøen + Skagerrak (OSPAR), Kattegat +Nordlige Øresund (OSPAR og HELCOM) samt Bælthavet + Østersøen inkl. sydlige Øresund (HELCOM). Der er alene tale om de danske dele af farvandene.

Område	Oplands-areal km^2	Afstrømning mio. km^3	Total kvælstof Tons	Total fosfor Tons	Organisk stof tons
Nordsøen/Skagerrak	11.900	4.700	14.400	600	5.800
Kattegat/Nordlige Øresund	16.550	4.900	20.000	870	9.000
Bælthavet/Østersøen	14.600	4.300	20.800	930	9.800
Danske farvande i alt	43.050	13.900	55.200	2.400	24.600

De samlede tilførsler til danske farvande i 2010 af kvælstof var 55.200 tons via vandløb og direkte spildevandsudledninger (tabel 12) og 71.200 tons kvælstof via atmosfærisk deposition (tabel 13). Mens tilførslen af næringsstoffer via vandløb og direkte spildevandsudledninger tilføres ved kysten og derefter via fjorde og kystnære farvand skal føres videre ud i åbne marine område, hvorved der vil være tilbageholdelse, omsætning og optag af næringsstofferne, så tilføres kvælstof fra luften mere jævnt over farvandene selv om der observeres en generel gradient fra sydvest mod nordøst over farvandene med aftagende deposition af kvælstof. Tilførslerne fra land beriger i første omgang de kystsnære farvande med næringsstoffer, hvor luftdepositionens bidrag og betydning er beskeden, mens det til farvandene samlet og dermed til de åbne farvande er via atmosfærisk deposition, der tilføres mest kvælstof. Til Nordsøen/Skagerrak tilføres der via atmosfærisk 37.200 tons kvælstof i 2010, hvor bidraget via vandløb og direkte spildevandsudledninger til kystafsnittene er under på 14.400 tons og dermed under 30 % af de samlede udledninger, men oplandsarealet er dog også under 1/5 af havområdets areal. Til Kattegat/Nordlige Øresund tilføres via atmosfæren 12.400 tons kvælstof og via vandløb og direkte spildevandsudledninger 20.000 tons. For dette farvand er landoplandet ca. af samme størrelse som arealet af farvandet. Til Bælthavet/Sydlige Øresund, hvor oplandsarealet er det halve af arealet af farvandsområdet er den atmosfæriske deposition 21.600 tons kvælstof og dermed næsten lig med tilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger på

20.800 tons. Hovedparten af de atmosfærisk tilførte kvælstof er umiddelbart biotilgængeligt.

Tabel 13 Den atmosfæriske deposition i 2010 på danske farvandene opgjort for områderne Nordsøen + Skagerrak (OSPAR), Kattegat + Nordlige Øresund (OSPAR og HELCOM) samt Bælthavet + Østersøen inkl. sydlige Øresund (HELCOM). Der er alene tale om de danske dele af farvandene.

Område	Areal km²	Tør-deposition tons	Våd deposition tons	Total deposition tons	Total deposition kg/ha
Nordsøen/Skagerrak	59.100	7.300	29.900	37.200	6,3
Kattegat/Nordlige Øresund	17.500	2.700	9.700	12.400	7,1
Bælthavet/Østersøen	28.700	5.200	16.400	21.600	7,5
Danske farvande i alt	105.300	15.200	56.000	71.200	6,8

For fosfor er depositionen til de indre danske farvande estimerer til 0,04 kg ha^{-1} svarende til:
Kattegat/Nordlige Øresund: 70 tons P
Bælthavet: 55 tons P

Sammenlignet med tilførslerne via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit udgør fosfor fra atmosfærisk deposition under 10 % af tilførslerne til de farvande det kan opgøres for. Cirka 50 % af den tilførte fosfor ved atmosfærisk deposition er tilført som uorganisk opløst fosfor og let biotilgængeligt og ca. 50 % er tilført som organisk fosfor.

Fra rapporten kan der endvidere fremføres følgende væsentlige forhold og konklusioner med udgangspunkt i situationen i år 2010:

- De direkte spildevandsudledninger fra renseanlæg, industri, regnvandsbetingede overløb og akvakultur udgør henholdsvis ca. 5 %, 13 % og 15 % af de samlede kvælstof, fosfor og organisk stof (BI_5) tilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit
- Diffuse kilder er den væsentligste kilde til samlet tilførsel af kvælstof og fosfor til marine kystafsnit via vandløb plus direkte spildevandsudledninger. De seneste år udgør diffuse kilder ca. 90 % den samlede kvælstof- og ca. 70 af den samlede fosfortilførsel og godt halvdelen af den samlede BI_5 tilførsel. Af den diffuse kvælstof og fosfortilførsel udgør det antropogene bidrag overslagsmæssigt ca. 80 %.
- Punktkildeudledninger til ferskvand udgør henholdsvis ca. 5 %, 15 % og 25 % af den samlede kvælstof-, fosfor- og organisk stoftilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit.

- I oplandet til Øresund med høj befolkningstæthed og relativt lille dyrket areal udgør kvælstof og fosfor tilført med spildevand den største andel af tilførslen til de ni 1. ordens kystafsnit med henholdsvis ca. 45 % for kvælstof og 75 % for fosfor.
- Cirka 85 % kvælstoftilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger tilføres som nitrat-nitrit kvælstof, maksimalt 3 % som ammonium kvælstof og resten som organisk bundet kvælstof. For fosfor tilføres ca. 57 % på partikulært og resten på opløst form.
- Retentionen i ferskt overfladevand (vandløb, søer og ved oversvømmelser i ådale) er beregnet at svare til henholdsvis ca. 25 % af den samlede kvælstof- og 15 % af den samlede fosfortilførsel via vandløb og direkte spildevandsudledninger til marine kystafsnit. Herudover er der retention i grundvand og i den umættede zone i oplandene så f.eks. den samlede kvælstofretention fra rodzone til marine kystafsnit i nogle sandede oplande kan være på op til ca. 90 %. Jo større retention i et opland desto større reduktioner i udledninger fra kilderne er nødvendige for at opnå en given reduktion i stoftilførsler til marine kystafsnit.
- Danske kvælstofemissioner udgør i gennemsnit kun 14 % af kvælstofdepositionen på danske farvand mest (31 %) på Lillebælt og mindst (9 %) på Nordsøen. Ca. halvdelen af samlede kvælstofdeposition stammer fra forbrændingsprocesser (udenlandske og indenlandske) og afsættes som NO_x'er mens den anden halvdel tilsvarende stammer fra landbrugets kvælstofemissioner og afsættes som reduceres kvælstof (NH_x'er). Der er en aftagende deposition pr. arealenhed fra sydvest mod nordøst
- En analyse på flowkorrigerede såvel diffuse stoftilførsler, stoftilførsler via vandløb, de samlede stoftilførsler via vandløb plus direkte spildevandsudledninger (sidstnævnte ikke flow korrigerede viser) for perioden 1990 til 2010 viser at:
    - Statistisk signifikant fald i diffuse kvælstoftilførsler, tilførsler vandløb, direkte spildevandstilførsler og de samlede tilførsler til de marine kystafsnit under et og hver af de ni 1.ordens marine kystafsnit
    - Faldet i de diffuse kvælstofstoftilførsler er under et på 39 % og variere mellem 33 % til Sydlige Bælthav til 51 % til Nordlige Bælthav og kan primært tilskrives fald i kvælstoftabet fra dyrkede arealer. Faldet i de direkte spildevandsudledninger i under et 83 % og variere mellem 73 % (Kattegat) til 93 % (Nordøsen). Faldet i de samlede kvælstoftilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger er under et 48 % varierende mellem 37 % (Sydlige Bælthav) til 75 % (Øresund). Der er især reduktion i spildevandsudledninger fra renseanlæg og

industri, der er årsag til faldet i de samlede spildevandsudledninger af kvælstof.

- Statistisk signifikant fald i fosfortilførsler via vandløb. direkte spildevandsudledninger og i de samlede fosfortilførsler til marine kystafsnit under et og til hver af de ni første ordens kystafsnit. Til gengæld er der kun signifikant fald i den diffuse tilførsel for Nordlige Bælthav (2 %) og Lillebælt (6 %) og en statistisk signifikant stigning til Nordsøen (37 %) og Øresund (12 %).
- Fosfortilførslen via vandløb er under et faldet på 37 % varierende mellem 24 % (Nordsøen) og 54 % (Øresund). Det samlede fald i de direkte fosforudledninger under et er 90 % varierende mellem 84 % (Storebælt) og 97 % (Nordsøen). Endvidere er faldet i de samlede fosfortilførsler faldet 62 % varierende mellem 47 % (Kattegat) og 85 % (Øresund). Der er især reduktion i spildevandsudledninger fra renseanlæg og industri, der er årsag til faldet i de samlede spildevandsudledninger af fosfor.
- Der er også et signifikant fald i tilførslen af organisk stof (BI_5) via vandløb, direkte spildevandsudledninger og tilførslen i alt. For de marine kystafsnit under et er faldet 34 % i de diffuse tilførsler, 89 % i de direkte spildevandsudledninger og 63 % i de samlede tilførsler af organisk stof. Der er især reduktion i spildevandsudledninger fra renseanlæg og industri, der er årsag til faldet i de samlede spildevandsudledninger af organisk stof.
- Baseret på målte normaliserede kvælstofdeposition ved de to danske målestationer der repræsenterer depositionen på åbne danske farvande er der sket et statistisk signifikant fald på 24 % i perioden 1990-2010. I samme periode er kvælstofemissionen fra EU landene faldet ca. 28 % og fra Danmark ca. 38 %.

6 Referencer

Blicher, A-S. & Refdahl, S. (1994). Ferskvandsafstrømningen til danske farvande, 1993. Danmark Miljøundersøgelser, 29 s. + bilag. Faglig rapport fra DMU, nr. 116.

Bøgestrand, J. (red.) (2007). Vandløb 2006. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 642. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 96 s. (http://www.dmu.dk/Pub/FR642.pdf)
Bøgestrand, J. (red) (2009). Vandløb 2007. NOVANA, 2009. Faglig rapport fra DMU nr. 711. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 108 s. (http://www.dmu.dk/pub/FR711.pdf) –

Ellermann, T. Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L. & Geels, C. (2010). Atmosfærisk deposition 2009. NOVANA Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 95 s- - faglig rapport fra DMU, nr. 801. http://www.dmu.dk/Pub/FR801.pdf

Ellermann, T. Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L. & Geels, C. (2011). Atmosfærisk deposition 2010. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 109 s- - Videnskabelig rapport for DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, nr. 2. http://www2.dmu.dk/Pub/SR2.pdf

EMEP, (2011). www.EMEP.int

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. (2011): Landovervågningsoplande 2010. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 130 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 3.
http://www.dmu.dk/Pub/SR3.pdf

HELCOM (2010). By Knuutilla, S., Svendsen, L.M., Staaf, H., Boutrup, S., Pyhälä, M. & Durkin Mikail. The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5). Balt. Sea Environ. Proc. No. 128.

Henriksen, HJ. & Sonnenborg, A. (eds) (2003). Ferskvandets kredsløb. NOVA 2003 Temarapport. GEUS, København, ISBN 87-7811-114-2

Henriksen, H.J., L. Troldborg, P. Nyegaard, T.O. Sonnenborg, J.C. Refsgaard and B. Madsen (2003). Methodology for construction, calibration and validation of a national hydrological model for Denmark. Journal of Hydrology, 280, 52-71.

Hertel, O., Ambelas Skjøth, C, Frohn, L.M., Vignati, E., Frydendall, J., de Leeuw, G. Schwarz, U. & Reis, S. (2002). Assessment of the atmospheric nitrogen and sulphur inputs into the North Sea using a Lagrangian model. Physics and Chemistry of the Earth 27, 1507-1515.

Hirch, R. M., Slack. J.R & Smith, R.A. (1982). Techniques og trend analysis for monthly water quality data. Water Resources Research 18 (1), 107-121.

Hirch, R. M. & Slack, J.R. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resources Research 20 (6), 727-732.

