



VANDLØB 2007

NOVANA

Faglig rapport fra DMU nr. 711 2009



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER
AARHUS UNIVERSITET



[Tom side]

VANDLØB 2007

NOVANA

Faglig rapport fra DMU nr. 711 2009

Jens Bøgestrand, redaktør



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER
AARHUS UNIVERSITET



Datablad

Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 711
Titel:	Vandløb 2007
Undertitel:	NOVANA
Forfatter:	Bøgestrand, J. (red.)
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Aarhus Universitet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsesår:	April 2009
Redaktion afsluttet:	Marts 2009
Faglig kommentering:	De statslige miljøcentre
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Bøgestrand, J. (red.) 2009: Vandløb 2007. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 108 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 711 http://www.dmu.dk/Pub/FR711.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Omslagsfoto:	Foto fra Gels Å
Fotograf:	Jens Skrivers
Sammenfatning:	Rapporten giver en status for den nationale vandløbsovervågning i 2007 og beskriver udviklingen i udvalgte indikatorer siden overvågningsprogrammets start i 1989. Samlet set er miljøtilstanden forbedret siden 1989. Koncentrationen af næringsstofferne kvælstof og fosfor er blevet mindre, og belastningen af søer og kystvande med disse stoffer er reduceret. Den økologiske tilstand i vandløbene er også forbedret.
Emneord:	Vandløb, miljøtilstand, overvågning, NOVANA
Layout:	Anne-Dorthe Villumsen
Illustrationer:	Grafisk værksted, DMU Silkeborg
ISBN:	978-87-7073-090-7
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	108
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/Pub/FR711.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 6

1 Datagrundlag og databehandling 7

- 1.1 Om overvågningsprogrammet 7
- 1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden 7

2 Klima og afstrømning 10

- 2.1 Klima og afstrømning i 2007 10

3 Biologisk vandløbskvalitet 14

- 3.1 Tilstand og målsætningsopfyldelse i 2007 14
- 3.2 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet 16

4 Kvælstof i vandløb 18

- 4.1 Tilstanden i 2007 18
- 4.2 Udvikling siden 1989 19

5 Fosfor i vandløb 21

- 5.1 Tilstanden i 2007 21
- 5.2 Udviklingen siden 1989 22

6 Kvælstofbelastning af havet 24

- 6.1 Ny metode til opgørelse af kvælstofbelastningen fra land til hav 24
- 6.2 Sammenligning af ny og gammel beregningsmetode 26
- 6.3 Kvælstof belastningen af havet i 2007 27
- 6.4 Udvikling i kvælstofbelastningen 1990 – 2007 31

7 Fosforbelastning af havet 33

- 7.1 Ny metode til opgørelse af fosforbelastningen fra land til hav 33
- 7.2 Sammenligning af ny og gammel beregningsmetode 35
- 7.3 Fosfor belastningen af havet i 2007 36
- 7.4 Udvikling i fosforbelastningen 1990 – 2007 40

8 Referencer 42

Ferskvandsafstrømning 43

- Datagrundlag 43
- Modeldata 44
- Sammenligning af modellerede og målte vandafstrømninger 45
- Justering af modelberegnete afstrømninger på vandløbsmålestationer - eksempel:
Vejrup Å, Fyn 48
- Justering af modelberegnete afstrømninger på vandløbsmålestationer - eksempel
Tømmerby Å 51
- Justering af modelberegnete afstrømninger på vandløbsmålestationer - konklusion
53
- Vandafstrømning fra umålte oplande med DK-modeldata 53
- Et eksempel: Umålt 4. ordens farvand 3773 54
- Vandafstrømning fra umålte oplande uden DK-modeldata 55
- Afstrømning fra alle umålte oplande 55

Samlet vandafstrømning fra målte og umålte oplande 55
Konklusion 58
Referencer 60

Bilag 1. Oversigt over anvendte afstrømningsstationer, måledataomfang, referencestationer til vandløbsmålestationer uden komplet månedstidsserier for perioden 1987-2007 61

Anvendte målestationer m.m. Vandafstrømning. 63

Bilag 2. Georegionsspecifikke månedlige korrektionsfaktorer for DK-modellen 73

Bilag 3 Referencestationer og -oplande til umålte oplande 74

Bilag 4 Data for samlet afstrømning 1989-2007 - national og fordelt på 2-3 ordens farvande. mm (inklusive arealer) 83

Bilag 5 85

Bilag 5.1 86

Bilag 6 88

Bilag 6.1 Afstrømning til 1. ordens farvande, 2007 89

Klimaforandrings betydning i vandløb 90

Introduktion 90
Fremtidens danske klima 90
Vandføringsændringer – i fortid og fremtid 92
Næringsstoffer i vandløb om 100 år 97
Konklusion og perspektivering 105
Referencer 106

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA), som fra 2004 har afløst NOVA-2003, det tidligere overvågningsprogram. NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Formålet med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som blev gennemført i forbindelse med Vandmiljøplan I (1987). Systematisk indsamling af data gør det muligt at opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringssalte.

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

Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet har som en væsentlig opgave for Miljøministeriet at bidrage til at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår Danmarks Miljøundersøgelser den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, samt arter og naturtyper.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem fagdatacentre og Miljøministeriets miljøcentre. Fagdatacentret for grundvand er placeret hos Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, for punktkilder hos By- og Landskabsstyrelsen, mens fagdatacentre for ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, samt arter og naturtyper er placeret hos Danmarks Miljøundersøgelser.

Denne rapport er baseret på data indsamlet af de statslige miljøcentre.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes sammen med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenter-rapporter i Vandmiljø og Natur, 2007, som udgives af Danmarks Miljøundersøgelser, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og By- og Landskabsstyrelsen.

Sammenfatning

Vandløbenes biologiske kvalitet er forbedret siden 1994, vurderet på baggrund af smådyrene efter Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI). Sammensætningen af smådyrsfaunaen indikerer, at flere og flere vandløb kan siges at være af god kvalitet med ingen eller kun svag menneskelig påvirkning. I 2007 blev 52 % af de overvågede vandløb bedømt således mod kun 42 % i 1994. Tilsvarende er der blevet færre vandløb med en dårlig tilstand. Forbedringerne i den økologiske vandløbskvalitet skyldes formentlig en kombination af forbedret vandkvalitet og forbedrede fysiske forhold i vandløbene, især som følge af en mere skånsom vandløbsvedligeholdelse.

Koncentrationen af næringsstofferne kvælstof og fosfor i vandløbene er faldet siden 1989. Kvælstofkoncentrationen er i gennemsnit reduceret med cirka 36 %, fosfor med cirka 33 %. For kvælstof skyldes det mest en reduceret udvaskning fra de dyrkede arealer. Der er dog også sket store reduktioner i udledninger med spildevand og fra dambrug (punktkilder), men disse forureningskilder er af relativ lille betydning hvad angår kvælstof. For fosfors vedkommende er det derimod navnlig den store indsats til reduktion af udledningen med spildevand, der ligger til grund. Der er sket et meget tydeligt fald i koncentrationen af fosfor i vandløb med udledninger af spildevand eller dambrug, mens der ikke ses nogen entydig ændring i vandløb i det dyrkede land. Koncentrationerne af kvælstof og fosfor er dog stadig henholdsvis 4-5 gange og 2-3 gange så høj som det, man finder i upåvirkede naturvandløb, målt som gennemsnit for hele landet.

Der ses tilsvarende tendenser for den samlede danske tilførsel af kvælstof og fosfor til havet fra 1990-2007. Reduktionen i kvælstof-, og især fosforudledningen er dog endnu større, henholdsvis 48 % og 68 % på den vandføringsvægtede koncentration, på grund af forbedret spildevandsrensning på de store punktkilder med direkte udledning til havet.

1 Datagrundlag og databehandling

Jens Bøgestrand

1.1 Om overvågningsprogrammet

Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA) har som formål både at følge resultaterne af de tiltag, der blev vedtaget under vandmiljøplanen, og at tilgodese en række andre behov, herunder forpligtelser overfor EU, HELCOM, OSPAR og andre internationale organer.

Der indgår 223 vandkemiske målestationer i NOVANA. Måleprogrammet omfatter vandføring samt en række fysiske og kemiske parametre. Næringsstofferne kvælstof og fosfor samt organisk stof er vigtige elementer, men der indgår også pH, vandtemperatur og andre fysiske parametre. Desuden tilvejebringes en række oplandsrelaterede informationer omfattende oplandsafgrænsning, arealanvendelse, jordtype, spildevandsudledninger, dyrkningspraksis m.m.

På 800 stationer udføres et økologisk undersøgelsesprogram for at vurdere den økologiske tilstand i vandløbene og på de vandløbsnære arealer. Der laves således undersøgelser af både bunddyrsfauna, vegetation, fysiske forhold og fiskebestand. Der indsamles også oplysninger om menneskelige påvirkninger af vandløbene for at belyse sammenhængen mellem disse faktorer og den økologiske tilstand. Denne viden er nødvendig for at kunne forvalte vandløbsmiljøet effektivt. Undersøgelserne foretages generelt i en 3- eller 6-årig cyklus, men i 250 af vandløbene laves desuden en kvalitetsbedømmelse ud fra dansk vandløbsfauna indeks (DVFI) hvert år.

På yderligere 50 lokaliteter i 12 større vandløbssystemer (det intensive program) foretages årlige undersøgelser af de fleste parametre med henblik på en bedre belysning af årsager og virkning, tidlig udvikling og interaktioner mellem de øvre og nedre dele af vandløbene.

1.2 Sådan vurderes miljøtilstanden

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

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

I mange af rapportens analyser inddeles vandløbsstationerne i klasser på grundlag af karakteren af menneskelig påvirkning i oplandet (tabel 1.1).

Tabel 1.1 Stationstyper i vandløb. I kriterier for opdeling af typeoplande er der i punktkildebidraget ikke medregnet spildevand fra spredt bebyggelse. Antal stationer fordelt på oplandstyper anvendt i tidsserie-analyse (1989-2006) og aktuelt 2005. Oplandstyper for tidsserie-analyser opgjort efter situation i 1991.

Oplandstype		1989-2007 tidsserie-analyser	2005 aktuel status
Naturoplande *	Type 1	6	9
Vandløb i dyrkede oplande (P)			
dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 25 g P/ha, 0,5 kg N/ha	Type 2	33	67
Vandløb i dyrkede oplande (N)			
dyrkningsgrad > 15 % bebyggelse < 50 % punktkildebidrag < 0.5 kg N/ha	Type 3	54	95
Vandløb med punktkilder	Type 4	73	59
punktkildebidrag > 0.5 kg N/ha			
Vandløb med dambrugsudledninger			
P fra dambrug > 30 % af total transport > 40 % af punktkildebidrag	Type 5	14	4
Vandløb i bebyggede områder	Type 6	4	5
> 50 % bebyggelse			

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

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

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

Udviklingen i vandkvalitet og stoftransport vurderes ud fra resultaterne fra de ca. 150 vandløbsstationer, som har været i drift siden 1991 eller tidligere. Ved analyse af udviklingen i de forskellige typer af vandløb anvendes typeinddelingen fra 1991. Enkelte vandløbsstationer udelades, hvis der er en nærliggende station i det samme vandløb, ligesom afløb fra søer ikke anvendes. Udviklingen i koncentrationer testes statistisk med en non-parametrisk metode, som søger at eliminere år-til-år variationer, der skyldes forskelle i afstrømning (Larsen, 1999). Resultaterne af testen bruges desuden til at beregne estimater af koncentration og stoftransport, som er korrigeret for vandføring/afstrømning.

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

Ca. 120 vandløbsstationer, som ligger tæt på vandløbets udmunding i havet, anvendes ved beregning af tilførslen af kvælstof, fosfor og organisk stof til havet. Oplandet til disse stationer dækker ca. halvdelen af Danmarks areal. Vand- og stoftilførslen fra den resterende del af landets areal (det umålte opland) modelleres som beskrevet i denne (kapitel 8) og næstkommende vandløbsrapport.

For at vurdere betydningen af forskellige forureningskilder er bidraget til den samlede stoftransport fra disse opgjort. Dette gøres både for de enkelte vandløbsstationer og for den samlede stoftransport til havet. Beregningsmetoderne er detaljeret beskrevet i Svendsen 1998, men går i korthed ud på, at man på basis af den kendte samlede stoftransport samt det kendte bidrag fra en række punktkilder (byspildevand, industri m.m.) beregner bidraget fra det åbne land som differensen mellem punktkildebidraget og den samlede transport. Baggrundsbidraget, som er den arealspecifikke stofafstrømning, der ville være for det samlede opland, hvis det lå hen som natur, beregnes ved at anvende målinger fra naturoplande som reference.

2 Klima og afstrømning

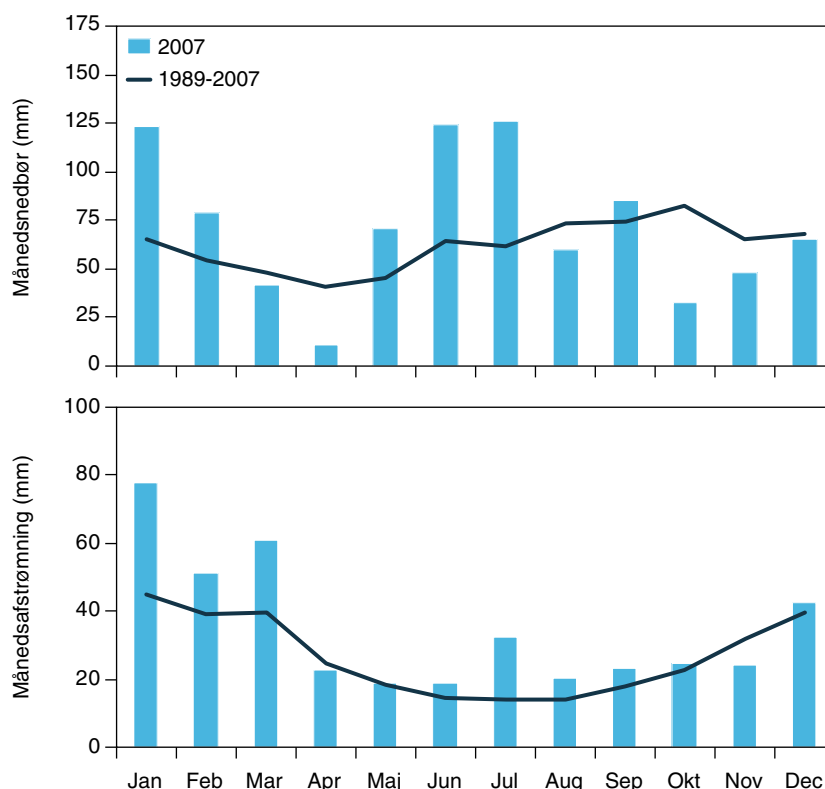
Niels Bering Ovesen

Mængden af nedbør og andre klimatiske faktorer har stor betydning for tilførslen af næringsstofferne kvælstof og fosfor til havet. Et år med meget nedbør giver en stor udvaskning og en stor tilførsel af næring til havet. Dette giver en større risiko for algeopblomstring og iltvind end i et år med gennemsnitlig nedbør.

Vejret i de enkelte år skal derfor tages i betragtning, når man vurderer udviklingen i næringsstoftilførslen til havet.

2.1 Klima og afstrømning i 2007

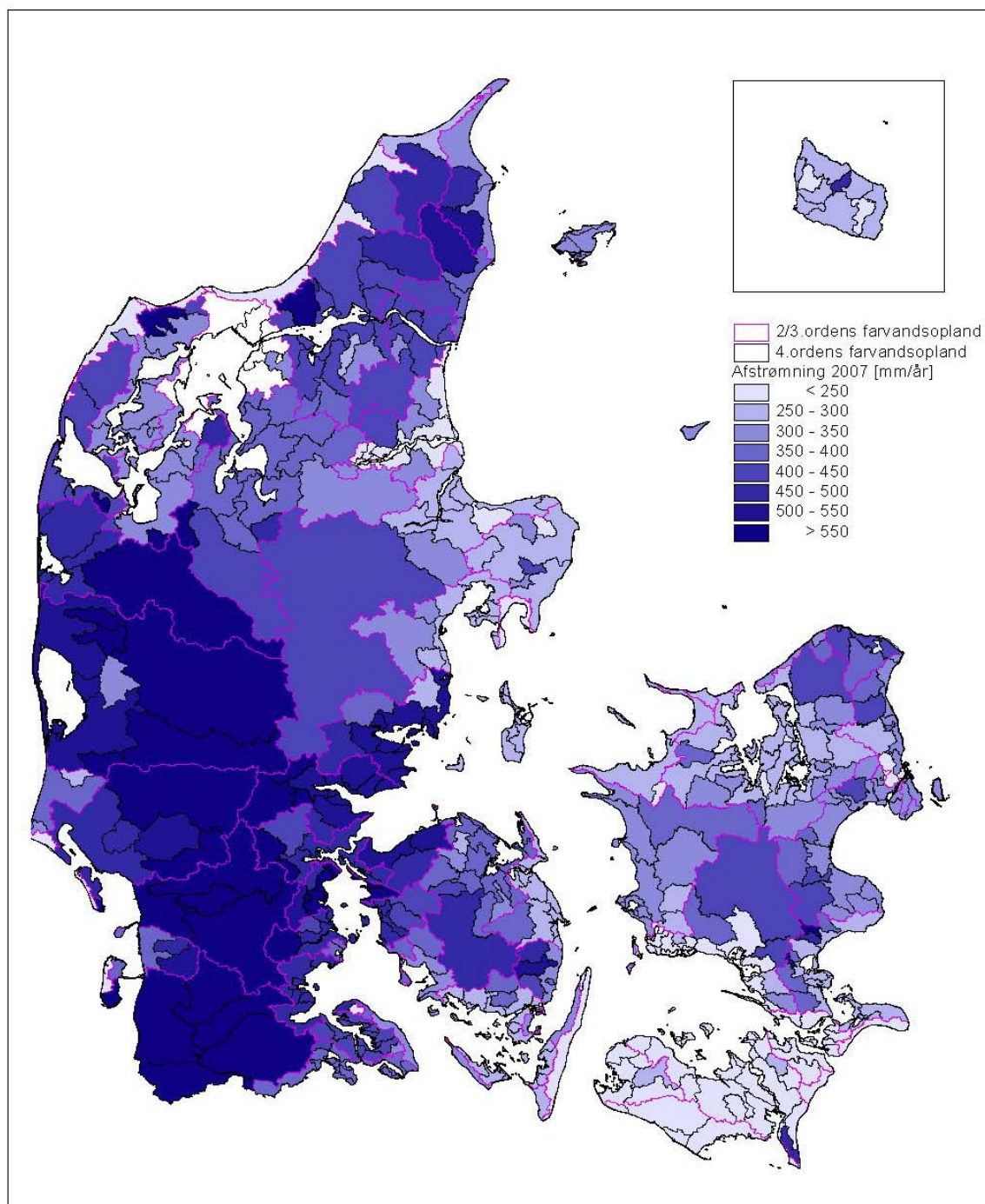
Figur 2.1 Månedsnedbør i Danmark i 2007 sammenlignet med normalen 1961-90. Månedsmiddelferskvandsafstrømning fra Danmark i 2007 og middel for 1989-2007.



Vejret i 2007 var som helhed meget varmere og meget vådere end normalt. Middeltemperaturen var 9,5 °C, hvilket er det varmeste, der hidtil er registreret. Normalen (1961-90) er 7,7 grader. Nedbørmængden blev i gennemsnit for landet på 823 mm, hvilket også er langt mere end normalt. Normalen (1961-90) er 712 mm. Nedbøren var samtidig noget atypisk fordelt over året, idet januar, februar og især sommermånederne juni og juli var meget nedbørsrige. Derimod regnede det i april, oktober og november væsentligt mindre end normalt. (Cappelen, 2008) (figur 2.1).

Den samlede ferskvandsafstrømning til de danske farvande er for 2007 opgjort til ca. 17.975 millioner m³ svarende til en arealspecifik afstrømning fra Danmark på 418 mm. Det er væsentligt mere end normalt og

kun lidt mindre end rekord-året 1994. Det var især i vintermånederne, januar, februar og marts, at afstrømningen var langt over normalen. (figur 2.1). I bilag 2.1 findes en detaljeret opgørelse på månedsplan for ferskvandsafstrømningen til de enkelte kystafsnit. Beregningsmetoden for de områder, der ikke er dækket af målestationer, er ændret i forbindelse med dette års opgørelser, jf. temakapitel. Hele dataserien tilbage til 1989 er beregnet efter den nye metode. Metodeændringen har medført en generel reduktion i den beregnede afstrømningsmængde på ca. 3 %. I forbindelse med overgang mellem individuelle overvågningsprogrammer er enkelte målestationer blevet nedlagt, og der er derfor løbende sket en udskiftning af nogle få af de stationer, der indgår i opgørelsen af afstrømningen.



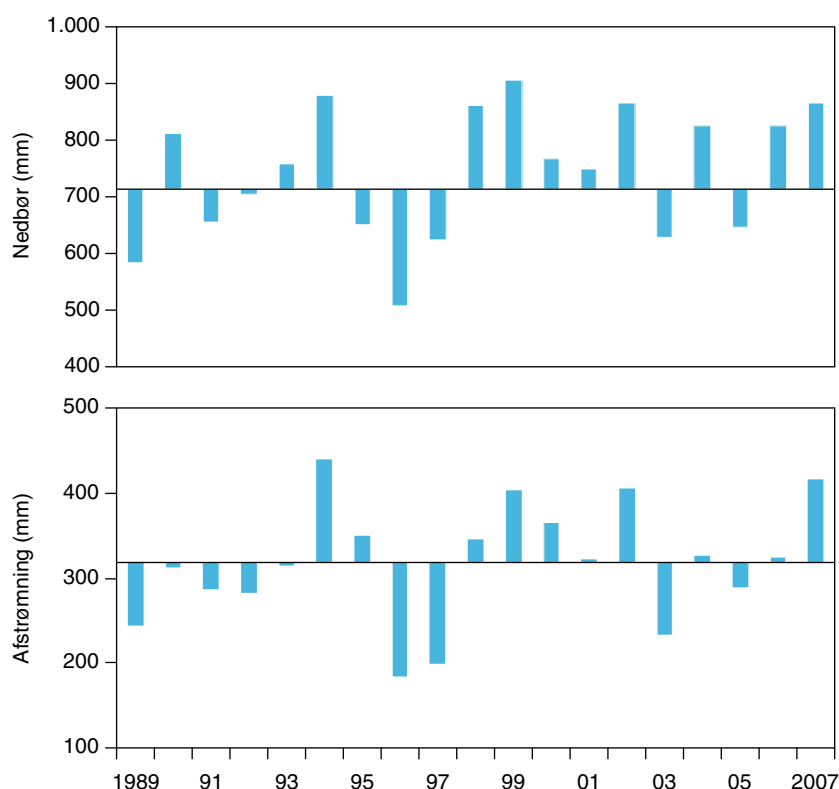
Figur 2.2 Ferskvandsafstrømningen (i mm) til 2. ordens marine kystafsnit i 2007. (afsnit 16 og 37 er underopdelt på 3. orden)

Afstørningsforholdene udviser, ligesom nedbøren, en stor geografisk variation i 2007 (figur 2.2). Oplandene til farvandsområderne i det sydlige Bælthav, Storebælt, Østersøen og Øresund havde de laveste ferskvandsafstrømninger, typisk mellem 200 og 300 mm. De største afstrømninger forekom som normalt til farvandsområderne i Nordsøen med et niveau på mellem 500 og 600 mm. Det var generelt for hele Danmark, at afstrømningen var meget over det normale, men til nogen af de centrale områder omkring Lillebælt var den særlig ekstrem.

Årets samlede afstrømning var ca. 30 % over middelfafstrømningen for perioden 1989–2007, der er på 318 mm (ca. 13.700 millioner m³) (figur 2.3). Der var i 2007 en god overensstemmelse mellem ferskvandsafstrømningen og nedbøren i forhold til normalt (figur 2.3). Dette er ikke altid tilfældet, idet en atypisk fordeling af nedbørsmængden over året kan medføre en tilsvarende atypisk respons i afstrømningen. Det kan ske i sammenhæng med særlige fordampningsforhold eller betydelige forskelle mængden i grundvandsmagasinerne

Den meget store vandafstrømning i de første måneder af året kan tilsvarende have givet særligt gunstige betingelser for en relativt stor udvaskning af næringsstoffer til vandmiljøet i begyndelsen af 2007.

Figur 2.3. Årsnedbøren for Danmark i perioden 1989-2007 angivet i forhold til normalen 1961-90 (A) og ferskvandsafstrømningen for Danmark i perioden 1989-2007 angivet i forhold til middel for perioden 1989-2007 (B).



3 Biologisk vandløbskvalitet

Jens Skriver

Vandløbenes biologiske kvalitet bedømmes hvert år ud fra sammensætningen af smådyrfaunaen fra en række danske lokaliteter. Tilstanden udtrykkes ved hjælp af Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI), som antager værdier (faunaklasser) fra 1 til 7, hvor værdien 7 angiver den bedste tilstand (Miljøstyrelsen 1998).

En lav værdi for DVFI findes tit i vandløb med dårlige iltforhold på grund af forurening med let omsætteligt organisk stof. Der er også tit en lav DVFI-værdi i vandløb med dårlige fysiske forhold som for eksempel vandløb der vedligeholdes hårdt med udretning, opgravning, uddybning og grødeskæring. Et naturligt bugtet vandløb, som får lov at passe sig selv, vil ofte have en høj værdi for DVFI.

De enkelte vandløb er tidligere blevet målsat af de regionale myndigheder (amterne). Til hver målsat vandløbsstrækning er der knyttet en målsætningsklasse. Det er denne målsætningsklasse, der er sammenholdt med den fundne faunaklasse (DVFI værdi), når målsætningsopfyldelsen er vurderet. Fra næste års rapportering må målsætningsopfyldelsen forventes at skulle vurderes efter delvist nye retningslinjer udarbejdet ensartet på landsplan og med udgangspunkt i Vandrammedirektivet.

3.1 Tilstand og målsætningsopfyldelse i 2007

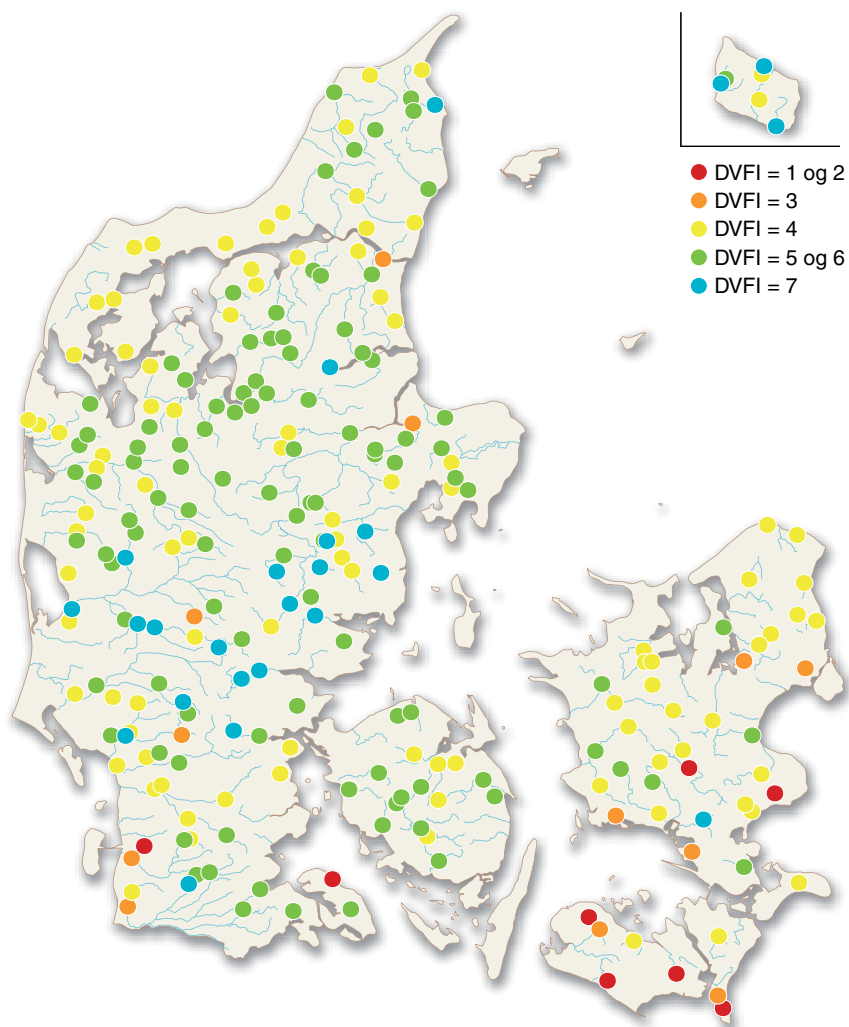
Vandløbenes biologiske kvalitet bedømmes i perioden 2004-2009 hvert år ud fra sammensætningen af smådyrfaunaen på 250 lokaliteter. Tilstanden udtrykkes ved hjælp af Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI).

Faunaklasserne 5, 6 og 7 blev i 2007 registreret i ca. 52 % af vandløbene og er karakteristiske for forholdsvis rene og fysisk varierede vandløb (figur 3.1). Yderligere 40 % af vandløbene havde en moderat påvirket smådyrfauna (faunaklasse 4). Faunaklasserne 1, 2 og 3, der karakteriserer en meget dårlig tilstand, udgjorde mindre end 8 % af vandløbene.

Generelt havde de større vandløb en bedre miljøkvalitet end de små vandløb (tabel 3.2). Andelen af vandløb med faunaklasserne 6 og 7 steg således med stigende bredde fra 16 % (0-2m) til 27 % (>10m). Samtidig er der ingen af de større vandløb, der er dårligere end faunaklassen 4.

Figur 3.1. Miljøtilstanden i 2007 i danske vandløb illustreret ved hjælp af smådyrfaunaen. Blå cirkler (DVFI 7) illustrerer vandløb med en naturlig eller kun svagt ændret smådyrfauna. Røde cirkler (DVFI 1 og 2) illustrerer vandløb med en kraftigt forringet smådyrfauna. Opdelingen af DVFI værdierne i 5 kvalitetsklasser er foretaget ud fra den p.t. gældende opfattelse af klassifikationen efter Vandrammedirektivet. Farveskalaen er i overensstemmelse med retningslinierne i de internationale standarder (DS/EN ISO 8689-2: 2000).

Dansk Vandløbsfauna Indeks (DVFI) i 2007



Tabel 3.1. Biologisk vandløbskvalitet i forskellige vandløbsstørrelser i 2007. Tallene angiver antallet af stationer indenfor hver vandløbsstørrelse og faunaklasse.

Bredde (m)	Faunaklasse (DVFI)							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
0-2	3	2	3	30	40	6	9	93
2-5	-	-	4	37	22	7	11	81
5-10	-	-	2	23	11	7	5	48
> 10	-	-	-	4	4	1	2	11
Bredde ikke anført	1	2	1	4	1	1	-	10
Total	4	4	10	98	78	22	27	243

Regionalt var vandløbenes tilstand bedst i Jylland, Fyn og på Bornholm (figur 3.1). Den generelt bedre tilstand i disse områder betyder, at ca. 60-67 % af vandløbenes målsætninger her er opfyldt (tabel 3.3). I modsætning hertil er kun ca. 40 % af vandløbenes målsætninger opfyldt på Sjælland, Lolland, Falster og Møn. På landsplan var målopfyldelsen i 2007 på i alt 59 %. Målopfyldelsen har reelt set været uændret fra 2004 til 2007 (58 % og 59 %). Når målopfyldelsesprocenten ligger højere end andelen af vandløb

med faunaklasserne 5, 6 og 7 (52 %), skyldes det, at en del vandløb med basis og lempet målsætning (især B3 og C) kun har en målsætningsklasse på 4 eller eventuelt 3.

Tabel 3.2. Målopfyldelse for vandløbene i det nationale overvågningsnet i 2007. Alle vandløbene har en målsætningsklasse. Såfremt faunaklassen (DVFI) i 2007 var lig med eller større end målsætningsklassen, betragtes målsætningen som opfyldt. Et vandløb med en A,5 målsætning har en skærpet målsætning og en målsætningsklasse på 5.

Region	Opfyldt	Ikke opfyldt	Andel, opfyldt
Jylland	104	70	60 %
Fyn	12	6	67 %
Sjælland, Lolland, Falster og Møn	18	27	40 %
Bornholm	4	2	67 %
Hele landet	138	105	57 %
Målsætning	Opfyldt	Ikke opfyldt	Andel, opfyldt
Skærpet			
A, 5	4	-	100 %
A, 6	2	-	
A, 7	1	-	
Basis			
B, 3	1	-	57 %
B, 4	18	5	
B, 5	94	79	
B, 6	13	9	
B, 7	-	1	
Lempet			
C/D/E, 3	-	1	44 %
C/D/E, 4	7	8	
I alt, 250 stationer	140	103	59 %

I tabel 3.3 er målsætningsopfyldelsen endvidere vist for vandløb med skærpede, basis og lempede målsætninger. Målopfyldelsen er klart bedst (100 %) i vandløbene med skærpet målsætning, mens basis og lempede målsætninger var opfyldt i henholdsvis 57 % og 44 % tilfælde.

Ovenstående vurdering af målopfyldelsen i danske vandløb er baseret på den hidtidige praksis, dvs. de målsætninger som er fastsat i de tidligere amters regionplaner. Fremover forventes der at ske ændringer i målfastsættelsen for de enkelte stationer, idet målfastsættelsen fremover vil tage udgangspunkt i Vandrammedirektivet og i den danske fortolkning af DVFI værdierne indplacering efter direktivet. Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at foretage en vurdering af målopfyldelsen efter de kommende retningslinier, idet disse ikke er endeligt afklaret.

3.2 Udvikling i den biologiske vandløbskvalitet

Siden 1994 har der været foretaget indsamling af og bearbejdning af DVFI prøver fra vandløb i det nationale overvågningsprogram. Antallet af prøver og den overordnede strategi har ændret sig hen gennem perioden. For hele perioden er der således kun 65 gennemgående stationer med årlige prøver. Og antallet af stationer pr. år har ændret sig fra 222 i

1994-1997, 444 i 1998 til 1053 i 1999-2003. I perioden 2004-09 er der 250 stationer, der undersøges hvert år.

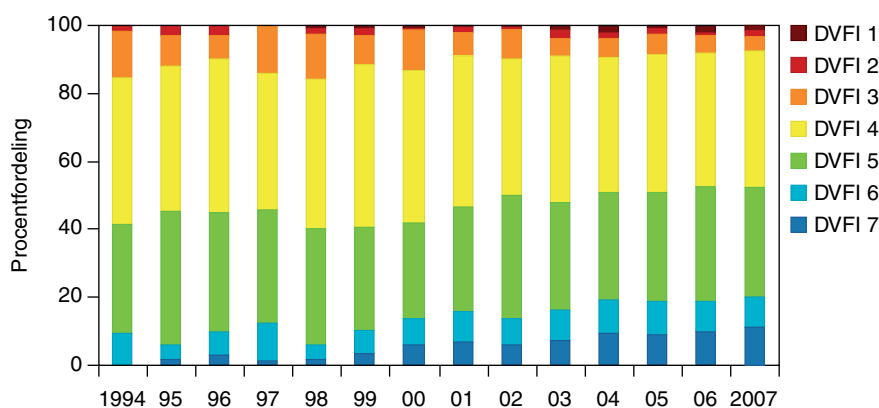
I den følgende sammenstilling af udviklingen i miljøkvaliteten er der kun taget udgangspunkt i de 250 stationer, som fremover indgår med årlige indsamlinger i NOVANA-programmet (figur 3.2). En sammenstilling af miljøtilstanden for de 673 ekstensive stationer, der undersøges i 2004-2009, vil først kunne foretages, når alle stationer er undersøgt i 2009.

Igennem perioden 1994-2006 er der sket en forbedring af de danske vandløb, idet andelen af vandløb med faunaklasserne 5, 6 og 7 er øget fra 42 % til 52 %.

Med anvendelse af det nye reviderede (og reducerede) stationsnet fra 2004 ses således en forbedring af tilstanden i perioden, der er af samme størrelsesorden som med det tidligere stationsnet. Revisionen af stationsnettet fra 2004 har imidlertid betydet, at andelen af vandløb med faunaklasserne 5, 6 og 7 nu er lidt højere end tidligere, idet andelen med det store stationsnet (1053 stationer) var henholdsvis 35 % og 44 % i 1999 og 2003, mens den tilsvarende andel med det nye reducerede stationsnet (250 stationer) var henholdsvis 41 % og 48 %. Det nye reviderede net med 250 stationer er ikke i samme omfang repræsentativt som det tidligere net med 1053 stationer. Det nye reducerede stationsnet afspejler imidlertid med rimelig sikkerhed fortsat de generelle tidsmæssige ændringer i miljøkvaliteten i danske vandløb.

Det vurderes, at de meget små forskelle i tilstanden fra 2004 til 2006 næppe repræsenterer nogen egentlig forbedring af tilstanden i denne periode. Under alle omstændigheder kræver ganske små ændringer i tilstanden en længere periode for at kunne registreres med sikkerhed. I forbindelse med revisionen af overvågningsprogrammet bør det derfor overvejes at forøge antallet af stationer med årlig DVFI, såfremt der ønskes en mere sikker vurdering af den miljømæssige tilstand og udvikling i de danske vandløb.