Højberg, AL., Troldborg, L., Ondracek, M. & Nyegaard, P. (2007). Simuleringer og rapportering til NOVANA overvågningsrapport for 2007, http://vandmodel.dk/vm/publikationer/index.html

Højberg A.L., Refsgaard J. C., van Geer Frans (2007): Use of models to support the monitoring requirements in the water framework directive. WATER RESOURCES MANAGEMENT.Volume: 21 Issue: 10 Pages: 1649-1672 10. 2007

Højbye, J. (1992). Oplandskarakteristik. Publikation nr. 8 fra Fagdatacentret for Hydrometriske data, Hedeselskabet.

Kronvang, B., Hezlar, J., Boers, P., Jensen, J.P., Behrendt, H., Anderson, N., Arheimer, B., Venohr, M., Hoffmann, C.C., Nielsen, C.B., 2004. Nutrient Retention Handbook. Software Manual for EUROHARP-NUTRET and Scientific Review on Nutrient Retention. EUROHARP Report 9-2004, NIVA Report SNO 4878/2004. Oslo. www.euroharp.org/diss/store/rep/eh_report-9-retention-handbook-web.pdf.

Naturstyrelsen (2011). Punktkilder 2010, Naturstyrelsen, 104 pp.

Nielsen, K.E., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Fauser, P., Plejdrup, M.S., Albrektsen, R., Hjelgaard, K. & Bruun, H. G. (2011): Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2009. National Environmental Research Institute, Aarhus University. 601 pp. – NERI Technical Report No. 821.

Nordemann Jensen, P., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Grant, R., Windolf, J., Bjerring, R., Ellermann, T., Fredshavn, J.R., Hansen, J.W., Petersen, D.L.J., Thorling, L. & Holm, A.G. 2011:

Vandmiljø og Natur 2010. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 106 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 8. http://www2.dmu.dk/Pub/SR8.pdf

Olesen, H.R., Winther, M. Ellermann, T., Christensen, J. & Plejdrup, M. (2009). Ship emissions and air pollution in Dnemark. Present situation and future scenarios. Report from Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, Denmark. Environmental project No. 1307 2009, Miljøprojekt.http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-92548-77-1/pdf/978-87-92548-78-8.pdf

Ovesen, N.B. & Svendsen, L.M. (1995). Ferskvandsafstrømningen til danske farvande 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 138, 62 s.

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

Wiberg-Larsen P. (red.) (2010). Vandløb 2008. NOVANA. Faglig rapport fra DMU nr. 764. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, 66 s.

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

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

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

Windolf, J. Bøgestrand, J., Kjeldgaard, A. Kronvang, B., Larsen, S.E., Ovesen, N.B & Thodsen, H. (2010b): Kvælstofbelastning af havet. I: Wiberg-Larsen,

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

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

Windolf, J., Wiberg-Larsen, P., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Thodsen, H., Bjerring, R., Ovesen,
N.B., Kjeldgaard, A. & Kronvang, B. 2011: Vandløb 2010. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE –
Nationalt Center for Miljø og Energi. 46 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center
for Miljø og Energi nr. 4. http://www.dmu.dk/Pub/SR4.pdf

Windolf, J., Thodsen, H., Troldborg, L., Larsen, S.E., Bøgestrand, J., Ovesen, N.B., Kronvang, B., (2011). A distributed modelling system for simulation of monthly runoff and nitrogen sources, loads and sinks for ungauged catchments in Denmark. J. Environ. Monit. 13, 2645-2658.

Bilag

Bilag 1 Metode for ny metode til beregningaf stoftil-førsel til havet via vandløb.

Ferskvandsafstrømning – ny metode

Beregninger af ferskvandsafstrømningen og fordelingen heraf er baseret på måledata fra i alt 179 målestationer, der har været helt eller delvist i drift gennem perioden 1990-2009. Målestationernes opland dækker i alt 57 % af landets areal. For afstrømningsarealer, der ikke dækkes af målestationer, anvendes justerede modelberegnede data beregnet med den dynamiske og distribuerede hydrologiske DK-model (Den nationale vandressourcemodel). Dog mangler der for omkring 6% af landets areal beregninger med DK-modellen, og beregninger af afstrømningen for disse områder er skønnet ud fra afstrømningen i nærved liggende oplande (arealproportionering).

De modelberegnede data er leveret af GEUS (dkmodel-qflow-juni2007.shp) fordelt på GRID 1x1 km, beregnet med den hydrologiske DK-model (Henriksen og Sonnenborg 2003; Højberg et al. 2007). For hvert GRID har der således været data til rådighed for den modelberegnede samlede afstrømning til vandløb for perioden 1991-2005.Den nationale vandressourcemodel er nylig blevet opdateret, - bl.a. med en finere geografisk distribuering (0,5x0,5 km GRID). Det er dog – som nævnt – en tidligere version af DK-modellen, der er brugt i de nuværende beregninger af ferskvandsafstrømningen.

Præcisionen af den nationale vandressourcemodel (DK-modellen) er vurderet mod måledata fra 176 vandløbsmålestationer, og – ikke overraskende – er modelpræcisionen relateret til oplandsarealernes størrelse. Præcisionen stiger således med stigende oplandsareal og er størst for oplande > 100 km^2 (Windolf et al.. 2009).

Der blev også fundet tendens til, at DK-modellen generelt overestimerede de målte vandafstrømninger i det meste af Jylland, mens der til gengæld var tendens til underestimering af vandafstrømningen i oplande øst for Lillebælt (Windolf et al. 2009).

Yderligere er det påvist, at DK-modellens måneds-afstrømninger udviser en sæsonbias hen over året, således at modellen generelt underestimerer vandafstrømningen i sommerhalvåret og overestimerer afstrømninger i vintermånederne (Windolf et al., 2009). Disse månedsrelaterede modelafvigelser er beregnet for de målte vandløbsoplande i hver af de ni Georegioner i Danmark,

og det er efterfølgende antaget, at afvigelserne også vil gælde for de umålte arealer i hver Georegion nedstrøms de målte afstrømningsoplande. DK-modellens estimerede vandafstrømninger i umålte oplande er således korrigeret måneds- og georegionsspecifikt før den videre anvendelse i beregningerne af ferskvandsafstrømningen.

For perioder uden DK-modellerede vandafstrømninger (før 1991 og efter 2005) er ferskvandsafstrømningen i umålte oplande fundet ud fra relationer udledt mellem et sæt af referencestationer (målestationer) med fuld måletidsserie siden 1990 og de korrigerede DK-modelafstrømninger for umålte oplande (1991-2005).

Beregningerne for de umålte oplande er principielt gennemført for umålte oplande til de såkaldte 4. ordens kystafsnit, men under hensyntagen til den dårlige præcision for små oplande er det valgt at beregne en gennemsnitlig månedlig vandafstrømning for de umålte oplande til 58 2.-3. ordens kystafsnit (median for areal: 286 km^2). Det er – til brug for de videre beregninger med det samlede modelkompleks – yderligere antaget, at arealspecifik månedsafstrømning (mm) er ens indenfor de enkelte målte afstrømningsoplande.

For omkring 60 målestationer eksisterer der ikke komplette måletidsserier for perioden siden 1990. I perioder uden måledata er der for disse stationer etableret en række månedsspecifikke relationer til et sæt af referencestationer med fuld måletidsserie, og huller i måletidsserier for stationer med ukomplet tidsserie er herefter udfyldt med predikterede månedlige vandafstrømninger ud fra disse relationer (Windolf m.fl. 2009). For de stationer, hvor der er 'huller' i måletidsserien, viser en analyse, hvor der for såvel måledata som predikterede data er en god overensstemmelse mellem målte og predikterede afstrømninger (r^2= 0,91; n=13472) (Windolf et al.. 2009).

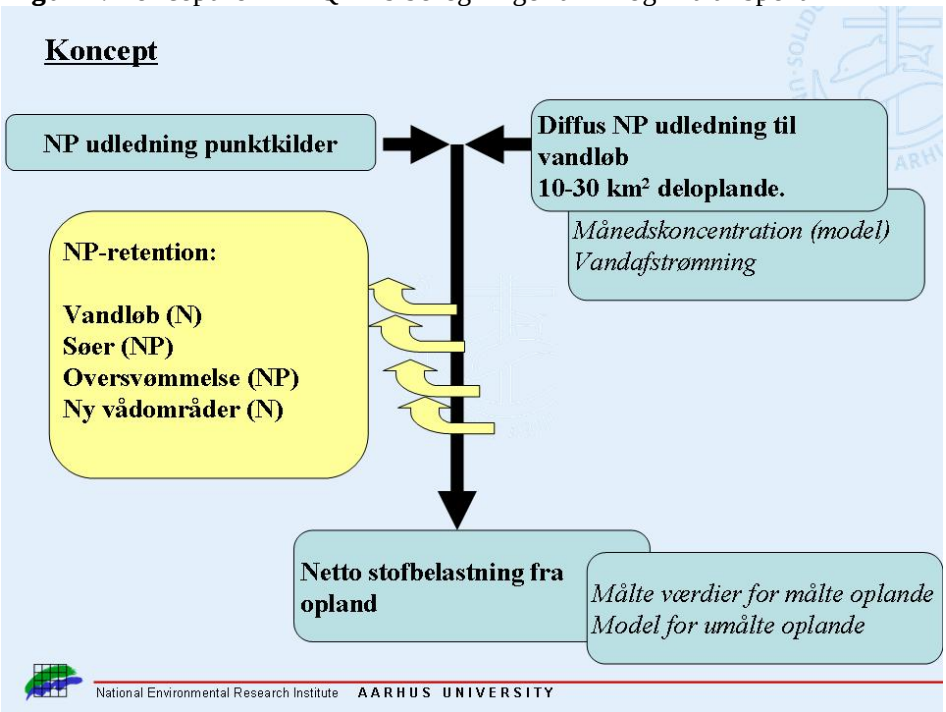
I forhold til den samlede afstrømning til havet mangler der ved beregningerne med den ny metode de vandmængder, som kommer fra punktkilder, der udleder direkte til kysten (f.eks. større renseanlæg og særskilte industrielle udledere), som til nogle 2.-3. ordens kystafsnit kan være af ganske stor betydning. Det skyldes, at disse data ikke har været systematisk tilgængelige.

Koncept for DK-QNP's beregninger af N og P transport – ny metode

Konceptet for beregning af N- og P-transporten med DK-QNP er skitseret i figur 1. Indledningsvist er landet (med GIS) neddelt i ca. 2.660 små hydrologiske enheder (HU). Oplandsarealet for disse er typisk 10-30 km^2. For hver HU beregnes en udledning af N og P fra diffuse kilder. Disse beregninger er base-

ret på empiriske modeller for månedlige koncentrationer af N og P i den diffuse vandafstrømning fra hver HU. Modellerne er udledt på små, danske vandløb af samme størrelse som de hydrologiske enheder. For at estimere næringsstofudledningen fra hver HU ganges en månedsvandafstrømning på koncentrationerne. Værdier for vandafstrømningen er enten de vandafstrømninger, der er målt på de nedstrøms beliggende kystnære målestationer, der anvendes som 'havbelastningsstationer', eller de estimerede vandafstrømninger fra de umålte oplande til hvert 2.-3. ordens kystafsnit.

Figur 1. Koncept for DK-QNP's beregninger af N- og P-transport



Til de beregnede diffuse udledninger læggesstofudledninger med spildevand fra punktkilder og de samlede bruttoudledninger i vilkårlige oplande summeres for hvert vandløbsopland (spildevand udledt fra spredte bebyggelser indgår ikke her, men antages indregnet i det diffuse bidrag). Sådanne summeringer er foretaget på de 119 vandløbsoplande, hvorfra der foreligger målte N og P transporter gennem hele perioden siden 1990. Disse vandløbsoplande dækker 49% af landets areal (i 2008 og 2009 udgik seks af disse vandløb af overvågningsprogrammet). Ligeledes er summeringer af bruttoudledningen af N og P foretaget for hvert af de umålte oplande til de 58 2.-3. ordens kystafsnit.