Figur 3.2. Miljøtilstanden i de danske vandløb i perioden 1994-2007. I perioden 1994-97 er opgørelsen baseret på 65-72 stationer, i 1998 på 114, i 1999-2003 på 231-234 stationer og i 2004-2007 på 243-250 stationer. Blå og grøn illustrerer de rene og fysisk gode vandløb (faunaklasserne 5, 6 og 7).



4 Kvælstof i vandløb

Jens Bøgestrand

Kvælstof er et plantenæringsstof, og de store tilførsler af kvælstof til havet er en af de vigtigste årsager til opblomstring af alger om sommeren og iltsvind i efteråret. Vandmiljøplanerne har som et af de vigtigste mål at reducere tilførslen af kvælstof til havmiljøet.

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

Kvælstof har kun ringe betydning for miljøet i selve vandløbene. Men vandløbene er transportvej for kvælstof, og koncentrationer og transport af kvælstof i vandløbene viser, om tilførslen til havet bliver mindre, sådan som det er hensigten med vandmiljøplanerne.

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

4.1 Tilstanden i 2007

Koncentrationen af kvælstof i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2007 gennemsnitligt 4-5 gange så høj som baggrundsniveauet målt i naturvandløb (tabel 4.1). Der er kun ringe forskel på vandløb, som ligger i dyrkede oplande uden punktkilder, og vandløb med betydelig punktkildebelastning fra byspildevand eller industri.

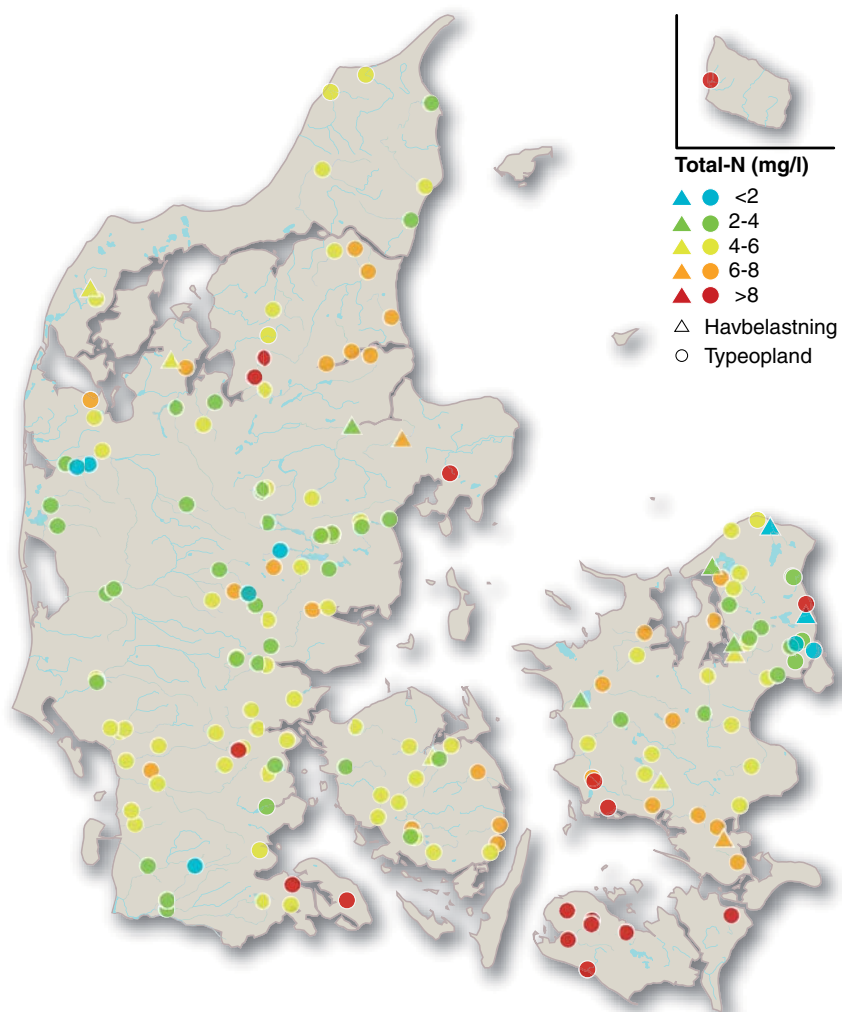
Tabel 4.1. Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total kvælstof i 2007 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse er vist i parentes.

Belastningstype	Antal vandløb	Kvælstofkoncentration (mg N/l). Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier	Arealkoefficient (kg N/ha)
Naturvandløb *	9	1,08 (0,75)	-
Landbrug og punktkilder	63	4,59 (1,97)	19,72 (8,09)
Landbrug uden punktkilder	95	5,50 (2,15)	19,53 (7,84)

* 2005 data, da disse vandløb siden 2004 kun undersøges hvert 3. år

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

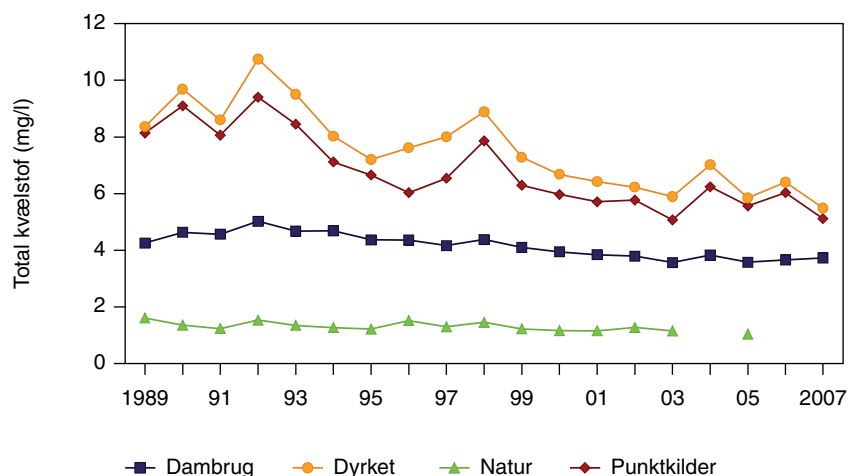
Figur 4.1. Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2007. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier.



4.2 Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene er generelt faldende, i naturvandløbene er den dog stort set uændret. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der er klassificeret som beliggende i dyrkede oplande eller udsat for betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 4.2 og tabel 4.2). I vandløb med betydelige udledninger fra dambrug har der kun været en mindre reduktion. Her har koncentrationsniveauet dog været lavere gennem hele perioden, primært fordi dambrugsdrift er koncentreret i grundvandsfødte vandløb i egne, hvor grundvandskoncentrationen er lav.

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



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

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

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration.	Procentvis ændring i transport
Natur	7	4	0	-17 $\pm$ 18	-26 $\pm$ 25
Dyrket	63	54	1	-36 $\pm$ 4	-40 $\pm$ 4
Punktkilder	75	72	0	-38 $\pm$ 4	-39 $\pm$ 4
Dambrug	15	13	0	-29 $\pm$ 6	-29 $\pm$ 6
Alle	164	145	1	-36 $\pm$ 3	-37 $\pm$ 3

5 Fosfor i vandløb

Jens Bøgestrand

Fosfor er ligesom kvælstof et plantenæringsstof og er den vigtigste årsag til de store mængder af alger i mange søer. Fosfor er også af betydning for tilstanden i mange fjorde. Vandmiljøplanerne har haft som et mål at reducere udledningen af fosfor til vandmiljøet.

Fosfor er tidligere blevet udledt i store mængder til vandmiljøet fra rensningsanlæg og industrier. Efter de seneste årtiers store forbedringer i spildevandsrensning er tabet fra landbrugsjorder nu den vigtigste kilde til fosfor i vandløbene.

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

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

5.1 Tilstanden i 2007

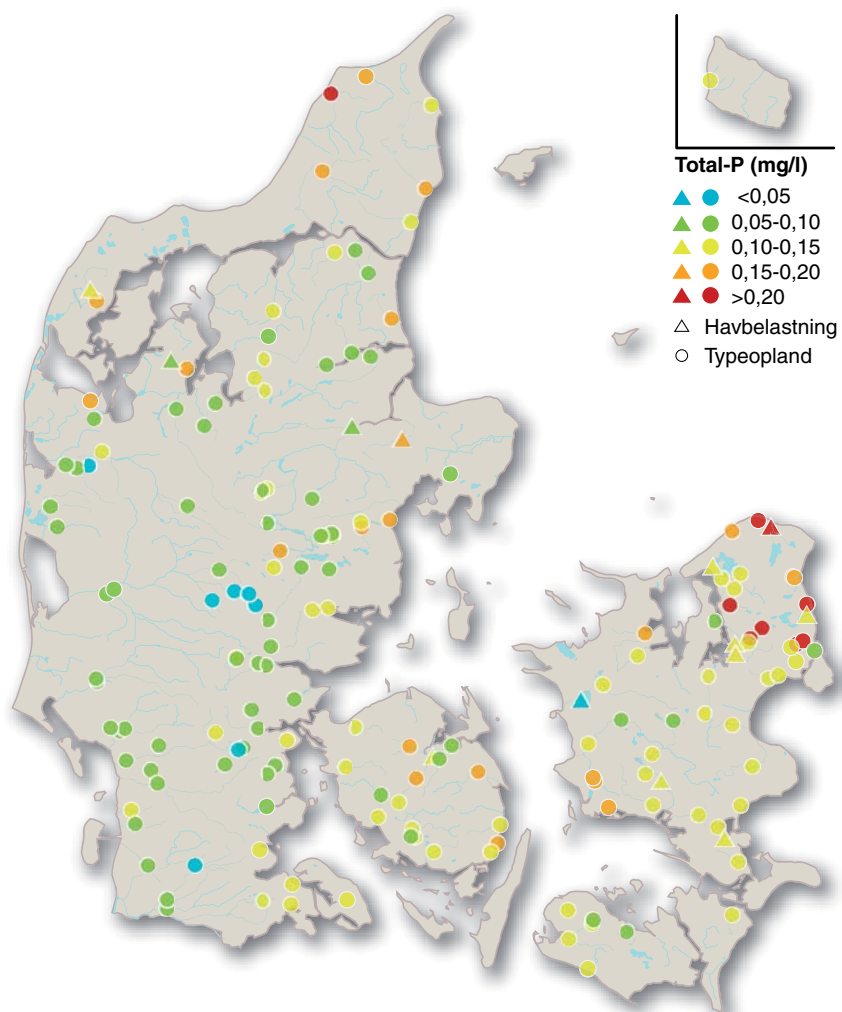
Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande eller er udsat for væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2007 gennemsnitligt 2-3 gange så høj som niveauet målt i naturvandløb (tabel 5.1). Der er dog forskel på vandløb, som kun påvirkes af landbrugsdrift og spredt bebyggelse udenfor kloakering, og vandløb som også belastes med spildevand fra renseanlæg, idet vandløb med punktkilder har de højeste gennemsnitskoncentrationer af fosfor.

Tabel 5.1. Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total fosfor i 2007 i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse i parentes.

	Antal vandløb	Fosforkoncentration (mg P l ⁻¹)	Arealkoefficient (kg P ha ⁻¹)
	Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier		
Naturvandløb *	9	0,05 (0,03)	-
Landbrug og punktkilder	63	0,13 (0,06)	0,55 (0,23)
Landbrug uden punktkilder	67	0,10 (0,04)	0,38 (0,21)

* 2005 data, da disse vandløb siden 2004 kun undersøges hvert 3. år.

Figur 5.1. Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2007. Vandføringsvægtede års-middelværdier.

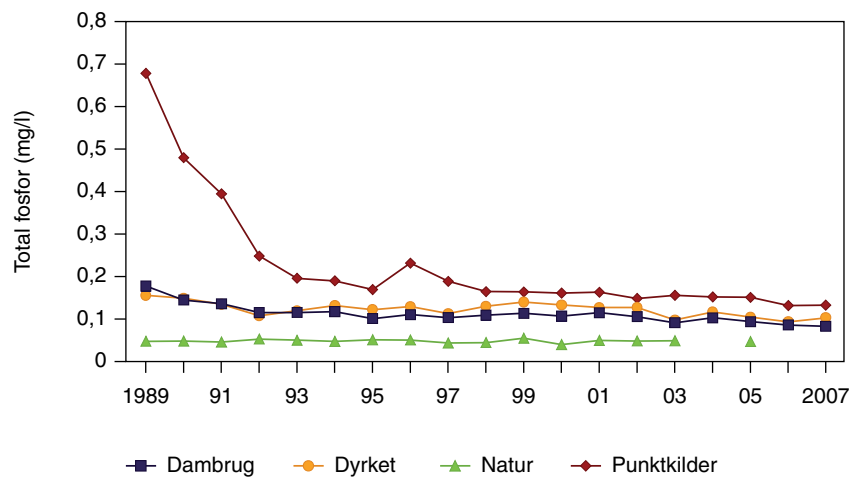


Høje koncentrationer af fosfor optræder især i det tæt befolkede Nord-sjælland (figur 5.1), men også den øvrige del af Sjælland har relativt meget fosfor i vandløbene, idet en stor befolkningstæthed giver anledning til forholdsvis store udledninger fra renseanlæg og spredt bebyggelse. Samtidig er der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

5.2 Udviklingen siden 1989

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

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



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

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

Oplandstype 1991	Antal stationer	Antal med signifikant fald	Antal med signifikant stigning	Procentvis ændring i koncentration	Procentvis ændring i transport
Natur	7	0	1	0 ± 13	1 ± 13
Dyrket	38	18	2	-15 ± 9	-16 ± 8
Punktkilder	75	67	0	-47 ± 6	-43 ± 6
Dambrug	15	12	0	-27 ± 12	-29 ± 12
Alle	164	113	4	-33 ± 4	-32 ± 4

6 Kvælstofbelastning af havet

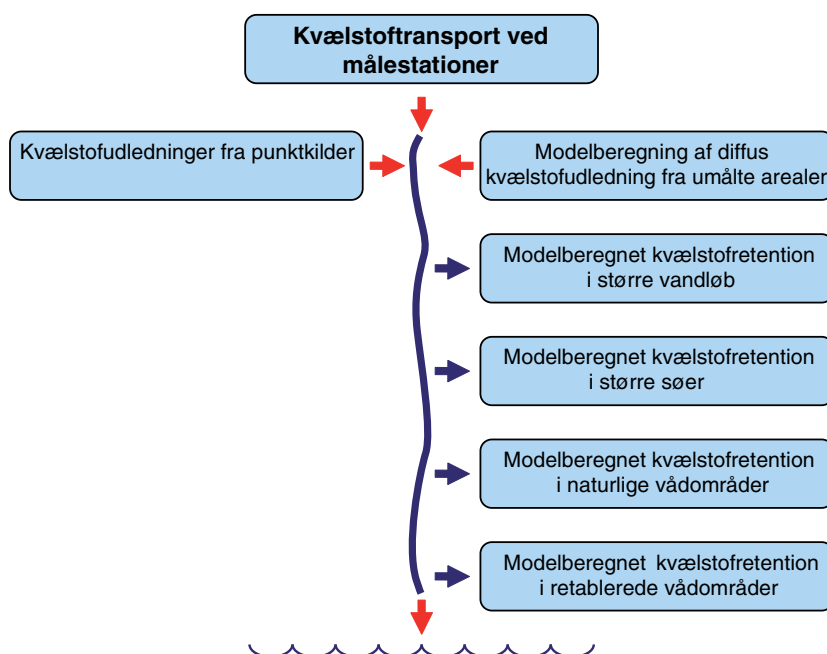
Niels Bering Ovesen, Søren Erik Larsen, Jens Bøgestrand, Hans Thodsen, Brian Kronvang

6.1 Ny metode til opgørelse af kvælstofbelastningen fra land til hav

Fagdatacenter for Ferskvand har sammen med GEUS igennem de sidste 3 år arbejdet med udvikling af et nyt standardiseret koncept til opgørelse af vandafstrømning og kvælstofbelastningen fra umålte oplande i Danmark. De 'gamle' opgørelser er baseret på anvendelse af forskellige metoder gennem tid og anvendelse af forskellige metoder mellem de enkelte amter. Med den nye metode er der for første gang indført en standardiseret metode for hele landet. Desuden er der i det sidste år ligeledes arbejdet med et nyt standardiseret koncept til opgørelse af retention af kvælstof i vandløb, søer og vådområder. Det nye koncept til opgørelse af vandafstrømningen på månedsbasis er nærmere beskrevet i et temakapitel i denne rapport.

Her skal i mere oversigtlig form gøres rede for konceptet bag opgørelsen af kvælstofbelastningen fra umålte arealer. Selve princippet er vist i figur 6.1.

Figur 6.1. Konceptuelt diagram over indhold af den nye metode til beregning af kvælstofbelastningen af kystvande omkring Danmark.



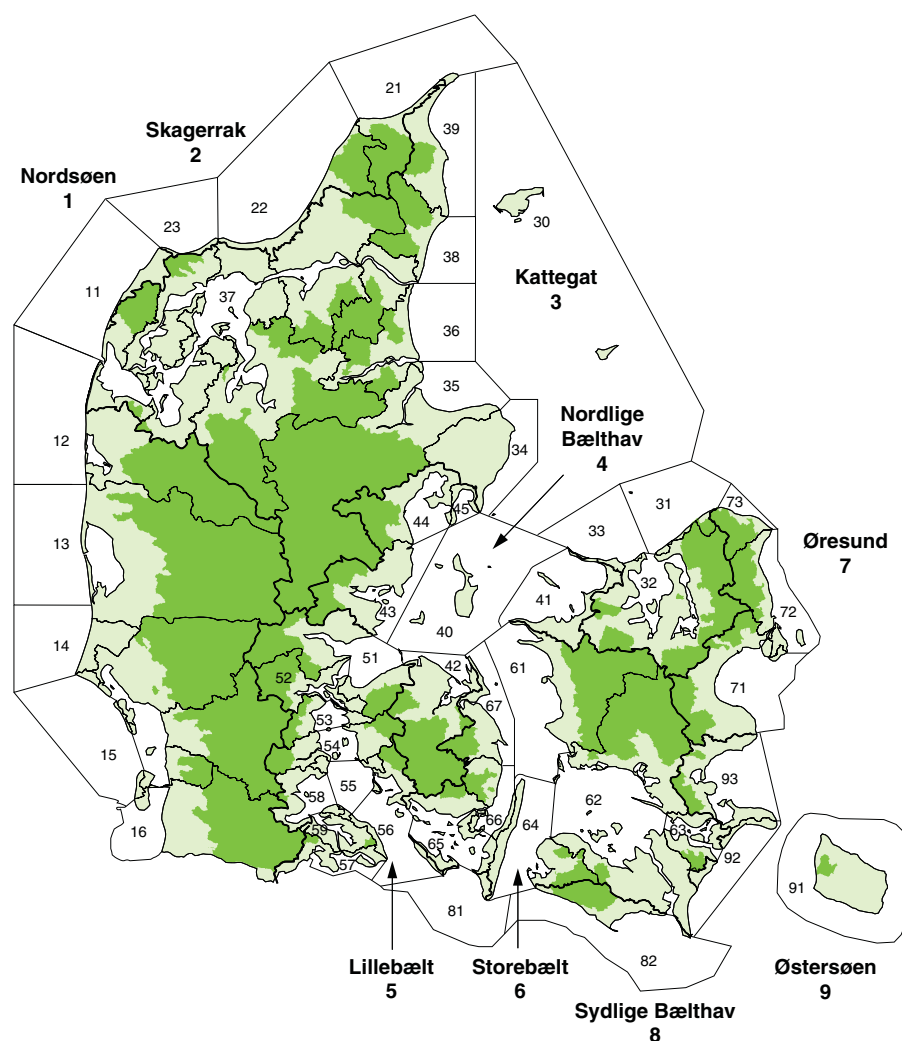
Data fra 84 landbrugs typeoplande uden større søer og med beregninger af den månedlige transport af total kvælstof i perioden 1990-2007 er blevet anvendt til at udvikle en empirisk model for den månedlige vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof. De månedlige transporter af total kvælstof er blevet fratrasket spildevandstilførslen fra oplandet, og derefter er den månedlige vandføringsvægtede koncentration beregnet. Den udviklede empiriske kvælstofmodel kan for et givet opland der-

for 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, månedens lufttemperatur, årligt kvælstofoverskud (landstal)).

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

Figur 6.2. Kort over målte (grøn) og umålte (lys grøn) dele af oplandene til de 2. ordens kystafsnit. (Limfjorden og Vadehavet er underopdelt på 3. orden).



Til brug for modellens anvendelse er det maksimalt umålte areal i Danmark i overvågningsperioden blevet defineret (figur 6.2). Det herved dannede umålte areal er efterfølgende blevet opdelt i 1376 hydrologiske polygoner af en størrelse på ca. 25 km² med henblik på beregning af det diffuse total N tab med den udviklede model.

Den månedlige diffuse belastning af total kvælstof er for hver 25 km² polygon beregnet ved at anvende den empiriske model til simulering af den månedlige vandføringsvægtede total kvælstofkoncentration der er multipliceret med den månedlige afstrømning fra 2. eller 3. ordens oplandet, som polygonen tilhører.

Kvælstof retentionen i vandløb, søer og vådområder er blevet opgjort indenfor 2.-3. ordens kystafsnittene og fordelt på henholdsvis umålt og målt areal.

Alle de årligt beregnede kvælstof retentionstal er blevet omregnet til en månedlig retention ud fra den enkelte måneds andel af den årlige afstrømning.

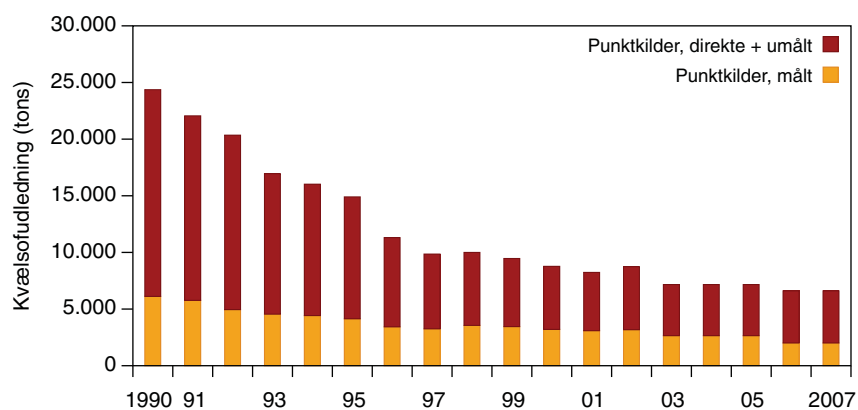
Kvælstofbelastningen til hvert 2.-3. ordens kystafsnit er derefter beregnet ved følgende procedure:

SUM (målt transport ved målestationer) + modelberegnet diffust total N tab + udledninger fra punktkilder (i denne omgang inkl. de direkte punktkilder) – retention i store vandløb, store søer, naturlige vådområder og restaurerede vådområder).

Data for punktkilder er leveret af FDC for hydrologiske punktkilder som enkeltkilder eller som skemaer for spredt bebyggelse og regnvandsbetingede udledninger.

Udledningen fra punktkilderne er for hvert år fordelt på målt og umålt opland indenfor hvert 2./3. ordens opland. Udledninger i det umålte opland er desuden opdelt i udledninger direkte til havet og til det øvrige umålte opland. Fordelingen af punktkilderne er sket på baggrund af koordinater for udledningspunktet i kombination med den hydrologiske reference, som blandt andet indeholder oplysning om, hvorvidt en punktkilde udleder direkte til havet. Udledningen på månedsbasis er beregnet ved at dele den årlige udledning med 12.

Figur 6.3. Kvælstofbelastning fra de samlede punktkilder, inkl. spredt bebyggelse, opdelt på hhv. den målte del og summen af den umålte og udledningerne direkte til havet.



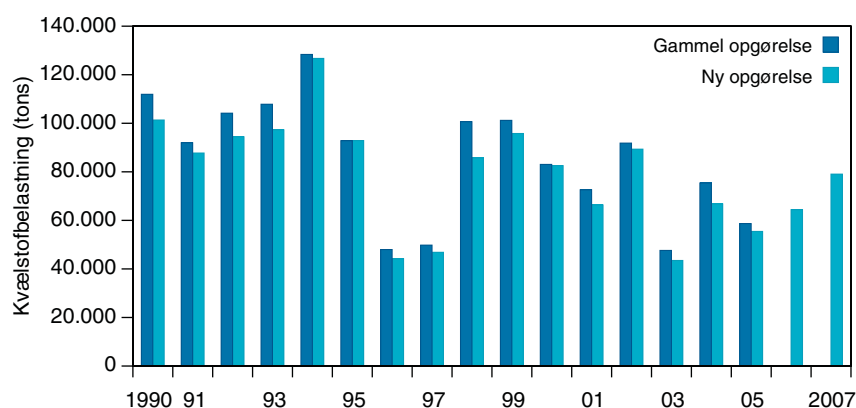
Der er brug for at strømline flowet af data for punktkilder, således at der fremover altid er adgang til opdaterede data for hele tidsserien, og sådan at disse data kan betragtes som det korrekte datasæt, kvalitetssikret af de involverede parter efter aftalte procedurer under det overordnede ansvar af FDC for hydrologiske punktkilder.

6.2 Sammenligning af ny og gammel beregningsmetode

Den nyberegnete havbelastning er sammenlignet med de 'gamle' opgørelser fra amtens indberetninger for perioden 1990 til 2005 i figur 6.4. De 'gamle' opgørelser er baseret på anvendelse af forskellige metoder

gennem tid og forskellige metoder mellem de enkelte amter. Med den nye metode er der indført en standardiseret metode for hele landet. Den nye metode giver en mindre total kvælstofbelastning af havet omkring Danmark, i gennemsnit er forskellen 6,6 % (tabel 6.1). Forskellen i de to opgørelser varierer fra år til år og er størst i 1998 og mindst i 1995. Forskellen mellem den nye og 'gamle' metode skyldes delvist en mindre modelberegnet vandafstrømning i det umålte areal end i tidligere opgørelser (se temakapitel), samt at der med den nye metode er beregnet en kvælstofretention i både vandløb, vådområder og søer.

Figur 6.4. Total belastning af kvælstof til danske kystområder, sammenligning mellem hidtidig og ny metode. (2006 og 07 er ikke tidligere opgjort).



Tabel 6.1. Forskel mellem 'gammel' og ny metode til beregning af total kvælstof havbelastningen af havet. Forskel er beregnet som ny metode minus gammel divideret med gammel metode.

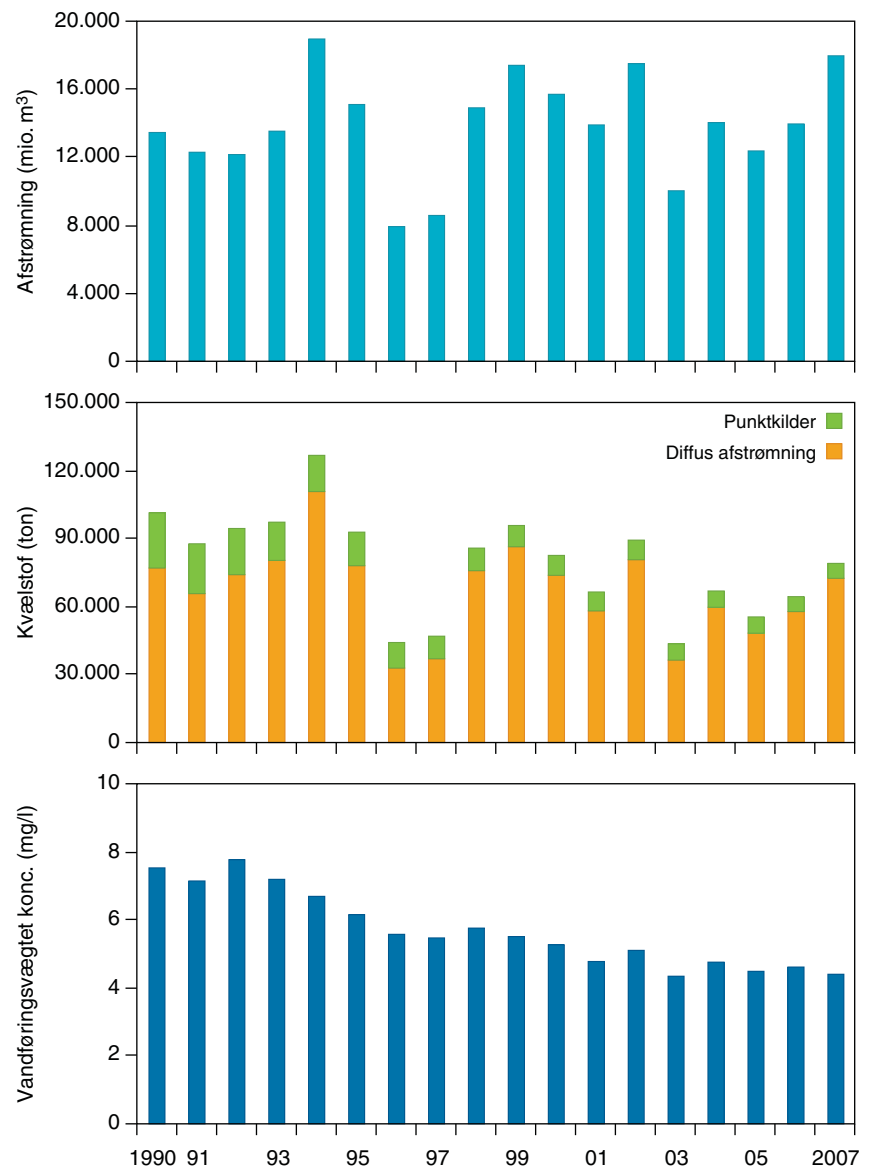
	Gennemsnit 1990-2005	Minimum	Maksimum
Absolut forskel	-5600 tons N	22 tons N	-14900 tons N
Forskel i procent	- 6,6 %	0,02 %	- 14,8 %

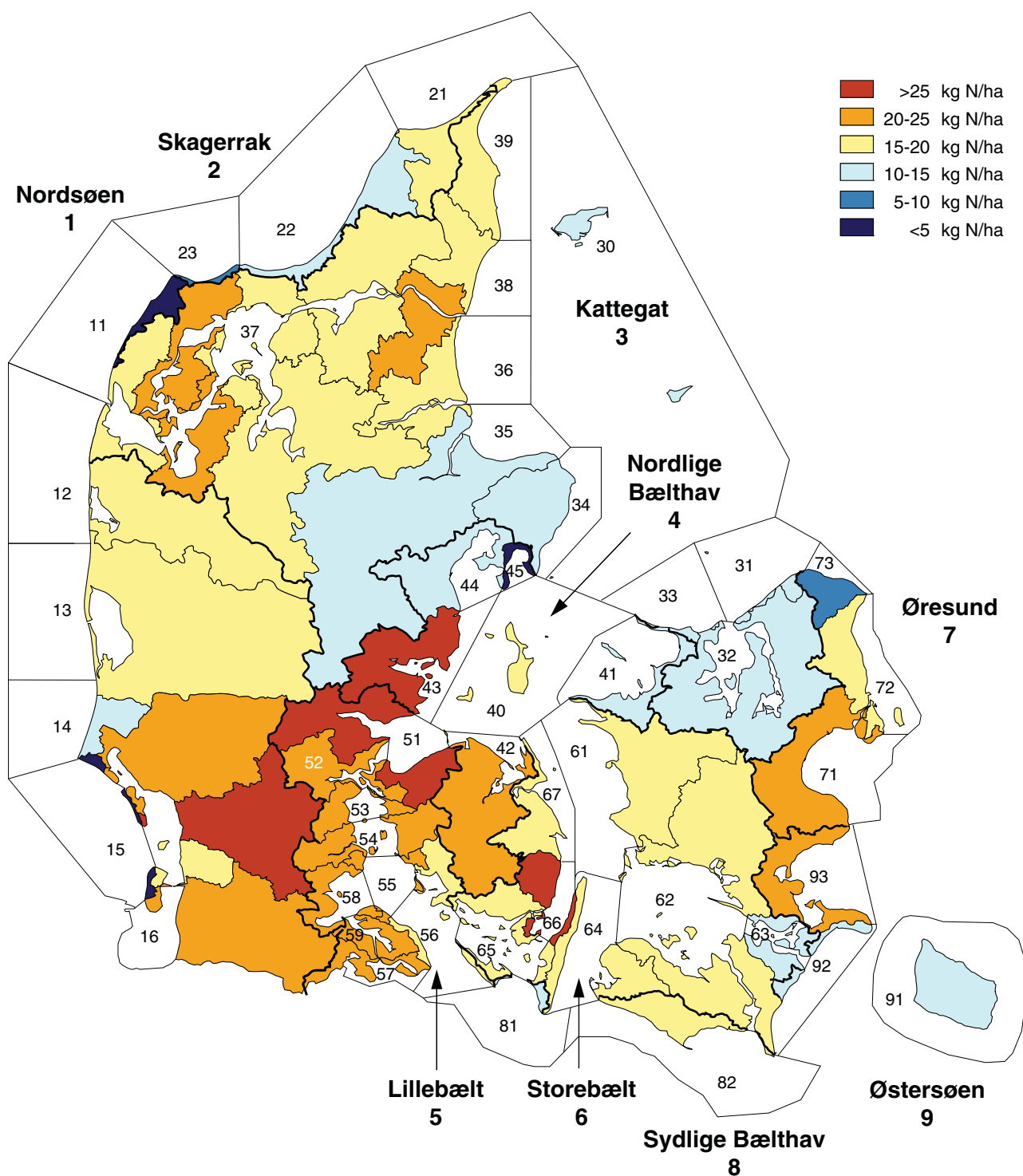
6.3 Kvælstof belastningen af havet i 2007

I 2007 blev der i alt tilført ca. 80.000 tons N til de ni farvandsområder i Danmark (figur 6.5). Det var mere end i de 4 foregående år og skyldes hovedsageligt en meget stor vandafstrømning (figur 6.5). Den regionale belastning af 2. ordens kystområder og omkring Limfjorden 3. ordens kystområderne varierer betragteligt i 2007 (figur 6.6). Størst er oplandstabet af total kvælstof (kg N/ha) i den sydlige del af Jylland og på Fyn, hvor den i flere områder er større end 25 kg N/ha. Den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er størst i de lerede områder med stor dræningstæthed i det østlige Fyn, Sydsjælland, og Lolland/Falster (figur 6.7).

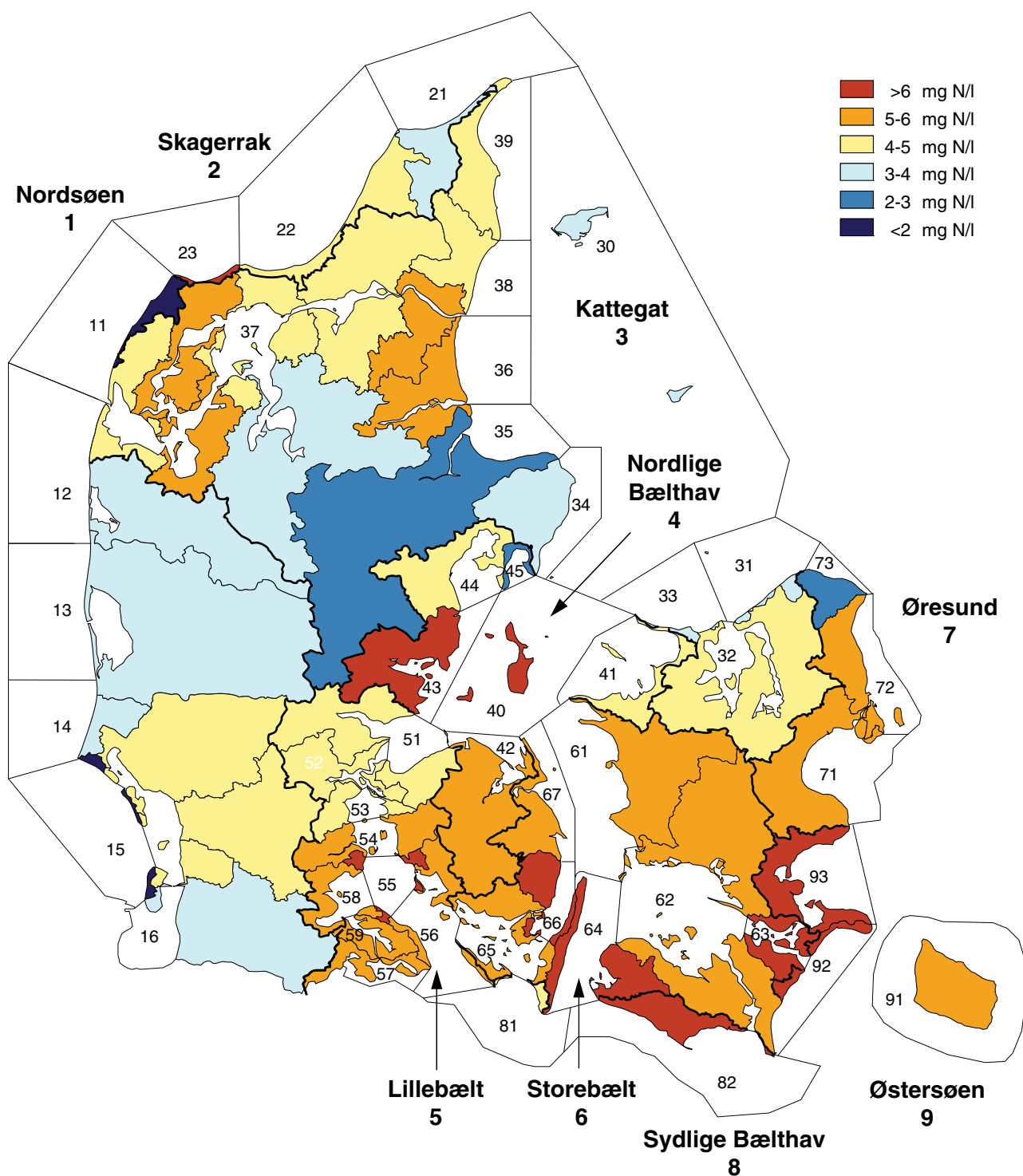
Den samlede udledning fra punktkilder var på 6.600 tons N, mens den diffuse udgjorde 72.500 tons N. De diffuse kilders andel af den samlede kvælstofudledning til kystområderne varierer betydeligt henover landet. Den er mindst omkring de større byer og størst i de åbne landområder (figur 6.7).