For at estimere nettotransporten af N og P på målte og umålte oplande til marine kystafsnit fratrækkes stofretentionen i oplandene. Nettotransport (og

koncentrationer) som de beregnes med DK-QNP kan herefter sammenlignes med de målte stof-transporter og stof-koncentrationer på de 119 målestationer med målinger af N og P. Ved denne validering fås en ide om, hvor godt modellen kan antages at beskrive koncentrationer og stoftransport i de umålte oplande. Såvel de anvendte empiriske modeller for de diffuse udledninger af N og P samt estimeringer af stofretention er kort beskrevet i efterfølgende afsnit.

Ved beregninger af de samlede vand og NP-tilførsler til de enkelte kystafsnit er det naturligvis de målte stoftransporter på målestationerne, der indgår, tillagt de modelberegnede transporter for de umålte oplande plus direkte punktkildeudledninger til kystafsnittene.

Spildevandsudledninger

Information om de udledninger med spildevand fra punktkilder og den geografiske fordeling af disse er tilvejebragt via Fagdatacenter for Punktkilder. Der har imidlertid været en del problemer med disse data. Således mangler data for begyndelsen af 1990'erne for regnvandsbetingede udledninger og udledninger fra saltvandsbaseret fiskeopdræt. For perioden omkring kommunalreformen (2005-2007) mangler der en række data, eller også er de af relativt dårlig kvalitet. Dette er desværre tilfældet for alle typer af punktkilder. Endelig har DMU ikke modtaget data for de seneste år for salt- og ferskvandsdambrug samt nogle industrier. Endelig forekommer der - især for mindre oplande (vandløbsstationer, små kystafsnit) - fra det ene år til det næste en række mistænkelige "spring" i niveauet for udledningerne. For år med manglende data er disse tilvejebragt ved interpolation eller ekstrapolation. De tilgængelige spildevandsdata omfatter alene udledninger på årsbasis. Hvor der har været behov for at anvende månedsudledninger, er det antaget, at disse har været ens hele året igennem. Endelig skal det bemærkes, at spildevandsudledninger fra spredt bebyggelse er indregnet under den diffuse kvælstof- og fosforudledning.

Kvælstoftilførsel

- Diffus kvælstofudledning

Måledata fra 83 landbrugs typeoplande med oplandsarealer typisk omkring 10-30 km^2 og uden større søer i oplandet er blevet anvendt til at udvikle en empirisk model for den månedlige vandføringsvægtede koncentration af total-kvælstof. De målte månedlige transporter af total-kvælstof er blevet fratrukket den oplyste spildevandstilførsel (fraset spredt bebyggelse) fra oplandet, og derefter er den månedlige vandføringsvægtede koncentration beregnet. Den udviklede empiriske kvælstofmodel kan for et givet opland derfor

simulere den månedlige vandføringsvægtede koncentration af total-kvælstof, der stammer fra udledningen fra diffuse kilder (landbrugets belastning, baggrundsbelastningen og udledningen fra den spredte bebyggelse). Den udviklede empiriske model indeholder følgende forklarende variable:

Månedlig C_{TN} = f(jordtype (% sandjord), dyrkningsgrad, afvandingsgrad, månedlig nedbør (ikke korrigeret til overflade), månedens lufttemperatur, årligt kvælstofoverskud (landstal for markbalancen).

Modellen har en samlet forklaringsgrad på 43 % for perioden 1990-2007.

Den månedlige diffuse belastning af total-kvælstof er for hver HU beregnet ved at anvende den empiriske model til simulering af den månedlige vandføringsvægtede totale kvælstofkoncentration, der så efterfølgende er multipliceret med den månedlige vandafstrømning (modelleret eller målt).

- Kvælstofretention

Kvælstofretentionen i vandløb, søer og vådområder er blevet opgjort indenfor 2.-3. ordens kystafsnittene og fordelt på henholdsvis umålt og målt areal. I Windolf et. al (2010 a, c) er nærmere beskrevet de enkelte beregnede delretentioner og de metodiske antagelser.

Retentioner i større søer (ca. 600) er beregnet ud fra empiriske retentionsmodeller og beregningerne er foretaget i 'kæde', således at kvælstofbelastning til 'øverste' opstrøms sø i et givet vandløbssystem først er beregnet. Dernæst er kvælstofretention fratrukket og den beregnede kvælstofafstrømning fra første sø er herefter tillagt beregnede kvælstofudledninger til overfladevand inden næste sø i vandløbsstrengen. Således er der eksempelvis i Gudenåsystemet foretaget kædeberegnede søspecifikke kvælstofretentioner for i alt 70 søer inden udløbet i Randers Fjord.

Retentionen af kvælstof i vandløb er estimeret under antagelse af en arealspecifik retentionsrate, der antages at være mindst i små vandløb (660 kg N/ha år) og noget højere i større vandløb (920 kg N/ha år). Raten er udtryk for et gennemsnit af fundne litteraturværdier (fx Kronvang et al. 2004). Disse gennemsnitlige antagne værdier afviger betydeligt fra de tilsvarende medianværdier, henholdsvis 250 og 305 kg N/ha år for små og store vandløb, hvilket kan betyde en overestimering af retentionen ved brug af gennemsnitværdier. Eftersom de fundne rater er arealrelaterede, har det til udregning af den samlede retention i vandløb været nødvendigt at estimere det samlede areal af vandløbene. Datagrundlaget herfor vurderes at være behæftet med betydelig usikkerhed. For det enkelte år er de angivne retentionsrater justeret i forhold til den relative år-til-år variation i gennemsnitlig kvælstofretention i søer, der indgår i det nationale overvågningsprogram NOVANA. Det vurderes derfor, at der må forventes at være en betydelig usikkerhed på de beregnede kvælstofretentioner i vandløb.

Kvælstofretentionen for mindre søer er beregnet ud fra antagne varierende arealspecifikke retentionsrater afhængig af dyrkningsgrad og jordtype i oplandet (60-400 kg N/ha). Yderligere kvælstofretention er estimeret for retablerede vådområder (200 kg N/ha år) og for oversvømmede vandløbsnære arealer. Det er antaget, at der sker en kvælstofretention på omkring 1 kg N/ha pr. dag med oversvømmelse. Overslag over varigheden af oversvømmelser det enkelte år er baseret på hydrologiske data fra kun fem vandføringsstationer. Grundlaget for at give et kvalificeret overslag over denne retention, især hvad angår kendskabet til udstrækning af de arealer, der lejlighedsvist oversvømmes og varigheden af disse oversvømmelser, er således ringe.

For 1990-2008 er gennemsnittet for den samlede beregnede kvælstofretention i overfladevand estimeret til ca 22.000 tons N pr. år. Heraf 4.300 og 8.700 t N i henholdsvis små og store vandløb. Tilsvarende beregnes retentioner på 500 og 8.200 t N i små og store søer.

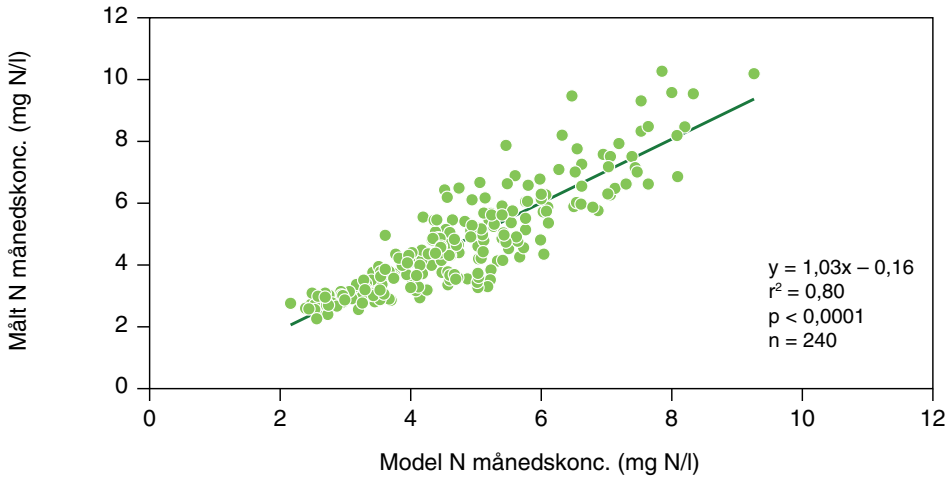
- Validering på målte oplande

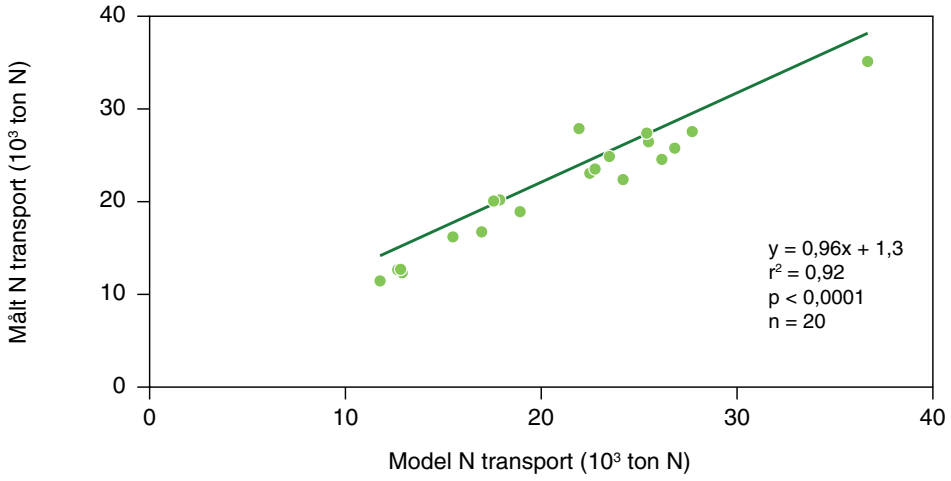
DK-QNP-modellens evne til at simulere kvælstofkoncentrationer og –transporter på målestationsoplande og samlede målte oplande til større kystafsnit og for landet som helhed er delvist vurderet i Windolf m.fl.(2010, a,c).

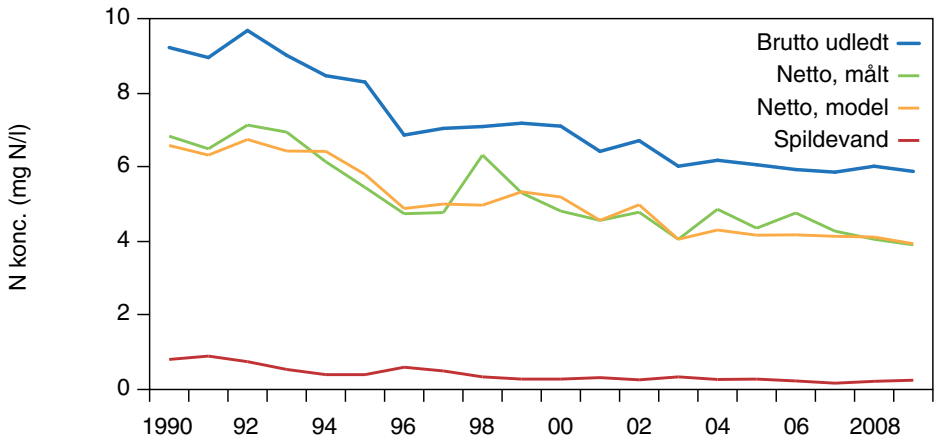
I korthed kan det umiddelbart konkluderes, at modelkonceptet virker lovende og simulerer måledata fra en række målte oplande tilfredsstillende set i lyset af, at der ikke er foretaget kalibreringer af modellen på de vandløbsstationer, den valideres på. Dog bemærkes, at der for vandløbsoplande vest for israndslinjen i Jylland er en utilfredsstillende simulering med modellen, idet der er her tale om betydelig overestimering af kvælstofkoncentrationerne (Windolf et al. 2010, 1,c). For den øvrige del af landet simuleres de enkelte måneders kvælstofkoncentrationer (1990-2009) som gennemsnit ganske pænt (figur 2). I figur 2 (midt) er ligeledes vist relationen mellem de målte og modellerede kvælstoftransporter for det samlede afstrømningsopland eksklusive vandløb vest for israndslinjen i Jylland. Endelig viser figuren (nederst) for samme område udviklingen i den årlige vandføringsvægtede målte og modellerede kvælstofkoncentration for det målte opland. Samt de estimerede kvælstofkoncentrationer brutto udledt til overfladevand samt koncentrationsbidraget fra spildevand hertil.

Figur 2.
Målte og modellerede kvælstofkoncentrationer og –transporter fra det samlede målte oplandsareal (99 vandløb, 13.500 km^2) eksklusive oplande i Georegion 3 (oplande vest for israndslinjen i Jylland).
Øverst: Vandføringsvægtede månedlige koncentrationer af kvælstof.

Miderst: Årstransporter af kvælstof.
Nederst: Vandføringsvægtede årlige kvælstofkoncentrationer (Brutto: udledt til vandløb, inklusive spildevandsbidrag; Netto: målte og modellerede koncentrationer som gennemsnit for alle vandløbsstationerne; Spildevand: spildevandsbidrag til bruttoudledningerne) (efter Windolf et al 2010c).







Fosfortilførsel – ny model

- Diffus udledning

Data fra 24 landbrugs typeoplande uden større søer og med intensive målinger af den månedlige fosfortransport i perioden 1993-2003 er blevet anvendt til at udvikle en empirisk model for den månedlige vandføringsvægtede koncentration af total-fosfor. Den udviklede empiriske model indeholder følgende forklarende variable:

Månedlig CTP = f(jordtype (% sandjord), dyrkningsgrad, regionalt baseflow indeks, månedlig nedbør, vådområder).

- Fosforretention

Alene fosforretentioner i søer og vådområder indgår i det nuværende DK-QNP-koncept, idet nettoretentionen i vandløb er sat til 0. Fosfor-retentionen er blevet opgjort indenfor 2.-3. ordens kystafsnittene og fordelt på henholdsvis umålt og målt areal. For søerne er på overforenklet vis antaget arealspecifikke retentioner, der svarer til gennemsnittet af de danske overvågningssøer (1990-2009). Beregningsprincipperne følger ellers det tidligere beskrevne koncept for kvælstof.

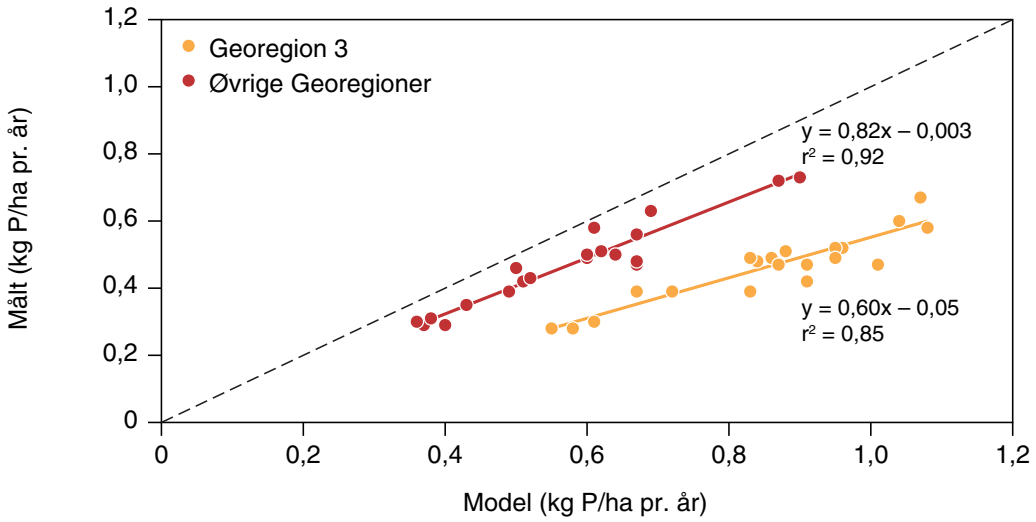
- Validering

Der er generelt problemer med at simulere fosfor. Kilder, transportveje, omsætninger mm. er langt mere komplekse end for kvælstof. Dertil kommer problemer med at måle såvel den 'sande' fosfortransport som den månedlige gennemsnitskoncentration i vandløb. De beregnede fosfortransporter fra de 119 kystnære vandløbsmålestationer, der indgår i beregningerne, er – på nær Odense å – baseret på punktprøvetagning til bestemmelse af fosforkoncentration. Typisk 18-24 enkeltprøver pr. år. Det er velkendt, at fosfortransporten hermed generelt underestimeres i større eller mindre grad. Samtidig er den anvendte model for udledning af fosfor fra diffuse kilder imidlertid baseret på data fra mindre vandløbsoplande med intensiv prøvetagning til bestemmelse af koncentration og beregning af 'sand' fosfortransport.

Helt overordnet findes – ligesom for kvælstof – en markant overestimering af fosfor i vandløb vest for israndslinjen i Jylland. De årlige samlede målte fosfortransporter fra det øvrige del af landet er generelt mindre end de simulerede. Typisk omkring 0,1 kg P/ha, (figur 3). Denne forskel kan helt eller delvist måske forklares ved at de målte transporter er baseret på enkeltprøver, mens

modellen er udviklet på baggrund af målestationer med intensiv, kontinuert prøvetagning.

For langt de fleste af de enkelte 119 kystnære målestationer ('havbelastnings-stationer') simuleres fosforkoncentration og -transport betydeligt dårligere end kvælstofkoncentration og -transport. Enkelte udvalgte eksempler er vist i Windolf m.fl. (2010 b).



Figur 3. Målte og modellerede arealspecifikke årlige fosfortransporter fra de samlede målte oplande fordelt på Georegion 3 (vest for israndslinjen i Jylland) og øvrige Georegioner. 1990-2009. Efter Windolf et al. (2010, b).

Bilag 2
Kort beskrivelse af normaliseringsmetode.

De anvendte metoder er beskrevet i Helcom (2011) og de viste bokse er taget herfra.

Box 1. Flow normalization of waterborne loads

Variation in river discharge (runoff) is in most cases the main cause for variations in the loads of nitrogen and phosphorus, which means that loads cannot be compared without evening out differences in riverine discharges between years. Riverine flow is closely related to variations in precipitation and also temperature. Flow normalization of riverine loads of nutrients to the sea was carried out by the Baltic Nest Institute (BNI Stockholm) to smooth out variations in annual loads caused by hydrology (runoff). Flow normalization allows for a more correct evaluation of progress in load reduction measures. Other climatic factors can also be included in the normalization, but this would make the procedure much more complicated and these factors are less important to variation in loads of nitrogen and phosphorus than variation in flow (precipitation).

The observed riverine loads of nitrogen and phosphorus were log-normalized by conducting a regression between the log value of riverine loads and discharges, giving slope (b) and intercept (a), for observational data from 1994 to 2008. The log average flow for 1994 to 2008 ($q_{average}$) was thereafter entered into the regression equation and was divided with the same regression equation, but using the log discharge observed for a particular year (q_{year}), thus obtaining a ratio; see the equation below.

$$L_{normalized_year} = L_{year} \cdot \frac{a + b \cdot q_{average}}{a + b \cdot q_{year}}$$

Where L = Load of N or P, a = intercept, b = slope, q = water discharge. The period used for the average is 1994 – 2008.

The ratio was multiplied by the observed load for a particular year (L_{year}). This procedure follows the recommendations outlined by Silgram and Schoumans (2004). An example is show in **Figure 5-6**. The results of these normalization calculations for each country and sub-basin are presented in **Annex 2**.

Figure 5-6 An example of the flow-normalization calculation using the EUROHARP* method, here for nutrient loads from Poland to the Baltic Proper (PL_BP). The bottom left figure shows the log relation between riverine discharges and the inputs of total nitrogen and total phosphorus to calculate the slope (b) and intercept (a). In the bottom right figure, solid lines indicate observed riverine load data and the dotted lines the normalized load data.

PL_BALTIC PROPER	Runoff	TN	TP	TN NORM	TP NORM	Runoff	TN	TP
Year	km³	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	LOG	LOG	LOG
1994	61.58	264,763	13,168	262,643	13,060	1.79	5.42	4.12
1995	59.42	219,202	14,145	227,504	14,709	1.77	5.34	4.15
1996	64.67	262,730	13,331	244,898	12,403	1.81	5.42	4.12
1997	70.54	220,207	16,793	184,550	13,916	1.85	5.34	4.23
1998	76.69	277,350	16,695	208,907	12,431	1.88	5.44	4.22
1999	74.00	221,211	14,685	174,875	11,479	1.87	5.34	4.17
2000	66.49	190,811	12,493	172,204	11,222	1.82	5.28	4.10
2001	68.83	203,597	13,561	176,030s	11,643	1.84	5.31	4.13
2002	71.88	251,566	12,915	205,609	10,505	1.86	5.40	4.11
2003	46.43	135,845	8,409	191,675	12,048	1.67	5.13	3.92
2004	48.29	156,580	9,689	210,845	13,230	1.68	5.19	3.99
2005	51.02	145,415	8,850	182,251	11,194	1.71	5.16	3.95
2006	51.96	151,684	10,164	185,908	12,590	1.72	5.18	4.01
2007	56.92	178,269	9,846	195,144	10,808	1.76	5.25	3.99
2008	49.21	143,576	8,092	188,331	10,709	1.69	5.16	3.91

* The EUROHARP project developed European harmonised procedures for quantification of nutrient losses from diffuse sources

Kort beskrivelse af trendanalysemetode

Box 2. Trend analysis

Trend analyses of the annual time series of waterborne nutrient loads were carried out using Kendall's trend test and Kendall's seasonal trend test using the Contacting Parties as "seasons". These tests are robust non-parametric statistical tests for monotonic trends. They are robust towards non-normality (i.e., non-Gaussian data).

The test was introduced by Hirsch et al. (1982) and Hirsch and Slack (1984) and has become a very popular and effective method for trend analysis of water quality data. The statistical trend method can analyze both seasonal (e.g., monthly) and annual data. It provides a trend statistic together with the statistical significance (a P-value) and an estimate of the annual increase or decrease in nutrient loads. The slopes (size of the trend) are estimated by the Sen-Theil estimator (Hirsch et al. 1982).

Furthermore, by using the modified Van Belle and Hughes (1984) test for homogeneity, a homogeneity test of the separate country or sub-basin trend test can be performed to evaluate if the trends are comparable between the countries or sub-basins (when P is less than 0.05, there is a high possibility that trends between countries or sub-basins are not coherent).

The values in a time series of, e.g., loads are only significant decreasing (negative estimated slope) or increasing (positive estimated slope) when the P-value is equal to or less than 0.05 (i.e., the probability that the trend is statistically valid is equal to or more than 95%).

Bilag 3

Tabeller med stofbelastning via vandløb og direkte udledninger, kildeopsplitning, hvilke fraktrioner kvælstof og fosfor tilføres på m.v.

Tabel A-1.1: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløb og direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 1: Nordsøen.

År	Ferskvand	Total N		Total P		Organisk stof	
	mio. km^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	4.720	25.600	2.000	1100	400		
1991	4.170	21.400	1.800	920	320		
1992	4.450	25.700	1.700	770	160		
1993	4.490	22.800	920	690	68		
1994	5.980	30.000	870	920	74	13.600	1.300
1995	5.170	22.800	710	670	37	10.100	1.000
1996	2.820	12.000	470	400	37	4.100	520
1997	3.050	12.600	450	390	26	4.800	600
1998	4.940	21.700	320	660	32	2.400	500
1999	5.860	24.700	400	780	28	8.500	180
2000	5.500	22.400	460	710	29	6.500	410
2001	4.740	17.400	250	613	17	6.500	380
2002	5.520	20.400	200	670	20	7.700	170
2003	3.400	10.900	180	390	14	4.500	100
2004	4.940	18.500	190	620	14	6.100	110
2005	4.380	15.000	190	510	15	5.400	110
2006	4.720	17.300	190	550	15	5.700	160
2007	5.950	21.500	190	640	15	8.100	140
2008	5.450	18.900	180	660	15	5.400	150
2009	4.280	13.500	160	530	12	4.100	40
2010	4.430	13.100	150	540	13	5.000	130

Tabel A-1.2: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløb og direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 2: Skagerrak.