Figur 6.5. Ferskvandsafstrømningen, den samlede tilførsel af kvælstof til de marine kystafsnit og den vandføringsvægtede koncentration for 1990 til 2007.

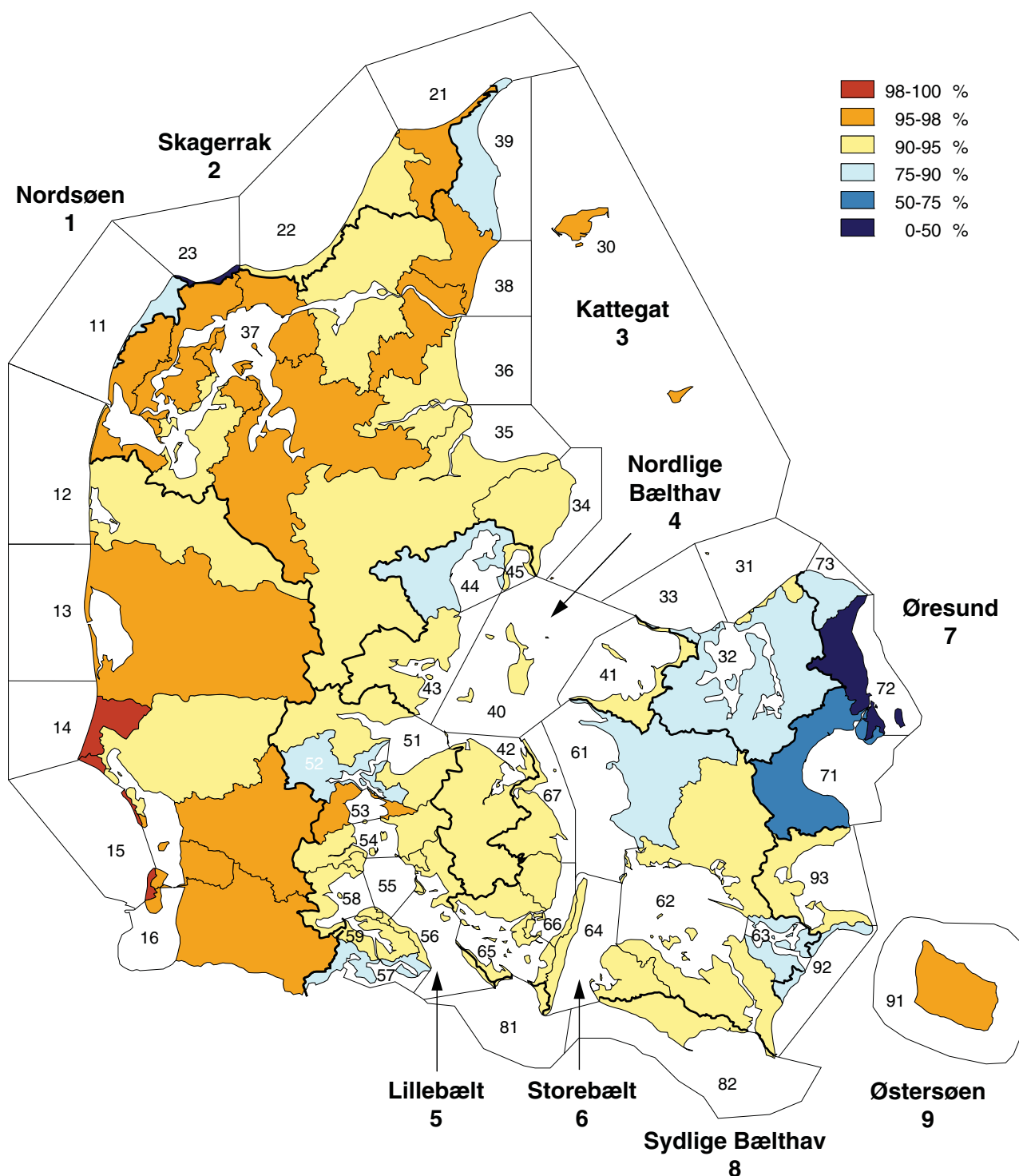




Figur 6.6. . Oplandstabet af total kvælstof fra oplandene til kystområderne i 2007



Figur 6.7. Kvælstofbelastningen til kystområderne angivet som en vandføringsvægtet koncentration i 2007.



Figur 6.8. . Den diffuse andel af den totale kvælstofbelastning til kystområderne i 2007.

6.4 Udvikling i kvælstofbelastningen 1990 – 2007

I figur 6.5 er der vist den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof beregnet som for det ferskvand som strømmer til havet omkring Danmark som overfladevand. Der ses en tydelig reduktion i koncentrationen i perioden 1990-2007. Reduktionen forekommer især i perioden 1992 til 2003 og ser derefter ud til at være på et rimeligt konstant niveau. I tabel 6.2 er resultatet af en statistisk Mann-Kendall trend test vist og der er konstateret et signifikant fald på 48 % i den samlede tilfø-

sel af total kvælstof målt som vandføringsvægtet koncentration. En sådan test i udvikling på den vandføringsvægtede koncentration er et mål for udviklingen renset for de store år til år udsving i afstrømningen. Det samme gælder for den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration for alle de 9 overordnede farvandsområder (tabel 6.2). De konstaterede fald skyldes både et fald i udledningen af kvælstof fra punktkilder, som især er stort i oplandet til Øresund. Det konstaterede fald i den samlede kvælstofbelastning af kystvandene skyldes i 8 af de 9 oplande til farvandsområderne dog især et fald i udledningerne fra de diffuse kilder og dermed hovedsageligt fra landbruget. For hele landet falder den diffuse tilførsel signifikant med 37 % i perioden 1990-2007 (tabel 6.2). Kun i område 7 til Øresund er den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration ikke faldet signifikant (tabel 6.2). Det skyldes givetvis en mindre andel af dyrket areal i dette stærkt urbaniserede opland.

Tabel 6.2. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og i den diffuse tilførsel af kvælstof til kystområderne for perioden 1990–2007. Resultaterne er angivet som procentvis ændring i forhold til et estimeret niveau for 1990. Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer.

Farvandsområde	Kvælstof	
	Diffus tilførsel % ændring	Samlede tilførsel % ændring
Nordsøen	-33	-40
Skagerrak	-44	-63
Kattegat	-33	-41
Nordlige Bælthav	-46	-47
Lillebælt	-44	-52
Storebælt	-44	-42
Øresund	-25*	-74
Sydlig Bælthav	-36	-30
Østersøen	-40	-50
Danmark	-37	-48

*Testen viser ikke en signifikant udvikling

7 Fosforbelastning af havet

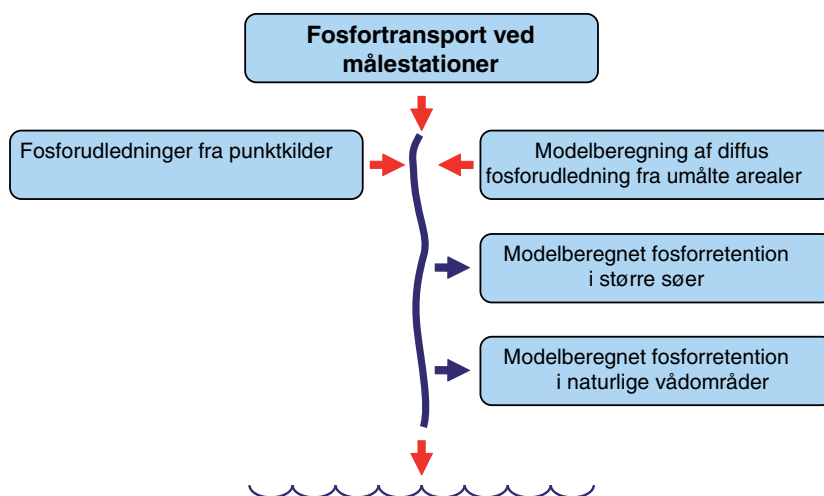
Niels Bering Ovesen, Søren Erik Larsen, Jens Bøgestrand, Brian Kronvang

7.1 Ny metode til opgørelse af fosforbelastningen fra land til hav

Fagdatacenter for Ferskvand har sammen med GEUS igennem de sidste 3 år arbejdet med udvikling af et nyt standardiseret koncept til opgørelse af vandafstrømning og fosforbelastningen fra umålte oplande i Danmark. De 'gamle' opgørelser er baseret på anvendelse af forskellige metoder gennem tid og anvendelse af forskellige metoder mellem de enkelte amter. Med den nye metode er der for første gang indført en standardiseret metode for hele landet. Desuden er der i det sidste år ligeledes arbejdet med et nyt standardiseret koncept til opgørelse af retention af fosfor i vandløb, søer og vådområder. Det nye koncept til opgørelse af vandafstrømningen på månedsbasis er nærmere beskrevet i et temakapitel i denne rapport.

Her skal i mere oversigtlig form gøres rede for konceptet bag opgørelsen af fosforbelastningen fra umålte arealer. Selve princippet er vist i figur 7.1.

Figur 7.1. Konceptuelt diagram over indhold af den nye metode til beregning af fosforbelastningen af kystvande omkring Danmark.



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. De månedlige transporter af total fosfor er blevet fratrasket spildevandstilførslen fra oplandet og derefter er den månedlige vandføringsvægtede koncentration beregnet. Den udviklede empiriske fosformodel kan for et givet opland derfor simulere den månedlige vandføringsvægtede koncentration af total fosfor 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 $C_{TP} = f(\text{jordtype (\% sandjord)}, \text{dyrkningsgrad}, \text{regionalt baseflow indeks}, \text{månedlig nedbør}, \text{vådområder})$.

Modellen har en samlet forklaringsgrad på 20 % for perioden 1993-2003. En videre validering på modellens evne til at simulere årstransporter af total P på målestationerne giver en forklaringsgrad på 84 %. Modellen er derfor bedre i simuleringer på årsbasis end på månedsbasis, hvilket skal tages i betragtning ved de videre anvendelser af resultaterne.

Til brug for modellens anvendelse er det maksimalt umålte areal i Danmark i overvågningsperioden blevet defineret (figur 6.2). Det herved dannede umålte areal er efterfølgende blevet opdelt i 1376 hydrologiske polygoner af en størrelse på ca. 25 km² med henblik på beregning af det diffuse total P tab med den udviklede model.

Den månedlige diffuse belastning af total fosfor er for hver 25 km² polygon beregnet ved at anvende den empiriske model til simulering af den månedlige vandføringsvægtede total fosforkoncentration der er multipliceret med den månedlige afstrømning fra 2. eller 3. ordens oplandet, som polygonen tilhører.

Fosfor retentionen i søer og vådområder er blevet opgjort indenfor 2.-3. ordens kystafsnittene og fordelt på henholdsvis umålt og målt areal.

Alle de årligt beregnede fosfor retentionstal er blevet omregnet til en månedlig retention ud fra den enkelte måneds andel af den årlige afstrømning.

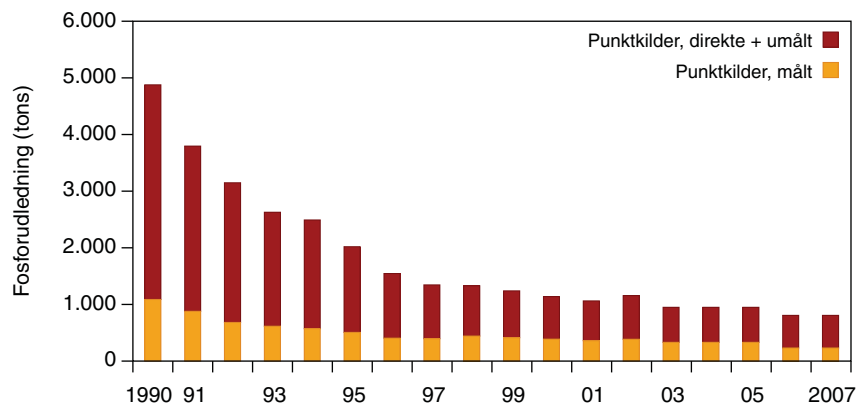
Fosforbelastningen til hvert 2.-3. ordens kystafsnit er derefter beregnet ved følgende procedure:

SUM (målt transport ved målestationerne) + modelberegnet diffust total P tab + udledninger fra punktkilder (i denne omgang inkl. de direkte punktkilder) – retention i store søer og naturlige vådområder.

Data for punktkilder er leveret af FDC for hydrologiske punktkilder som enkeltkilder eller som skemaer for spredt bebyggelse og regnvandsbetingede udledninger.

Udledningen fra punktkilderne er for hvert år fordelt på målt og umålt opland indenfor hvert 2./3. ordens opland. Udledninger i det umålte opland er desuden opdelt i udledninger direkte til havet og til det øvrige umålte opland. Fordelingen af punktkilderne er sket på baggrund af koordinater for udledningpunktet i kombination med den hydrologiske reference, som blandt andet indeholder oplysning om, hvorvidt en punktkilde udleder direkte til havet. Udledningen på månedsbasis er beregnet ved at dele den årlige udledning med 12.

Figur 7.2. Fosforbelastning fra de samlede punktkilder, inkl. spredt bebyggelse, opdelt på hhv. den målte del og summen af den umålte og udledningerne direkte til havet.

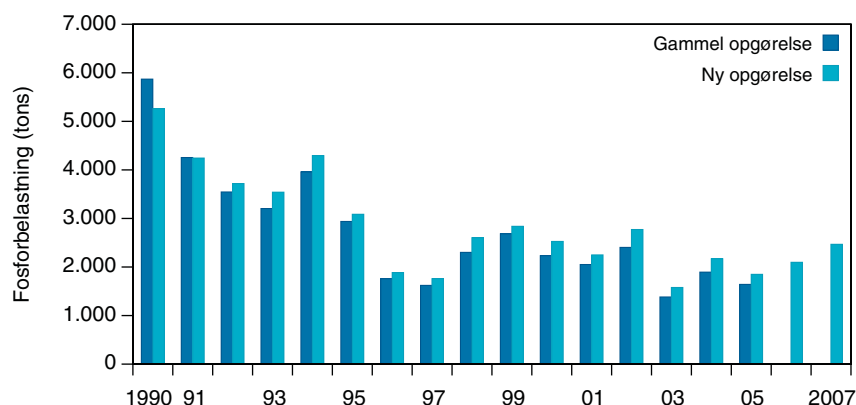


Der er brug for at strømline flowet af data for punktkilder, således at der fremover altid er adgang til opdaterede data for hele tidsserien, og sådan at disse data kan betragtes som det korrekte datasæt, kvalitetssikret af de involverede parter efter aftalte procedurer under det overordnede ansvar af FDC for hydrologiske punktkilder.

7.2 Sammenligning af ny og gammel beregningsmetode

Den nyberegnete havbelastning er sammenlignet med de 'gamle' opgørelser fra amternes indberetninger for perioden 1990 til 2005 i figur 7.3. De 'gamle' opgørelser er baseret på anvendelse af forskellige metoder gennem tid og forskellige metoder mellem de enkelte amter. Med den nye metode er der indført en standardiseret metode for hele landet. Den nye metode giver en lidt større total fosfor belastning af havet omkring Danmark, i gennemsnit er forskellen 6,0 % (tabel 7.1). I de første år er den nye opgørelse dog lavere end den gamle, mest på grund af mangler i punktkildedata. Forskellen mellem den nye og den gamle metode skyldes især at den nye model for fosfor i umålt opland er baseret på data fra de intensive fosfortransportstationer. Intensiv måling ved kontinuert prøvetagning giver et mere korrekt, men også lidt højere, estimat af fosfortransporten.

Figur 7.3. Total belastning af fosfor til danske kystområder, sammenligning mellem hidtidig og ny metode. (2006 og 07 er ikke tidligere opgjort).



Tabel 7.1. Forskel mellem 'gammel' og ny metode til beregning af total fosfor belastningen af havet. Forskel er beregnet som ny metode minus gammel divideret med gammel metode.

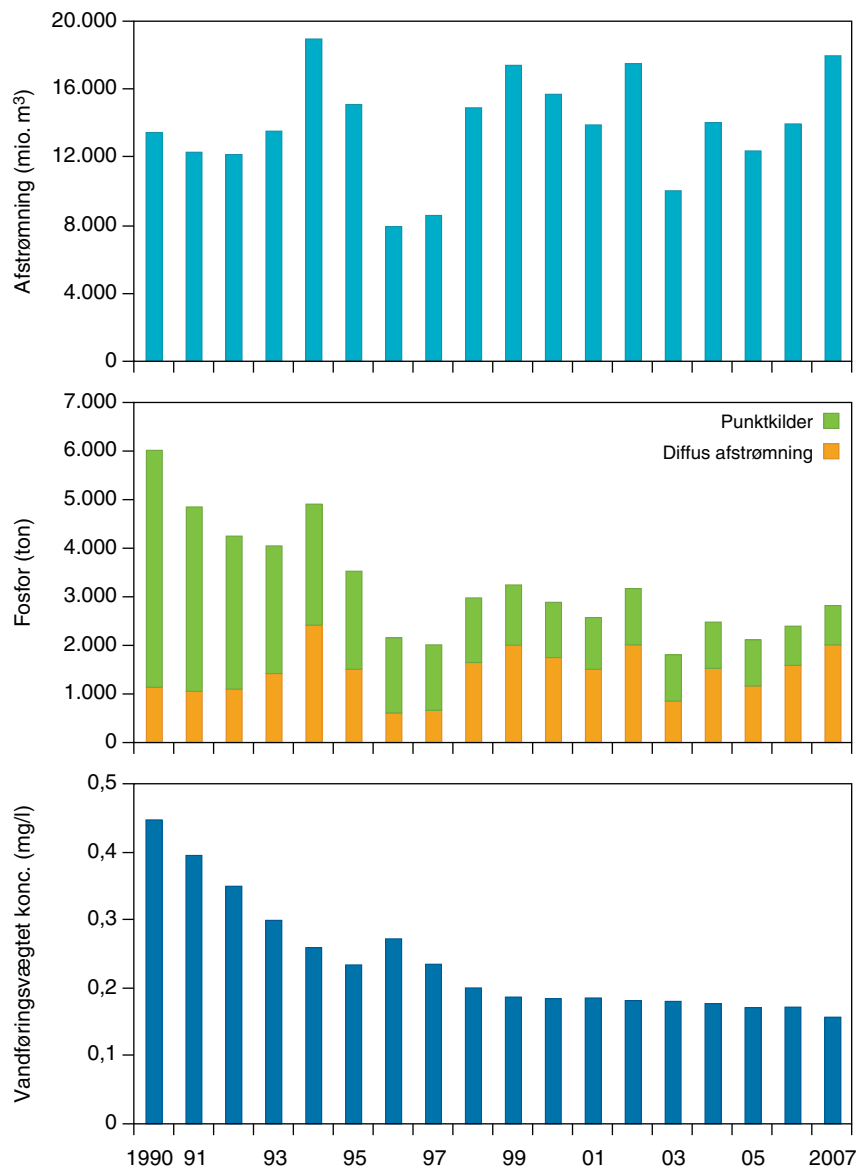
	Gennemsnit 1990-2005	Minimum	Maksimum
Absolut forskel	189 tons P	-693 tons P	422 tons P
Forskel i procent	6,0 %	-10,3 %	15,4 %

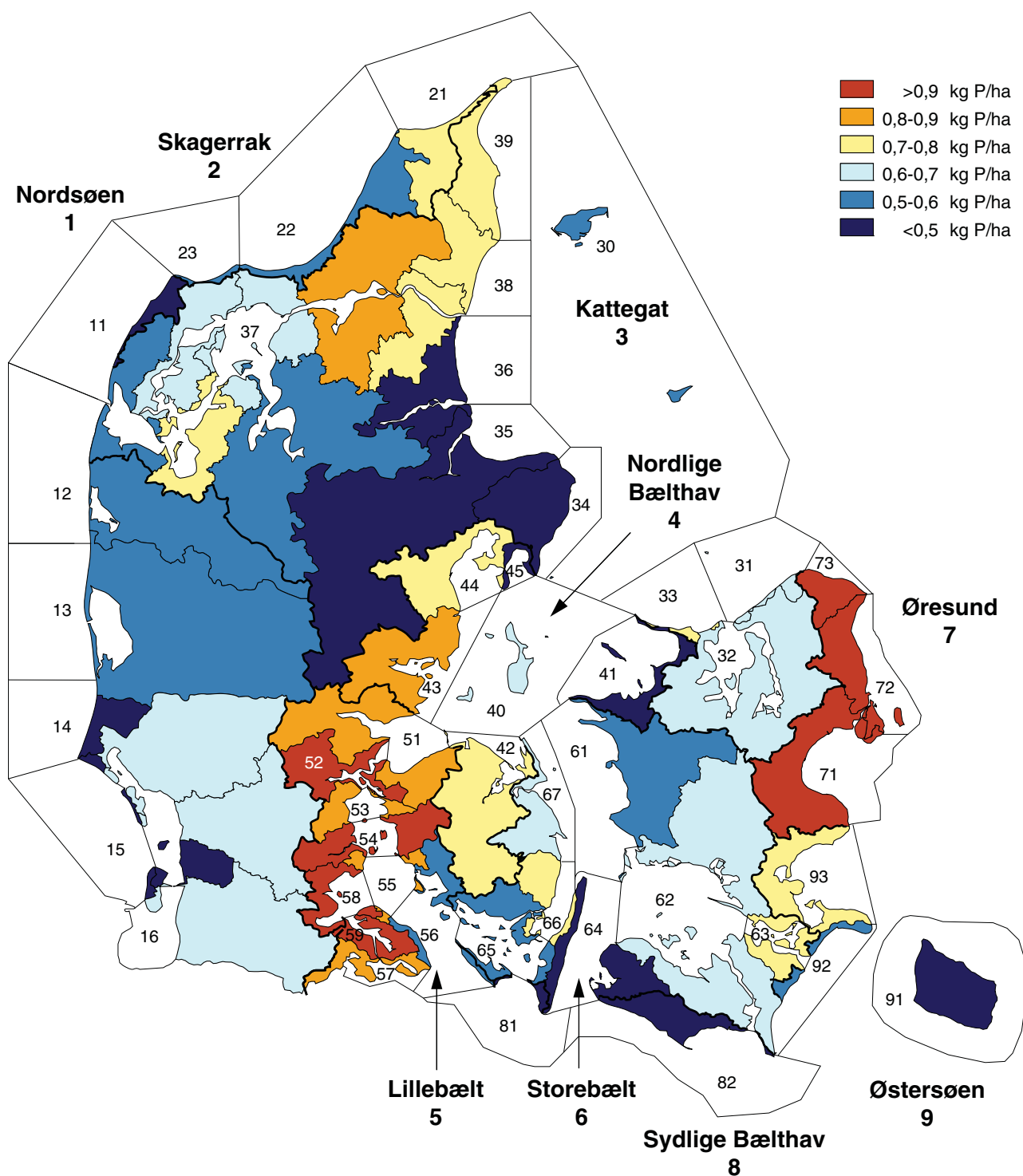
7.3 Fosfor belastningen af havet i 2007

I 2007 blev der i alt tilført ca. 2.800 tons P til de ni farvandsområder i Danmark (figur 7.4). Det var mere end i de 4 foregående år og skyldes hovedsageligt en meget stor vandafstrømning (figur 7.4). Den regionale belastning af 2. ordens kystområder og omkring Limfjorden 3. ordens kystområderne varierer betragteligt i 2007 (figur 7.5). Størst er oplandstabet af total fosfor (kg P/ha) til fjorden i den sydøstlige del af Jylland og til Øresund, hvor oplandstabet i flere områder er større end 0,9 kg P/ha. Den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor er højest i de sammen områder samt til Århus Bugt og Storstrømmen i det sydlige Sjælland (figur 7.6).

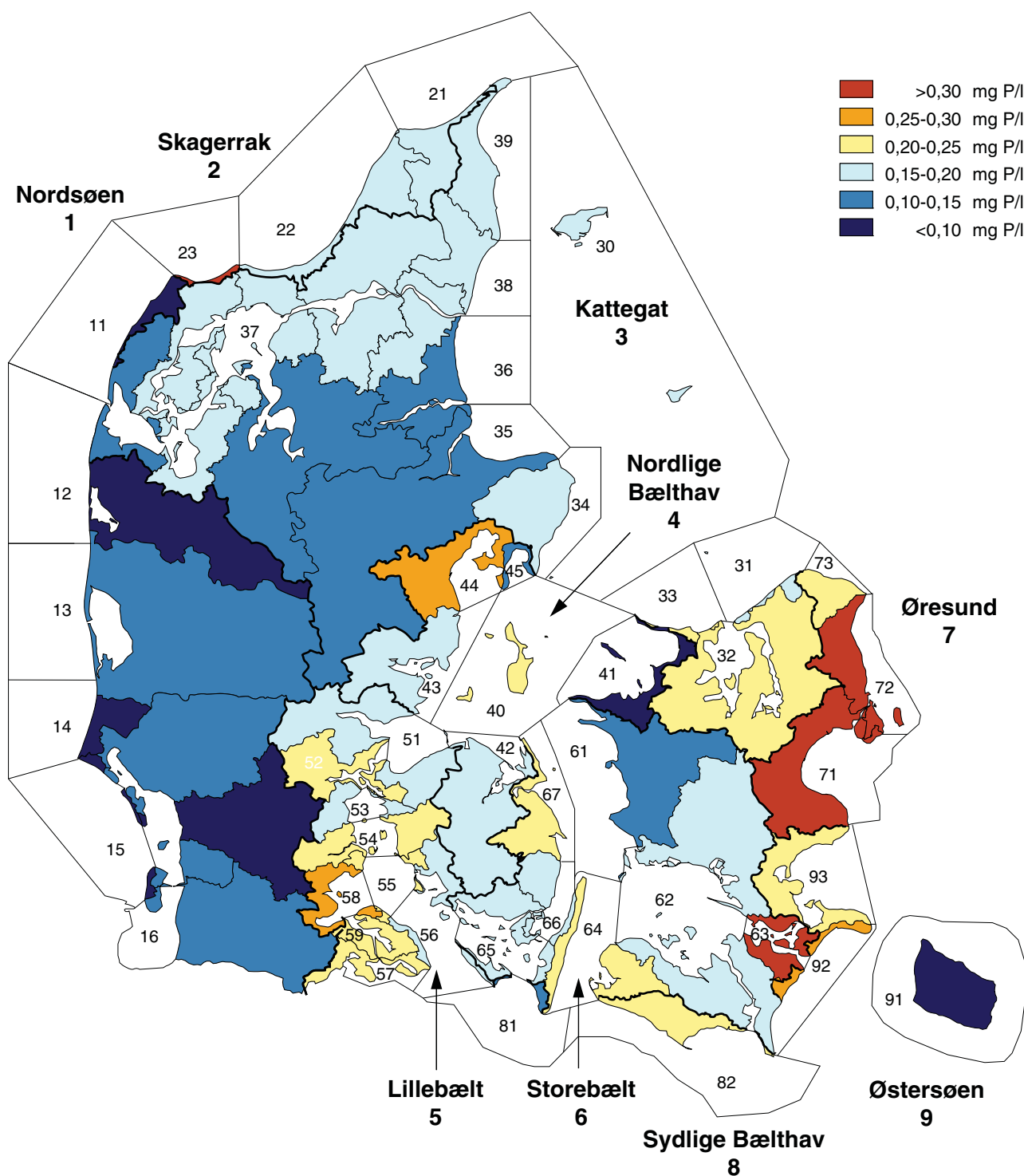
Den samlede udledning fra punktkilder var på ca. 800 tons P, mens den diffuse udgjorde ca. 2.000 tons P. De diffuse kilders andel af den samlede fosforudledning til kystområderne varierer betydeligt henover landet. Den er mindst omkring de større byer og størst i de åbne landområder (figur 7.7).

Figur 7.4. Ferskvandsafstrømningen, den samlede tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit og den vandføringsvægtede koncentration for 1990 til 2007.

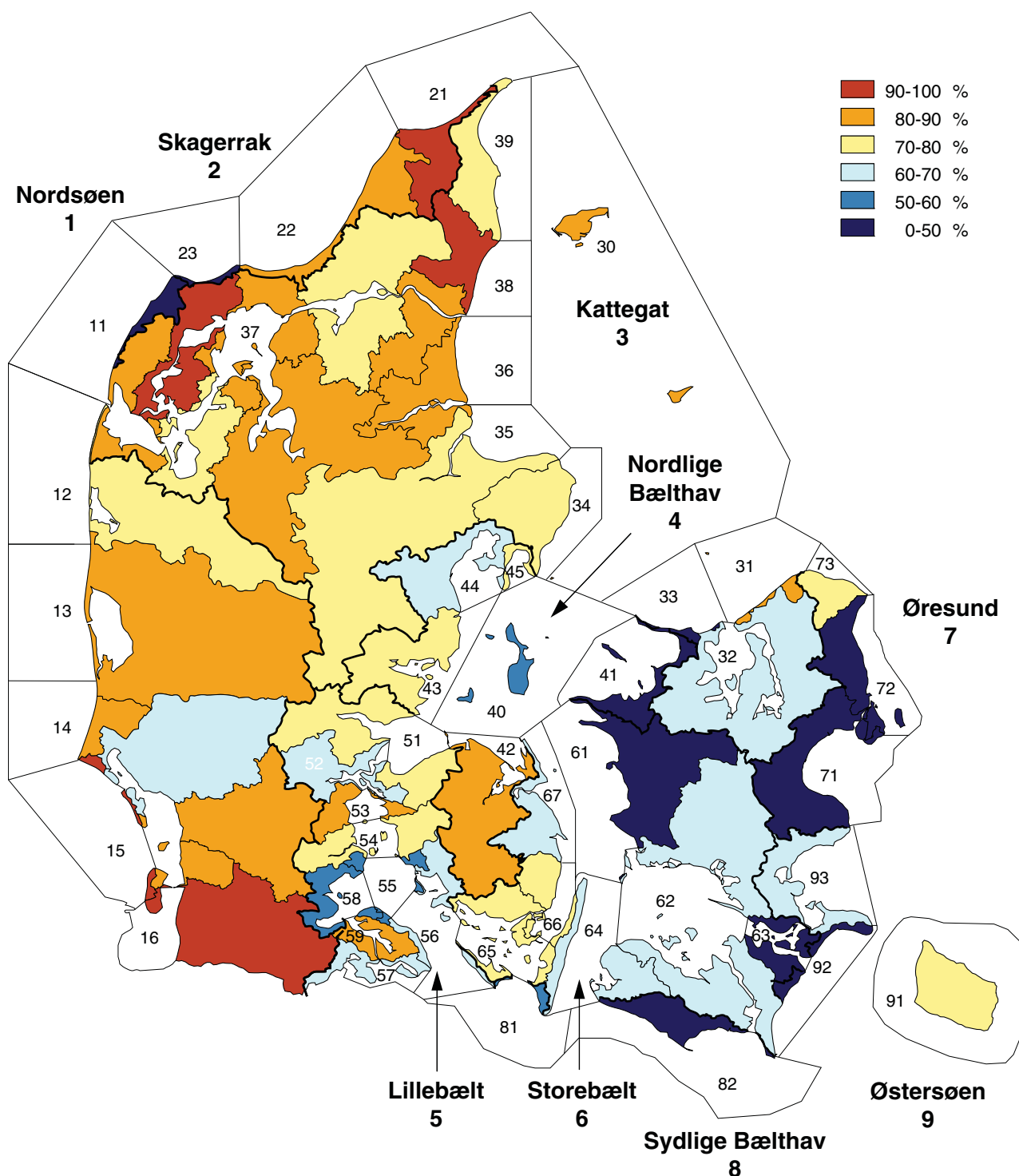




Figur 7.5.. Oplandstabet af total fosfor fra oplandene til kystområderne i 2007



Figur 7.6. Fosforbelastningen til kystområderne angivet som en vandføringsvægtet koncentration i 2007.



Figur 7.7. . Den diffuse andel af den totale fosforbelastning til kystområderne i 2007.

7.4 Udvikling i fosforbelastningen 1990 – 2007

I figur 7.4 er der vist den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor beregnet for det ferskvand som strømmer til havet omkring Danmark som overfladevand. Der ses en tydelig reduktion i koncentrationen i perioden 1990-2007. Reduktionen forekommer især i perioden 1990 til 1999 og ser derefter ud til at være på et rimeligt konstant niveau på omkring 0,17 mg P/l. I tabel 7.2 er resultatet af en statistisk Mann-Kendall trend test vist og der er konstateret et signifikant fald på 68 % i den samlede

tilførsel af total fosfor målt som vandføringsvægtet koncentration. En sådan test i udvikling på den vandføringsvægtede koncentration er et mål for udviklingen rensset for de store år-til-år udsving i afstrømningen. Tendensen ses i alle de 9 overordnede farvandsområder (tabel 7.2). De konstaterede fald skyldes et fald i udledningen af fosfor fra punktkilder, som især er stort i oplandet til Øresund, hvor der derfor er sket det største fald. Den diffuse tilførsel er på landsplan steget med 21 % i perioden 1990-2007, men ændringen er ikke statistisk signifikant, og dækker over forskelligt rettede ændringer i forskellige dele af landet.

Tabel 7.2. Mann-Kendall trend-test af udviklingen i hhv. den samlede og i den diffuse tilførsel af fosfor til kystområderne for perioden 1990–2007. Resultaterne er angivet som procentvis ændring i forhold til et estimeret niveau for 1990. Testen er lavet på vandføringsvægtede koncentrationer.

Farvandsområde	Fosfor	
	Diffus tilførsel % ændring	Samlede tilførsel % ændring
Nordsøen	16*	-41
Skagerrak	15*	-85
Kattegat	28	-42
Nordlige Bælthav	-12*	-59
Lillebælt	10*	-50
Storebælt	-11*	-68
Øresund	-	-74
Sydlig Bælthav	-13*	-49
Østersøen	-17*	-94
Danmark	21*	-68

*Testen viser ikke en signifikant udvikling

8 Referencer

Cappelen, J. (2008): Danmarks klima 2007 med Tórshavn, Færøerne og Nuuk, Grønland. Teknisk rapport 08-01. Danmarks Meteorologiske Institut.

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

Ferskvandsafstrømning

Jørgen Windolf, DMU

Lars Trolborg og Hans Jørgen Henriksen, GEUS

I forbindelse med dette års NOVANA rapport er ferskvandsafstrømningen blevet opgjort med en ny metode for perioden 1989-2007. I opgørelserne indgår målte vandføringer fra 179 vandløbsstationer dækkende i alt 57 % af landets areal. For afstrømningsarealer, der ikke dækkes af målestationer, anvendes justerede modelberegne data beregnet med den dynamiske og distribuerede hydrologiske DK-model. 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. I dette temakapitel dokumenteres det anvendte måledatagrundlag, den anvendte metode samt resultaterne heraf.

Datagrundlag

Der foreligger vandføringsmålinger fra et meget stort antal danske vandløbsstationer. De vandløb, der indgår i beregningerne af den samlede ferskvandsafstrømning, er udvalgt ud fra følgende overordnede kriterier:

1. Vandløbet ligger som nederste målestation i det enkelte afstrømningsopland, dog således at der er fravalgt enkelte stationer, hvor datagrundlaget vurderes at være for usikkert
2. Generelt er kun medtaget resultater fra vandløb, hvor afstrømningen er baseret på en fast Q/H station.
3. Dog indgår resultater fra enkelte stationer, hvor afstrømningsmålingerne er beregnet ud fra arealproportionering, q/Q metoden eller stationen er en pumpestation. Disse data er medtaget, hvor der mangler andre mere sikre målinger i området, eller den pågældende station er en vandløbsstation, hvor der også måles næringsstofkoncentrationer og beregnes stoftransport.