År	Ferskvand	Total N		Total P		Organisk stof	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	270	2.300	420	160	63		
1991	230	2.100	570	180	100		
1992	230	2.200	430	120	54		
1993	210	1.700	270	90	43		
1994	380	2.800	320	140	53	6.700	4.500
1995	290	2.000	360	120	60	4.400	2.900
1996	200	1.200	110	55	14	1.500	630
1997	190	1.200	130	53	15	1.500	790
1998	330	2.200	120	68	17	1.800	730
1999	440	2.400	100	110	14	2.400	730
2000	420	2.100	76	93	11	2.200	440
2001	370	1.800	68	75	7	1.500	340
2002	390	1.900	73	78	8	1.400	390
2003	280	1.200	42	56	6	850	220
2004	320	1.600	57	63	5	900	230
2005	260	1.200	86	62	6	740	65
2006	400	2.000	71	94	5	980	68
2007	380	1.500	56	69	4	910	67
2008	320	1.300	39	60	3	620	40
2009	270	1.100	21	49	2	500	7
2010	300	1.200	84	69	5	820	70

Tabel A-1.3: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløb og direkte udledninger 1990-2010 for farvandsområde 3: Kattegat.

År	Ferskvand	Total N		Total P		Organisk stof	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	4.600	30.700	2.200	1.300	330		
1991	4.000	26.300	1.900	1.000	250		
1992	4.000	27.800	2.100	1.000	250		
1993	4.100	26.700	1.500	910	190		
1994	6.200	39.400	1.500	1.300	200	21.700	8.300
1995	5.100	29.400	1.200	960	140	15.100	4.100
1996	3.100	16.100	960	620	110	10.200	2.800
1997	3.200	16.600	840	610	90	11.300	3.300
1998	4.800	26.200	820	880	100	14.100	3.100
1999	5.900	31.700	730	1.000	77	16.300	2.300
2000	5.900	31.000	730	1.030	78	12.800	1.600
2001	5.100	24.200	670	850	57	12.700	1.500
2002	6.000	29.800	700	980	54	12.600	1.200
2003	4.000	17.900	500	640	49	8.400	790
2004	4.900	23.100	560	770	49	8.200	940
2005	4.200	18.900	630	640	49	7.600	1.200
2006	5.000	24.000	630	840	53	7.900	840
2007	5.900	27.200	640	890	58	8.600	710
2008	5.100	23.500	510	770	43	6.900	450
2009	4.200	18.200	490	640	39	5.600	270
2010	4.700	19.100	600	710	42	8.000	870

Tabel A-1.4: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløb og direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 4: Nordlige Bælthav.

År	**Ferskvand**	**Total N**		**Total P**		**Organisk stof**	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	830	8.400	810	390	87		
1991	710	6.800	740	280	58		
1992	690	7.200	620	250	54		
1993	930	8.800	454	290	35		
1994	1.400	11.200	460	390	53	2.900	400
1995	940	7.300	450	250	39	2.600	270
1996	380	2.900	400	130	31	1.600	620
1997	450	3.300	390	130	27	1.800	530
1998	970	7.500	370	230	18	2.800	500
1999	1.200	8.700	370	270	26	2.800	490
2000	920	6.300	360	200	21	2.200	490
2001	810	4.900	350	180	24	2.300	440
2002	1.150	7.200	380	240	24	2.600	470
2003	480	2.700	380	110	20	1.800	490
2004	870	5.400	280	180	16	2.100	440
2005	750	4.300	180	150	14	1.900	430
2006	810	4.700	190	160	14	2.200	370
2007	1.200	6.700	200	230	15	2.400	380
2008	890	4.700	180	170	12	1.800	390
2009	610	3.100	160	120	9	1.200	300
2010	920	4.200	210	10	11	2.000	320

Tabel A-1.5: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløb og direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 5: Lillebælt.

År	**Ferskvand**	**Total N**		**Total P**		**Organisk stof**	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	1.300	11.400	1.700	750	370		
1991	1.000	9.100	1.100	590	270		
1992	1.100	10.100	870	500	190		
1993	1.300	10.000	560	370	93		
1994	1.800	13.500	600	460	85	5.800	2.300
1995	1.400	9.900	470	350	72	3.500	590
1996	680	4.000	390	200	59	2.000	810
1997	720	4.300	330	190	42	2.000	710
1998	1.500	9.800	420	360	47	3.400	700
1999	1.600	10.000	410	360	57	3.100	760
2000	1.200	7.300	300	270	40	3.000	650
2001	1.100	6.000	310	260	45	2.400	650
2002	1.600	9.100	350	350	44	3.000	640
2003	780	3.500	270	180	40	1.700	560
2004	1.300	7.100	270	290	39	2.500	550
2005	1.200	6.000	280	240	41	2.700	510
2006	1.200	6.200	290	240	42	2.900	360
2007	1.700	8.500	310	320	43	3.500	370
2008	1.400	6.800	220	300	44	2.300	280
2009	1.000	4.800	320	230	44	1.700	360
2010	1.300	5.300	280	260	37	2.531	330

Tabel A-1.6: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløb og direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 6: Storebælt.

År	Ferskvand	Total N		Total P		Organisk stof	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	1.100	12.200	1.400	710	260		
1991	1.200	12.200	1.200	600	190		
1992	1.100	11.500	1.100	520	170		
1993	1.600	15.100	790	530	110		
1994	2.040	17.800	670	530	86	12.800	7.400
1995	1.300	11.300	520	330	62	6.500	4.600
1996	400	3.000	500	190	56	6.200	5.300
1997	480	3.700	450	200	55	8.000	6.800
1998	1.400	11.100	470	360	63	10.500	7.800
1999	1.500	11.200	430	350	56	10.400	7.900
2000	1.100	7.800	400	280	52	7.200	4.300
2001	1.100	6.800	340	282	45	5.700	3.700
2002	1.600	11.200	380	390	55	8.700	6.000
2003	570	3.400	340	170	49	5.200	4.200
2004	1.020	6.700	330	250	45	3.700	1.800
2005	960	6.300	340	220	43	3.300	1.400
2006	1.130	7.000	340	260	44	3.300	1.300
2007	1.690	10.200	350	330	45	4.800	1.300
2008	1.060	6.200	440	240	55	3.600	2.000
2009	830	4.800	410	210	49	3.000	1.700
2010	1.500	7.800	320	320	43	4.000	1.200

Tabel A-1.7: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløb og direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 7: Øresund.

År	Ferskvand	Total N		Total P		Organisk stof	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	290	7.300	5.300	1.600	1.400		
1991	360	7.100	4.800	1.300	1.100		
1992	260	6.200	4.300	1.000	910		
1993	410	7.000	4.200	1.000	860		
1994	550	7.400	4.200	1.000	840	9500	8.500
1995	380	6.000	3.900	710	590	5.500	4.800
1996	150	3.200	2.500	470	410	3.400	3.000
1997	180	2.500	1.500	370	290	2.400	2.000
1998	430	3.500	1.300	310	180	2.200	1.400
1999	440	3.000	1.000	260	150	1.700	940
2000	330	2.300	930	230	140	1.300	710
2001	300	2.000	830	210	130	1.300	670
2002	500	3.200	920	300	160	1.800	820
2003	240	1.600	750	190	110	1.300	760
2004	330	2.100	770	200	110	1.500	820
2005	280	1.900	800	200	110	1.400	820
2006	340	2.400	920	220	120	1.800	970
2007	610	3.200	1.100	280	130	2.200	880
2008	360	2.100	830	260	160	1.500	830
2009	280	2.100	1.100	350	270	1.500	830
2010	400	2.100	700	250	152	1.600	730

Tabel A-1.8: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,O via vandløbog direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 8: Sydlige Bælthav.

År	**Fersk-vand**	**Total N**		**Total P**		**Organisk stof**	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	73	810	32	32	11		
1991	74	750	29	27	7		
1992	68	900	30	22	6		
1993	100	1100	34	29	5		
1994	115	1100	14	28	3	220	20
1995	74	710	11	18	2	140	17
1996	28	230	11	12	2	130	32
1997	34	310	8	10	1	50	11
1998	83	800	9	19	1	150	10
1999	80	690	10	16	1	300	13
2000	67	580	9	16	2	260	16
2001	72	530	7	17	1	130	8
2002	120	950	10	25	1	130	10
2003	30	190	7	9	1	77	9
2004	62	570	7	13	1	120	8
2005	61	520	7	12	1	110	7
2006	79	610	8	15	1	140	14
2007	88	700	9	17	2	110	14
2008	57	400	12	14	2	110	11
2009	37	280	12	8	1	60	11
2010	46	290	8	9	1	70	4

Tabel A-1.9: Årlig tilførsel fra Danmark af ferskvand og N,P,via vandløb og. direkte udledninger 1990-2010til farvandsområde 9: Østersøen.

År	Ferskvand	Total N		Total P		Organisk stof	
	mio. m^3	Samlet Tilførsel Tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons	Samlet tilførsel tons	Heraf direkte udledninger tons
1990	200	2.200	420	150	94		
1991	290	2.800	440	140	79		
1992	240	2.700	550	170	120		
1993	360	3.300	370	150	80		
1994	450	3.900	300	110	58	2.600	1.600
1995	259	2.300	250	97	49	1.700	1.200
1996	190	1.200	110	60	23	770	390
1997	170	1.300	84	48	14	640	250
1998	420	3.000	90	87	11	880	150
1999	370	2.600	80	74	11	810	260
2000	230	1.600	73	48	10	810	160
2001	280	1.700	68	58	8	620	100
2002	420	2.700	69	81	7	580	110
2003	160	960	50	36	6	420	83
2004	300	1.800	60	59	9	530	77
2005	240	1.500	73	52	13	450	72
2006	260	1.400	57	53	9	530	39
2007	360	2.100	41	68	6	610	38
2008	260	1.400	30	49	5	280	35
2009	210	1.100	27	38	4	260	28
2010	380	2.100	36	69	4	600	36

Tabel A-2.1:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Nordsøen opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	23,9	82,5	9,8	7,7
1991	26,5	81,1	10,4	8,5
1992	23,5	85,3	8,2	6,5
1993	24,6	77,5	8,5	4,0
1994	19,3	90,4	6,5	2,9
1995	26,2	79,1	7,8	3,1
1996	22,7	83,8	12,3	3,9
1997	23,1	84,9	11,5	3,6
1998	24,8	91,2	7,3	1,5
1999	21,2	92,1	6,3	1,6
2000	21,3	91,3	6,6	2,0
2001	24,4	90,8	7,8	1,4
2002	22,8	92,2	6,8	1,0
2003	29,7	87,2	11,1	1,7
2004	23,4	93,7	5,3	1,0
2005	25,2	92,0	6,7	1,3
2006	24,4	93,9	6,0	1,1
2007	24,1	94,2	4,9	0,9
2008	23,7	93,9	5,2	0,9
2009	26,0	93,2	5,6	1,2
2010	30,0	93,0	5,9	1,1

Tabel A-2.2:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Skagerrak opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	15,7	75,4	6,5	18,1
1991	18,7	75,0	7,5	27,5
1992	16,8	73,3	6,9	19,8
1993	19,6	78,5	5,3	16,2
1994	11,7	83,4	3,0	11,6
1995	18,8	78,9	3,7	17,4
1996	12,5	85,3	5,5	9,2
1997	13,8	84,0	4,8	11,2
1998	14,4	91,6	2,9	5,5
1999	12,1	84,8	3,0	4,1
2000	12,1	93,0	3,3	3,7
2001	13,8	81,9	4,2	3,9
2002	14,0	91,8	4,2	4,0
2003	15,7	91,3	5,3	3,4
2004	15,4	92,5	3,8	3,7
2005	17,6	88,4	4,5	7,1
2006	12,4	93,8	2,6	3,6
2007	18,8	93,3	3,0	3,7
2008	18,0	93,2	3,8	3,0
2009	17,5	93,9	4,1	2,0
2010	20,6	89,8	3,2	7,0