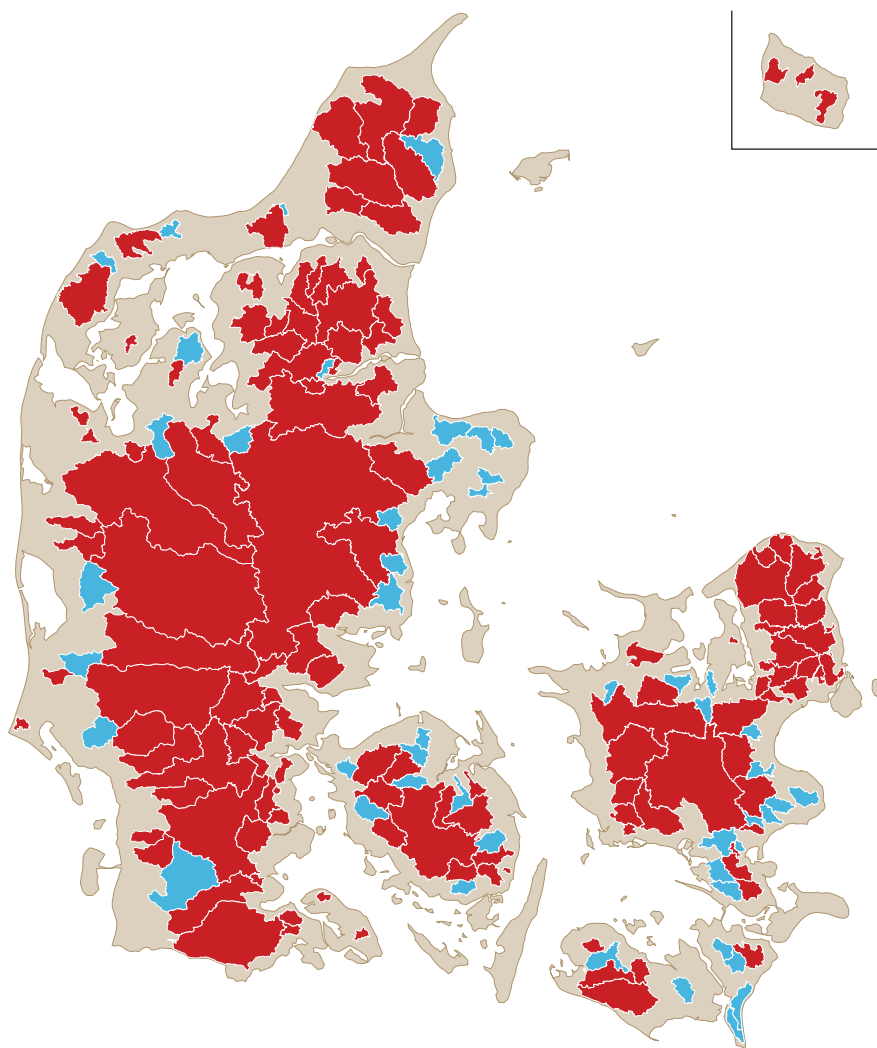
Beregningerne er baseret på de tilgængelige døgnmiddel vandføringer udtrukket fra DMU's databaser og gennemsnitlige afstrømninger (mm/dag) er beregnet på månedsniveau for perioden 1989-2007. Kravet har været, at der mindst skulle foreligge 26 døgnmiddel vandføringer pr. måned, for at gennemsnitsvandføringen kan beregnes med efterfølgende beregning af samlet summeret månedsafstrømning (mm/måned). Hvor dette kriterium ikke har kunnet opfyldes, er månedsvandføringer estimeret på anden vis som forklaret efterfølgende.

Yderligere er gennemsnitlige vandføringer for målestationerne beregnet for kontinuerte 26-dages perioder for årene 1991-2005 (mm/dag), såfremt der har været mindst 20 døgnmålinger i de enkelte perioder. Herefter er den samlede afstrømning beregnet (mm/periode). Baggrunden for disse beregninger er, at de modelberegne data med DK-modellen alene foreligger opgjort for sådanne 26-dages perioder. Sammenstillinger af målinger og modelberegne afstrømninger er efterfølgende foretaget for de 'periode'-relaterede vandafstrømninger.

De topografiske oplande til de målestationer, der indgår i beregningerne af afstrømningen, er vist i figur 1. For en del af stationerne foreligger der ikke komplette måletidsserier. En række stationer er således nedlagt gennem perioden 1989-2007, men der er dog også oprettet enkelte nye. I figur 1 er også vist fra hvilke stationer, der har været tilgængelige data for 2007, samt hvilke stationer, der har været anvendt i de tidligere år.

Alle de anvendte stationer er vist i Bilag 1. Af bilaget fremgår også, fra hvilke år der foreligger målinger fra de enkelte stationer, og hvilken målemetode der ligger til grund for beregningerne af afstrømningen på de enkelte stationer.

Figur 1. Afstrømningsoplande til målestationer, hvorfra data har været anvendt til opgørelse af ferskvandsafstrømningen gennem perioden 1989-2007, samt oplande til stationer anvendt (med tilgængelige data) i 2007 (rød).



Modeldata

I arbejdet med at estimere den samlede vandafstrømning er der udover måledata fra afstrømningsstationer i vandløb indgået distribuerede modelberegnete vandafstrømninger. Disse modelberegnete data er leveret af GEUS (dkmodel-qflow-juni2007.shp) i form af 'periode' værdier for afstrømningen fra 1x1 km GRID's, 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 modelberegnete

samlede afstrømning til vandløb for perioden 1991-2005, (i alt 211 26-dages perioder).

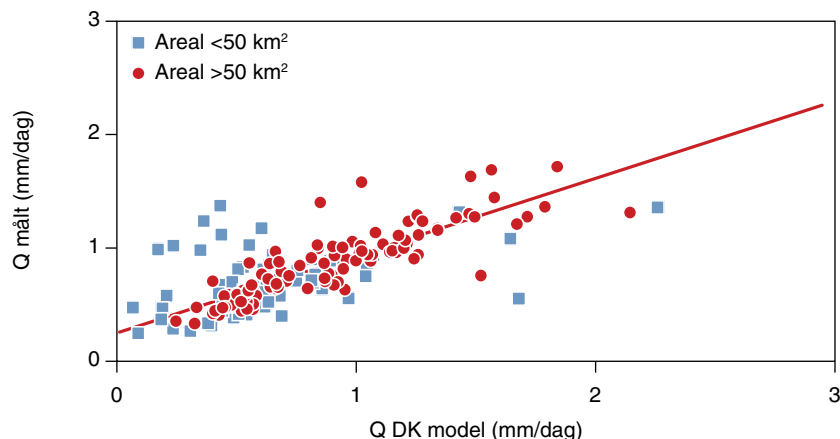
De modelberegnete afstrømninger er blevet summeres inden for valgte afstrømningsoplandes topografiske grænser. Afstrømningsoplandene er afgrænset af kystafsnit eller målestationer i vandløb. Såfremt dele af et 1x1 km GRID har ligget udenfor det enkelte afstrømningsopland er denne del 'fraklippet', idet det er antaget, at afstrømningen inden for 1x1 km GRID'et er homogen fordelt. Såfremt der inden for et afstrømningsopland har manglet enkelte GRID-værdier for den modellerede afstrømning, er det antaget, at afstrømningen i det pågældende GRID har været lig den gennemsnitlige afstrømning for de GRID's inden for oplandet, hvorfra der foreligger modellerede afstrømninger. Omkring 94 % af landets areal er dækket af disse GRID beregninger, hvor de primære mangler er Bornholm, Samsø og en række yderligere øer.

Sammenligning af modellerede og målte vandafstrømninger

For at vurdere anvendeligheden af de modelberegnete afstrømninger med DK-modellen er der indledningsvist foretaget en sammenstilling af modelberegnete og målte afstrømninger for 176 vandløbsoplande. (For 3 vandløbsoplande på Bornholm har der ikke været tilgængelige modellerede afstrømninger). Sammenstillingerne tager sit udgangspunkt i den tidsopløsning, der har været tilgængelig for de modelberegnete data, nemlig kontinuerte 26-dages perioder i årene 1991-2005. For at vurdere modelsimuleringer hen over året, er der til hver 26-dages periode defineret en måned, - nemlig den måned, hvori hovedparten af perioden falder.

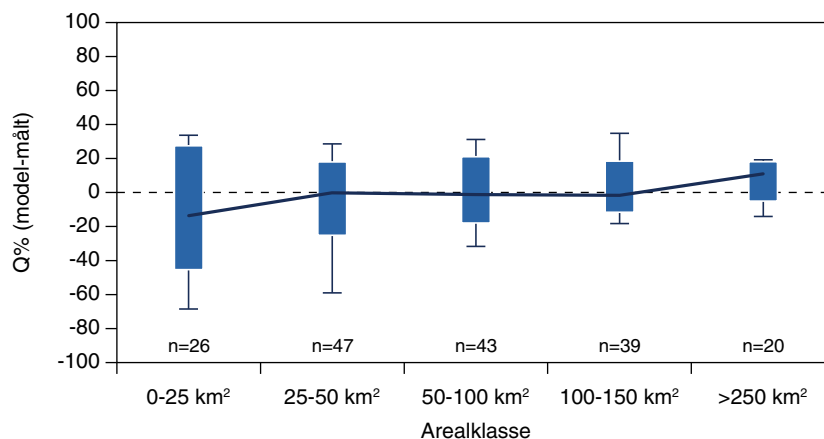
Den gennemsnitlige målte og modelberegnete afstrømning for 176 vandløbsstationer er vist i figur 2 for perioden 1991-2005. Det fremgår, at der for en række stationer er betydelig afvigelse mellem målte og modellerede afstrømninger. Specielt ses, at DK-modellens præcision for de mindre oplande (< 50 km²) er dårlig. Der findes en noget bedre sammenhæng mellem målte og modellerede afstrømninger for de 102 større vandløbsoplande (> 50 km²). Disse resultater er ikke overraskende. For det første er DK-modellen kalibreret mod afstrømninger fra oplande, der er større end 50 km², og for det andet må det generelt forventes, at jo mindre et opland, der er tale om, des større vil usikkerheden være for den modellerede afstrømning.

Figur 2. Relation mellem modellede og målte gennemsnitlige afstrømninger (mm/dag) fra målestationer med oplande > 50 km². Punkter også indlagt for stationer < 50 km², men indgår ikke i relation.
 $Y(>50\text{km}^2) = 0.68x + 0.25$,
 $r^2=0.72$, $n=102$

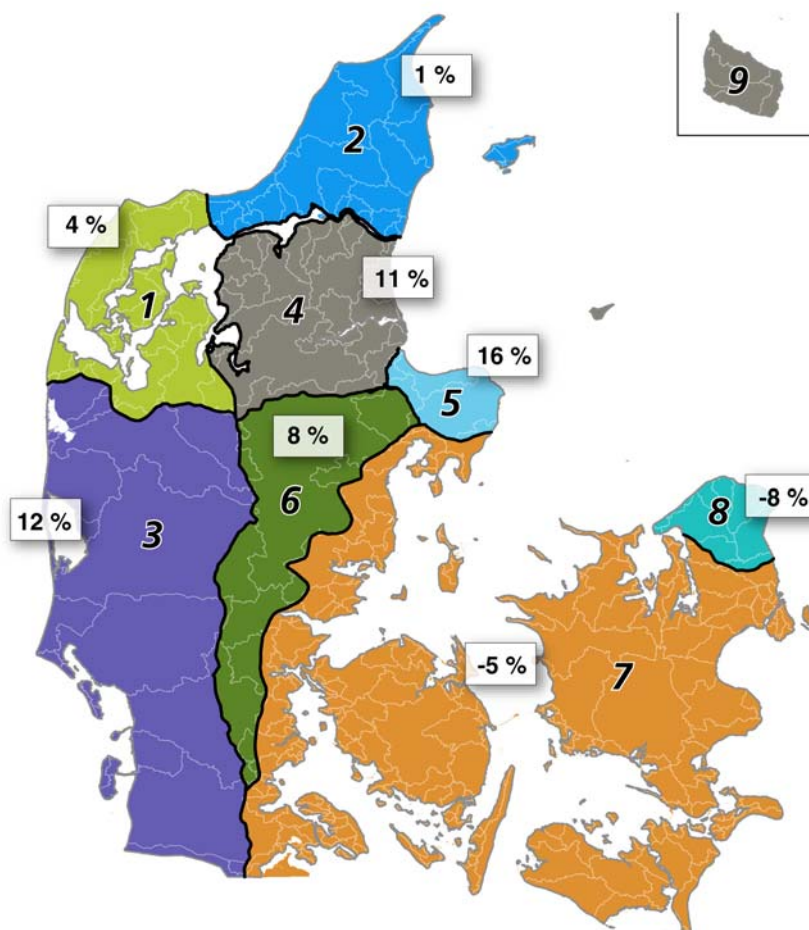


Modelpræcisionen stiger således med stigende oplandsareal i de målte vandløbsoplande (figur 3), idet der dog for oplande > 250 km² synes at være en generel overestimering af den målte afstrømning. Denne bias forklares dog næppe af oplandsarealernes størrelse, men er snarere relateret til, at de største afstrømningsoplande er beliggende i Jylland. Her overestimerer modellen som gennemsnit nemlig de målte afstrømninger (figur 4). Omvendt modelleres der – med den anvendte DK-model version – lidt for lave afstrømninger på Sjælland og Fyn. Det skal understreges, at disse modelafvigelser er gennemsnitlige for den samlede afstrømning fra de indgående vandløb i disse områder. For enkelt-vandløb kan der i alle dele af landet findes eksempler på, at modellen rammer såvel over som under de målte vandføringer.

Figur 3. Procentuel afvigelse mellem målte og modellerede afstrømninger (DK-model) fra vandløbsmålestationer 1991-2005 fordelt på arealklasser. $(\text{Model-Målt}) \cdot 100 \% / \text{Målt}$. Fraktiler (10, 25, 50, 75, 90 %) indlagt.

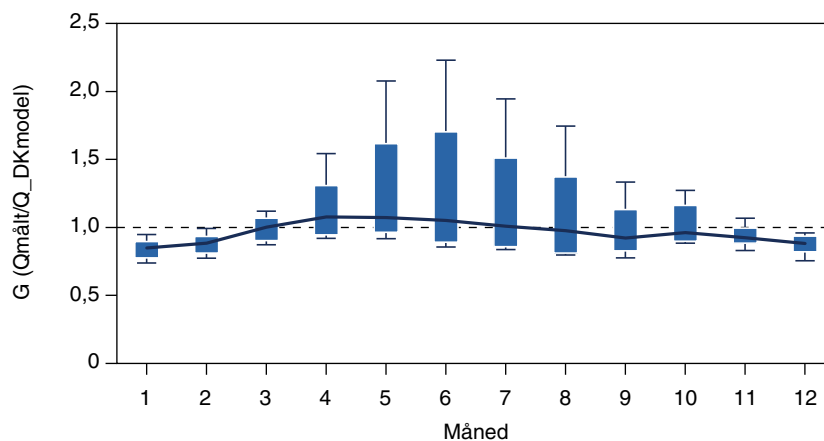


Figur 4. Georegioner i Danmark og forskellen i samlet afstrømning fra målte oplande i hver georegion og de tilsvarende modellerede afstrømninger (ren DK-model). I Jylland (georegion 1-6) modelleres for meget afstrømning med modellen bortset fra i Georegion 7, hvor der ligesom på øerne (Georegion 7-8) modelleres for lav afstrømning i de måleoplande der ligger i disse områder.



Udover den generelle gennemsnitlige modelafvigelse, er der også en sæsonvariation i forskellen mellem målte og modellerede afstrømninger. Beregnes afvigelserne månedsspecifikt for de enkelte Georegioner ses, at DK-modellen generelt overestimerer afstrømningen i vinterhalvåret (figur 5). Omvendt underestimerer modellen typisk afstrømningen om sommeren. Det fremgår i øvrigt også af figuren, at de relative afvigelser mellem målte og modellerede afstrømninger er størst om sommeren, hvor afstrømningen er mindst.

Figur 5. Forholdet mellem målte og modellerede (ren DK-model) afstrømning i afstrømningsoplande i 8 georegioner i Danmark beregnet for hver måned i perioden 1991-2005. Fraktiler: 10, 25, 50, 75 og 90 %. Rådata anvendt til figuren er dokumenteret i Bilag 2.



I Bilag 1 er forskellen mellem målte og modelberegnete afstrømninger (DK-model) for de enkelte vandløb listet, ligesom det fremgår, hvilken Georegion (sensu figur 4), der dominerer det enkelte vandløbsopland.

Justering af modelberegnete afstrømninger på vandløbsmålestationer - eksempel: Vejrup Å, Fyn

For vandløbsstationer uden komplet tidsserie for 1989-2007 kunne man ideelt set anvende de beregnede afstrømninger med DK-modellen i perioder, hvor der ikke foreligger målinger. Dette er dog af en række årsager ikke hensigtsmæssigt eller i det hele taget muligt.

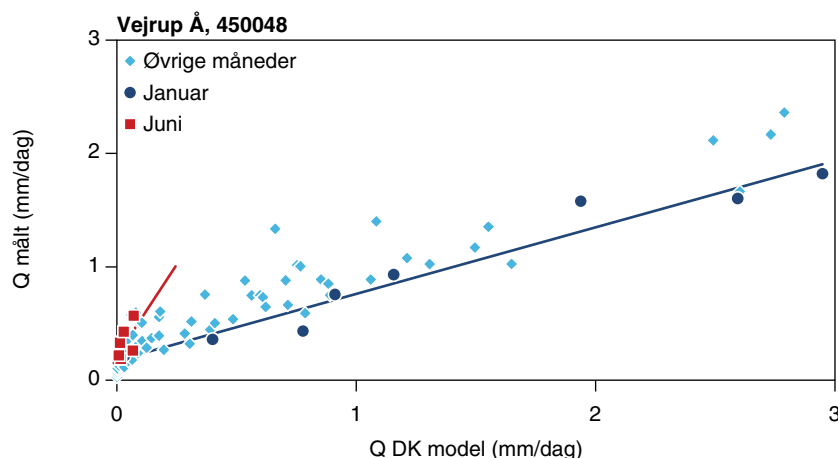
For det første dækker DK-modellen i den anvendte version alene perioden 1991-2005. For det andet vurderes modellen – jf. tidligere i dette kapitel – for de enkelte oplande at være for upræcis. Da målet er at beregne den månedlige afstrømning er det også et 'problem', at modellens tilgængelige data udgøres af 26-dages perioders summerede vandafstrømninger.

Inddragelse af DK-modellens resultater til at udfylde 'huller' i måletidsserier for vandløbsstationer fordrer derfor en række supplerende vurderinger og beregninger. Disse er nedenstående eksemplificeret med udgangspunkt i Vejrup Å på Fyn. På denne station ophørte måling og beregning af vandafstrømningen ved udgangen af 1997.

For Vejrup Å ses det af figur 6.1, at der er en generel sammenhæng mellem de målte og DK-modelberegnete afstrømninger i 26-dages perioder for årene 1991-1997. Såfremt der til hver periode associeres en månedsidentifikation er det dog også tydeligt at sammenhængen mellem målte og modellerede vandafstrømninger er sæsonbestemt. Således underestimerer modellen afstrømningen i juni og overestimerer den i januar (figur 6.1). De således opstillede sammenhænge mellem målt og modelleret afstrømning for januar og juni er vist i figuren. Også for øvrige måneder er der udledt månedsspecifikke relationer (ej vist).

Figur 6.1. Månedlige afstrømninger (26-dages perioder) fra målestation Vejrup å, Fyn (450048) samt de modellerede afstrømninger med DK-modellen fra 1991-1997, hvor målinger på stationen ophørte.

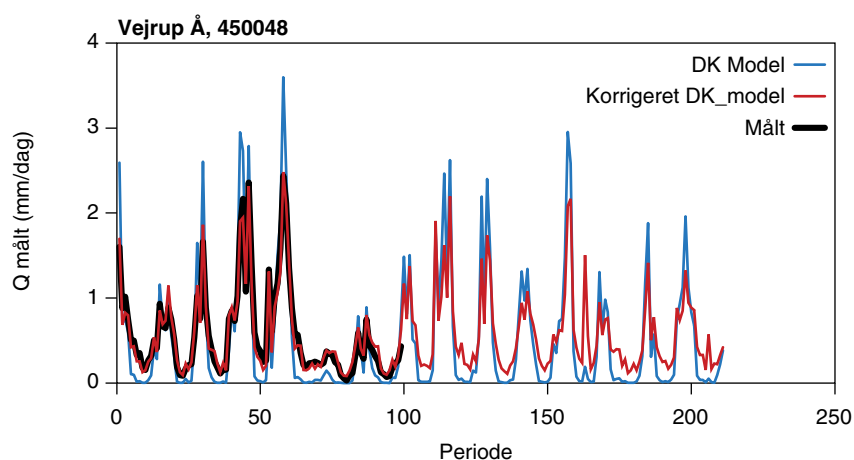
$Y_{jan} = 0.59x + 0.17$, $r^2=0.95$, $n=7$.
 $Y_{jun} = 3.28x + 0.21$, $r^2=0.40$, $n=7$, ($p>0.12$).



Antages de 12 månedsspecifikke sammenhænge også at være gældende for perioder, hvor der ikke er målte afstrømninger, kan korrigerede DK-modellerede afstrømninger nu beregnes for alle 26-dages perioder dækkende årene 1991-2005 (figur 6.2). Hermed kan sammenstykes en tids-

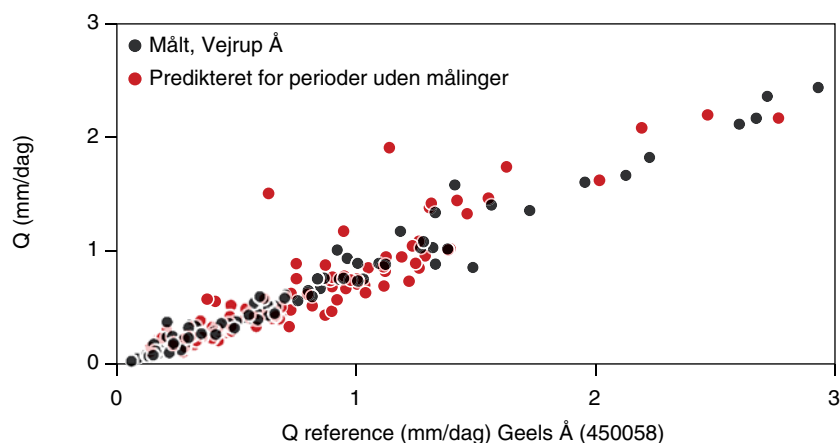
serie for afstrømningen bestående af målte afstrømninger for 26-dagesperioderne i tidsrummet 1991-1997 suppleret med korrigerede DK-model afstrømninger for årene 1998-2005. Disse ligeledes opgjort som afstrømninger i 26-dagesperioder.

Figur 6.2 Vandafstrømning i Vejrup Å for 211 26-dages perioder 1991-2005. Målinger ophørte i 1997. Målt, modelleret (DK-model) samt justeret (korrigeret DK-model) vandafstrømning. DK-model data korrigeret efter månedsspecifikke relationer sensu Figur 4.1



For at udvide tidsserien for Vejrup Å stationen til hele perioden 1989-2007 og for at justere de beregnede afstrømninger i 26-dages perioder til egentlige månedsværdier er det valgt at anvende en referencestation. I dette tilfælde den nærved liggende Geels Å (DMU nr. 450058). For 26-dages perioder kan der opstilles en sammenhæng mellem afstrømningen på denne station og afstrømningen i Vejrup Å (figur 6.3). I figuren er afstrømningen på referencestationen relateret til såvel de reelt målte afstrømninger i 26-dagesperioder i Vejrup Å (sorte punkter) som til de korrigerede DK-modelafstrømninger (også 26-dagesperioder) på stationen (røde punkter).

Figur 6.3. Sammenhæng mellem gennemsnitlige vandføringer for 26-dages perioder for Vejrup Å (450048) og valgt referencestation, Geels Å (450058). Sorte punkter repræsenterer reelt målte vandføringer. Røde punkter repræsenterer korrigerede DK-modellerede vandføringer for Vejrup Å, jf. figur 4.2. DK-modeldata eksisterer kun for tiden 1991-2005



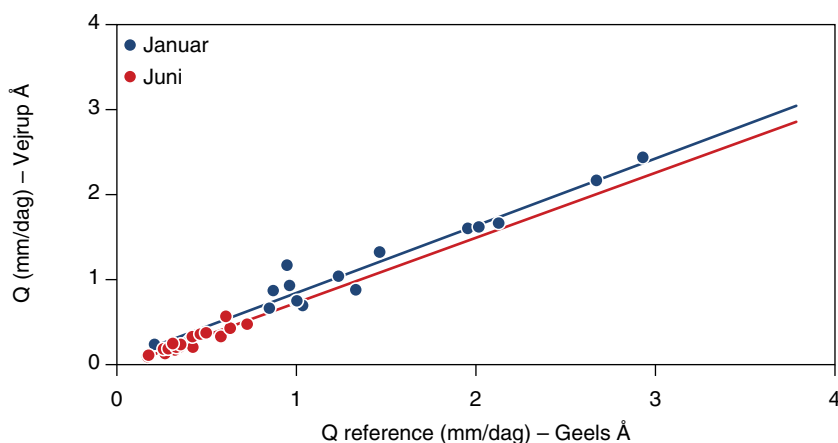
Sammenhængene mellem afstrømningerne i de to vandløb illustreret i figur 6.3 er beregnet for hver måned i året som eksemplificeret i figur 6.4. For Vejrup Å, er relationerne for januar og juni dog næsten ens. Det skal bemærkes, at disse sammenhænge ikke er helt sande månedsspecifikke, da de er opstillet ud fra resultater fra 26-dages perioder, der så igen hver især er knyttet til en måned. Nemlig den måned, hvor de fleste af 26-dagesperiodens dage falder. Antages relationerne også at være gældende for de 'sande månedsværdier' kan der ud fra de 12 'månedsspecifikke'

sammenhænge beregnes en komplet månedsafstrømning for Vejrup Å i hele perioden 1989-2007.

Figur 6.4. Sammenhæng mellem gennemsnitlige vandføringer for 26-dages perioder for Vejrup Å (450048) og valgt referencestation, Geels Å (450058) for perioder repræsenterende januar og juni måned. De målte data for Vejrup Å er suppleret med korrigerede DK-model vandføringer (jf figur (6.2)).

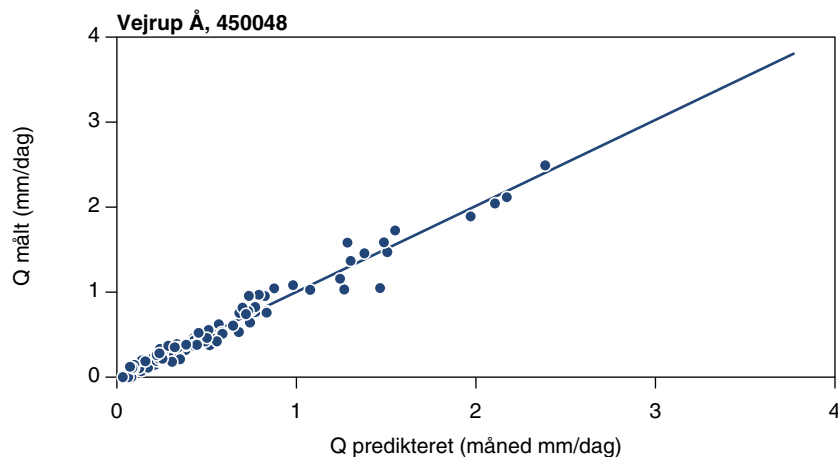
$$Y_{\text{jan}} = 0.79x + 0.05, r^2 = 0.95, n=17$$

$$Y_{\text{jun}} = 0.77x - 0.04, r^2 = 0.85, n=17$$

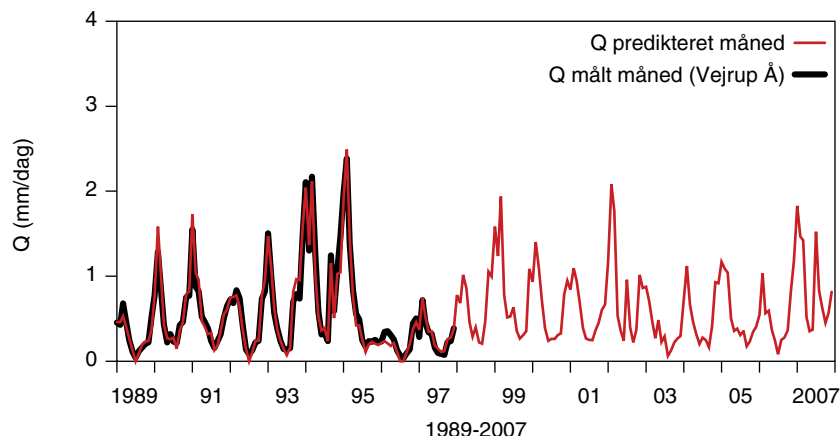


De månedsafstrømninger, der herved er beregnet for Vejrup å, kan sammenlignes med de konkret målte månedsafstrømninger i perioden 1989-1997 (figur 6.5). Der ses, at være en overordentlig god sammenhæng mellem de simulerede og de målte månedlige afstrømninger ($r^2 = 0.97$). Der er således god grund til at fæste lid til den simulering af afstrømningen, der med denne metode er foretaget for Vejrup Å for årene 1998-2007 (figur 6.6). Afstrømninger som efterfølgende anvendes i summeringer af ferskvandsafstrømningen fra denne station udgøres således for årene 1989-1997 af de målte afstrømninger suppleret med de simulerede afstrømninger for 1998-2007.

Figur 6.5. Sammenhæng mellem målte måneds-vandføringer for Vejrup Å (450048) og beregnet (predikteret) afstrømning. $Y = 0.95x + 0.03, r^2 = 0.97, n=108$ (svarende til alle måneder i måleperioden 1989-1997)



Figur 6.6 Tidsserie for målt og predikteret månedlig vandføring Vejrup å, (450048) for alle måneder 1989-2007. I efterfølgende beregninger er anvendt målte månedsvandføringer fra stationen suppleret med beregnede vandføringer for årene siden 1998, hvor der ikke længere blev målt vandføring på stationen.



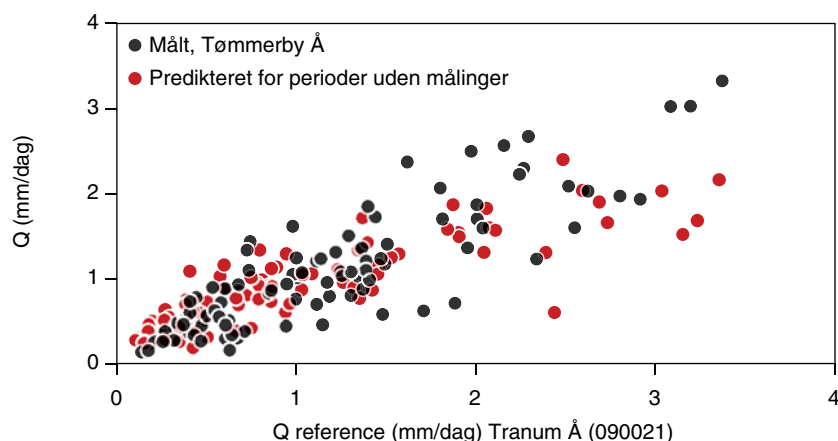
Den anvendte metode kan således bruges til at ekstrapolere tidsserier for målestationer, hvor målinger er ophørt i perioden 1989-2007 eller først er påbegyndt efter 1989. Metoden kan også – som vist i efterfølgende eksempel – anvendes til at interpolere afstrømninger for stationer, hvor der er 'huller' i måletidsserien.

Beregninger som eksemplificeret for Vejrup Å er gennemført for alle de vandløbsstationer som har en ukomplet tidsserie for perioden 1989-2007. Disse stationer er listet i Bilag 1, hvor der tillige er anført, hvilken referencestation der er anvendt til beregningerne.

Justering af modelberegnete afstrømninger på vandløbsmålestationer - eksempel Tømmerby Å

Ikke alle inter- og ekstrapoleringer af vandafstrømningen er helt så præcise som vist ovenstående med eksemplet for Vejrup å. For at illustrere dette er der i figur 6.7 vist resultater fra Tømmerby å, hvor der kun har været tilgængelige vandafstrømninger for årene 1996, 1998 og 2000-2006.

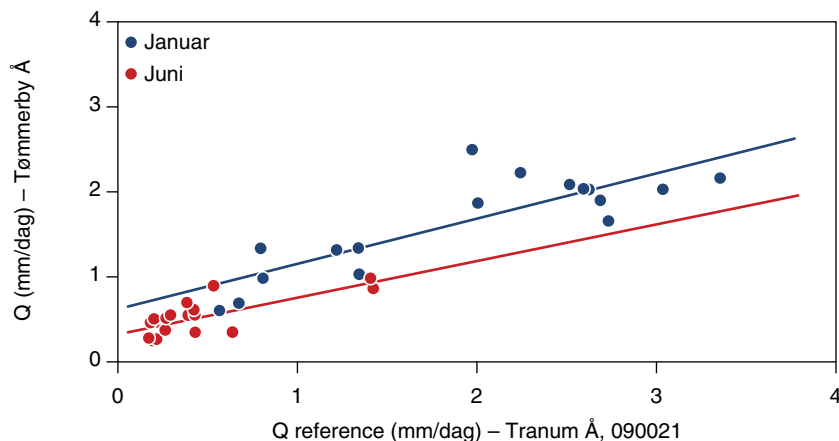
Figur 6.7. Sammenhæng mellem gennemsnitlige vandføringer for 26-dages perioder for Tømmerby Å (090022) og valgt referencestation, Tranum å, pumpestation (090021). Sorte punkter repræsenterer reelt målte vandføringer. Røde punkter repræsenterer korregerede DK-modellerede vandføringer for Tømmerby Å for 26-dages perioder.



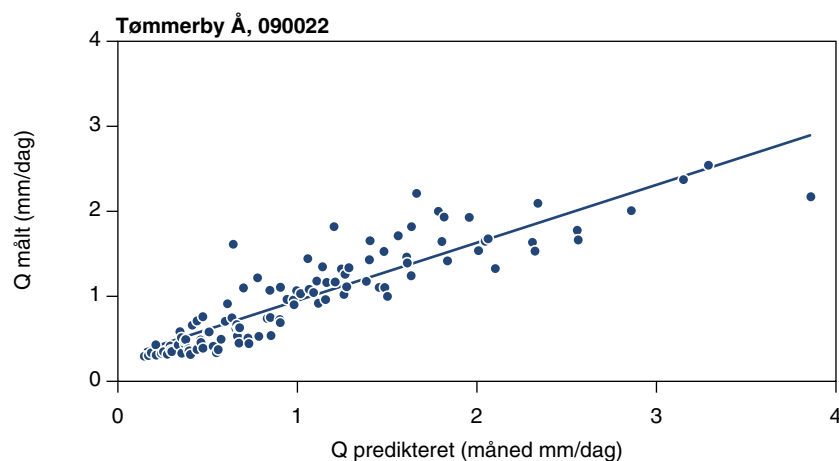
I figurerne 6.7-6.10 er resultater vist analogt med eksemplet for Vejrup Å. Når det supplerende er valgt også at vise resultater fra Tømmerby Å, skyldes det, at der her kunne forventes en rimelig grad af usikkerhed på de simulerede månedlige afstrømninger. Primært fordi den valgte referencestation er en pumpestation (Tranum Å, DMU nr. 090021), hvor må-

ling og beregning af vandafstrømningen vurderes at være betydeligt mere usikker end på en referencestation som Geels Å, der er en Q/H-station. På trods af anvendelse af en pumpestation som reference er der en pæn sammenhæng med en høj forklaringsgrad ($r^2 = 0.8$). Også her vurderes den ekstrapolerede og interpolerede månedlige vandafstrømning at være tilfredsstillende.

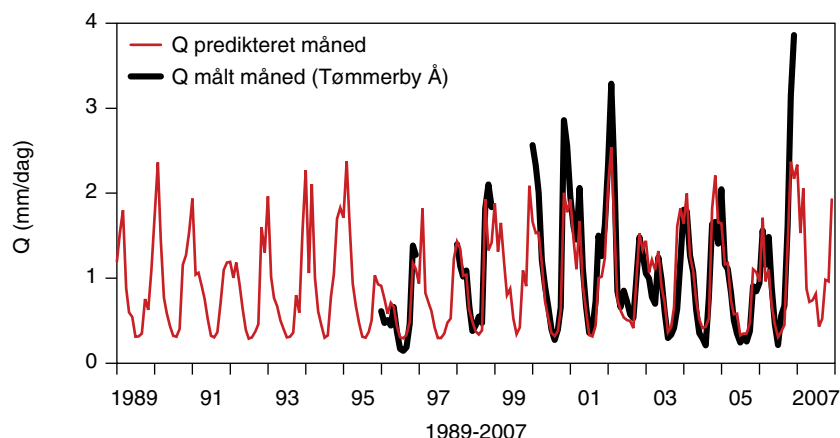
Figur 6.8. Sammenhæng mellem gennemsnitlige vandføringer for 26-dages perioder for Tømmerby Å (090022) og valgt referencestation, Trandum Å, pumpestation (090021) for perioder repræsenterende januar og juni måned. $Y_{jan} = 0.53x + 0.63$, $r^2 = 0.70$, $n=17$ $Y_{jun} = 0.43x + 0.32$, $r^2 = 0.52$, $n=18$.



Figur 6.9 Sammenhæng mellem målte måneds-vandføringer for Tømmerby Å (090022) og beregnet (predikteret) afstrømning. $Y = 1.18x - 0.11$, $r^2 = 0.80$, $n=108$.



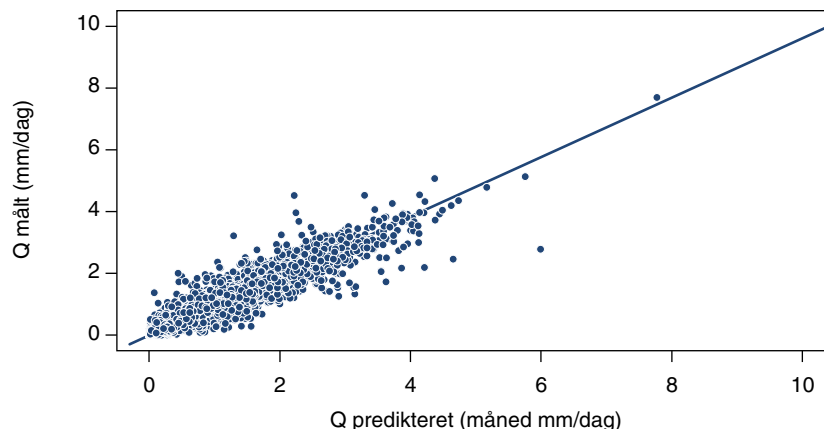
Figur 6.10 Tidsserie for målt og predikteret månedlig vandføring Tømmerby Å, (090022) for alle måneder 1989-2007. Måledata tilgængelige for 1996, 1998 og 2000-2006.



Justering af modelberegned afstrømninger på vandløbs-målestationer - konklusion

Samlet vurderes de beskrevne metoder til huludfyldninger af afstrømning, at resultere i en generelt tilstrækkelig præcision med relativt lille usikkerhed. Samtlige målte og simulerede afstrømninger for de stationer disse beregninger er foretaget for er vist i figur 7. Der ses at være en generel god sammenhæng mellem de i alt 13.472 simulerede afstrømninger og de målte afstrømninger ($r^2 = 0.91$). Der vil dog givetvis være stationer, hvor simuleringerne kan forbedres. Fx ved nærmere at vurdere de anvendte referencestationers anvendelighed, søge andre referencestationer inddraget etc. Generelt vurderes resultaterne på enkelt stationsniveau dog at være tilfredsstillende.

Figur 7 Sammenhæng mellem målte månedlige afstrømninger (mm/d) og estimerede afstrømninger for målestationer i vandløb, hvorfra der IKKE foreligger komplette måletidsserier for 1989-2007 $y = 0.99x + 0.0066$, $r^2 = 0.91$, $n = 13472$.



Vandafstrømning fra umålte oplande med DK-modeldata

Det afstrømningsopland, hvorfra der foreligger måledata fra vandløbs-målestationer for 1989-2007 (målte og predikterede månedsafstrømninger), dækker 57 % af landets areal. For det resterende areal må afstrømningen beregnes på anden vis. Dette sker ved anvendelse af DK modellerede afstrømninger, justeringer heraf samt ved anvendelse af estimerede afstrømninger fra referenceoplande for de områder af landet hvor der ikke foreligger DK-modeldata.

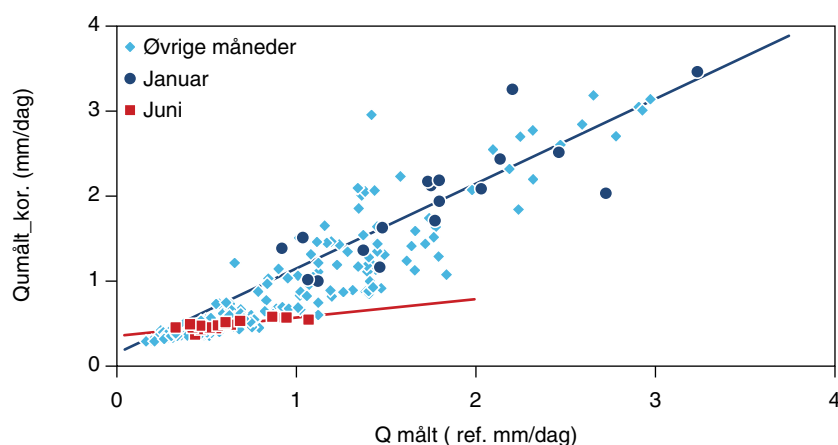
Indledningsvist er der taget udgangspunkt i 320 såkaldte 4. ordens kyst-afsnit og de deloplande, der ikke har en målestation(er) i oplandet er defineret som de 'umålte' oplande til 4. ordens kystafsnittet. Hvert af disse afsnit er blevet henført til den georegion, de tilhører, ud fra hvilken georegion, der udgør hovedparten af deloplandet (jvf. figur 4). DK-modellens beregnede afstrømning for hvert af disse deloplande tilvejebringes for 26-dages perioder og modellens data justeres med de månedsspecifikke faktorer, der er illustreret i figur 5 (og Bilag 2). Det antages med andre ord, at der i hver georegion for umålte oplande er en modelafvigelse af afstrømningen svarende til den faktor, der er beregnet for georegionen som helhed.

De DK-modelberegne afstrømninger korrigeres således månedsspecifikt med faktorerne anført i Bilag 2. For hvert umålt 4. ordens opland er der efterfølgende udvalgt en eller flere referencestationer. For umålte oplande med målestationer opstrøms er den samlede afstrømning fra disse stationer udvalgt som referencer. For umålte 4.ordens deloplande uden målestationer opstrøms er der udvalgt en nærvedliggende vandløbsmålestation som referencestation. De anvendte referencestationer er listet i Bilag 3 for hvert 4. ordens umålt opland.

Et eksempel: Umålt 4. ordens farvand 3773

Beregningerne for deloplandet 3773 (del af Limfjordens opland) er illustreret i det efterfølgende. Helt tilsvarende beregninger er gennemført for øvrige umålte deloplande, såfremt der har været DK-modellerede data for oplandet. Sammenhængene mellem de korrigerede DK-model beregnede gennemsnitlige afstrømninger for 26-dages perioder og de tilsvarende afstrømninger for referencestationen er vist i figur 8.1. Hver 26-dages periode er associeret til en måned, og det fremgår, at der er opstillet 'månedsspecifikke' sammenhænge.

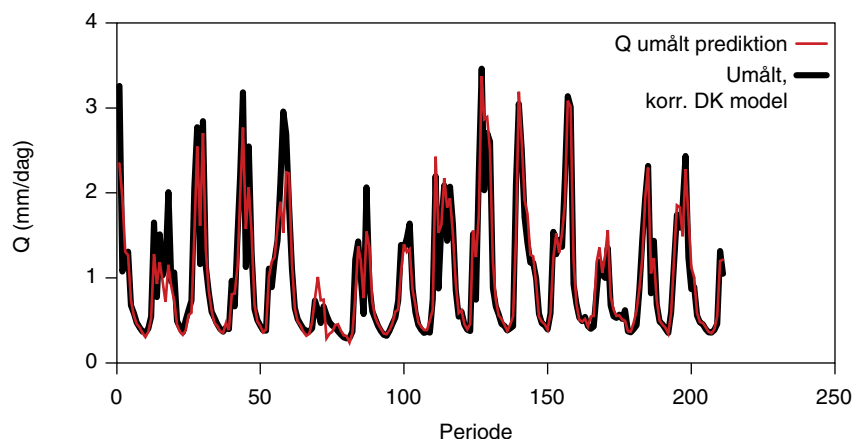
Figur 8.1 Relation mellem afstrømning (korrigeret DK-model) i umålt farvand (3773) og målt afstrømning i referenceopland. 211 periode 1991-2005. Månedsspecifikke relationer (perioder) for januar og juni er vist.
 $Y_{jan} = 0.99x + 0.15$, $Y_{jun} = 0.21x + 0.36$. (mm/dag). Referenceopland = DMU_nr 110011.



Ud fra disse 'månedsspecifikke' sammenhænge kan afstrømningen fra umålt opland simuleres, såfremt der er DK-modeldata til rådighed. I figur 8.2 er tidsserien for korrigerede DK-modelafstrømninger for det umålte opland samplottet med den simulerede afstrømning beregnet på baggrund af referencestationens afstrømning. Tidsserien repræsenterer 26-dages perioder fra 1991 til 2005. Det erindres, at de 'månedsspecifikke' sammenhænge ikke er helt sande 'månedsspecifikke', idet de repræ-

senterer 26-dages perioder, hvor hver enkelt periode associeres til en måned. Nemlig den måned hvor de fleste af dagene i 26-dagesperioden falder. Antages de 'månedsspecifikke relationer' nu at være gældende for alle egentlige måneder 1989-2007 kan månedsafstrømningen for det umålte opland beregnes ud fra de månedlige reference-afstrømninger.

Figur 8.2 Korrigeret DK-model afstrømning i umålt opland (3773) og prediktion af samme ud fra referencevandføring og månedsspecifikke relationer (perioder) udledt fra figur 8.1. (perioder dækker 1991-2005). De udledte relationer (figur 8.1) anvendes efterfølgende til beregning af månedsafstrømning fra umålte oplande for hele perioden 1989-2007. Herunder anvendes kontinuerligt målte vandføringer fra referenceoplandet for hele perioden.



Vandafstrømning fra umålte oplande uden DK-modeldata

For en række umålte deloplande til 4. ordens kystafsnit foreligger der ikke modelberegninger med DK-modellen. For disse deloplande er afstrømningen fundet simpelt ved at anvende en afstrømning fra et referenceopland (jf. Bilag 3).

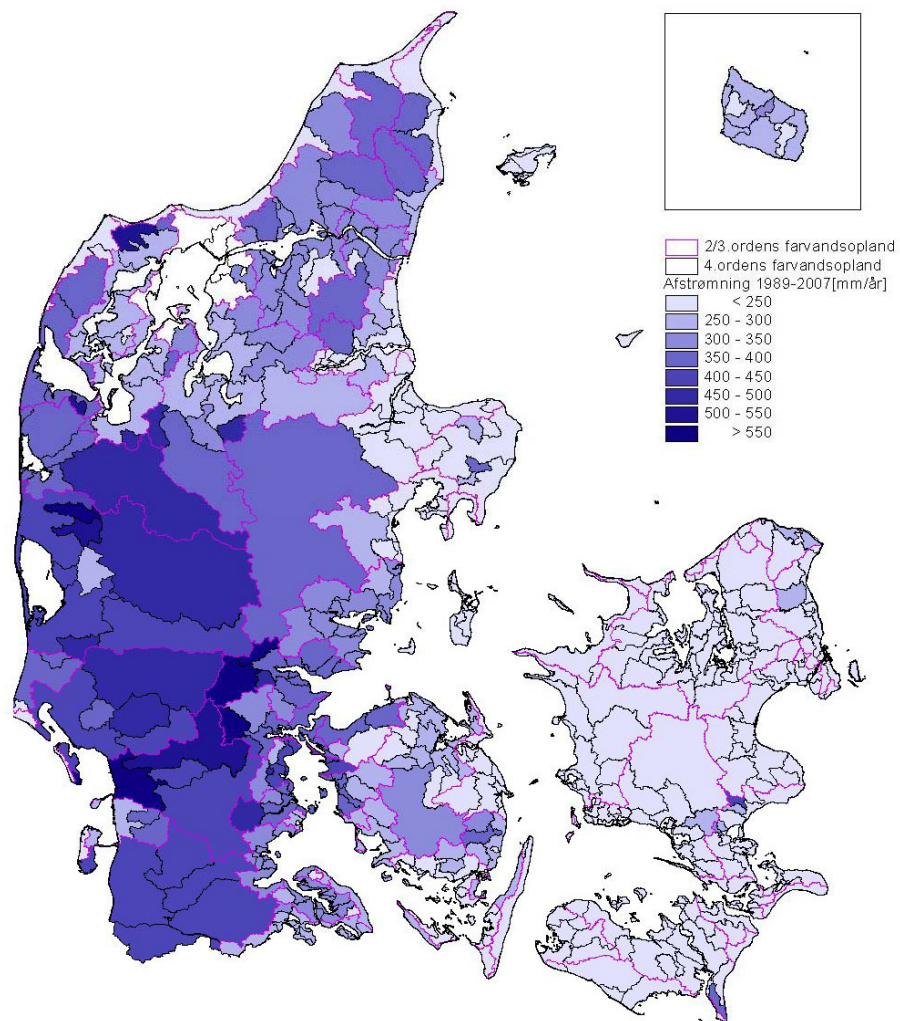
Afstrømning fra alle umålte oplande

Alle beregninger af afstrømninger fra umålte oplande er gennemført på 4. ordens kystafsnit. Det er dog vurderet at der for det enkelte umålte 4. ordens kystafsnit med den valgte metode kan være tale om en betydelig usikkerhed på den estimerede 'umålte' afstrømning. Derfor er valgt at aggregere afstrømningen for umålte oplande på en kombination af 2. og 3. ordens kystafsnit. De 2.-3. ordens kystafsnit, der indgår, fremgår af Bilag 1 og 3.

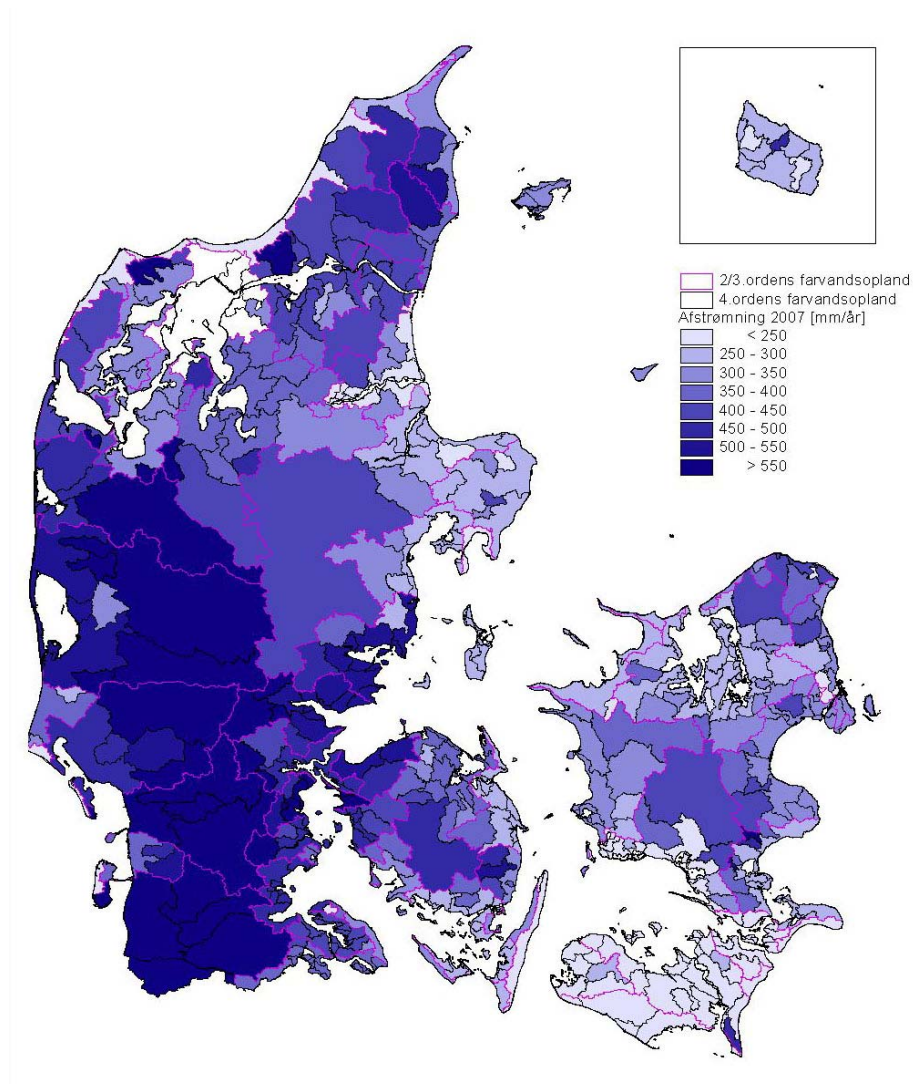
Samlet vandafstrømning fra målte og umålte oplande

Den samlede vandafstrømning fra målte og umålte oplande, der kan beregnes ved den fremgangsmåde, der er beskrevet i dette temakapitel er illustreret i figur 9 (gennemsnit for 1989-2007). Resultaterne viser den velkendte fordeling af afstrømningen i Danmark med betydeligt større afstrømninger i Vestdanmark end i Østdanmark. I figur 10 er vist afstrømningsfordelingen i 2007 (målte og umålte oplande til 2.-3. ordens kystafsnit).

Figur 9. Gennemsnitlig årlig vandafstrømning fra målte og umålte oplande 1989-2007. Fordelt på målestationer og umålte oplande til 2-3 ordens kystafsnit (røde streger), men også med svag markering af yderligere inddeling i 4. ordens afsnit (tynde sorte streger).



Figur 10 Gennemsnitlig årlig vandafstrømning fra målte og umålte oplande 2007. Fordelt på målestationer og umålte oplande til 2-3 ordens kystafsnit (røde streger), men også med svag markering af yderligere inddeling i 4. ordens afsnit (tynde sorte streger).



I Bilag 4 er (vil blive..) afstrømningerne dokumenteret for 2007 m.m fordelt på 2-3 farvandsniveau. Ligeledes vil data blive gjort digitalt tilgængelige for eksterne brugere.

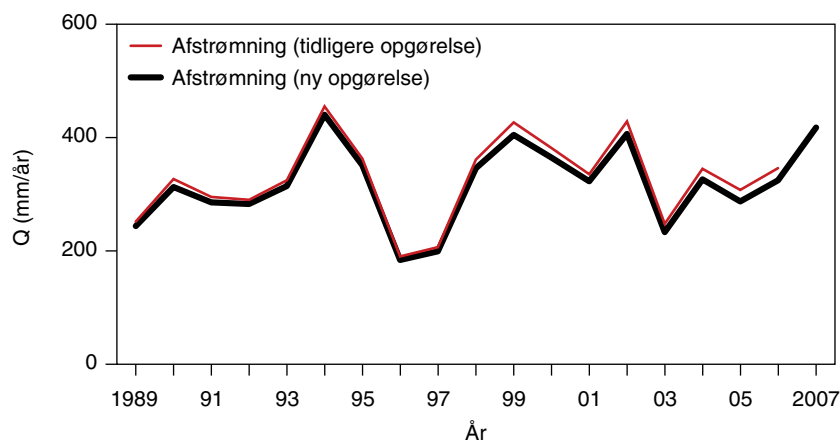
Sammenlignes de beregnede afstrømninger opgjort med denne metode med hidtidige opgørelser med anden metode ses at den nationale samlede afstrømning beregnes til næsten det samme med de to metoder (Tabel 1). Den samlede gennemsnitlige afstrømning fra landet som helhed beregnes således for årene 1989-2006 til 313 mm/år og 327 med henholdsvis den 'ny' metode og den 'gamle' metode. Dermed er den 'ny' afstrømning for hele perioden som gennemsnit 4,3 % mindre end afstrømningen opgjort med den hidtidige periode. Der er heller ikke markante afvigelser mellem de to metoder de enkelte år (tabel 1 og figur 11). Afstrømningen fra de 43 % af landet, der udgør det 'umålte' opland er dog omkring 10 % mindre end hidtidigt opgjort med den 'gamle' metode.

Der vil til enkeltområder og for månedsværdier kunne være tale om betydeligt større afvigelser mellem de afstrømninger, der beregnes med den 'gamle' og den 'ny' metode.

Tabel 1. Ferskvandsafstrømning DK, opgjort med gammel og ny metode. 1989-2007.

Ferskvandsafstrømning, DK				
År	Gammel metode		Ny metode	
	m**3 (10 **6)	mm/år	m**3 (10 **6)	mm/år
1989	10821	252	10486	244
1990	14072	327	13462	313
1991	12717	295	12290	286
1992	12491	290	12163	283
1993	13966	324	13524	314
1994	19590	455	18949	440
1995	15624	363	15101	351
1996	8191	190	7925	184
1997	8886	206	8568	199
1998	15557	361	14901	346
1999	18372	427	17407	404
2000	16425	382	15697	365
2001	14423	335	13894	323
2002	18433	428	17495	406
2003	10660	248	10024	233
2004	14851	345	14037	326
2005	13234	307	12375	288
2006	14867	346	13959	324
2007			17970	418
Gns			13696	318
1991-2005	14066	327	13459	313

Figur 11. Tidsserie for årlig national vandafstrømning 1989-2007. Afstrømningen er tillige vist som den er blevet beregnet tidligere med anden metode for perioden 1991-2005.



Konklusion

Der er med nærværende reberegnete ferskvandsafstrømning etableret et beregningsprogram, der udnytter måledata sammen med modellerede afstrømninger (DK-model), idet det dog har været nødvendigt at foretage korrektioner af de foreliggende modellerede afstrømninger med DK-modellen. Beregningsprogrammet forudsætter ikke, at der skal være modeldata til rådighed for hele perioden 1989-... idet der også indgår referencestationer, der anvendes til at estimere den korregerede modellerede afstrømning med DK-modellen for perioder, hvor der ikke foreligger DK-modeldata. Foreligger data fra disse referencestationer kan den

distribuerede afstrømning beregnes umiddelbart for den periode, hvor der er måledata fra disse referencestationer.

Beregningsprogrammet udnytter også den viden (måledata), der er fra målestationer, der ikke nødvendigvis har en fuld måletidsserie, idet der er etableret procedurer for inter- og ektstrapolationer af måledata fra disse stationer. Dette sker dels ved inddrage resultater fra DK-modellen og dels ved at anvende målinger fra referencestationer. Det er muligt at de foretagne ekstra- og interpolationer på målestationsniveau kan forbedres ved i stedet for GRID data at anvende specifikt udtrukne modellerede (DK-model) afstrømninger på stationsspecifikt niveau (punktudtrækning fra DK-modellen).

Der er behov for efterfølgende generelt at vurdere præcisionen af de beregnede afstrømninger for umålte oplande. Herunder at vurdere mulighederne for at anvende estimerede afstrømninger på 4. ordens kystafsnitsniveau. Dette bl.a. af hensyn til at kunne opgøre afstrømningerne til de kystafsnit, der skal laves Vandplaner for (Vandrammedirektivet), så godt og differentieret som muligt.

Der kan være behov for at vurdere om resultaterne kan forbedres ved anvendelse af andre referencestationer, eller ved at inddrage eventuelle yderligere foreliggende måledata fra (kystnære) afstrømningsstationer.

For ca 6 % af landets areal har der ikke været DK-modellerede afstrømninger til rådighed. Her er afstrømningen fundet ud fra valgte referenceoplande. Det var ønskeligt om DK-model data for hele landet blev tilvejebragt og inddraget i beregningerne.

På nationalt plan afviger de resulterende afstrømninger ikke meget fra hvad der hidtil er beregnet med hidtidig metode. Der har ikke i forbindelse med denne afrapportering været foretaget mere detaljerede analyser af forskelle til 'den gamle metode' på de enkelte kystafsnit. Der er behov for en sådan analyse.

Konceptet med at foretage 'modelopretninger' kan også være relevant at gennemføre for stationer, der ligger opstrøms de anvendte havbelastningsstationer for derved at nå frem til en bedre distribueret vandafstrømninger for de oplande, der her er defineret som målte oplande. Sådanne distribuerede afstrømninger er fx ønskelige når vand- og næringsstofafstrømningen skal estimeres til søer med ingen eller kun få hydrologiske måledata til rådighed i de(t) enkelte søopland(e).

Beregningerne som de er gennemført i nærværende rapportering ville have været meget enklere og sandsynligvis også mere præcise såfremt der havde foreligget egentlige sande månedsværdier for afstrømningen beregnet med DK-modellen i stedet for de summerede afstrømninger for 26-dages perioder der har været anvendt.

Referencer

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

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

Bilag 1. Oversigt over anvendte afstrømningsstationer, måledataomfang, referencestationer til vandløbsmålestationer uden komplet månedstidsserier for perioden 1987-2007

I dette bilag anføres en række oplysninger for de anvendte målestationer, - herunder:

Type:

Q: Q/H station
q: q/Q station
P: Pumpestation
A: Vandafstrømningen beregnes på stationen ved arealproportionering
H:

Alternativt stationsnummer:

Vandføringen fra den alternativt nævnte stations(nummer) er anvendt hvis vandføringen ikke foreligger fra først nævnte station

Qmålt (mm/år):

Den beregnede gennemsnitlige afstrømning fra oplandet FRA HELE PERIODEN 1989-2007

Farvandsorden:

Det er anført, hvilket 2. og 4. ordens farvand vandløbet afstrømmer til. De endelige beregninger af afstrømningen summeres på en mellemting mellem 2. og 3. Ordens farvand. Denne 2_3. orden er nævnt for hvert vandløb. (De fleste er blot = 2. ordens farvandet)

Måledata:

År fra hvilke måledata har foreligget fra stationen

Måneder mangler:

Inden for ovennævnte periode (måledata foreligger) kan der være enkelte måneder for den enkelte station, hvor kravet til mindst 26 målinger pr. måned ikke er opfyldt. Antallet af disse måneder er anført.

Referencestation:

For stationer uden komplet måletidsserie 1989-2007 er i beregningerne anvendt relationer til vandafstrømning på referencestation. Denne referencestation er anført.

Georegion:

Den georegion, der dækker størstedelen af afstrømningsoplandet er nævnt

Afvigelse:

Afvigelse mellem den rå modellerede vandafstrømning (ren DK-model) og den målte vandafstrømning. $(\text{model-målt}) \cdot 100 / \text{målt}$. Beregnet ALLENE FRA DEN PERIODE, HVOR MÅLINGER FORELIGGER PÅ STATIONEN. (Altså ikke nødvendigvis hele perioden 1989-2007)

Anvendte målestationer m.m. Vandafstrømning.

DMU_NR	VLNAV	STNAV	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Q-målt, mm/år	4.orden	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
10091	KLITMØLLER Å	KVADDERKÆR				30,6	247	1110	11	11	1989	- 1993	110011	1	204
220062	STORÅ	SKÆRUM BRO	22.15	Q		1096,7	483	1243	12	12	1989	- 2007		3	-3
250075	HOVER Å	VEJBRO SYD FOR HEE	25.27	Q		91,8	504	1321	13	13	1989	- 2007		3	31
250078	OMME Å	SØNDERSKOV BRO	25.11	Q		619,8	433	1323	13	13	1989	- 2007		3	14
250086	TIM Å	V. SØNDERBY	25.35	Q		80,6	629	1321	13	13	1989	- 2007		3	7
250091	LYDUM Å	SDR. LYDUM	25.33	Q		77,7	465	1323	13	13	1989	- 2005	250078	3	34
250097	SKJERN Å	GJALDBÆK BRO	25.41	Q	250081	1554,3	482	1323	13	13	1989	- 2007		3	13
250147	GANER Å	KLOSTER (SKJERN)	25.15			126,1	273	1323	13	13	1989	- 2002, 2005	250078	3	101
300013	LANGSLADE RENDE	V.UDLØB I VESTERHAVET	30.03	Q		15,7	172	1410	14	14	1989	- 2003, 2005, 2007	310027	3	-86
300016	FIDDE STRØM	FIDDE BRO	30.05	Q		35,5	363	1410	14	14	1994	5 - 2007	310027	3	19
310016	ALSLEV Å	V. FORUMBRO	31.18	Q		87,4	378	1610	161	16	1989	- 2005	310027	3	17
310027	VARDE Å	V. VAGTBORG	31.13	Q		814,6	465	1610	161	16	1989	- 2007		3	17
350006	BRAMMING-HOLSTED Å	V. SDR. VONG	35.06	H	350018	212,8	445	1610	161	16	1989	- 2007		3	38
350010	SNEUM Å	V. NØRÅ BRO	35.03	Q		223,4	460	1610	161	16	1989	- 2007		3	12
360009	KONGE Å	V. VILSLEV SPANG		Q		426,5	527	1620	162	16	1990	4 - 2007	380023	3	9
380023	HJORTVAD Å	V. BREMKROG	38.11	Q		118,3	415	1620	162	16	1989	- 2007		3	-5
380024	RIBE Å	V. STAVNAGER BRO	38.01	Q		675,5	447	1620	162	16	1989	- 2007		3	3
390001	BRØNS Å	BRØNS V.FORSØGS-DAMBRUG	39.09	Q		94,1	391	1630	163	16	1989	- 2007		3	-7

DMU_NR	VLNAV	STNAV	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Qmål mm/år	4.orden farvand	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
390002	REJSBY Å	VADEHAVET	39.11	Q		43,5	392	1630	163	16	1989	-		3	52
											2007				
400001	BREDE Å	BREDEBRO		Q		290,0	425	1651	165	16	1994	-	420021	3	16
											2006				
420016	GRØNÅ	RØRKÆR	42.34	Q		540,0	405	1651	165	16	1989	-		3	6
											2007				
420021	VIDÅ	EMMERSKE	42.14	Q		247,9	409	1651	165	16	1989	-		3	13
											2007				
30002	UGGERBY Å	NS RANSBÆK	03.02	Q		347,5	369	2110	21	21	1989	-		2	-6
											2007				
40002	LIVER Å	GL. KLITGÅRD	04.02	Q	40005	249,6	331	2213	22	22	1989	-		2	6
											2007				
480007	HØJBRO Å	V. HANEBJERG-GÅRD	48.04	Q		36,3	223	3110	31	31	1989	-		8	0
											2007				
490054	ARRESØ KANAL	ARRESØDAL SLUSE	49.06	Q		256,6	177	3221	32	32	1989	-	520025	8	18
											2007				
510002	KALVEMOSE Å	BUTTERUP BRO	51.08	Q		35,5	189	3246	32	32	1989	-	510024	7	-2
											2005				
510020	LAMMEFJORD SØKANAL	Audebo	51.13	P		62,3	242	3216	32	32	1989	-		7	-2
											2007				
510024	TUSE Å	NYBRO	51.07	Q		106,9	213	3246	32	32	1989	-		7	-8
											2007				
510025	EJBY Å	V. ÅHUSE	51.09	Q		20,2	97	3240	32	32	1989	-	510024	7	15
											2005				
510026	ELVERDAMS-ÅEN	V. KRAGEBRO	51.10	Q		33,2	229	3244	32	32	1989	-	510024	7	-14
											2005				
520025	GRÆSE Å	V. HØRUP, LINDE-BJERG	52.07	Q		25,4	173	3222	32	32	1989	-		7	-59
											2007				
520029	HAVELSE Å	STRØ BRO	52.08	Q		102,7	175	3222	32	32	1989	-		8	-30
											2007				
520033	MADEMOSE Å	S FOR TØRSLEV	52.34	Q		5,4	106	3223	32	32	1989	-		7	-18
											2007				
520039	VÆREBRO Å	V. VEKSØ BRO	52.14	Q		110,5	153	3223	32	32	1989	-		7	-5
											2007				
520063	HOVE Å	S. F. GUNDSØGÅRD	52.21	Q		67,8	126	3224	32	32	1989	-		7	-2
											2007				
520068	LANGVAD Å	STOREMØLLEBRO	52.30	Q		175,2	168	3226	32	32	1989	-		7	-8
											2007				
520199	MAGLEMOSE Å	ST.VALBY V. ÅGERUPVEJ	52.55			27,1	125	3224	32	32	1998	5	520063	7	14
											-				

DMU_NR	VLNAV	STNAV	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands- areal, km ²	Qmål mm/år	4.orden farvand	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
											2007				
230108	ØKSENMØLLE BÆK	BRO NS GRÅSKE- BÆK	23.09	Q		18,4	285	3410	34	34	1993	9	210413	7	28
											-				
											2003				
240001	RYOM Å	RYOMGÅRD BRO	24.01	Q		75,6	225	3420	34	34	1989		210413	5	51
											-				
											2007				
240002	ØRUM Å	SYDLIG BRO VED GAMMELMØLLE	24.04	Q		45,2	276	3420	34	34	1989		210413	5	8
											-				
											1993, 1999				
											-				
											2006				
240003	SKOD Å	RIDDERLUND	24.06	Q		28,7	352	3420	34	34	1989		210413	5	-64
											-				
											2006				
240004	SKÆRVAD Å	KIRIAL-A16	24.07	Q		33,4	141	3420	34	34	1989		210413	5	72
											-				
											2006				
210413	ALLING Å	NY RÆVEBRO, FLØJSTRUP	21.52	Q		237,9	231	3533	35	35	1989			6	24
											-				
											2007				
210467	GUDENÅ	MOTORSVEJBRO A10	21.29	A		2602,9	387	3532	35	35	1989			6	13
											-				
											2007				
230087	HEVRING Å	VADBRO	23.08	Q		78,6	164	3520	35	35	1989- 2006		210413	5	24
150002	KASTBJERG Å	NORUP	15.05	Q		96,3	268	3611	36	36	1989		150073	4	19
											-				
											2007				
150032	HASLEV- GÅRDS Å	TRÆPÆLEBRO	15.07	Q		81,5	279	3623	36	36	1989			4	14
											-				
											2007				
150034	VALSGÅRD BÆK	VED TRENBAKKE	15.11	Q		14,3	233	3613	36	36	1989			4	34
											-				
											2007				
150042	ONSILD Å	ÅLYKKEVEJ	15.12	Q		31,8	272	3613	36	36	1989			4	39
											-				
											2007				
150044	HODAL BÆK	IDV. 579 - NS BRO V.SKIVEVEJ				18,8	117	3613	36	36	1989		170007	4	25
											-				
											2000, 2003				
											-				
											2006				
150046	KORUP Å	HØGHOLT BRO	15.17			62,6	270	3611	36	36	1989		150073	4	-21
											-				
											1994, 1998				
											-				
											2007				
150073	VILLESTRUP Å	v. Ouegård Bro	15.08		150035	126,0	352	3612	36	36	1989			4	18
											-				
											2007				
100013	DYBVAD Å	NS BREDKILDE BÆK		Q		52,6	315	3731	373	37	1989			4	-26
											-				
											2007				
160054	HINNERUP Å	TINDSKOV BRO, N FOR ØSTER-	16.16	Q		75,5	343	3734	373	37	1994	1	160023	1	20
											-				

DMU_NR	VLNAVN	STNAVN	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Qmål, mm/år	4.orden	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
		GÅRD									2005				
100011	ROMDRUP Å	V. LODSHOLM BRO	10.03	Q		28,1	214	3715	371	37	1989	-		4	18
											2007				
140016	LINDENBORG Å	VED MØLLEBRO	14.05	Q		317,8	355	3713	371	37	1989	-		4	18
											2007				
60001	RY Å	MANNA	06.02	Q		284,7	360	3722	372	37	1989	-		2	5
											2007				
70003	LINDHOLM Å	ELKÆR BRO	07.01	Q		104,2	306	3721	372	37	1989	-		2	16
											2007				
90002	LANGESLUND KANAL	V. TVEKÆRGÅRD	09.11	Q		6,7	328	3723	372	37	1989	-	90021	2	5
											2003				
90021	TRANUM Å	OLAND-TRANUM PUMPESTATION	09.08	P		121,7	388	3726	372	37	1989	-		2	8
											2007				
100006	HALKÆR Å	V. ÅGÅRD	10.14	Q		41,8	328	3724	372	37	1989	-		4	1
											2007				
100009	HERREDS Å	VEGGER BRO	10.15	Q		107,8	341	3724	372	37	1989	-		4	-2
											2007				
100010	KÆRS MØLLEÅ	OS INDKILDE-STRØMMEN	10.05	Q		100,1	250	3721	372	37	1989	-		4	35
											2007				
100014	BINDERUP Å	BINDERUP MØLLE, NS	10.17	Q		90,4	315	3723	372	37	1989	-		4	-9
											2007				
100016	HASSERIS Å	FREJLEV	10.12	Q		41,1	199	3722	372	37	1989	-		4	0
											2007				
130005	LERKENFELD Å	LERKENFELD MØLLEGÅRD	13.04	Q		115,3	347	3743	374	37	1989	-		4	11
											2007				
130019	TREND Å	FREDBJERG BRO	13.03	Q		115,7	337	3741	374	37	1989	-		4	-11
											2007				
170007	SIMESTED Å	SKIVE-HOBRO LANDEVEJ	17.05	Q	170005	218,1	348	3745	374	37	1989	-		4	7
											2007				
180077	SKALS Å	LØVEL BRO	18.05	Q		556,4	258	3745	374	37	1989	-		4	23
											2007				
190012	JORDBRO Å	JORDBRO MØLLE	19.02	Q		110,8	344	3745	374	37	1989	-		1	34
											2007				
190016	FISKBÆK Å	NYBRO JERNBANEN	19.03			64,3	453	3745	374	37	1989	-	180077	4	-1
											2006				
200021	KOHOLM Å	FLYNDERSØMØLLE	20.14	Q		80,2	486	3747	374	37	1989	-	200024	1	63
											2006				
200024	KARUP Å	NØRKÆR BRO	20.23	Q		626,7	368	3747	374	37	1989	-		3	20
											2007				
160023	BREDKÆR	NS. KÆRGÅRD	16.10	Q		17,1	370	3754	375	37	1989	-		3	-83