Tabel A-2.3:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Kattegat opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	27,4	83,0	9,7	7,3
1991	28,4	82,3	10,4	7,3
1992	29,1	84,1	8,4	7,7
1993	28,7	86,7	7,6	5,7
1994	22,4	90,6	5,6	3,8
1995	28,5	89,4	6,7	3,9
1996	25,5	83,8	10,2	6,0
1997	26,5	86,1	8,9	5,0
1998	27,6	90,6	6,3	3,1
1999	23,7	93,8	4,9	2,3
2000	23,1	93,3	4,3	2,4
2001	25,2	91,6	5,6	2,8
2002	23,4	93,1	4,7	2,4
2003	27,1	91,1	6,3	2,8
2004	26,2	92,9	4,6	2,4
2005	28,2	91,0	5,7	3,3
2006	25,2	93,2	4,1	2,6
2007	26,5	93,9	3,8	2,3
2008	26,5	93,9	3,9	2,2
2009	27,2	92,7	4,6	2,7
2010	29,3	92,3	4,6	3,1

Tabel A-2.4:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Nordlige Bælthav opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	14,8	78,2	12,2	9,6
1991	16,7	74,8	14,4	10,8
1992	16,2	79,9	11,5	8,6
1993	13,6	86,3	7,5	5,2
1994	11,3	90,8	5,1	4,1
1995	17,2	86,6	7,2	6,2
1996	18,8	72,2	14,1	13,7
1997	18,1	75,7	12,4	11,9
1998	14,7	89,0	6,1	4,9
1999	12,8	89,8	5,9	4,3
2000	15,4	87,7	6,5	5,8
2001	17,6	85,2	7,6	7,2
2002	13,9	88,9	5,9	5,2
2003	24,9	85,7	10,5	13,8
2004	16,5	89,1	5,8	5,1
2005	18,1	87,5	8,2	4,3
2006	18,0	88,2	7,7	4,1
2007	16,3	91,2	5,7	3,1
2008	18,8	89,2	7,1	3,7
2009	22,0	84,9	9,8	5,3
2010	20,4	86,5	8,6	4,9

Tabel A-2.5:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Lillebælt opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	13,9	74,2	10,8	15,0
1991	15,4	84,0	13,4	12,6
1992	14,3	82,4	10,9	8,7
1993	14,2	88,6	5,8	5,6
1994	11,3	91,2	4,4	4,4
1995	15,2	89,8	5,5	4,7
1996	17,1	80,1	10,1	9,8
1997	16,7	83,7	8,7	7,6
1998	13,5	91,5	4,3	4,2
1999	13,1	91,6	4,2	4,2
2000	15,2	90,8	5,0	4,2
2001	16,4	89,1	5,7	5,2
2002	13,3	92,1	4,0	3,9
2003	21,2	84,9	7,3	7,8
2004	14,8	92,3	3,9	3,8
2005	15,7	90,1	5,1	4,8
2006	16,2	90,2	5,1	4,7
2007	15,0	92,4	4,0	3,6
2008	15,8	91,9	4,8	3,3
2009	18,4	87,2	6,0	6,8
2010	18,5	89,1	5,6	5,3

Tabel A-2.6:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Storebælt opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	24,4	79,2	9,4	11,4
1991	24,1	80,9	8,9	10,2
1992	25,1	81,4	8,7	9,9
1993	20,0	89,4	5,4	5,2
1994	18,6	92,0	4,2	3,8
1995	26,6	90,1	5,3	4,6
1996	33,6	66,6	16,6	16,8
1997	30,6	85,8	11,9	12,3
1998	23,1	91,3	4,5	4,2
1999	22,7	91,9	4,3	3,8
2000	27,1	89,0	5,8	5,2
2001	28,0	88,0	7,0	5,0
2002	21,8	92,0	4,6	3,4
2003	37,7	80,0	10,2	9,9
2004	27,6	90,6	5,5	4,9
2005	27,9	88,3	6,3	5,4
2006	26,8	89,6	5,7	4,8
2007	25,1	91,5	5,1	3,4
2008	31,1	86,8	6,0	7,2
2009	32,0	84,1	7,4	8,5
2010	26,0	90,5	5,3	4,2

Tabel A-2.7:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Øresund opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	28,1	18,7	9,3	72,1
1991	25,3	22,0	10,6	67,4
1992	29,6	20,5	9,9	69,6
1993	22,5	31,3	7,9	60,7
1994	21,1	35,5	7,2	57,3
1995	29,6	36,9	8,3	64,8
1996	32,8	12,1	10,4	77,5
1997	28,5	22,7	15,8	61,5
1998	26,6	53,9	9,8	36,3
1999	28,0	56,5	9,1	34,4
2000	32,3	47,7	11,7	40,6
2001	34,0	46,2	12,5	41,3
2002	23,3	60,2	11,2	28,6
2003	35,5	36,6	17,8	45,6
2004	31,3	50,0	13,4	36,6
2005	33,0	44,0	14,2	41,8
2006	28,8	50,4	11,2	38,4
2007	27,0	59,2	8,1	32,7
2008	33,6	49,0	11,2	39,8
2009	34,5	35,9	11,0	53,1
2010	31,8	54,3	11,7	34,0

Tabel A-2.8:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Sydlige Bælthav opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	23,2	89,5	6,5	4,0
1991	23,6	90,0	6,2	3,8
1992	21,1	92,7	4,0	3,4
1993	16,9	94,2	2,8	3,0
1994	15,8	95,8	2,9	1,3
1995	26,5	95,7	3,6	1,6
1996	31,7	82,7	12,4	4,9
1997	26,9	88,8	8,4	2,8
1998	22,4	95,2	3,6	1,2
1999	23,0	88,8	10,7	1,5
2000	24,0	94,4	4,0	1,6
2001	25,4	94,6	4,0	1,4
2002	16,2	96,7	2,2	1,1
2003	44,9	84,8	11,3	3,9
2004	23,5	95,3	3,5	1,2
2005	23,4	95,0	3,7	1,3
2006	23,1	95,0	3,7	1,3
2007	24,3	94,9	3,8	1,3
2008	33,1	92,4	4,6	3,0
2009	36,7	89,3	6,5	4,2
2010	40,8	93,0	5,3	2,7

Tabel A-2.9:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total kvælstof via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Østersøen opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	17,2	77,4	3,4	19,2
1991	13,0	81,1	3,1	15,8
1992	14,5	77,2	2,3	20,5
1993	11,0	86,3	2,5	11,2
1994	8,6	90,8	1,6	7,6
1995	16,1	87,8	2,5	10,7
1996	12,7	86,3	4,9	8,8
1997	12,9	88,9	4,4	6,7
1998	11,1	94,6	2,4	3,0
1999	11,4	94,9	2,0	3,1
2000	15,9	91,9	3,5	4,6
2001	14,6	92,5	3,4	4,1
2002	10,2	95,3	2,1	2,6
2003	19,9	90,1	4,7	5,2
2004	13,9	94,3	2,4	3,3
2005	14,9	92,2	3,0	4,9
2006	16,4	93,0	3,1	3,9
2007	14,0	96,0	2,1	1,9
2008	16,8	95,3	2,6	2,1
2009	17,6	94,5	3,1	2,4
2010	12,9	95,9	2,3	1,8

Tabel A-3.1:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Nordsøen opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	6,9	30,2	34,2	35,6
1991	5,9	33,3	32,1	34,6
1992	-1,2	44,9	34,5	20,6
1993	3,2	60,4	29,7	9,9
1994	3,0	68,0	23,9	8,1
1995	4,6	66,4	28,1	5,5
1996	0,6	52,0	38,6	9,4
1997	2,9	56,2	36,9	6,9
1998	4,8	71,1	23,9	5,0
1999	7,7	76,6	20,8	3,6
2000	3,0	73,7	22,1	4,2
2001	5,0	73,8	23,3	2,9
2002	7,5	75,1	21,8	3,1
2003	4,7	65,4	31,0	3,6
2004	5,8	80,4	17,2	2,4
2005	5,1	74,9	22,1	3,0
2006	6,0	75,5	21,7	2,8
2007	8,6	78,0	19,6	2,4
2008	5,0	80,1	17,6	2,3
2009	3,4	78,8	18,9	2,3
2010	6,5	79,9	17,5	2,6

Tabel A-3.2:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Skagerrak opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	0,3	28,9	30,9	40,2
1991	0,6	16,1	27,4	56,5
1992	0,1	22,0	33,8	44,2
1993	2,4	34,5	18,0	47,5
1994	2,2	52,6	9,7	37,7
1995	2,1	40,7	8,8	50,5
1996	0,0	57,7	15,6	26,7
1997	0,1	58,2	13,1	28,7
1998	1,5	62,1	12,9	25,0
1999	1,1	78,3	8,8	12,9
2000	0,7	78,0	9,7	12,3
2001	0,3	77,8	11,7	10,5
2002	2,5	76,1	13,2	10,7
2003	0,0	70,3	18,5	11,2
2004	1,7	76,9	15,0	8,1
2005	1,0	75,3	14,1	10,6
2006	0,9	85,4	8,7	5,9
2007	2,7	82,9	10,7	6,4
2008	1,1	83,5	10,0	6,4
2009	0,2	85,1	9,7	5,1
2010	1,2	85,1	6,4	8,5

Tabel A-3.3:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Kattegat opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antro-pogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	15,9	29,8	44,8	25,4
1991	12,5	37,2	39,7	23,1
1992	-4,1	44,1	30,4	25,5
1993	3,7	49,9	28,9	21,1
1994	1,2	63,4	21,2	15,4
1995	6,7	60,9	24,9	14,2
1996	1,5	52,3	30,1	17,6
1997	6,9	55,8	29,0	15,2
1998	9,7	65,5	23,2	11,4
1999	16,6	73,0	19,3	7,7
2000	5,2	76,2	16,2	7,6
2001	12,0	75,3	18,0	6,8
2002	11,3	76,8	17,7	5,5
2003	10,4	69,6	22,7	7,7
2004	11,7	75,7	17,9	6,4
2005	11,4	71,2	21,1	7,7
2006	10,7	78,2	15,5	6,3
2007	15,1	78,5	15,0	6,5
2008	12,6	78,5	16,0	5,5
2009	10,1	77,2	16,7	6,1
2010	13,7	78,3	15,8	5,9

Tabel A-3.4:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Nordlige Bælthav opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 % Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	8,2	31,0	46,4	22,6
1991	7,1	37,3	41,2	20,5
1992	-2,2	37,9	40,1	22,0
1993	1,9	57,3	30,5	12,2
1994	1,0	67,1	19,3	13,6
1995	4,3	59,2	24,9	15,9
1996	1,1	40,2	36,4	23,4
1997	4,9	42,8	36,9	20,3
1998	5,6	69,0	23,0	8,0
1999	9,9	69,8	20,8	9,4
2000	4,3	69,0	20,0	11,0
2001	9,1	65,6	21,0	13,4
2002	7,6	72,0	18,3	9,7
2003	9,9	56,3	25,7	18,0
2004	8,1	74,5	16,5	9,0
2005	7,9	72,5	22,1	9,4
2006	9,1	68,8	22,2	9,0
2007	9,5	77,5	16,2	6,3
2008	8,8	72,7	22,2	7,1
2009	8,1	64,4	28,0	7,6
2010	8,7	75,5	18,6	5,9

Tabel A-3.5:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Lillebælt opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antro-pogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	3,9	35,8	24,8	49,4
1991	3,2	25,6	28,2	46,2
1992	-0,7	31,9	30,1	38,0
1993	1,6	53,7	21,4	24,9
1994	1,3	63,9	17,8	18,3
1995	2,5	58,7	20,9	20,4
1996	0,4	47,9	23,4	28,7
1997	2,1	53,3	24,3	22,4
1998	2,6	71,1	15,8	13,1
1999	5,3	68,9	15,1	16,0
2000	2,2	68,4	17,0	14,6
2001	3,9	65,7	17,3	17,0
2002	4,1	73,9	13,5	12,6
2003	3,8	61,3	16,3	22,4
2004	3,7	75,5	11,0	13,5
2005	3,4	68,5	14,4	17,1
2006	4,7	66,5	15,6	17,9
2007	5,3	74,0	12,5	13,5
2008	3,7	71,8	13,4	14,8
2009	3,0	66,2	14,6	19,2
2010	4,4	71,8	13,9	14,3