DMU_NR	VLNAVN	STNAVN	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Q-målt mm/år	4.orden	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
	BÆK	MØLLE DAMBRUG									-				
											2007				
160053	HELLEGÅRD	ÅTINDSKOV BRO	16.05	Q		34,3	495	3754	375	37	1989			1	9
											-				
											2007				
160070	VIUM MØLLEÅ	VIUM MØLLE	16.15	Q		30,8	362	3751	375	37	1994		160023	1	14
											-				
											2007				
90001	STORÅ	BROMØLLE				95,7	518	3761	376	37	1989			1	-39
											-				
											2007				
90022	TØMMERBY Å	LANGVAD BRO	09.07			28,0	362	3761	376	37	1996, 1998, 2000		90021	1	-77
											-				
											2006				
120001	VEJERSLEV BÆK	AMSTERDAM	12.03			15,2	246	3764	376	37	1996		160023	1	2
											-				
											2007				
110011	HVIDBJERG Å	HVIDBJERG MØLLEGÅRD	11.03	Q		235,8	378	3773	377	37	1989			1	-11
											-				
											2007				
160024	FALD Å	KOKHOLM	16.11	Q		24,2	517	3771	377	37	1989			1	-69
											-				
											2007				
50003	VOER Å	FÆBROEN	05.04	Q		238,7	379	3816	38	38	1989			2	0
											-				
											2007				
80001	GERÅ	MELHOLT KIRKE	08.02	Q		153,8	347	3814	38	38	1989			2	13
											-				
											2007				
20005	ELLING Å	ELLING KIRKE	02.03	Q		123,4	364	3920	39	39	1989			2	-16
											-				
											2007				
20006	SÆBY Å	HUMMELBRO	02.01	Q		108,2	377	3910	39	39	1989		20005	2	-18
											-				
											2006				
510018	BREGNINGE Å	BREGNINGE	51.05	Q		23,5	149	4120	41	41	1989		550015	7	25
											-				
											2005				
430003	RINGE Å	3.05	43.03	Q		28,0	156	4260	42	42	1989		430001	7	22
											-				
											2006				
450001	ODENSE Å	EJBY MØLLE, NS RENS (ST 8.45)	45.26	Q		535,1	324	4232	42	42	1989			7	-23
											-				
											2007				
450005	STAVIS Å	STAVIS BRO (ST 8.25)	45.22	Q		78,0	244	4233	42	42	1989			7	0
											-				
											2007				
450043	LINDVED Å	1.20	45.27	Q		64,7	227	4232	42	42	1989			7	-8
											-				
											2007				
450044	LUNDE Å	7.25	45.23	Q		41,6	209	4232	42	42	1989		450005	7	4
											-				
											1997				
450046	RYDS Å	RUGÅRDSVEJ (1.85)	45.05	Q		41,8	263	4233	42	42	1989	1	450005	7	-14
											-				
											1997				
450048	VEJRUP Å	2.30	45.25	Q		41,5	214	4232	42	42	1989		450058	7	-13

DMU_NR	VLNAV	STNAV	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Qmål mm/år	4.orden	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
											-				
											1997				
450058	GEELS Å	3.45	45.24	Q		26,7	257	4232	42	42	1989			7	5
											-				
											2007				
270035	RÆVS Å	NØLEV ASSEDROP BRO		q		85,2	252	4360	43	43	1989		260080	7	32
											-				
											2006				
270045	HANSTED Å	ST. HANSTED BRO		q		136,3	323	4334	43	43	1989, 1993		280001	7	37
											-				
											2007				
280001	BYGHOLM Å	KØRUP BRO	28.02	Q		154,2	320	4334	43	43	1989			6	13
											-				
											2007				
230055	EGÅ	JERNBANEBRO	23.01	Q		46,9	241	4411	44	44	1989		260080	7	18
											-				
											2006				
260080	ÅRHUS Å	MUSEUMSBRO	26.02	A		323,5	262	4460	44	44	1989			7	18
											-				
											2007				
270021	GIBER Å	FULDEN	27.04	Q		47,0	247	4450	44	44	1989		260080	7	-31
											-				
											2006				
290009	ROHDEN Å	300 m ns Årup Mølle dambrug	29.04			97,6	363	5133	51	51	1989			7	21
											-				
											2007				
320001	VEJLE Å	HARALDSKÆR	32.01	Q		198,9	599	5135	51	51	1989			6	-9
											-				
											2007				
320004	GREJS Å	GREJSDALENS PLANTESKOLE	32.06	Q		63,4	583	5135	51	51	1989			6	-35
											-				
											2007				
320022	HØJEN Å	NEDERBRO	32.08	Q		29,2	455	5135	51	51	1989			7	-71
											-				
											2007				
330004	SPANG Å (BREDSTRUP Å)	BREDSTRUP	33.02	Q		64,5	345	5132	51	51	1989			7	-4
											-				
											2007				
430001	STORÅ	MØLLERBRO (4.6)	43.04	Q		136,8	246	5120	51	51	1989			7	3
											-				
											2007				
340003	KOLDING Å	EJSTRUP	34.03	Q		89,9	606	5263	52	52	1989			6	-7
											-				
											2007				
340023	SEEST MØL- LEÅ	MØGELMOSEHUS - OS KOLDING Å	34.08	Q		28,2	416	5263	52	52	1991	1	340003	6	-61
											-				
											2007				
340024	HARTEVÆR- KET	INDLØBSKANALEN	34.07	Q		142,9	318	5263	52	52	1990		340003	6	0
											-				
											2007				
430007	VIBY Å	2.90	43.05	Q		29,1	269	5241	52	52	1989		430001	7	14
											-				
											2006				
370011	SOLKÆR Å	MØLLERBRO	37.08	Q		29,5	282	5350	53	53	1989			7	-7
											-				
											2007				
370036	KÆR MØLLE Å	TILL. T. HEJLS NOR	37.10	Q		4,9	500	5341	53	53	1989			7	66
											-				

DMU_NR	VLNAV	STNAV	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Qmål4.orden	2_3	2	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
										2007				
370038	TAPS Å	VED RENSNINGS-ANLÆG	37.04	Q		65,1	350	5341	53	53	1989		7	22
										-				
										2007				
370034	HADERSLEV MØLLE-STRØM	HADERSLEV	37.03	q		106,3	470	5440	54	54	1990	370039	6	-2
										-				
										2007				
370039	SILLERUP BÆK	VADBRO	37.09	Q		30,1	322	5460	54	54	1989		7	-10
										-				
										2007				
460001	BRENDE Å	ST 5.3	46.02	Q		102,5	280	5411	54	54	1989		7	-5
										-				
										2007				
460020	PUGE MØLLEÅ	SANDAGER KIRKEMADE (3.40)	46.03	Q		61,9	261	5413	54	54	1989	460001	7	0
										-				
										2005				
460017	HÅRBY Å	3.10	46.04	Q		78,5	263	5621	56	56	1989		7	-8
										-				
										2007				
410014	FISKBÆK	T.T.FLENSBORG FJORD	41.07	Q		19,8	335	5722	57	57	1989		7	-30
										-				
										2007				
410012	ELSTED BÆK	T.T.GENNER BUGT	41.10	Q		12,4	312	5841	58	58	1989		7	-25
										-				
										2007				
410023	NORDBORG BÆK	S FOR VESTER-MØLLE - OS STYRT	41.13	Q		15,2	153	5810	58	58	1990	410016	7	22
										-				
										2007				
410016	PULVERBÆK	T.T.MJANG DAM, ALS	41.09	Q		13,5	202	5923	59	59	1989		7	75
										-				
										2007				
410020	BLÅ Å - BOVRUP BÆK	BLANSSKOV	41.14	Q		30,9	270	5910	59	59	1992	10 410014	7	-12
										-				
										2007				
550015	NDR. HAL-LEBY Å	AFLØB TISSØ	55.08	Q		417,7	193	6120	61	61	1989		7	-1
										-				
										2007				
560001	BJERGE Å	FÅRDRUP	56.10	Q		56,3	183	6130	61	61	1989		7	13
										-				
										2007				
560002	SEERDRUP Å	JOHANNESDAL	56.09	Q		68,7	193	6130	61	61	1989		7	3
										-				
										2007				
560005	TUDEÅ	VALBYGÅRD	56.11	Q		260,7	228	6130	61	61	1989		7	-12
										-				
										2007				
540002	FLADMOSE Å	DYSSEGÅRD	54.04	Q		14,0	141	6221	62	62	1990	560001	7	27
										-				
										2007				
570053	FLADSÅ	RETTESTRUP	57.37	Q		64,8	264	6223	62	62	1989	8 570055	7	-13
										-				
										2007				
570055	SALTØ Å	NS. HARRESTED Å	57.49	Q		146,3	220	6223	62	62	1989		7	-14
										-				
										2007				
570058	SUSÅ	S.F.HOLLØSE BRO	57.12	Q		756,1	250	6223	62	62	1989		7	-16
										-				
										2007				
600029	KØNG Å	PUMPESTATION	60.07	P		48,8	189	6225	62	62	1989	1 600031	7	4

DMU_NR	VLNAV	STNAV	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Qmål, mm/år	4.orden	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
		INDV.									-				
600032	NÆS Å	PUMPESTATION	60.09	P		43,7	196	6225	62	62	1989	11	600031	7	21
											-				
610010	SYD-KANALEN	PST. BØTØ NOR S-INDVENDIG(1F)	61.06	P		29,7	373	6253	62	62	1989		610013	7	-46
											-				
610011	SØRUP Å	LUNDBY BRO	61.04	Q		30,2	194	6252	62	62	1989		620015	7	-3
											-				
610012	TINGSTED Å	TINGSTED	61.01	Q		36,1	169	6252	62	62	1989		610013	7	0
											-				
610015	NORD-KANALEN	PST. BØTØ NOR N-INDVENDIG(2F)	61.05	P		47,5	161	6253	62	62	1989		610013	7	-1
											-				
630007	SAKS-KØBING Å	KRENKERUP	63.02	Q		41,0	178	6262	62	62	1989	4	640025	7	5
											-				
640025	NÆLDE-VADS Å	STRÆDESKOV (32L)	64.10	Q		39,8	175	6262	62	62	1989			7	15
											-				
610013	FRIBRØDRE Å	RODEMARK	61.03	Q		54,8	157	6330	63	63	1989			7	18
											-				
620011	HALSTED Å	PUMPESTATION INDV.	62.06	P		67,3	219	6421	64	64	1989		620015	7	-16
											-				
620015	MARREBÆKS-RENDE	LILLE KØBELEV	62.02	Q		24,6	150	6420	64	64	1989			7	32
											-				
620017	RYDE Å	PUMPESTATION INDV.	62.04	P		85,2	184	6421	64	64	1989		620015	7	-4
											-				
470001	HUNDSTRUP Å	ST 6.86	47.15	Q		57,8	290	6512	65	65	1989			7	-13
											-				
470035	SYLTEMAE Å	2.40	47.08	Q		32,7	294	6510	65	65	1989		470036	7	-6
											-				
470033	LILLEBÆK	FREDSKOVVEJ	47.16	Q		4,4	240	6650	66	66	1989			7	-36
											-				
470036	VEJSTRUP Å	1.80	47.09	Q		40,0	298	6650	66	66	1989			7	-24
											-				
470037	STOKKE-BÆKKEN	1.80	47.10	Q		53,3	353	6650	66	66	1989			7	-32
											-				
470063	KONGSHØJ Å	6.05	47.12	Q		53,6	317	6650	66	66	1989		470037	7	-36
											-				
440021	VINDINGE Å	NS ULLERSLEV RENS. (9.90)	44.08	Q		127,6	246	6722	67	67	1989			7	-2
											-				
530010	LL. VEJLE Å	PILEMØLLEN	53.02	Q		25,5	141	7127	71	71	1998			7	-50
											-				
											2007				

DMU_NR	VLNAVN	STNAVN	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands- areal, km ²	Q-målt mm/år	4.orden farvand	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
530011	ST. VEJLE Å	VEJLEBROVEJ		q		51,8	218	7127	71	71	1998	- 2007		7	-20
530028	DAMHUSÅEN	LANDLYSTVEJ	53.08	Q		63,8	152	7128	71	71	1990	- 2007	530010	7	5
530054	SKENSVED Å	V. ÅVAD	53.16	Q	530026	24,5	200	7126	71	71	1989	- 2007	530010	7	-13
580047	KØGE Å	V. LELLINGE DAMBRUG	58.07	Q		134,1	178	7124	71	71	1989	- 2007		7	-5
590005	KROGBÆK	V. KROGBÆKS BRO	59.05	Q		44,0	187	7122	71	71	1989	- 2005	590006	7	-13
590006	TRYGGE- VÆLDE Å	V. LL. LINDE	59.01	Q		130,3	229	7122	71	71	1989	- 2007		7	-11
590008	VEDSKØLLE Å	EGØJE	59.10	Q		32,4	211	7122	71	71	1989	- 2005	580047	7	-3
590010	STEVNS Å	SYD FOR LØGHUS, NS TILLØB	59.11	Q		37,0	181	7122	71	71	1989	- 2006	590006	7	29
500048	KIGHANE- RENDEN	CAROLINE MATHILDEVEJ	50.11	Q		5,1	212	7220	72	72	1989	- 2007		8	-64
500051	MØLLEÅ	STAMPEN MØLLE	50.10	Q		120,1	131	7220	72	72	1989	- 2007		7	-30
500056	NIVE Å	V. JELLEBRO	50.05	Q		62,4	214	7230	72	72	1989	- 2007		8	1
500057	USSERØD Å	NIVE MØLLE	50.06	Q		74,8	258	7230	72	72	1989	- 2007		8	-43
530029	LADE- GÅRDSÅEN	ØSTRE ANLÆG	53.09	Q		52,1	8	7216	72	72	1991	- 2007	530010	7	2055
480004	ESRUM Å	ØRNEVEJ	48.15	Q		128,2	213	7320	73	73	1990	- 2007	480007	8	-22
480010	SØBORG KANAL	PARKVEJ		q		57,7	239	7330	73	73	1990	- 2007	480007	8	3
480011	ØSTERBÆK	SV FOR STEN- STRUPGÅRD	48.13	Q		8,9	90	7320	73	73	1989	- 2007		8	-64
650001	HOVED- KANAL, 39	KRAMNITZE PUMPESTATION	65.01	P		203,1	172	8210	82	82	1989	- 2007		7	-7
660014	BAGGE Å	HASLE KLINKER	66.01	Q		42,6	220	9120	91	91	1989	- 2007		9	
670017	ØLE Å	S. F. BOESGÅRD	67.05	Q		44,9	250	9150	91	91	1989	- 2007		9	
670018	KOBBE Å	KOBBEDAL	67.04	Q		24,3	341	9130	91	91	1989	-		9	

DMU_NR	VLNAVN	STNAVN	DDH	Type	Alternativ stationsnr.	Oplands-areal, km ²	Qmål, mm/år	4.orden	2_3 orden	2 orden	Måle- data	Måneder mangler	Reference station	GEO- REGION	Afvigelse %
											2007				
600024	FAKSE Å	BORRESHOVED	60.06	Q		19,3	429	9360	93	93	1989		590006	7	-48
											-				
											2006				
600027	HULEBÆK	N.F. BROSKOV	60.11	Q		7,8	310	9350	93	93	1989			7	-37
											-				
											2007				
600031	MERN Å	SAGEBY BRO	60.04	Q		42,9	217	9330	93	93	1989			7	-29
											-				
											2007				
600033	RØDLERS-BÆK	MARKBRO	60.17	Q		9,6	260	9350	93	93	1989		600036	7	-14
											-				
											2006				
600035	TRANEGÅRD LILLE Å	TRANEGÅRD	60.13	Q		18,5	298	9360	93	93	1989			7	-38
											-				
											2007				
600036	TUBÆK	TUBÆK MØLLE	60.03	Q		54,0	225	9350	93	93	1989			7	-15
											-				
											2007				
600037	VIVEDE MØLLEÅ	RIDEBRO	60.05	Q		27,3	212	9360	93	93	1989		590006	7	-11
											-				
											2006				

Bilag 2. Georegionsspecifikke månedlige korrektionsfaktorer for DK-modellen

Måned	G-faktor (Målt afstrømning/DK_models afstrømning)								
	GEO- REGION 1	GEO- REGION 2	GEO- REGION 3	GEO- REGION 4	GEO- REGION 5	GEO- REGION 6	GEO- REGION 7	GEOREGION 8	Gennemsnit
1	0,95	0,86	0,89	0,74	0,82	0,84	0,87	0,76	0,84
2	0,99	0,93	0,89	0,77	0,80	0,88	0,90	0,85	0,88
3	1,03	1,03	0,92	0,87	0,90	0,97	1,07	1,12	0,99
4	1,05	1,11	0,94	0,97	0,92	1,11	1,35	1,54	1,12
5	1,03	1,14	0,92	1,05	0,93	1,10	1,78	2,08	1,25
6	0,94	1,16	0,87	1,06	0,86	1,04	1,89	2,23	1,26
7	0,88	1,11	0,84	1,02	0,85	1,00	1,62	1,94	1,16
8	0,82	1,05	0,80	1,00	0,81	0,95	1,44	1,75	1,08
9	0,84	0,98	0,85	0,97	0,78	0,87	1,15	1,33	0,97
10	0,93	1,07	0,92	1,00	0,88	0,89	1,18	1,27	1,02
11	0,94	1,00	0,93	0,90	0,92	0,83	1,07	0,91	0,94
12	0,96	0,94	0,91	0,85	0,84	0,85	0,92	0,76	0,88
Gennemsnit	0,95	1,03	0,89	0,93	0,86	0,94	1,27	1,38	1,03

Bilag 3 Referencestationer og -oplande til umålte oplande

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestatio- ner i opland	Reference station(er) til umålte oplan- de med målestationer i opland	Reference opland til umålte oplande uden DK-model simule- ringer
1110	11		10091	
1200	12	220062		
1210	12	220062		
1241	12	220062		
1242	12	220062		
1243	12		220062	
1250	12	220062		
1310	13	250086		
1321	13		250075	
1321	13		250086	
1322	13	250086		
1323	13		250078	
1323	13		250091	
1323	13		250097	
1323	13		250147	
1330	13	250086		
1410	14		300013	
1410	14		300016	
1510	15	380024		
1520	15	380024		
1530	15	380024		
1610	161		310016	
1610	161		310027	
1610	161		350006	
1610	161		350010	
1620	162		360009	
1620	162		380023	
1620	162		380024	
1630	163		390001	
1630	163		390002	
1651	165		400001	
1651	165		420016	
1651	165		420021	
2100	21	30002		
2110	21		30002	
2200	22	100009		
2213	22		40002	
2216	22	40002		
2310	23	110011		
3011	30			3910
3012	30			3910
3013	30			3910
3020	30			3910
3102	31			3910
3110	31		480007	

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte oplande uden DK-model simu- leringer
3210	32	510024		
3211	32	510024		
3213	32	510024		
3215	32	510024		
3216	32		510020	
3217	32	510024		
3218	32	510024		
3219	32	510024		
3221	32		490054	
3222	32		520025	
3222	32		520029	
3223	32		520033	
3223	32		520039	
3224	32		520063	
3224	32		520199	
3225	32	510025		
3226	32		520068	
3227	32	510025		
3240	32		510025	
3244	32		510026	
3246	32		510002	
3246	32		510024	
3310	33	480007		
3410	34		230108	
3420	34		240001	
3420	34		240002	
3420	34		240003	
3420	34		240004	
3510	35	150032		
3520	35		230087	
3531	35	150032		
3532	35		210467	
3533	35		210413	
3540	35	150032		
3611	36		150002	
3611	36		150046	
3612	36		150073	
3613	36		150034	
3613	36		150042	
3613	36		150044	
3623	36		150032	
3626	36	150032		
3711	371	140016		
3713	371		140016	
3715	371		100011	
3717	371	140016		
3719	371	140016		

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte oplande uden DK-model simu- leringer
3721	372		70003	
3721	372		100010	
3722	372		60001	
3722	372		100016	
3723	372		90002	
3723	372		100014	
3724	372		100006	
3724	372		100009	
3726	372		90021	
3728	372	100009		
3731	373		100013	
3732	373	100009		
3733	373	100009		
3734	373		160054	
3741	374		130019	
3742	374	200024		
3743	374		130005	
3745	374		170007	
3745	374		180077	
3745	374		190012	
3745	374		190016	
3747	374		200021	
3747	374		200024	
3751	375		160070	
3752	375	160053		
3753	375	160053		
3754	375		160023	
3754	375		160053	
3761	376		90001	
3761	376		90022	
3762	376	110011		
3763	376	110011		
3764	376		120001	
3771	377		160024	
3772	377	110011		
3773	377		110011	
3812	38	50003		
3814	38		80001	
3816	38		50003	
3900	39			3910
3910	39		20006	
3920	39		20005	
4010	40	280001		4360
4011	40			4360
4012	40			4360
4020	40			4360
4021	40			4360
4022	40			4360
4023	40			4360
4024	40			4360
4025	40			4360

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte oplande uden DK-model simule- ringer
4110	41	510024		
4115	41			4110
4120	41		510018	
4121	41			4110
4122	41			4110
4210	42			4222
4221	42			4222
4222	42	450058		
4223	42	450058		
4224	42	450058		
4225	42			4231
4231	42	450001		
4231	42	450001		
4232	42		450001	
4232	42		450043	
4232	42		450044	
4232	42		450048	
4232	42		450058	
4233	42		450005	
4233	42		450046	
4240	42	450058		
4250	42	430001		
4260	42		430003	
4270	42	430001		
4300	43			4310
4310	43	280001		
4320	43	280001		
4331	43	280001		
4332	43	280001		
4333	43	280001		
4334	43		270045	
4334	43		280001	
4340	43	280001		
4360	43		270035	
4411	44		230055	
4412	44	280001		
4413	44	280001		
4420	44	280001		
4430	44	280001		
4440	44	280001		
4450	44		270021	
4460	44		260080	
4510	45	280001		

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte op- lande uden DK-model simulerin- ger
5110	51	430001		
5120	51		430001	
5131	51	320001		
5132	51		330004	
5133	51		290009	
5134	51	320001		
5135	51		320001	
5135	51		320004	
5135	51		320022	
5200	52	330004		
5240	52	430001		
5241	52		430007	
5261	52	340003		
5262	52	340003		
5263	52		340003	
5263	52		340023	
5263	52		340024	
5264	52	340003		
5310	53			5320
5320	53	430001		
5330	53	430001		
5340	53	370038		
5341	53		370036	
5341	53		370038	
5350	53		370011	
5360	53	370011		
5400	54			5403
5401	54			5403
5402	54			5403
5403	54	370039		
5410	54	460001		
5411	54		460001	
5412	54	460001		
5413	54		460020	
5414	54	460001		
5430	54	370039		
5440	54		370034	
5450	54	370039		
5460	54		370039	
5470	54	370039		
5510	55	460017		
5520	55	410023		
5530	55	370034		
5531	55	370034		
5610	56			5510
5621	56		460017	
5622	56	460017		
5630	56	460017		

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte op- lande uden DK-model simulerin- ger
5640	56			5630
5650	56			6510
5660	56	410023		
5711	57	420016		
5721	57	410014		
5722	57		410014	
5723	57	410014		
5730	57	410014		
5731	57	410014		
5732	57	410014		
5740	57	410016		
5801	58	410023		
5810	58		410023	
5820	58	410012		
5830	58	410012		
5840	58	410012		
5841	58		410012	
5850	58	370034		
5860	58	370034		
5870	58	370034		
5910	59		410020	
5911	59	410014		
5913	59	410014		
5920	59	410016		
5921	59	410016		
5922	59	410016		
5923	59		410016	
5924	59	410016		
5930	59	410014		
6100	61			6130
6110	61	510024		
6120	61		550015	
6130	61		560001	
6130	61		560002	
6130	61		560005	
6140	61	560001		
6141	61	560001		
6142	61	560001		
6200	62			6202
6201	62	620015		
6202	62	620015		
6203	62	620015		
6204	62			6202
6210	62	540002		
6211	62	540002		
6212	62	540002		
6220	62	540002		

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte op- lande uden DK-model simulerin- ger
6221	62		540002	
6222	62	540002		
6223	62		570053	
6223	62		570055	
6223	62		570058	
6224	62	540002		
6225	62		600029	
6225	62		600032	
6230	62	600036		
6232	62	600036		
6251	62	610013		
6252	62		610011	
6252	62		610012	
6253	62		610010	
6253	62		610015	
6261	62	640025		
6262	62		630007	
6262	62		640025	
6263	62	640025		
6264	62	640025		
6311	63	610013		
6312	63	610013		
6313	63	610013		
6321	63	610013		
6322	63	610013		
6323	63	610013		
6330	63		610013	
6400	64			6420
6420	64		620015	
6421	64		620011	
6421	64		620017	
6422	64	620015		
6430	64			6420
6440	64			6420
6510	65		470035	
6511	65	470001		
6512	65		470001	
6520	65	470001		
6521	65	470001		
6522	65			6521
6530	65			6520

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte op- lande uden DK-model simulerin- ger
6531	65			6520
6532	65			6520
6533	65			6520
6540	65			6520
6541	65			6520
6542	65			6520
6600	66			6520
6610	66			6520
6620	66			6520
6630	66			6520
6640	66			6520
6650	66		470033	
6650	66		470036	
6650	66		470037	
6650	66		470063	
6700	67			4224
6701	67			4224
6710	67	470037		
6721	67	440021		
6722	67		440021	
6740	67	440021		
6751	67	440021		
6752	67	440021		
6753	67	440021		
6760	67	450058		
7110	71	590006		
7122	71		590005	
7122	71		590006	
7122	71		590008	
7122	71		590010	
7124	71		580047	
7126	71		530054	
7127	71		530010	
7127	71		530011	
7128	71		530028	
7130	71	530028		
7200	72			7127
7201	72			7127
7210	72	500051		
7216	72	500051	530029	
7220	72		500048	
7220	72		500051	
7230	72		500056	
7230	72		500057	
7240	72	500051		

Farvand	Farvand 2_3 Orden	Reference station til umålte oplande uden målestationer i opland	Reference station(er) til umålte oplande med målestationer i opland	Reference opland til umålte op- lande uden DK-model simulerin- ger
7310	73	500056		
7320	73		480004	
7320	73		480011	
7330	73		480010	
8100	81			6520
8110	81			6520
8200	82			8210
8210	82		650001	
8220	82	650001		
9120	91		660014	
9130	91		670018	
9150	91		670017	
9210	92	610013		
9220	92	610013		
9300	93	600036		
9310	93	600036		
9320	93	600036		
9321	93	600036		
9330	93		600031	
9331	93	600036		
9350	93		600027	
9350	93		600033	
9350	93		600036	
9360	93		600024	
9360	93		600035	
9360	93		600037	

Bilag 4

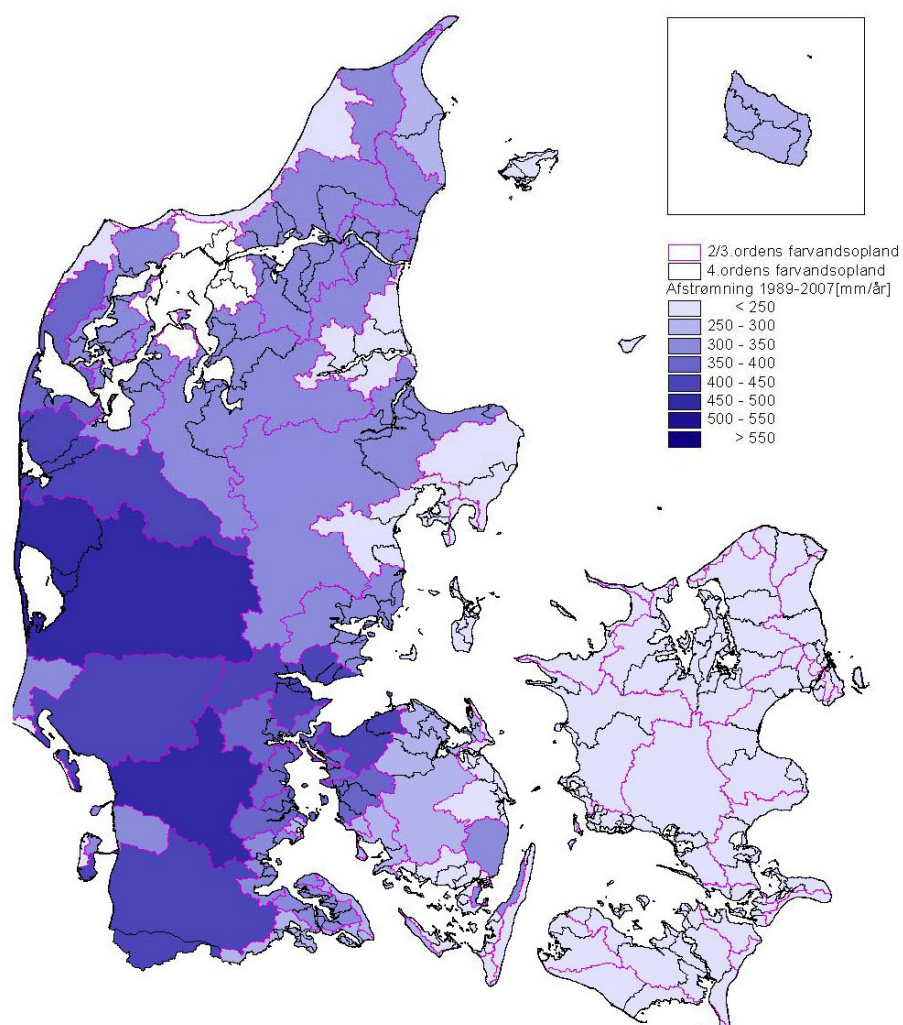
Data for samlet afstrømning 1989-2007 - national og fordelt på 2-3 ordens farvande. mm (inklusive arealer)

Farvand	Navn	Areal, km2			Afstrømning mm/år, 2007			Afstrømning mm/år, 1989-2007		
		Total	Målt	Umålt	Umålt	Målt	Total	Umålt	Målt	Total
11	HANSTHOLM-THYBORØN	173	31	142	137	318	169	111	247	135
12	THYBORØN-VEDERSØ	1640	1097	543	498	647	598	377	483	448
13	VEDERSØ-NYMINDEGAB	3485	2550	935	518	593	573	414	465	451
14	NYMINDEGAB-BLÅVAND	266	51	215	352	296	341	360	304	349
15	BLÅVAND-GRÆNSE	74	0	74	145		145	105		105
161	GRÅDYB TIDEVANDSOMRÅDE	1820	1338	482	479	551	532	403	455	441
162	KNUDEDYB TIDEVANDSOMRÅDE	1453	1220	233	699	616	629	571	472	488
163	JUVRE DYB TIDEVANDSOMRÅDE	273	138	135	371	497	435	294	391	343
165	LISTER DYB TIDEVANDSOMRÅDE	1602	1075	527	557	570	566	428	411	417
21	TANNIS BUGT	492	347	145	275	461	406	219	369	325
22	JAMMERBUGTEN	567	250	318	226	401	303	184	331	249
23	VIGSØ BUGT	37	0	37	48		48	39		39
30	ÅBNE KATTEGAT	140	0	140	332		332	246		246
31	HESSELØ BUGT ØST	85	36	49	349	393	368	220	223	221
32	ISEFJORD-ROSKILDE FJORD	1952	1029	924	281	344	314	186	176	180
33	HESSELØ BUGT VEST	40	0	40	293		293	193		193
34	DJURSLAND	726	201	525	260	288	268	224	246	230
35	HEVRING BUGT	3498	2919	578	261	417	391	210	368	342
36	ÅLBORG BUGT SYD	744	431	312	209	337	283	159	287	234
371	LANGERAK	696	346	350	427	437	432	308	344	326
372	NIBE-GJØL BREDNING	1702	898	804	429	431	430	328	329	328
373	LØGSTØR BREDNING	695	128	567	380	417	387	320	332	322
374	LIMFJORD MIDT-SYD	2621	1888	734	360	393	384	288	337	323
375	LIMFJORD SYD FOR MORS	584	82	502	348	475	366	286	419	305
376	LIMFJORD NORDVEST FOR MORS	698	139	559	338	567	383	272	457	309
377	NISSUM BREDNING	600	260	340	419	464	439	360	391	373
38	ÅLBORG BUGT NORD	522	392	129	382	508	477	270	366	343
39	ÅLBÆK BUGT	536	232	304	329	493	400	245	371	299
40	FARVANDET OMKRING SAMSØ	132	0	132	274		274	238		238
41	SEJERØ BUGTEN	314	23	290	292	244	289	175	149	174
42	NORD FOR FYN	1193	857	336	381	427	414	260	288	280
43	HORSSENS FJORD	781	376	405	505	412	461	336	306	322
44	ÅRHUS BUGT	657	417	239	299	301	300	219	258	244
45	EBELTOFT VIG	60	0	60	166		166	101		101
51	NORDLIGE LILLEBÆLT	1045	590	455	518	593	560	369	442	410
52	SNÆVRINGEN	502	290	212	457	555	514	357	412	389
53	BREDNINGEN NORD	234	100	134	613	531	578	401	337	374
54	BREDNINGEN SYD	509	301	208	485	481	483	374	347	358
55	MELLEMSTE BÆLT ØST	92	0	92	369		369	292		292
56	SYDLIGE LILLEBÆLT	288	78	210	314	351	324	266	263	265
57	FLENSBORG FJORD	242	20	222	352	408	356	285	335	289
58	MELLEMSTE BÆLT VEST	259	28	232	470	306	452	345	225	332
59	ALS FJORD OG SUND	239	44	195	432	376	422	330	249	315

Farvand	Navn	Areal, km2			Afstrømning mm/år, 2007			Afstrømning mm/år, 1989-2007		
		Total	Målt	Umålt	Umålt	Målt	Total	Umålt	Målt	Total
61	STOREBÆLT	1213	803	410	329	341	337	207	204	205
62	SMÅLANDSFARVANDET VEST	2345	1298	1047	246	386	324	184	233	211
63	SMÅLANDSFARVANDET ØST	281	55	226	209	198	207	177	157	173
64	LANGELANDS BÆLT	455	177	278	203	224	211	193	192	193
65	SYDFYNSKE ØHAV	436	90	346	291	390	312	237	291	248
66	LANGELANDSSUND	289	151	137	339	471	408	283	322	304
67	STOREBÆLT VEST	398	128	271	279	365	306	209	246	220
71	ØRESUND SYD	981	543	437	344	372	359	209	193	200
72	ØRESUND NORD	498	315	184	322	284	298	205	157	175
73	ØRESUND TRAGT	248	195	53	408	392	396	269	215	227
81	BÆLTHAV VEST	40	0	40	277		277	226		226
82	BÆLTHAV ØST	378	203	174	191	223	208	157	172	165
91	BORNHOLM	590	112	478	285	285	285	259	259	259
92	FALSTER-MØN ØST	106	0	106	216		216	181		181
93	FAKSE BUGT	513	179	334	288	413	332	199	256	219

Bilag 5

Gennemsnitlig årlig vandafstrømning fra samlede afstrømningssoplande (1989-2007) til 2-3 ordens kystafsnit (røde streger), men også med svag markering af yderligere inddeling i 4 ordens afsnit (tynde sorte streger).



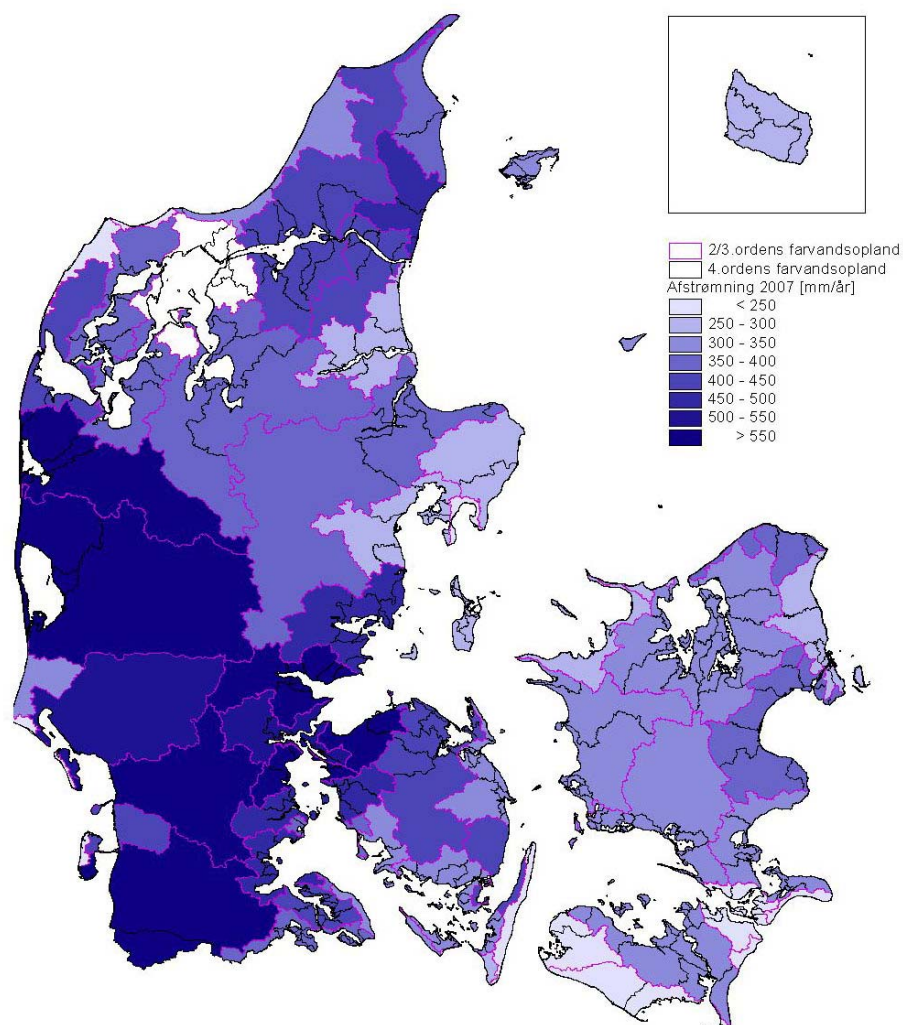
Bilag 5.1

		Bilag Afstrømning 2007, mm/måned												
FarvandNavn		Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Total
11	HANSTHOLM-THYBORØN	43	19	29	11	8	8	13	6	5	7	9	13	169
12	THYBORØN-VEDERSØ	109	67	77	40	35	31	44	29	33	38	39	56	598
13	VEDERSØ-NYMINDEGAB	96	65	70	38	33	31	46	32	33	35	37	58	573
14	NYMINDEGAB-BLÅVAND	61	37	36	13	14	17	31	15	16	25	30	47	341
15	BLÅVAND-GRÆNSE	34	24	26	4	2	1	7	3	8	10	8	17	145
161	GRÅDYB TIDEVANDSOMRÅDE	81	58	60	33	29	31	42	30	33	32	39	63	532
162	KNUDEDYB TIDEVANDSOMRÅDE	111	77	84	31	26	27	55	41	41	41	36	59	629
163	JUVRE DYB TIDEVANDSOMRÅDE	88	61	55	16	15	18	36	21	23	24	28	50	435
165	LISTER DYB TIDEVANDSOMRÅDE	101	72	71	31	27	28	43	35	36	31	36	55	566
21	TANNIS BUGT	71	33	65	23	21	17	41	17	28	27	20	44	406
22	JAMMERBUGTEN	69	28	49	12	9	10	33	11	15	13	14	39	303
23	VIGSØ BUGT	11	6	11	2	1	1	2	1	2	3	4	5	48
30	ÅBNE KATTEGAT	62	34	65	20	15	12	24	10	17	21	19	34	332
31	HESSELØ BUGT ØST	78	46	51	11	8	13	52	24	20	18	18	28	368
32	ISEFJORD-ROSKILDE FJORD	54	39	46	10	9	10	34	23	19	23	18	29	314
33	HESSELØ BUGT VEST	85	52	57	7	6	4	8	5	15	10	14	29	293
34	DJURSLAND	41	31	47	20	17	14	15	13	13	17	18	22	268
35	HEVRING BUGT	68	47	63	27	21	19	25	19	21	25	23	33	391
36	ÅLBORG BUGT SYD	48	35	46	18	16	15	18	13	18	18	17	21	283
371	LANGERAK	67	65	57	26	26	21	29	24	27	25	27	38	432
372	NIBE-GJØL BREDNING	70	44	67	26	22	22	38	20	26	26	24	46	430
373	LØGSTØR BREDNING	73	58	65	27	19	15	14	11	15	18	25	48	387
374	LIMFJORD MIDT-SYD	58	39	50	30	26	21	24	22	26	29	26	33	384
375	LIMFJORD SYD FOR MORS	93	54	56	17	15	13	16	6	13	16	23	42	366
376	LIMFJORD NORDVEST FOR MORS	83	47	76	30	20	17	17	10	10	18	18	39	383
377	NISSUM BREDNING	95	54	82	31	19	17	23	15	16	22	23	41	439
38	ÅLBORG BUGT NORD	82	44	84	24	24	23	55	20	25	29	24	44	477
39	ÅLBÆK BUGT	66	39	76	27	22	19	34	15	20	24	21	37	400
40	FARVANDET OMKRING SAMSØ	58	36	63	14	8	8	10	6	11	13	14	33	274
41	SEJERØ BUGTEN	64	46	55	16	7	3	7	7	18	14	16	35	289
42	NORD FOR FYN	99	53	56	17	12	17	33	22	22	18	19	48	414
43	HORSSENS FJORD	99	61	83	14	14	19	29	11	24	27	23	57	461
44	ÅRHUS BUGT	65	40	65	16	11	10	13	8	13	15	12	32	300
45	EBELTOFT VIG	34	21	29	1	3	6	13	2	15	9	10	23	166
51	NORDLIGE LILLEBÆLT	105	67	72	28	25	28	41	28	35	36	33	60	560
52	SNÆVRINGEN	90	55	60	22	22	26	50	28	36	31	32	60	514
53	BREDNINGEN NORD	134	76	68	16	15	20	60	24	36	33	30	66	578
54	BREDNINGEN SYD	98	60	57	20	17	21	50	23	27	27	28	54	483
55	MELLEMSTE BÆLT ØST	94	52	52	15	10	9	28	8	16	17	19	49	369
56	SYDLIGE LILLEBÆLT	70	43	46	13	9	8	29	11	18	15	17	45	324
57	FLENSBORG FJORD	83	53	53	7	9	14	38	12	13	11	15	48	356
58	MELLEMSTE BÆLT VEST	96	61	55	21	19	20	48	19	23	24	23	44	452
59	ALS FJORD OG SUND	93	63	60	8	9	15	58	19	17	12	15	52	422

		Bilag Afstrømning 2007, mm/måned												
FarvandNavn		Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Total
61	STOREBÆLT	70	50	64	22	12	7	12	12	19	19	18	32	337
62	SMÅLANDSFARVANDET VEST	71	51	58	10	7	9	24	13	14	18	14	32	324
63	SMÅLANDSFARVANDET ØST	42	29	41	5	8	5	7	2	14	15	11	28	207
64	LANGELANDS BÆLT	58	39	39	9	4	4	15	2	2	3	7	28	211
65	SYDFYNSKE ØHAV	67	46	53	17	8	8	16	9	14	16	14	42	312
66	LANGELANDSSUND	86	53	56	19	19	19	41	16	19	20	17	42	408
67	STOREBÆLT VEST	82	40	42	12	10	10	23	15	14	10	10	40	306
71	ØRESUND SYD	79	54	52	10	10	13	44	14	15	20	18	32	359
72	ØRESUND NORD	47	36	37	11	12	18	44	19	16	14	18	26	298
73	ØRESUND TRAGT	53	43	51	29	24	22	50	31	25	17	22	29	396
81	BÆLTHAV VEST	64	42	49	16	7	7	10	5	12	14	12	38	277
82	BÆLTHAV ØST	58	40	39	4	5	8	15	6	7	4	5	18	208
91	BORNHOLM	75	32	58	11	7	4	24	6	5	7	13	43	285
92	FALSTER-MØN ØST	42	30	42	5	8	6	7	3	15	16	12	29	216
93	FAKSE BUGT	80	55	55	9	7	8	21	7	17	20	16	36	332

Bilag 6

Gennemsnitlig årlig vandafstrømning fra samlede afstrømningsoplande (1989-2007) til 2-3 ordens kystafsnit (røde streger), men også med svag markering af yderligere inddeling i 4 ordens afsnit (tynde sorte streger).



Bilag 6.1 Afstrømning til 1. ordens farvande, 2007

Afstømning, 10**6 m**3/måned														
Farvand	Areal, km ²	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Total
1	10787	1034	700	747	361	314	311	478	340	360	366	393	611	6015
2	1097	75	33	60	18	15	14	39	15	23	21	18	44	374
3	15839	1043	702	944	382	310	283	425	290	327	377	354	553	5991
4	3136	268	158	201	48	35	44	74	43	61	59	56	139	1188
5	3411	332	207	211	69	63	73	154	77	98	93	92	188	1656
6	5418	376	259	300	74	48	47	108	62	79	88	77	180	1698
7	1727	114	81	82	23	22	27	77	31	29	30	32	52	599
8	417	25	17	17	2	2	3	6	2	3	2	3	8	90
9	1209	90	50	67	12	9	7	26	8	13	16	17	47	362
Total	43041	3356	2206	2628	988	819	809	1387	867	991	1053	1042	1823	17970
mm/mnd		78	51	61	23	19	19	32	20	23	24	24	42	418

Klimaforandrings betydning i vandløb

Hans Thodsen, Esben Astrup Kristensen og Brian Kronvang

Introduktion

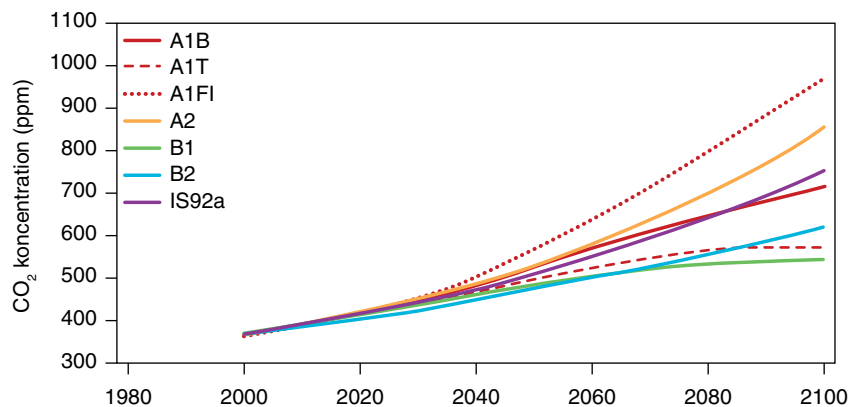
Vejret ændrer sig. Siden vi startede overvågningen af vandløb i 1989, har det ikke været to helt ens år, hvad angår vejret, både når vi taler om nedbørsforhold og temperaturforhold henover året. Det kan man forvisse sig om ved at læse i klimakapitlet i den årlige overvågningsrapport. Analyser af allerede indsamlede overvågningsdata kan derfor indeholde en klimahistorie i form af vandkemiske og økologiske responser på år-til-år- eller sæsonmæssige forskelle i klima. Prognoser fra klimamodeller om fremtidens klima ved forskellige emissionsscenarier er en anden vigtig vej til at øge vores forståelse for fremtidens klima (Søndergaard et al., 2006). En kombination af klimamodeller og hydrologiske, vandkemiske og økologiske modeller kan give os en mulighed for at simulere fremtidens vilkår i vandløb. Den type modelsimuleringer er selvsagt forbundet med stor usikkerhed, både fra modellernes mere eller mindre gode evne til at beskrive naturens processer og fra klimamodellernes forudsigelser. Desuden er de fleste modelsimuleringer af fremtiden afviklet som et 'alt andet lige'-scenarie, dvs. uden at ændre på landskabsforhold som arealanvendelse og vores brug og påvirkning af naturen.

Da vejret virkelig har ændret sig gennem de sidste 50 år er det på sin plads at beskrive disse ændrings betydning for forholdene i vandløb og både ved hjælp af denne lærdom og modelsimuleringer at prøve at skue fremad mod fremtidens klima og de mulige effekter heraf. I kapitlet vil vi forsøge at belyse betydningen af klimaforandringer for de hydrologiske, morfologiske, vandkemiske og biologiske forhold i vandløb.

Fremtidens danske klima

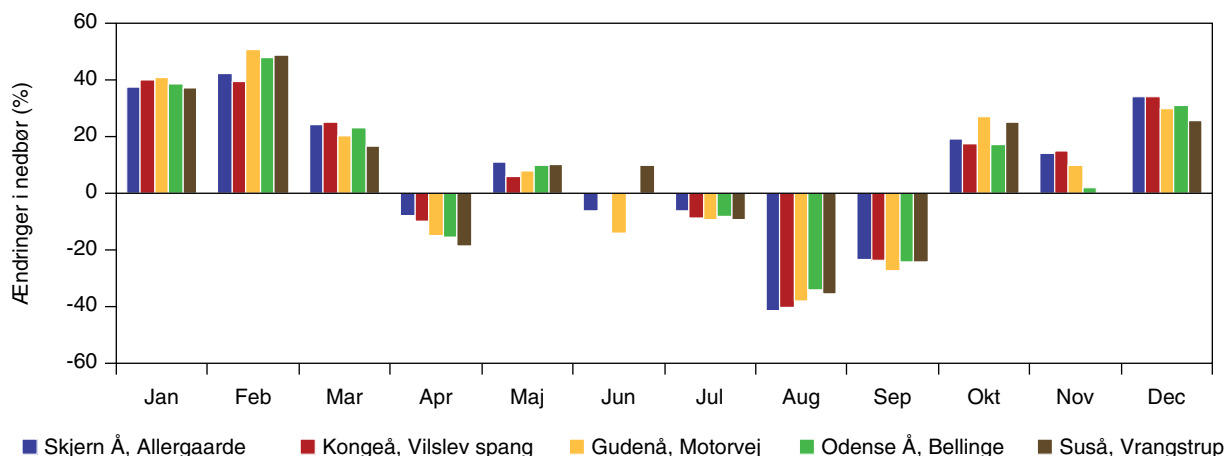
Det estimat af det fremtidige danske klima, som de fleste studier af effekten af fremtidige klimaændringer tager afsæt i, er DMI's (Danmarks Meteorologiske Institut) HIRHAM model og IPCC's A2 emissionsscenarie (IPCC, 2007). A2 emissionsscenariet estimerer udslippet af drivhusgasser og aerosoler i en meget heterogen verden med høj befolkningstilvækst og langsom økonomisk og teknologisk udvikling (figur 1). De fleste studier anvender perioden 2071 til 2100 som den fremtidige scenarieperiode. Som den historiske kontrolperiode anvendes 1961-1990. I kontrolperioden korrigeres klimamodel-resultaterne, så de matcher de observerede tal i samme periode det samme sted.

Figur 1. Estimerede CO₂ koncentrationer i atmosfæren for forskellige IPCC emissionsscenarier (IPCC, 2001).



Nedbør er den vigtigste klimaparameter for det hydrologiske kredsløb i Danmark. Nedbøren er i klimamodeller simuleret til at blive større og med flere perioder med høj nedbørsintensitet (Christensen & Christensen, 2003). Thodsen (2007) fandt en gennemsnitlig forøgelse i nedbøren på 6,9 % for 29 vandløbsoplande mellem kontrol- og scenarieperioden (figur 2). Generelt er nedbøren modelleret til at forøges mest ved vestvendte kyster (11 % i Vestjylland) og mindst længere mod øst (4 % i Østjylland, på Fyn og Vestsjælland/Midtsjælland). Nedbøren er simuleret til at forøges i perioden oktober til marts, mens den reduceres i august og september (van Roosmalen et al., 2007). I de øvrige måneder er der ikke en entydig udvikling for hele landet.

Temperaturen har først og fremmest indflydelse på det hydrologiske kredsløb igennem fordampningen (evapotranspirationen). Temperaturen er modelleret til at stige ca. 3,3 °C. Thodsen (2007) har modelleret effekten på den potentielle fordampning (E_p) efter en modificeret Penmann metode (Scharling, 2001). Der blev modelleret små forøgelser af den potentielle fordampning på 2-3 %, svarende til 8-15 mm/år. van Roosmalen et al. (2007) har modelleret ved brug af Makkinks metode (Makkink, 1957), og de finder en større forøgelse af E_p på 9-16 %. Den aktuelle fordampning (E_a) er modelleret til at ændres -3,3 % til 2,5 % med et gennemsnit på 0,3 % (Thodsen, 2007). Den aktuelle fordampning afhænger foruden E_p af tilstedeværelsen af vand til fordampning. Da nedbøren i august og september er modelleret til at falde i det fremtidige klima, vil E_a i denne periode også falde, hvilket kompenserer for forøgelsen af E_a i andre måneder af året.

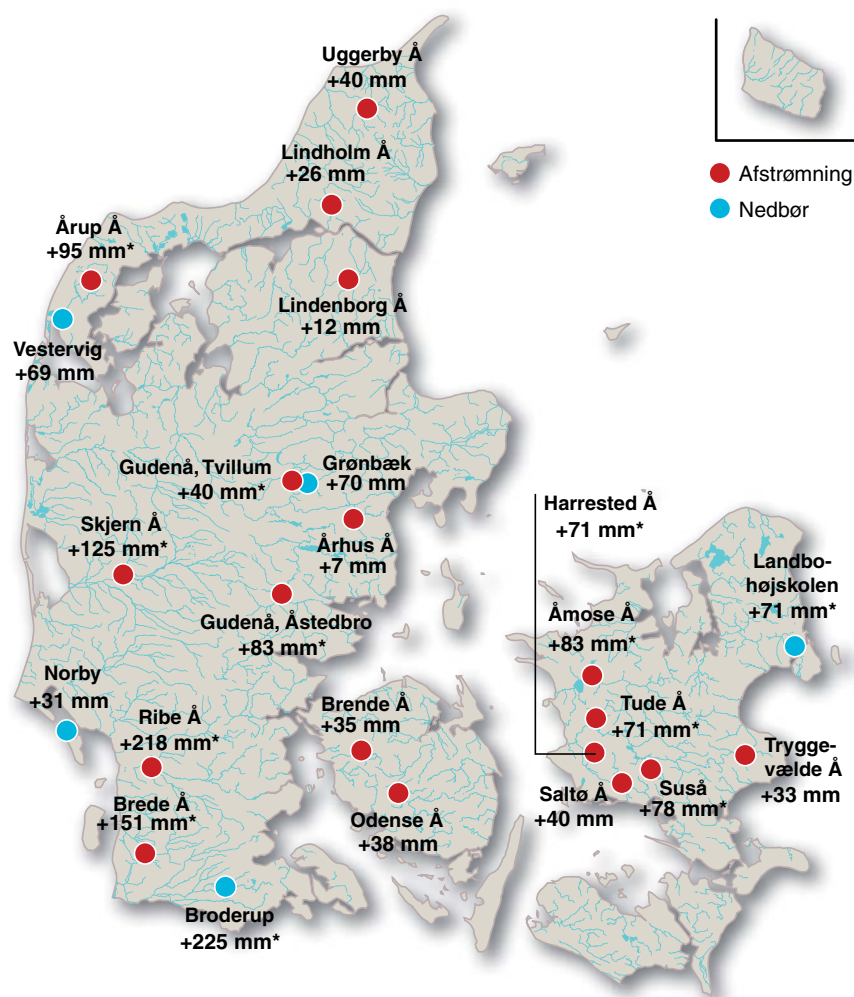


Figur 2. Ændring i månedlig middel nedbør, imellem perioderne 1961-1990 og 2071-2100, modelleret med HIRHAM efter A2 emissionsscenariet.

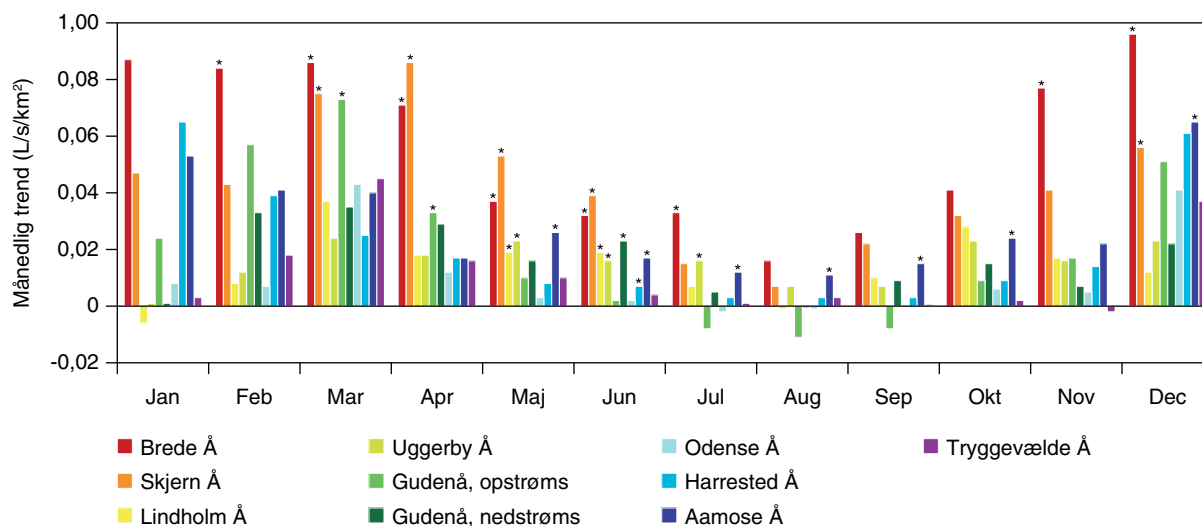
Det er vigtigt at påpege, at brugen af andre emissionsscenarier giver andre klimaændringer end A2 scenariet, som er det, som er anvendt i dette kapitel. Desuden er der stor forskel på resultaterne fra forskellige klimamodeller. Overordnet set er der dog enighed mellem modellerne om, at det bliver mere regnfuldt i den nordvestlige del af Europa, men der kan være betydelig forskel imellem de forskellige klimamodellers forudsigelser (IPCC, 2001; 2007). Som et eksempel kan det nævnes, at Müller-Wohlfeil et al., (2000) har modelleret en forøgelse af den årlige vandføring på hele 85 % for Stör oplandet i Holsten, Tyskland.

Vandføringsændringer – i fortid og fremtid

Når vi analyserer samhörørende tidsserier af nedbør og afstrømning fra de længste overvågningstidsserier i vandløb, som rækker tilbage til omkring 1920, kan vi se, at både nedbørsmængden og afstrømningen har ændret sig markant (figur 3). Størst er ændringerne i det sydvestjyske område, hvor den årlige afstrømning er steget 150-200 mm, mens stigningen i afstrømning falder mod nord og øst til et niveau på omkring 70 mm (figur 3). Ændringen i afstrømning ser ud til alene at kunne forklares af en tilsvarende stor stigning i vinternefbør (Larsen et al., 2003). Så markante ændringer i afstrømning må have haft stor betydning for afvandingsforhold, de morfologiske forhold i vandløb, herunder sedimenttransport, og på grund af nedbørsstigningen også for stofudledninger fra oplandet. Betydningen har givetvis været meget stor, også fordi afstrømningen ikke er steget jævnt henover året. Stigningen er markant større i efterårs- og vintermånederne end om sommeren (figur 4). Et sådant markant skift har betydning for vandløb, idet efterårs- og vinterperiode er den periode, hvor der er størst risiko for, at processer som erosion og udvaskning kan øges pga. den manglende plantevækst.



Figur 3. Ændring i nedbør og afstrømning i perioden 1917 til 2001. *Angiver at trenden er statistisk signifikant ($P > 5\%$).

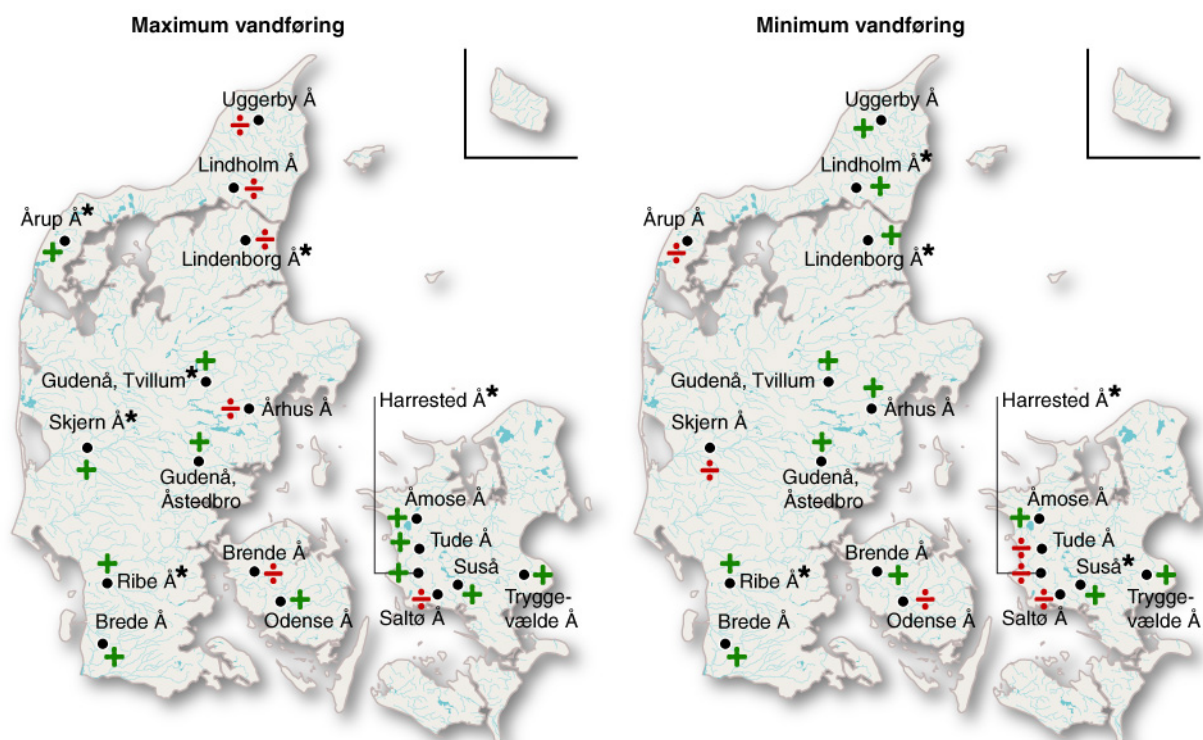


Figur 4. Udvikling i månedsmiddelfafstrømningen i perioden 1917 til 2001. *Angiver at trenden er statistisk signifikant ($P > 5\%$).

De økologiske forhold er selvfølgelig påvirket af vandmængderne men har tilvænnnet sig de generelle levevilkår. Påvirkningen er størst ved ændringer i de ekstreme forhold i vandløb, som ved meget store eller meget små vandmængder. Så det er meget vigtigt at opnå viden, om der er sket

ændringer i de ekstreme vandføringer over tid. En analyse heraf blev gennemført i IGLOO-projektet for 18 vandløbsstationer ved at sammenligne data for perioden 1950-77 med perioden 1978-2006 (Würgler et al., 2008). Tolv ud af de 18 undersøgte stationer udviser en stigning i den årlige maksimumsvandføring (figur 5). Tilsvarende er der 12 stationer, som udviser en stigning i den årlige minimumsvandføring, mens 6 stationer udviser et fald. De ekstremt store afstrømninger er derfor steget i de fleste vandløb, hvilket har konsekvenser for de økologiske forhold, direkte i form af øget hydraulisk slid og træk og indirekte i form af øget erosion i vandløbenes bund og brinker og en deraf følgende øget sedimenttransport (se afsnit 5). Ændringen i de små vandføringer kan både skyldes klimaet og menneskelige påvirkninger ved vandindvindinger og ændret arealudnyttelse som fx stigningen i bebygget areal.

Andre studier af klimaændringers effekt på afstrømningen i Nordeuropæiske vandløb giver resultater, der er sammenlignelige med de resultater, der refereres i dette kapitel, se fx (Arnell, 2004; Gellens and Roulin, 1998; Graham, 2004).



Figur 5. Resultater fra trendanalysen af ekstremer i vandføring vist for årlig maksimumsvandføring, årlig minimumsvandføring. I begge tilfælde drejer det sig om sammenligning i fordelingsfunktioner. Stigende (+) og faldende (-) trend over perioden 1950-1977 og 1978-2006. *viser en signifikant trend.

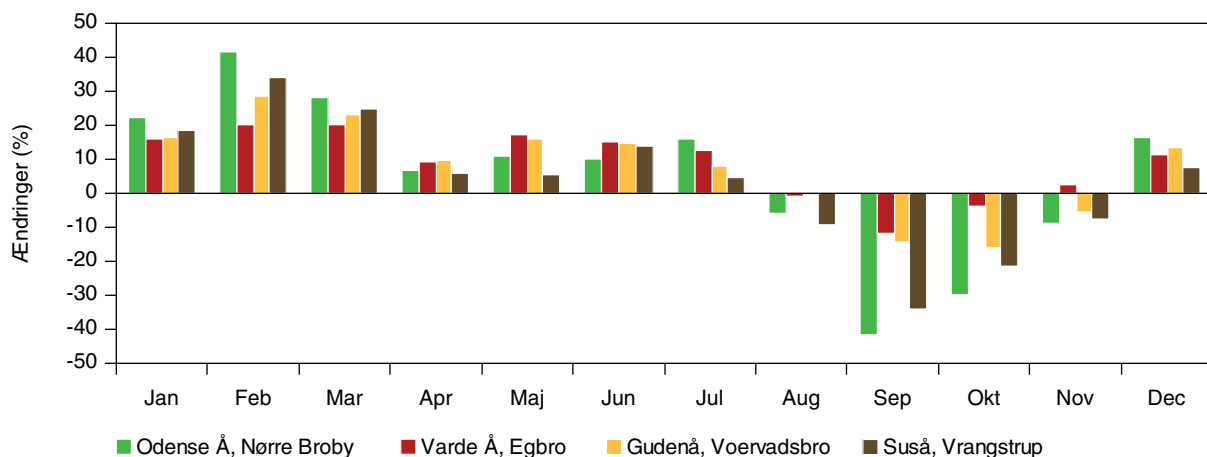
Afstrømning i danske vandløb i fremtiden

Afstrømningen i de danske vandløb vil i fremtiden ændres i takt med ændringen i de klimatiske forhold. Den øgede nedbør vil betyde en forøgelse af afstrømningen i forhold til niveauet i perioden 1961-1990. Den fremtidige afstrømning er modelleret enten med den hydrologiske oplands model NAM (Nedbør Afstrømnings Model) (Thodsen et al., 2006; Andersen et al., 2006; Thodsen, 2007; Thodsen et al., 2008) eller med den distribuerede hydrologiske model MIKE SHE (van Roosmalen et al., 2007; Mikkelsen, 2008).

Middelfafstrømninger

Ved at anvende det fremtidige klima i NAM finder Thodsen (2007), at den gennemsnitlige årlige afstrømning i 29 vandløb forøges mellem 7 % til 16 % og i gennemsnit 12 % (figur 6). De største stigninger findes i oplandet til Odense Å, mens de mindste findes i den øvre del af Gudenåsystemet. Sand-Jensen et al. (2006) angiver forøgelser af afstrømningen i Danmark fra 10 % til mere end 30 %. De største stigninger findes på den sydligste del af Lolland og Langeland. Ved at anvende MIKE SHE-modellen fandt van Roosmalen et al., (2007), at afstrømningen i den nedstrøms del af Skjern Å forøges med 13 %, mens afstrømningen i den nedre del af Susåen er modelleret til at stige med 16 %.

Ændringen i afstrømningerne i de enkelte måneder vil overordnet set følge ændringen i nedbøren. Dog vil der forekomme en forsinkelse og en udjævning af ændringerne i forhold til nedbørsændringen. Det skyldes, at en stor del af nedbøren tilføres vandløbet igennem grundvandet (baseflow). Dæmpningen af nedbørssignalet afhænger således af hvor stor en del af afstrømningen, der tilføres som grundvand, en stor baseflow andel vil give en stor udjævning henover året. Et leret opland vil altså få en mere direkte effekt af nedbørsændringen end et sandet opland. Thodsen, (2007) simulerer fx afstrømningen til at forøges ca. 40 % i det lerede Nørre Broby opland til Odense Å på Sydfyn i februar, mens forøgelsen er ca. 20 % i det sandede opland til Grindsted Å ved Egbro i samme måned. Ligeledes reduceres afstrømningen i september ca. 40 % i Odense Å, mens den kun reduceres ca. 15 % i Grindsted Å. Afstrømningen forøges generelt i perioden december til juli og reduceres i september og oktober. I august og november modelleres kun minimale ændringer.



Figur 6. Ændring i middel månedsafstrømning som følge af klimaændring mellem perioderne 1961-1990 og 2071-2100. Største ændringer modelleres for de to lerede oplande (Odense Å og Suså), mindre udsving for de mere sande oplande (Grindsted Å og Gudenå).

Maksimum afstrømninger

Maksimum afstrømningerne er interessante i forbindelse med oversvømmelseshændelser. Som beskrevet herover modelleres det, at afstrømningen vil stige i vintermånederne, hvor den i forvejen er højest. Det betyder, at de nedbørsrelaterede høje afstrømninger generelt vil forøges. Thodsen, (2007) angiver 99,9 % fraktil afstrømningen (den vandføring der overskrides 1 ud af 1000 dage) til at forøges mellem 25 % i Grindsted Å ved Egbro og 4 % i Gudenåen ved Voervadsbro. Mikkelsen,

(2008) angiver, at 99,9 % fraktil afstrømningen i Storåen ved Holstebro vil forøges ca. 60 %, i forhold til perioden 1995-2003. Den højeste afstrømning observeret i Storåen ved Holstebro er i forbindelse med et stort tøbrud i 1970. Klimaændringen vil dog reducere størrelsen af tøbrud i fremtiden, da mængden af sne vil blive kraftigt reduceret. Thodsen, (2007) rapporterer således et fald i snemængden med ca. 2/3, samtidigt med at længden af sammenhængende perioder med frost vil blive reduceret. Derved vil der i det modellerede fremtidige klima akkumuleres mindre sne i landskabet med deraf afledte effekter. Snesmeltningen, som skaber de fleste af de allerhøjeste afstrømninger i danske vandløb, vil således svækkes i et fremtidigt klima (Thomsen, 2005).

Mikkelsen (2008) har ved hjælp af den hydrauliske model MIKE 11 modelleret vandstanden i Storåen ved Holstebro, ved de forøgede fremtidige vandføringer. Ifølge disse beregninger vil oversvømmelseskriteriet (9,60 m DVR) blive nået ved 99 % fraktil afstrømningen. Det betyder i gennemsnit 3,65 dage om året, hvilket er væsentligt oftere end i observationsperioden. Andersen et al. (2006) modellerer, at Gjærn Å vil oversvømme ådalen før udløbet i Gudenåen 1½ gang hyppigere (fra 34 til 51 dage/år) i det fremtidige klima. Thodsen et al. (2006) har modelleret vandstanden i den nedre del af Kongeåen med MIKE11. Her er vandstandsstigningen både en effekt af den øgede afstrømning, men i højere grad af det hævede havspejl (35 cm hævnings imellem år 2002 og perioden 2071-2100), hvor det også estimeres at slusen imellem Vadehavet og åen vil være lukket 77 % mere under et fremtidigt klima (slusen er modelleret til at være lukket 5 % i nutiden og 9 % i fremtiden). Upublicerede resultater fra samme studie, viser at marskområderne bag diget omkring Kongeåen vil oversvømmes oftere, fra 5 dage i 2001-2002 til 26 dage i en tilsvarende periode i det fremtidige klima ved et oversvømmelseskriterium på 1,90 m (DVR).

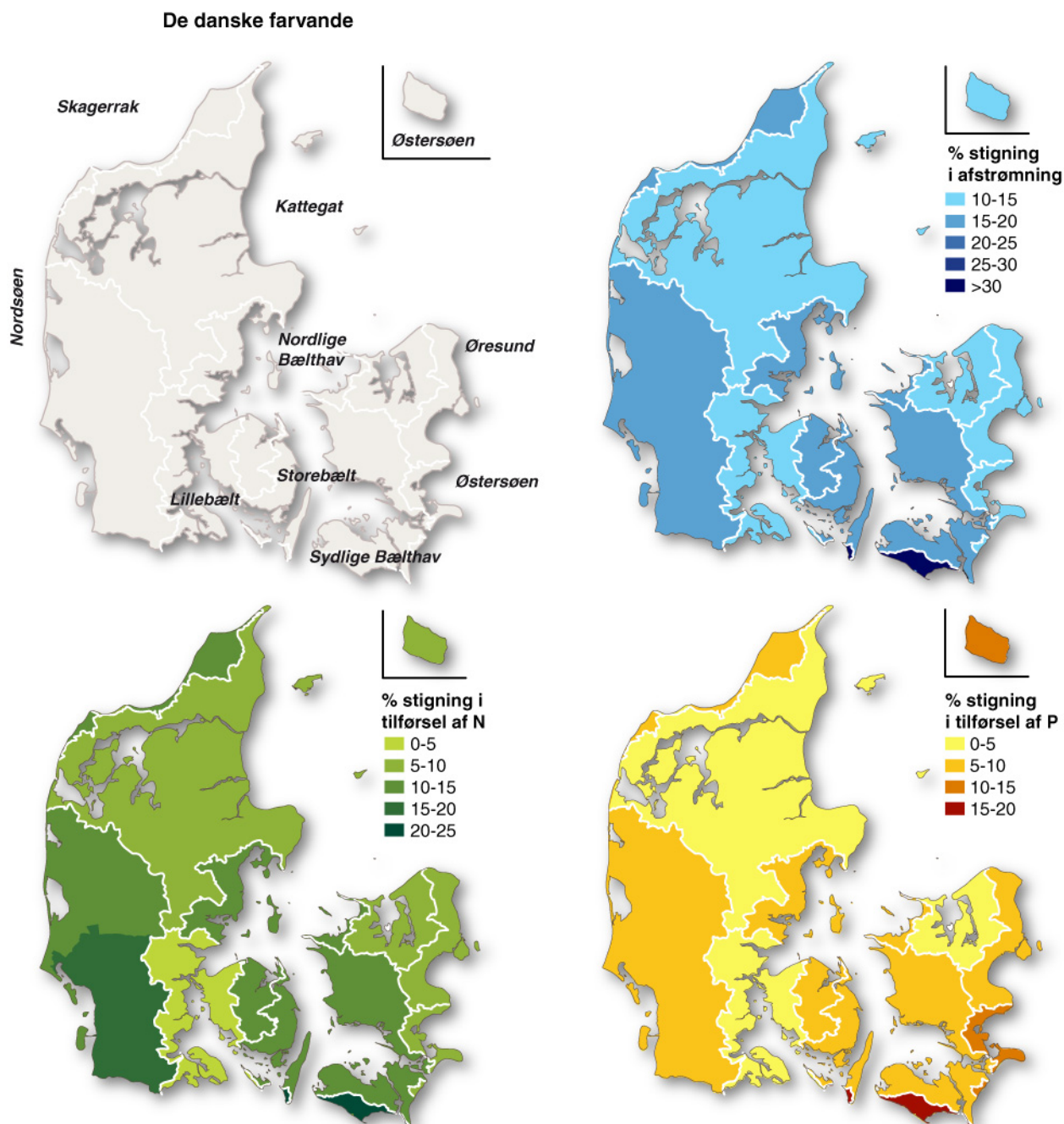
Minimumsafstrømninger

Minimumsafstrømningerne har særlig interesse for vandløb, da en periode med meget lille vandføring eller udtørring kan have katastrofale økologiske konsekvenser. Den simulerede forøgede årsnedbør vil forøge perkolationen af vand til grundvandet, hvilket betyder at tilstrømningen af grundvand til vandløbene vil forøges. Grundvand fødes langsomt til vandløbet, derfor vil den øgede grundvandsmængde isoleret set betyde en forøgelse af de laveste vandføringer, som typisk findes i sensommeren. Dog forudsiges der også en forlænget varighed af tørre sommerperioder, hvilket vil have den modsatte effekt. Der kan også være en skala-effekt imellem store og små oplande. Små oplande med grundvandsbidrag fra meget små grundvandsmagasiner kan få en øget risiko for at udtørre i kortere eller længere perioder i den længere og mere tørre sommerperiode (Andersen et al., 2006). Thodsen (2007) estimerer, at 0,1 fraktil afstrømningen (den vandføring, der kun undergås 1 ud af 1000 dage) forøges mellem 16 % og 81 % for 4 større vandløb (Opland >25 km²). Andersen et al. (2006) finder for 7 små østjyske vandløb (Gjærn Å-systemet), at minimumsvandføringen stiger eller er uændret i 6 af vandløbene (opland < 36 km²). Den faldende minimumsafstrømning er en kombination af et lille leret opland på 11 km² med et lille grundvandsmagasin og mindre regnmængder om sommeren. Danmarks Miljøundersøgelser (DMU, upubliceret data 2006) har analyseret 1 % fraktilen for 10 små oplande, hvoraf de 9 oplande har en næsten uændret ($\pm 0,001$

m³/s) forskel i vandføring, mens et af de analyserede vandløb viste et markant fald. Der er således forskel på klimaændringernes effekt på små og store vandløb og for de små også en afhængighed af, om der er tale om sandede eller lerede oplande.