Tabel A-3.6:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Storebælt opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	9,5	22,5	40,7	36,8
1991	6,9	30,3	37,4	32,3
1992	-2,2	31,8	35,4	32,8
1993	1,5	52,2	27,6	20,2
1994	0,5	60,5	23,1	16,4
1995	5,1	52,6	28,5	18,9
1996	1,4	31,4	39,6	29,0
1997	6,3	38,9	33,6	27,5
1998	6,6	61,9	20,6	17,5
1999	13,9	64,4	19,4	16,2
2000	5,4	56,4	24,6	19,0
2001	10,3	61,2	23,0	15,8
2002	8,0	67,1	18,8	14,1
2003	12,7	41,8	29,6	28,6
2004	10,7	61,5	20,5	18,0
2005	9,6	57,5	23,4	19,1
2006	9,8	54,0	19,2	16,8
2007	11,1	70,1	16,2	13,7
2008	12,2	56,8	20,4	22,8
2009	9,5	53,1	23,4	23,4
2010	8,7	69,4	16,9	13,7

Tabel A-3.7:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Øresund opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i fersk-vand i % af brutto tilførsel via vand-løb**	**Baggrund %**	**Diffus an-tropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	16,5	1,0	2,2	9,7	88,1
1991	11,1	1,2	3,5	11,6	84,9
1992	-4,4	1,4	2,3	11,1	86,5
1993	3,1	1,4	5,7	10,1	84,2
1994	1,1	2,4	8,4	9,2	82,4
1995	8,6	2,6	6,2	10,9	82,9
1996	2,4	2,1	2,7	10,7	86,6
1997	9,0	2,0	3,9	17,3	78,8
1998	11,4	4,8	20,8	20,8	58,4
1999	24,5	8,2	24,1	19,0	56,9
2000	10,2	5,8	19,5	20,2	60,3
2001	20,6	7,2	20,8	18,3	60,9
2002	14,0	6,8	26,9	19,9	53,2
2003	14,9	6,0	15,2	27,4	57,4
2004	16,5	8,7	23,2	23,5	53,3
2005	15,0	6,5	20,0	23,2	56,8
2006	16,3	8,2	23,6	20,9	56,5
2007	16,0	6,9	36,2	16,0	47,8
2008	17,5	6,5	19,6	16,7	63,7
2009	14,0	4,3	11,3	11,1	77,6
2010	15,8	5,9	25,1	17,3	57,6

Tabel A-3.8:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Sydlige Bælthav opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 % Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	1,1	28,5	38,5	33,0
1991	0,8	38,7	35,2	26,1
1992	-0,2	38,7	34,1	27,2
1993	0,3	54,3	26,8	18,9
1994	0,3	64,7	25,7	9,6
1995	0,7	57,9	32,6	9,5
1996	0,1	34,7	51,6	13,7
1997	0,5	36,3	54,0	9,7
1998	0,7	61,6	32,1	6,3
1999	1,7	59,5	33,1	7,4
2000	0,6	63,0	27,4	9,6
2001	0,8	61,7	21,9	6,4
2002	0,8	82,6	13,6	3,8
2003	1,0	50,3	42,7	7,0
2004	1,2	70,2	24,8	5,0
2005	1,0	71,1	23,1	5,8
2006	2,6	70,7	19,2	10,1
2007	3,6	68,7	17,8	13,5
2008	3,2	1,0	82,0	17,0
2009	3,7	49,5	35,1	15,4
2010	4,4	60,9	31,4	7,7

Tabel A-3.9:
Kildeopsplitning af de samlede tilførsler af total fosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til Østersøen opdelt i diffust bidrag (baggrundsbidrag, landbrug, spredt bebyggelse m.fl.), punktkilder til ferskvand samt direkte spildevandsudledninger. De tre kategorier tilsammen giver 100 %. Endvidere er angivet hvor stor en procentdel retentionen i overfladevand udgør af brutto tilførslen via vandløb.

År	**Retention i ferskvand i % af brutto tilførsel via vandløb**	**Diffus antropogen %**	**Spildevand Ferskvand %**	**Spildevand direkte %**
1990	2,7	21,1	14,3	64,6
1991	1,8	32,1	10,7	57,2
1992	-0,3	19,6	8,8	71,6
1993	1,1	36,9	11,0	52,1
1994	1,5	50,2	7,9	41,9
1995	2,3	37,4	12,2	50,4
1996	0,1	41,7	20,5	37,8
1997	0,8	49,0	22,5	28,6
1998	1,3	74,5	13,0	12,5
1999	2,9	71,8	13,7	14,5
2000	1,8	60,6	18,6	20,8
2001	1,7	68,6	17,1	14,3
2002	2,4	78,9	12,2	8,9
2003	1,6	59,7	23,7	16,6
2004	2,4	61,2	13,0	15,8
2005	2,0	61,7	14,1	24,2
2006	2,4	67,8	14,9	17,3
2007	3,1	79,2	12,4	8,4
2008	2,3	75,5	14,7	9,8
2009	1,4	71,4	18,8	9,8
2010	1,7	84,0	10,9	5,1

Tabel A-4.1 Andelen af ammonium og nitrat-nitrit kvælstof af total kvælstof og af opløst fosfor af total fosfor årstilførslen (via vandløb og direkte spildevandsudledninger) til de ni 1. ordens kystafsnit og de danske kystafsnit i alt som gennemsnit for perioderne 1990-1994, 1995-1999, 2000-2004 og 2005-2009. Tal for 2010 fremgår af tabel 2a.

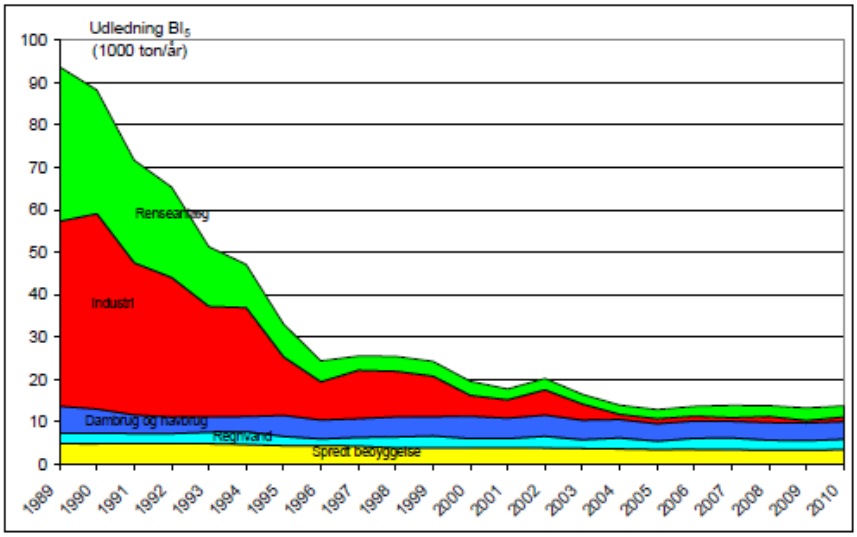
Farvands-område	**1990-94**			**1995-1999**			**2000-04**			**2005-09**		
	NH_4-N (%)	NO_2-N (%)	Opløst-P (%)	NH_4-N (%)	NO_2-N (%)	Opløst-P (%)	NH_4-N (%)	NO_2-N (%)	Opløst-P (%)	NH_4-N (%)	NO_2-N (%)	Opløst-P (%)
Nordsøen	3,0	86,3	36,5	2,8	83,5	28,3	2,7	82,7	27,8	2,4	83,4	23,6
Skagerrak	4,5	85,9	58,4	3,7	83,8	43,3	4,3	81,9	31,9	6,0	78,6	29,2
Kattegat	1,7	84,2	48,6	1,6	81,6	43,4	1,6	82,4	42,2	1,4	82,7	40,9
Nordlige Bælthav	3,1	86,4	42,7	2,4	84,4	40,9	2,0	85,6	41,1	1,8	84,9	40,0
Lillebælt	2,1	86,5	48,4	1,9	84,0	40,2	1,8	84,4	40,3	1,6	83,7	46,4
Storebælt	1,9	88,9	67,3	2,5	87,4	63,3	2,9	86,1	60,7	3,5	83,1	60,6
Øresund	7,1	88,7	66,0	6,5	85,3	63,3	5,2	81,9	59,4	5,2	81,7	59,4
Sydlige Bælthav	1,2	93,0	62,0	1,1	95,6	63,8	0,9	92,1	58,9	1,1	90,4	61,7
Østersøen	1,6	94,6	58,5	0,8	93,8	54,3	0,6	91,7	54,1	0,5	89,7	56,7
Danmark i alt	**2,6**	**86,5**	**53,0**	**2,4**	**84,0**	**45,2**	**2,2**	**83,6**	**42,1**	**2,2**	**83,3**	**41,5**

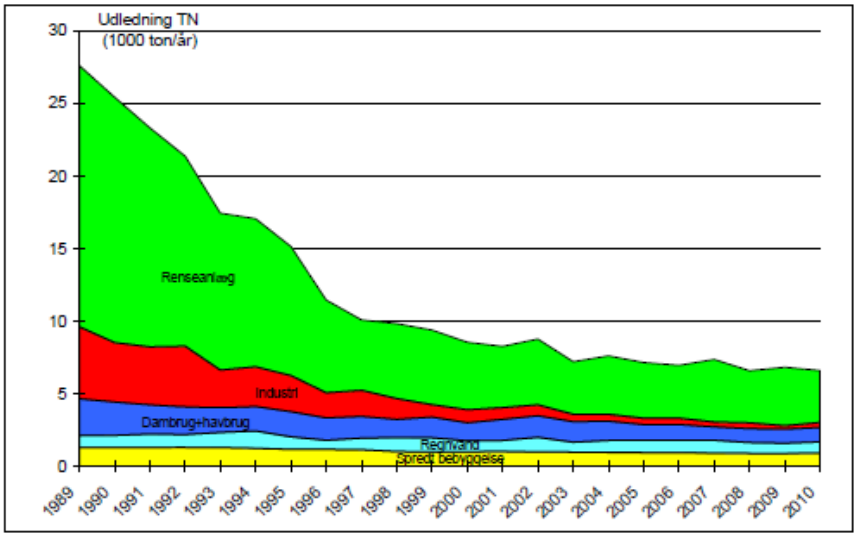
Tabel A-5.1 Sydlige Øresund (farvandsområde 71) andel af ferskvandsafstrømningen og tilførslen af totalkvælstof og totalfosfor via vandløb og direkte spildevandsudledninger til hele Øresund (farvandsområde 7, som består af farvandsområderne 71+72+73) hvert år i perioden 1990-2010

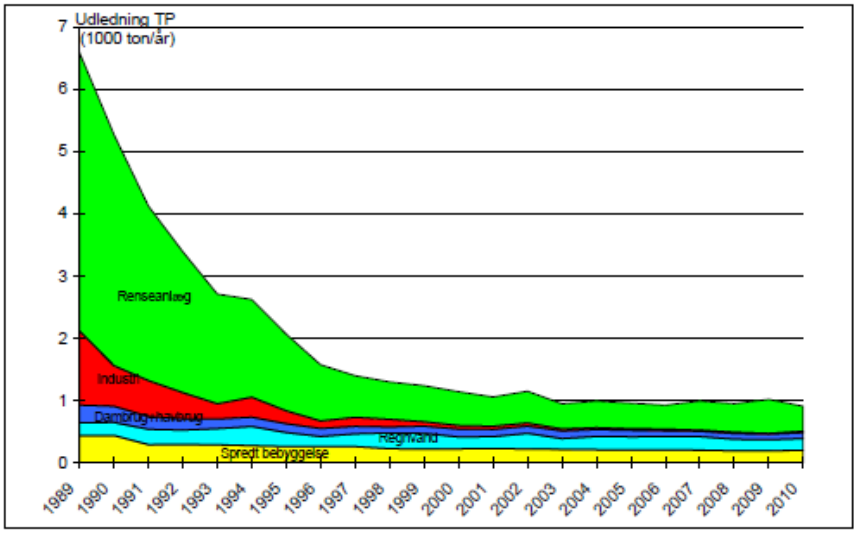
År	Afstrømning %	Total kvælstof %	Total fosfor %
1990	59,9	39,1	24,4
1991	58,8	39,1	26,2
1992	54,4	31,9	25,6
1993	67,2	41,7	25,9
1994	58,1	42,4	27,9
1995	57,1	39,3	23,5
1996	47,5	31,7	20,9
1997	54,2	53,0	29,9
1998	56,6	60,7	44,2
1999	53,1	57,1	33,6
2000	49,7	52,5	38,7
2001	53,0	51,4	38,0
2002	62,5	60,9	39,4
2003	49,7	45,1	35,4
2004	54,0	52,7	39,9
2005	52,4	51,4	39,7
2006	57,1	56,0	41,5
2007	57,6	59,4	44,7
2008	55,8	52,4	38,8
2009	54,4	41,7	19,2
2010	59,0	58,7	37,7

Bilag 4 Udvikling i de samlede spildevandstilførsler (til vandløb og direkte udledninger) i perioden 1989-2010

Figuren nedenfor viser for perioden 1989-2010 udviklingen i de samlede spildevands udledningerne af organisk stof (BI_5), kvælstof og fosfor, idet tallene for 2008 for dambrug og havbrug også er anvendt i 2009 og 2010 (Naturstyrelsen, 2011)


Udledning BI_5
(1000 ton/år)
Renseanlæg
Industri
Dambrug og havbrug
Regnvand
Spredt bebyggelse


Udledning TN
(1000 ton/år)
Renseanlæg
Industri
Dambrug+havbrug
Regnvand
Spredt bebyggelse


Udledning TP
(1000 ton/år)
Renseanlæg
Industri
Dambrug+havbrug
Regnvand
Spredt bebyggelse

Recipient	Rense-anlæg	Industri	Regnbetingede udløb	Spredt bebyggelse	Havbrug og dambrug*	I alt
Udledning i ton pr. år direkte til farvandene						
1. Nordsøen	70	30	10	-	-	110
2. Skagerrak	9	9	1	-	-	19
3. Kattegat	443	158	60	-	-	661
4. N. Bælt	169	3	10	-	-	182
5. Lillebælt	273	5	11	-	-	289
6. Storebælt	202	39	37	-	-	278
7. Øresund	683	37	37	-	-	757
8. S. Bælthav	7	1	1	-	-	9
9. Østersøen	36	-	7	-	-	43
Hele landet	1.892	282	174	0	260	2.608
Udledning i ton pr. år indirekte til farvandene						
1. Nordsøen	320	12	109	118	399	958
2. Skagerrak	31	1	7	18	8	65
3. Kattegat	513	15	166	230	194	1.118
4. N. Bælt	280	0	70	96	-	446
5. Lillebælt	165	1	65	91	72	394
6. Storebælt	239	17	62	221	-	539
7. Øresund	91	8	103	49	-	251
8. S. Bælthav	13	-	2	21	-	36
9. Østersøen	34	2	5	58	-	99
Hele landet	1.686	56	589	902	673	3.906
Direkte og indirekte udledning i ton pr. år til farvandene						
1. Nordsøen	390	42	119	118	399	1.068
2. Skagerrak	40	10	8	18	8	84
3. Kattegat	954	173	226	230	194	1.797
4. N. Bælt	449	3	80	96	-	628
5. Lillebælt	439	6	75	91	72	682
6. Storebælt	441	56	99	221	-	817
7. Øresund	774	45	140	49	-	1.008
8. S. Bælthav	20	1	2	21	-	44
9. Østersøen	70	2	13	58	-	143
Hele landet	3.578	338	762	902	933	6.513

*) Fiskeopdræt er baseret på data for 2008 og der er angivet sumtal for ferskvands- og saltvandsbaseret opdræt.

Tabel A-6.1: Spildevandsudledninger af kvælstof til vandløb (indirekte) og direkte til de ni første ordens marine kystafsnit i 2010 (direkte) fra Naturstyrelsen (2011). I forhold til opgørelserne i dette notat (f.eks. i afsnit 4.1) er der en forskel på hvordan det opgøres, hvad der regnes som direkte spildevandsudledninger.

Recipient	Rense-anlæg	Industri	Regnbetingede udløb	Spredt bebyggelse	Havbrug og dambrug*	I alt
Udledning i ton pr. år direkte til farvandene						
1. Nordsøen	4	6	3	-	-	13
2. Skagerrak	0	1	0	-	-	2
3. Kattegat	35	7	14	-	-	56
4. N. Bælt	7	0	3	-	-	10
5. Lillebælt	35	1	3	-	-	38
6. Storebælt	25	2	9	-	-	36
7. Øresund	144	2	9	-	-	155
8. S. Bælthav	1	0	0	-	-	1
9. Østersøen	4	-	2	-	-	6
Hele landet	255	19	43	0	29	345
Udledning i ton pr. år indirekte til farvandene						
1. Nordsøen	36	1	24	27	35	123
2. Skagerrak	3	-	2	4	1	10
3. Kattegat	46	1	41	52	18	158
4. N. Bælt	13	0	18	22	-	53
5. Lillebælt	12	0	16	20	6	54
6. Storebælt	21	1	16	50	-	88
7. Øresund	9	0	24	11	-	44
8. S. Bælthav	2	-	0	5	-	7
9. Østersøen	4	0	1	13	-	18
Hele landet	146	4	143	204	60	557
Direkte og indirekte udledning i ton pr. år til farvandene						
1. Nordsøen	40	7	27	27	35	136
2. Skagerrak	3	1	2	4	1	11
3. Kattegat	80	8	56	52	18	214
4. N. Bælt	20	0	20	22	-	62
5. Lillebælt	47	1	19	20	6	93
6. Storebælt	46	3	25	50	-	124
7. Øresund	154	2	34	11	-	201
8. S.Bælthav	3	0	1	5	-	9
9. Østersøen	8	0	3	13	-	24
Hele landet	401	22	187	204	89	903

*) Fiskeopdræt er baseret på data for 2008 og der er angivet sumtal for ferskvands- og saltvandsbaseret opdræt.

Tabel A-6.2: Spildevandsudledninger af fosfor til vandløb (indirekte) og direkte til de ni første ordens marine kystafsnit i 2010 (direkte) fra Naturstyrelsen (2011).). I forhold til opgørelserne i dette notat (f.eks. i afsnit 4.1) er der en forskel på hvordan det opgøres, hvad der regnes som direkte spildevandsudledninger.

Recipient	Rense anlæg	Industri	Regnbetingede udløb	Spredt bebyggelse	Havbrug og dambrug*	I alt
Udledning i ton pr. år direkte til farvandene						
1. Nordsøen	38	96	39	-	-	173
2. Skagerrak	9	87	3	-	-	99
3. Kattegat	312	408	203	-	-	923
4. N. Bælt	84	4	37	-	-	125
5. Lillebælt	253	1	34	-	-	288
6. Storebælt	152	300	102	-	-	554
7. Øresund	711	172	133	-	-	1.016
8. S. Bælthav	4	0	2	-	-	6
9. Østersøen	36	-	20	-	-	56
Hele landet	1.599	1.069	573	0	1.611	4.851
Udledning i ton pr. år indirekte til farvandene						
1. Nordsøen	235	13	344	455	-	1.047
2. Skagerrak	22	-	23	70	-	116
3. Kattegat	306	10	521	884	-	1.721
4. N. Bælt	142	-	222	364	-	728
5. Lillebælt	101	4	204	350	-	659
6. Storebælt	161	0	200	854	-	1.215
7. Øresund	41	2	331	189	-	563
8. S. Bælthav	12	0	3	82	-	98
9. Østersøen	26	2	14	225	-	267
Hele landet	1.046	31	1.863	3.472	2.543	8.955
Direkte og indirekte udledning i ton pr. år til farvandene						
1. Nordsøen	273	109	383	455	-	1.220
2. Skagerrak	31	87	26	70	-	214
3. Kattegat	619	418	724	884	-	2.645
4. N. Bælt	225	2	259	364	-	850
5. Lillebælt	354	5	238	350	-	947
6. Storebælt	313	300	302	854	-	1.769
7. Øresund	752	174	464	189	-	1.579
8. S. Bælthav	16	1	5	82	-	104
9. Østersøen	62	2	35	225	-	324
Hele landet	2.645	1.098	2.436	3.472	4.154	13.805

*) Fiskeopdræt er baseret på data for 2008 og der er angivet sumtal for ferskvands- og saltvandsbaseret opdræt.

Tabel A-6.3: Spildevandsudledninger af organisk stof (BI_5) til vandløb (indirekte) og direkte til de ni første ordens marine kystafsnit i 2010 (direkte) fra Naturstyrelsen (2011).). I forhold til opgørelserne i dette notat (f.eks. i afsnit 4.1) er der en forskel på hvordan det opgøres, hvad der regnes som direkte spildevandsudledninger.

Bilag 4: Datablad

Serie titel og nr.: Fagligt notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Titel: Tilførsel af næringsstoffer og organiske stoffer.

Forfattere: Lars M. Svendsen[1)], Jørgen Windolf [2)] og Thomas Ellermann[3)]
Institut: [1)] DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet
[2)] Institut for Bioscience, Aarhus Universitet
[3)] Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL: http://dce.au.dk

År for udgivelse: August 2012
Redaktion afsluttet: 16. januar 2012
Review: Jens Würgler Hansen, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet
Poul Nordemann Jensen, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Finansiering: Naturstyrelsen.

Bedes citeret som: Lars M. Svendsen, Jørgen Windolf og Thomas Ellerman (2012). Tilførsel af næringsstoffer og organiske stoffer. Fagligt notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.89 pp..

Må citeres med kildeangivelse

Sammenfatning: Notat omhandler tilførsler af kvælstof, fosfor og organisk stof via vandløb o og direkte spildevandsudledninger i perioden 1990-2010 til danske marine kystafsnit og atmosfærisk deposition af kvælstof og fosfor på de åbne danske farvande i samme periode. Tilførslerne angives til farvandene under et og til de ni første ordens kystafsnit. For 2010 gives endvidere en række resultater for 2. ordens kystafsnit for bl.a. tilførslerne via vandløb og direkte spildevandsudledninger. Disse deles også op i hvilke form kvælstof (ammonium, nitrat-nitrat og organisk) og fosfor (opløst og partikulært) tilføres på. Tilførslerne via vandløb deles op i diffuse kilder og spildevandsudledninger. Depositionen af kvælstof deles op i tilførsler, der stammer fra emissioner i udlandet og Danmark fra henholdsvis forbrændingsprocesser (NO_x) og landbrug (NH_x). Der er gennemført en statistisk analyse på normaliserede data for mulige udviklingstendenser i perioden 1990-2010 i de diffuse tilførsler, tilførsler via vandløb og de samlede tilførsler via vandløb og direkte spildevandsudledninger til1 ordens marine kystafsnit samt af den atmosfæriske depositionen til de åbne farvande. Hvor der er en signifikant udvikling er ændringer over perioden 1990-2010 beregnet.

Keywords: Havstrategidirektivet, kvælstof, fosfor, ammonium, nitrat, organisk stof, BI_5, kildeopsplitning, tilførsler via vandløb, spildevandsudledninger, diffuse kilder, baggrundsbidrag, landbrug, atmosfærisk deposition, emissioner, udviklingstendens, danske farvande, Nordsøen, Skagerrak, Kattegat, Østersøen

Sideantal: 89

Internet version: Dette notat kan downloades i elektronisk format (pdf) via DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi's hjemmeside
http://dce.au.dk/udgivelser/notater/2012/

Bemærkninger: Dette faglige notat er ét af i alt 18 notater udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi i forbindelsen med en faglig karakterisering af miljøtilstanden i de danske havområder, herunder også en vurdering af påvirkningsfaktorer.