Næringsstoffer i vandløb om 100 år

Vi kan ved hjælp af modeller af forskellig type regne på mulige konsekvenser af et ændret klima, når vi holder alt andet status quo – det vil sig uændret arealanvendelse, landbrugspraksis, mv. Vi har lavet beregninger med en empirisk kvælstof- og fosformodel, som begge er opstillet på baggrund af data fra overvågningsprogrammet NOVANA (Andersen et al., 2006). Modellerne fodres med konsekvenserne for afstrømningen fra de NAM-simuleringer, som er gennemgået i afsnittet ovenfor. Modellerne forudsiger en øget udledning af både total kvælstof og total fosfor fra diffuse kilder til farvandsområderne (figur 7). Koncentrationen af total kvælstof og total fosfor er dog i modellerne simuleret til at falde i vandløb pga. den store fortynding ved de stigende afstrømningsmængder.



Figur 7. Modelleret ændring i afstrømning, og transporten af total diffust kvælstof og total diffust fosfor, fra 9 danske farvandsområder som følge af klimaændring.

Da temperaturen også stiger kan man måske forvente, at der vil ske et øget optag og en større omsætning af fx kvælstof ved denitrifikation i overfladevand samt en øget tilbageholdelse af fosfor i søer. Modelberegninger af udledning, retention og transport af total kvælstof fra et vandløbsopland er gennemført for Gjern Å i Midtjylland, som er et ca. 114 km² stort og fortrinsvist dyrket opland (Andersen et al., 2006). Modelsimuleringerne er foretaget ved at koble HIRHAM-prognoser til NAM og derefter anvende en empirisk kvælstofmodel som input til MIKE11-TRANS. Den model simulerer de hydrauliske forhold samt stoftransport og -omsætning i vandløb, søer og vådområder. Beregningerne viser, at der sker en stigning i kvælstofomsætningen gennem vandløbssystemet, men at den større stofomsætning ikke kan følge med den større udledning af kvælstof fra de diffuse kilder (tabel 1).

Tabel 1. Ændring i belastning til overfladevand og transport ud af opland til Gjern Å, som følge af klimaændring (Andersen et al., 2006). Kvælstof (N) belastning beregnet med simpel empirisk model, kvælstoftransport og – omsætning beregnet med MIKE11-TRANS.

Gjern Å oplandet	Kontrolperiode (1961-1990) (kg N ha ⁻¹ år ⁻¹)	Scenarie periode (2071-2100) (kg N ha ⁻¹ år ⁻¹)	Ændring kontrol til scenarie (%)
Kvælstof belastning fra oplandet til overfladevand	24,1	25,7	6,6
Kvælstoftransport ud af oplandet	16,9	18,2	7,7
Kvælstoftilbageholdelse	7,2	7,5	4,2

Sedimenttransport og fysiske forhold i vandløb

Transporten af sediment i danske vandløb vil blive påvirket af klimaændringer, dels igennem en ændring af erosionen i oplandet og dels igennem en ændring af transportkapaciteten og erosionsevnen i vandløbet. I oplandet vil øget nedbør med en øget intensitet isoleret set betyde en forøgelse af de erosive kræfter og derved en forøgelse af erosionen. Omvendt vil en forøget temperatur betyde en forlængelse af planternes vækstsæson, hvilket betyder, at jorden vil have et beskyttende plantedække en større del af året, hvilket igen betyder en reduceret erosion. Disse to processer vil ikke have samme effekt for alle arealanvendelser. Et græsareal eller en skov vil få en længere vækstsæson både i foråret og i efteråret, mens fx vårbyg vil få en længere vækstsæson i foråret (hvis landmanden kan køre i marken i det vådere forår), mens afgrøden til gengæld vil blive høstet tidligere pga. tidligere modning. Dette vil potentielt efterlade marken uden plantedække tidligere end i det nuværende klima. Thodsen et al. (2008) undersøgte effekten af disse processer igennem en række scenarieberegninger og fandt forøgede transporter af suspenderet sediment (små partikler transporteret i suspension i vand-søjlen) som følge af den forøgede nedbør og afstrømning i vinter og forårsmånederne, mens et fald blev modelleret for sommerperioden. Effekten af nedbørsstigningen var en forøgelse af den suspenderede sedimenttransport på 17 % i et sandet opland og 27 % i et leret. En forlængelse af vækstsæsonen viste sig at kunne reducere forøgelsen til hhv. 9 % og 24 %. Den gennemsnitlige månedlige ændring i sedimenttransporten blev modelleret til mellem -26 % og 68 %.

Effekten af klimaændringer på bundtransporten af sediment (sandtransporten) i den nedre del af Kongeåen er blevet modelleret af Thodsen et al. (2006). Ændringen i sandtransporten afhænger både af den forøgede afstrømning og af det hævede havspejl (35 cm er der regnet med i modellen). Havspejlsstigningen betyder, at hældningen på især åens nedre del bliver mindre, og dermed falder transportkapaciteten, mens den forøgede afstrømning trækker den anden vej ved at øge transportkapaciteten. Sandtransporten er modelleret to steder i Kongeåen, ved Vilslev spang, 4,6 km opstrøms slusen og tættere på havet ca. 1,5 km fra slusen. Længst opstrøms forøges sandtransporten med 29 %, hvis havspejlsstigningen udelades, og 22 %, hvis den inkluderes i modelberegningerne. Ved stationen tæt på slusen er de tilsvarende resultater hhv. 39 % og 3 %. Heraf ses det tydeligt, at havspejlsstigningen har klart størst betydning tæt på havet. Et resultat af klimaændringen, når havspejlsstigningen inkluderes, vil være, at den mængde sand, der aflejres imellem de to punkter i vandløbet, forøges 65 %.

De fysiske forhold i vandløbene inkluderer dybde, bredde, sediment/substrat forhold og strømhastigheder. Det er klart, at vandløb med

en større afstrømning udvikler et bredere og dybere profil end vandløb med en mindre afstrømning. Derfor vil vandløb med en naturlig størrelse udvikle dybere og bredere tværprofiler igennem erosion ved en forøget afstrømning som følge af klimaændringer. Mernild (2001) har udarbejdet regimeformler, der beskriver dybde, bredde og strømhastighed i naturligt slyngede mindre danske vandløb i tre landskabsklasser. Ud fra disse formler kan det beregnes, at tværsnitsarealet vil forøges 8- 9 % som følge af en forøget middelfaststrømning på 12,5 %. For et vandløb med en middel vandføring på 2 m³/s forøges tværsnitsarealet 0,30 m² til 0,46 m², svarende til 0,30 m³ til 0,46 m³ erosion pr. løbende meter vandløb. Langt de fleste danske vandløb er dog mere eller mindre modificerede igennem forøgelse af dybde, bredde eller gennem udretning. Mange af disse vandløb er således allerede større end deres naturlige dimensioner og vil ikke markant ændre skikkelse. Habitatforholdene er komplekse at simulere, og effekten af klimaændringer vil variere fra sted til sted. Mange steder vil der blive en større sedimenttransport, som kan forstyrre fx gydesucces ved tilslemning af gydepladser. Desuden vil den større sæsondynamik i afstrømningen forårsage mere erosion om vinteren og mere sedimentation af fint materiale om sommeren på vandløbsbunden, begge processer som vil påvirke dyre- og plantelivet.

Konsekvenser for temperatur i vandløb

Temperaturen i vandløbene vil stige som følge af en forøget lufttemperatur. Stigningen vil afhænge af en række faktorer ud over lufttemperaturen fx grundvandsandelen af afstrømningen, alderen på grundvandet, beskygningsgraden og antal af solskinstimer. Vandløbstemperaturen er blevet fulgt i 16 vandløb igennem de sidste dekader, og temperaturen kan konstateres at have været stigende igennem perioden. Der er regionale forskelle i udviklingen lige som der ikke er en ensartet stigning året igennem, fx kan der ikke konstateres en stigning for oktober (Würgler et al., 2008). Model beregninger af vandløbstemperaturen i forbindelse med klimaændringer viser stigninger på 1,6°C til 3,0°C sommer og vinter og 4,4°C til 6,0°C forår og efterår som følge af lufttemperaturændringer på 4 - 5°C for 6 Nordsjællandske vandløb (Pedersen & Sand-Jensen, 2007).

Biologiske konsekvenser af klimaforandringerne

Omfanget af de biologiske forandringer som følge af klimaændringer er i stor grad ukendte. Det er dog meget sandsynligt, at vandløbsorganismernes udbredelse, reproduktion og artssammensætning vil ændre sig i de kommende hundrede år. Der findes meget få undersøgelser og ingen sikre forudsigelser af, hvordan fiske-, smådyrs- og vandplanterfamfundene vil ændre sig, men i det følgende vil vi præsentere en række vurderinger og et enkelt case-study, som tilsammen vil give et indblik i, hvilke forandringer vi kan forvente i danske vandløb.

Konsekvenserne afhænger af vandløbets størrelse og geografisk placering

I de foregående afsnit er det tydeligt beskrevet, hvordan fremtidens leveforhold i danske vandløb afhænger af deres størrelse og geologiske forskelle. De grundvandsfødte vandløb i Vestjylland vil formentligt have en større bufferkapacitet overfor længere regnvandsfattige perioder, mens vandløb i Østdanmark, hvor grundvand udgør en meget mindre del af den samlede vandføring, er mere påvirkelige over for ændringer i nedbør. De følgende vurderinger af biologiske ændringer er derfor foretaget vha. en øst-vest opdeling samt en opdeling efter størrelse (jf. typolo-

logien brugt i Vandrammedirektivet; Type 1: vandløb mellem 0-2 m bredde, Type 2: vandløb mellem 2-10 m bredde, Type 3: vandløb over 10 m bredde) (Baatrup-Pedersen et al., 2004).

Konsekvenser for vandløbenes fisk

Ørreden er den mest udbredte fiskeart i danske vandløb, men er samtidig en fisk, der stiller relative store krav til dens levested. Den kræver bl.a. rent og iltrigt vand og er varmeskyende. Ved stigende vandtemperatur vil indholdet af ilt i vandet falde, og man kan derfor forvente, at ørreden vil blive fortrængt fra de mest sommervarme vandløb. Helt, laks, snæbel, stalling og elritse stiller tilsvarende krav til vandkvaliteten og kan også forventes at komme under pres. Derimod kan det forventes, at karpfisk vil forøges i antal og udbredelse, da denne gruppe fisk ikke stiller strenge krav til iltindholdet i vandet og kan tolerere højere temperatur end de førnævnte arter. Pga. den mindre mængde grundvand i østvendte vandløb og dermed større risiko for lav vandføring eller udtørring (se afsnit ovenfor), er det forventeligt, at ørreden og andre iltkrævende arter vil gå mest tilbage i denne del af landet, samt at effekterne vil være størst i de mindre vandløb (tabel 2).

Overordnet set forventes der ikke de store ændringer i antallet af vandløbsfiskearter i Danmark som følge af klimaændringerne (tabel 2). Nogle af de 43 nuværende arter vil sandsynligvis uddø, mens andre arter vil indvandre sydfra. Indvandring af nye arter vil dog være en meget langsom proces, da den naturlige spredning af ferskvandsfisk uden et marint livsstadie er meget begrænset. Processen kan dog forøges, hvis nye arter indføres vha. af mennesker, nye arter, som så vil finde gunstige livsvilkår i Danmark. Et eksempel er solaborren, en nordamerikansk art, der allerede er fundet i Danmark, og som muligvis kan etableres i fremtiden (Carl et al., 2007).

Fremtidens forøgede nedbørsmængder og mere ekstreme nedbørshændelser vil resultere i mere variation i vandføringen. Ekstreme vandføringer kan påvirke vandløbsfiskene gennem flere mekanismer, men især timingen (hvornår på året høje afstrømninger forekommer) vil have betydning. Vandføringen har stor betydning for laksefiskenes gydevandring, da fiskene foretrækker at vandre opstrøms ved forhøjet vandføring (Svendsen et al., 2004). Hvis klimaforandringerne resulterer i en længere periode om efteråret med meget lidt nedbør, kan vandmængden og dermed fiskenes gydevandring blive forskubbet til senere på året. Denne effekt må formodes at blive størst i små østvendte vandløb, hvor grundvandsdelen af vandføringen er lille.

Konsekvenser for smådyr i vandløb

Som nævnt tidligere vil fremtidens varmere vandløb have et lavere indhold af ilt, og dette kan påvirke særligt iltkrævende smådyr. Adskillige såkaldte rentvandsdyr stiller store krav til deres levesteder og har, udover højt iltindhold, brug for relativt lave temperaturer. Det er især inden for slørvingerne, billerne, døgnfluerne og vårfluerne, at disse arter findes. Vi kan derfor forvente, at sådanne arter vil falde i hyppighed, og enkelte helt forsvinder, når vandløbene bliver varmere. Ligesom for vandløbsfiskene vil tilbagegangen af disse iltkrævende dyr være størst i mindre østvendte vandløb (tabel 2). I disse vandløb uden et stort grundvandstilskud kan man ligeledes forvente en overgang til et smådyrsamfund domineret af arter, der tåler tidvis udtørring, da det forventes,

at flere mindre østvendte vandløb vil tørre ud om sommeren både som følge af klimaforandringen og et øget pres på grundvandsressourcen. Arter, der kan oversomme som modstandsdygtige æg eller grave sig dybt ned i den fugtige vandløbsbund, vil derfor øges i udbredelse.

Overordnet set er det sandsynligt, at det samlede antal smådyrsarter vil stige som følge af klimaforandringerne. Selvom en række iltkrævende arter muligvis vil forsvinde, vil spredning af arter, hvis nuværende nordgrænse ligger gennem Danmark eller lige syd for Danmark, forøge det samlede antal arter (Sand-Jensen et al., 2006). Spredningen af smådyrene er ikke helt så begrænset af barrierer som fx vandløbsfiskene, da mange af smådyrene har flyvende livsstadier, og de kan derved lettere overvinde spredningsbarrierer.

Konsekvenser for vandløbsplanterne

I modsætning til fisk og smådyr er vandplanterne ikke afhængige af iltforholdene i vandløbet men påvirkes betydeligt af temperaturen. En række arter vil få en længere vækstsæson, da temperatur tidligt i foråret er afgørende for visse arters fremspirings-tidspunkt (Sand-Jensen et al., 2006). Derved kan man forvente, at fremtidens dækningsgrad af vandplanter bliver højere om foråret i både Øst- og Vestdanmark (tabel 1). Om vinteren er det forventeligt, at dækningsgraden vil falde i mellemstore og store østdanske vandløb på trods af højere temperatur. Dette skyldes, at den højere vandføring vil medføre forøget erosion og dermed en højere lyssvækkelse ned gennem vandsøjlen, en effekt der vil være særligt udbredt i de østdanske vandløb, hvor vandføringen er domineret af dræn- og overfladeafstrømning. I de vestvendte grundvandsfødte vandløb vil højere temperatur om vinteren derimod fremme plantevæksten, da disse vandløb ikke oplever meget høje vinterafstrømninger med øget partikeltransport og dermed lyssvækkelse (Sand-Jensen et al., 2006).

Tabel 2. Oversigt over konsekvenser af klimaforandringer på vandløbsfisk, smådyr og vandplanter. 0 angiver ingen forventet ændring, - angiver mindre negativ ændring, - - angiver stor negativ ændring, + angiver mindre positiv ændring og + + angiver stor positiv ændring.

	Vest			Øst		
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 1	Type 2	Type 3
Fisk						
Laksefisk	-	0	0	-*	0	0
Karpefisk	+	+	+	+	+	+
Artsrigdom	-	0	0	-	0	0
Smådyr						
Ittkrævende arter	-	0	0	-*	0	0
Artsrigdom	+	+	+	-*	+	+
Vandplanter						
Dækningsgrad Forår	+	+	+	+	+	+
Dækningsgrad Vinter	+	+	+	+	-	-

*Den negative er forårsaget af temperaturstigningen. Ændringen i minimumsafstrømningen kan have forskellig retning i type 1 vandløb. Meget små vandløb i lerede oplande med bidrag fra små grundvandsmagasiner kan et fald betyde forstærkning af den indikerede effekt, mens en forøgelse af minimumsafstrømningen vil have den modsatte effekt.

Case-study: Effekter af øget vandføring og temperatur på rekrutteringen af ørreder i Bisballe Bæk

Baggrund

I danske vandløb fremkommer ørredyngel fra gydegruset om foråret efter en inkubationsperiode på omkring 3-4 måneder, hvor æggene klækkes og fiskelarverne udvikler sig til fritsvømmende fisk. Tidspunktet omkring fremkomst fra gruset kaldes 'den kritiske periode', da den ofte er forbundet med meget høj dødelighed. Vandføring har utrolig stor betydning for dødeligheden i denne periode og forhøjede vandføringer, kan resultere i ekstrem høj dødelighed og dermed lille rekruttering det pågældende år (Lobon-Cervia, 2004). Dette skyldes, at de små fisk ikke er stærke nok til at modstå høje vandhastigheder og skylles nedstrøms. Fremtidens forøgede vandmængder i vandløbene kan derfor have betydning for antallet af ørreder i vandløbene. Udover vandføring kan fremtidens højere temperatur også påvirke overlevelsesmulighederne for ørreder, da højere temperatur resulterer i hurtigere udvikling af æggene og dermed tidligere fremkomst fra gruset, som kombineret med højere vandføring kan have alvorlige konsekvenser.

Tilgang

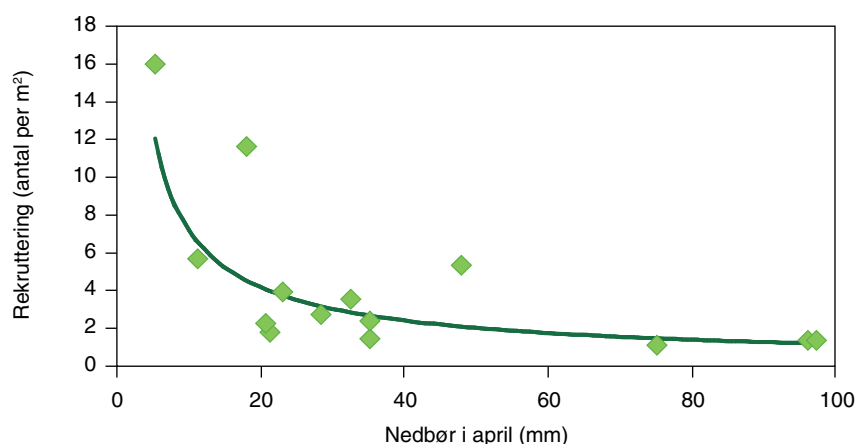
Ørredens rekruttering i Bisballe Bæk under forskellige klimascenarier blev undersøgt ved at opstille en model, der tager hensyn til fremtidens forøgede vandmængder og højere temperatur. Udgangspunktet for modelleringen er data indsamlet i Bisballe Bæk (et tilløb til Hald Sø ved Viborg), hvor sammenhæng mellem nedbør (substitut for vandføring) og den årlige rekruttering af ørreder er blevet kortlagt over 14 år (Lobon-Cervia and Mortensen, 2005). Data fra Bisballe Bæk viser en klar negativ sammenhæng mellem størrelse på rekrutteringen af ørred og vandmængden (figur 8). Vi har anvendt denne negative sammenhæng til at forudsige størrelsen af ørredrekrutteringen under fremtidens klima. Størrelsen på rekrutteringen er estimeret under 3 forskellige scenarier:

Forøget nedbørsmængde i perioden 2071-2100 (modelleret af HIRHAM).

Forøget nedbørsmængde i 2071-2100 (modelleret af HIRHAM) kombineret med effekten af højere temperatur på længden af inkubationsperioden. Stigning i vandtemperatur i Bisballe Bæk er estimeret ud fra sammenhæng mellem luft- og vandtemperatur.

Forøget nedbørsmængde i 2071-2100 (modelleret af HIRHAM) kombineret med effekten af højere temperatur på længden af inkubationsperioden. Stigning i vandtemperatur i Bisballe Bæk er antaget at være lig stigningen i lufttemperatur.

Figur 8. Sammenhæng mellem nedbør og rekruttering i Bisballe Bæk over 14 år (omtegnet fra Lobón-Cervía & Mortensen, 2005). Power regressionslinje: $\text{Rekruttering} = 66,67 \times \text{nedbør}^{-0,86}$, $R^2 = 0,73$



Det første scenario modellerer den rene effekt af forhøjede nedbørsmængder på rekrutteringen. Under dette scenario blev nedbørsmængden en måned efter tidspunktet for ynglens fremkomst udregnet for hvert af de 30 år i perioden 2071-2100. Derefter blev størrelsen på rekrutteringen for hvert år estimeret ud fra ligningen i figur 8. Scenario 2 og 3 inkluderer den forventede kortere inkubationsperiode for æggene i fremtiden. Der er gennemført 2 forskellige scenarioer med temperaturen, da det er usikkert, hvor meget stigningen i lufttemperatur vil afspejles i vandtemperaturen i Bisballe Bæk, da bækken hovedsageligt er grundvandsfødt. I scenario 2 er fremtidens vandtemperatur estimeret vha. sammenhæng mellem luft- og vandtemperatur i perioden 1974-1986, hvilket resulterer i en stigning på 0,8 °C i vandtemperatur. I scenario 3 er stigningen i fremtidens vandtemperatur sat lig med stigningen i lufttemperatur (3 °C), en situation, der af nogle anses for sandsynlig i vandløb, der hovedsageligt er grundvandsfødte (Pedersen and Sand-Jensen, 2007). Under de 2 sidste scenarioer er temperaturens betydning på længden af inkubationsperioden estimeret vha. eksisterende sammenhænge (Elliott and Hurley, 1998). Den samlede nedbørsmængde 1 måned efter de tidligere fremkomsttidspunkter er derefter udregnet og rekrutteringen udregnet vha. ligningen i figur 8 for hvert af de 30 år (2071-2100). Tidspunkt for gydning er holdt konstant i modelleringen.

Resultater

Rekrutteringen estimeret i scenario 1 er ikke signifikant forskellig fra rekrutteringerne målt over 14 år i Bisballe Bæk. I scenario 2 er fremkomsttidspunktet estimeret til at forekomme 15 dage tidligere, hvilket betyder, at der er mere nedbør og dermed en større afstrømning i måneden efter yngelens fremkomst (tabel 3). Rekrutteringen er stadig ikke signifikant forskellig fra den målte. I scenario 3 er fremkomsttidspunktet for ynglen rykket så meget (46 dage), at nedbøren og dermed afstrømningen i må-

neden efter fremkomst er markant højere. Den estimerede rekruttering er derfor signifikant forskellig fra den målte i dette scenarie (tabel 3).

Tabel 3. Fremkomst tidspunkt, gennemsnitlig nedbør og gennemsnitlig rekruttering af ørreder i Bisballe Bæk under forskellige klimascenarier. * indikerer at estimatet var signifikant forskelligt fra de målte rekrutteringer fra Bisballe Bæk ($P = 0,03$).

Data fra Bisballe Bæk (Lobon-Cervia and Mortensen, 2005)

	Fremkomst	Gennemsnitlig nedbør en måned efter fremkomst fra 1974-1987 (mm)	Gennemsnitlig rekruttering fra 1974-1987 (antal per m ²)
	1. April	39,1	4,3

Data fra modellering

Scenario	Fremkomst	Gennemsnitlig nedbør en måned efter fremkomst fra 2071-2100 (mm)	Gennemsnitlig rekruttering fra 2071-2100 (antal per m ²)
1	1. april	35,8	3,8
2	16. marts	47,3	3,1
3	15. februar	54,7	2,3*

Denne modelleringsøvelse har vist, at negative effekter af fremtidens vådere og varmere klima på ørredens rekruttering i Bisballe Bæk bliver størst, hvis højere vandtemperatur forkorter æggenes inkubationsperiode. Derved vil ørredynglen komme op fra gruset i en periode, hvor klimamodellen HIRHAM forudser høje nedbørsmængder, hvilket resulterer i en større afstrømning og derfor stor sandsynlig for høj dødelighed.

Konklusion og perspektivering

I dette fokuskapitel har vi fremhævet de ændringer, der sandsynligvis vil ske med afstrømningen, næringsstofudledninger, sedimenttransporten og i de biologiske forhold i vandløb som følge af den klimaændring, der på nuværende tidspunkt tages udgangspunkt i for Danmark i et A2 emissionsscenarie. Som allerede nævnt er modelberegninger forbundet med usikkerhed, så om forudsigelserne præsenteret i dette kapitel kommer til at holde, vil fremtiden vise. Der er dog ingen tvivl om, at der vil ske ændringer, og at ændringerne kan have alvorlige konsekvenser. Nogle ændringer er modellerede til at være af overskuelig størrelse, fx er ændringen i afstrømning over de sidste 80 år ofte større end de modellerede ændringer over de næste 100 år. Betydningen af de forandringer i klima som allerede er foregået i de sidste 30-50 år er derfor også væsentlige at få udledt, fx hvad angår udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet.

Data, der kan dokumentere ændringer, fx i form af længere tidsserier eller intensive stationer, er derfor uhyre vigtige og vigtige at prioritere i fremtidens overvågning af vandløbene. Endeligt mangler der viden omkring konsekvenserne for flora og fauna i vandløbene, og det er nødvendigt med flere undersøgelser af konsekvenser af højere vandtemperaturer i vandløb og ændrede afstrømningsforhold, således at vi kan forberede os på og tilpasse miljøet bedst muligt til de kommende ændringer.

Den vigtigste faktor for den økologiske tilstand i de danske vandløb er dog, hvordan vi vælger at behandle dem, også i et fremtidigt ændret klima. En høj eller god natur- og miljøtilstand er den bedste garanti for, at faunaen og floraen i og omkring vores vandløb kan tilpasse sig kommende klimaændringer.

Referencer

- Andersen, H.E. et al., 2006. Climate-change impacts on hydrology and nutrients in a Danish lowland river basin. *Science of the Total Environment*, 365(1-3): 223-237.
- Arnell, N.W., 2004. Climate-change impacts on river flows in Britain: The UKCIP02 scenarios. *Water and Environment Journal*, 18(2): 112-117.
- Baatrup-Pedersen, A. et al., 2004. Anvendelse af Vandrammedirektivet i danske vandløb (in Danish), National Environmental Research Institute, Silkeborg.
- Carl, H., Berg, S., Møller, P.R., Nielsen, J. and Rasmussen, G., 2007. Status for Atlas over danske ferskvandsfisk, Copenhagen.
- Christensen, J.H. og Christensen, O.B., 2003. Climate modelling: Severe summertime flooding in Europe. *Nature*, 421(6925): 805-806.
- Elliott, J.A. and Hurley, M.A., 1998. An individual-based model for predicting the emergence period of sea trout fry in a Lake District stream. *Journal of Fish Biology*, 53: 414-433.
- Gellens, D. and Roulin, E., 1998. Streamflow response of Belgian catchments to IPCC climate change scenarios. *Journal of Hydrology*, 210(1-4): 242-258.
- Graham, L.P., 2004. Climate change effects on river flow to the Baltic Sea. *Ambio*, 33(4-5): 235-241.
- IPCC, 2001. Technical Summary, Working Group I. 63 pp. http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/WG1_TAR_FRONT.PDF
- IPCC, 2007. Climate change 2007: Synthesis Report. pp 52. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- Lobon-Cervia, J. and Mortensen, E., 2005. Population size in stream-living juveniles of lake-migratory brown trout *Salmo trutta* L.: the importance of stream discharge and temperature. *Ecology of Freshwater Fish*, 14: 394-401.
- Lobon-Cervia, J., 2004. Discharge-dependent covariation patterns in the population dynamics of brown trout (*Salmo trutta*) within a Cantabrian river drainage. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(10): 1929-1939.
- Makkink, G.F., 1957. Examination of the Penmann formula. *Neth. J. Agric. Sci.* 5: 290-305.
- Mernild, S.H., 2001. Regimeformler og vandløbsklassifikation. Speciale i Naturgeografi. Geografisk Institut, Københavns Universitet. 180 pp.

- Mikkelsen, M. L., 2008. Oversvømmelse I et fremtidigt klima. Speciale. Institut for Geografi og Geologi, Københavns Universitet. 101 pp.
- Muller-Wohlfeil, D.I., Burger, G. and Lahmer, W., 2000. Response of a river catchment to climatic change: Application of expanded down-scaling to Northern Germany. *Climatic Change*, 47(1-2): 61-89.
- Pedersen, N.L. and Sand-Jensen, K., 2007. Temperature in lowland Danish streams: contemporary patterns, empirical models and future scenarios. *Hydrological Processes*, 21: 348-358.
- Sand-Jensen, K. et al., 2006. Klimaforandrings betydning for vandløbene. In: M. Søndergaard, B. Kronvang, M. Pejrup and K. Sand-Jensen (Editors), *Vand og vejr om 100 år*. Hovedland, Hillerød.
- Sand-Jensen, K., Thodsen, H., Kronvang, B., Lagergaard Pedersen, N., Andersen, H.E. og Hansen, K.M., 2006. Klimaforandrings betydning i vandløb. I: Søndergaard, M., Kronvang, B., Pejrup, M. og Sand-Jensen, K. (eds.). *Vand og Vejr om 100 år, klimaforandringer og det danske vandmiljø*.
- Scharling, M., 2001. Klimagrid Danmark (Climate grid Denmark). Danish Meteorological Institute. Technical report 01-18.
- Svendsen, J.C., Koed, A. and Aarestrup, K., 2004. Factors influencing the spawning migration of female anadromous brown trout *Journal of Fish Biology*, 64: 528-540.
- Thodsen, H., Pedersen, J.B.T., Svinth, S. og Sunesen, S.T., 2006. The influence of climate change on bed sediment transport in the alluvial River Kongeå, Denmark. I: Refsgaard, J.C. og Højbjerg, A.L.; *Experiences and challenges in implementation of the EU Water Framework Directive*. NHP report no. 49. 593-600.
- Thodsen, H., 2007. The influence of climate change on stream flow in Danish rivers. *Journal of Hydrology*, 333(2-4): 226-238.
- Thodsen, H., Hasholt, B. and Kjarsgaard, J.H., 2008. The influence of climate change on suspended sediment transport in Danish rivers. *Hydrological Processes*, 22(6): 764-774.
- Thomsen, M.H., 2005. Maksimumsafstrømninger i Danmark. *Naturgeografisk speciale*. Geografisk Institut, Københavns Universitet. 102 pp.
- van Roosmalen, L., Christensen, B.S.B. and Sonnenborg, T.O., 2007. Regional differences in climate change impacts on groundwater and stream discharge in Denmark. *Vadose Zone Journal*, 6(3): 554-571.
- Würgler Hansen, J., Nedergaard, M., Skov, F., Jensen, M.H., Lassen, J., Lindeborgh, N.C., Marsbøll, S., Müller-Wohlfeil, D-I., Hansen, J., Jepsen, E., Jørgensen, T.B., Kronvang, B., Larsen, S.E., Nielsen, K.N., Andersen, J.H. og Andersen, P., 2008; *IGLOO – indikatorer for globale klimaforandringer i overvågningen*. By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet. 96 pp.

DMU Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet.	På DMU's hjemmeside www.dmu.dk finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.	Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, conferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: www.dmu.dk

Danmarks Miljøundersøgelser Frederiksborgvej 399 Postboks 358 4000 Roskilde Tlf.: 4630 1200 Fax: 4630 1114	Administration Afdeling for Arktisk Miljø Afdeling for Atmosfærisk Miljø Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi Afdeling for Systemanalyse
Danmarks Miljøundersøgelser Vejlsøvej 25 Postboks 314 8600 Silkeborg Tlf.: 8920 1400 Fax: 8920 1414	Afdeling for Ferskvandsøkologi Afdeling for Marin Økologi Afdeling for Terrestrisk Økologi
Danmarks Miljøundersøgelser Grenåvej 14, Kalø 8410 Rønde Tlf.: 8920 1700 Fax: 8920 1514	Afdeling for Systemanalyse Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

Faglige rapporter fra DMU

På DMU's hjemmeside, www.dmu.dk/Udgivelser/, finder du alle faglige rapporter fra DMU sammen med andre DMU-publikationer. Alle nyere rapporter kan gratis downloades i elektronisk format (pdf).

Nr./No. 2009

- 705 Hazardous substances and heavy metals in the aquatic environment. State and trend, 1998-2003. By Boutrup, S. (ed.), Fauser, P., Thomsen, M., Dahllöf, I., Larsen M.M., Strand, J., Sortkjær, O., Ellermann, T., Rasmussen, P., Jørgensen, L.F., Pedersen, M.W. & Munk, L.M. 44 pp.
- 704 Contaminants in the traditional Greenland diet – Supplementary data. By Johansen, P., Muir, D., Asmund, G. & Riget, F. 22 pp.
- 703 Projection of Greenhouse Gas Emissions 2007 to 2025. By Nielsen, O.-K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Gyldenkerne, S., Lyck, E., Plejdrup, M., Hoffmann, L., Thomsen, M., Fauser, P. 211 pp.
- 702 Rastende vandfugle i Margrethe Kog og på forlandet vest for Tøndermarsken, 1984-2007. Af Laursen, K., Hounisen, J.P., Rasmussen, L.M., Frikke, J., Pihl, S., Kahlert, J., Bak, M. & Amstrup, O. 78 s.
- 700 Drivhusgasopgørelse på kommuneniveau. Beskrivelse af beregningsmetoder. Af Nielsen, O.-K., Winther, M., Gyldenkerne, S., Lyck, E., Thomsen, M., Hoffmann, L. & Fauser, P. 104 s.
- 699 Omsætning af formalin i danske dambrug. Af Sortkjær, O., Pedersen, L-F. & Ovesen, N.B. 126 s. (2008)
- 698 Environmental monitoring at the Nalunaq Gold Mine, South Greenland, 2008. By Glahder, C.M., Asmund, G. & Riget, F. 30 pp.

2008

- 697 OML-spredningsberegninger på basis af 10 års meteorologi i relation til Luftvejledningen. Af Løfstrøm, P. & Olesen, H.R. 35 s.
- 696 Beregning af skovtilstand – tilstandsvurdering af Habitatdirektivets skovtyper. Af Fredshavn, J.R., Johannsen, V.K., Ejrnæs, R., Nielsen, K.E. & Rune, F. 48 s.
- 695 Værdisætning af natur- og kulturgoder. Et metodestudie af betydningen for ændringer i skala og betalingsformat. Af Hasler B., Jacobsen, J.B., Lundhede, T.H., Martinsen, L., Thorsen, B.J. 78 s.
- 694 Life in the marginal ice zone: oceanographic and biological surveys in Disko Bay and south-eastern Baffin Bay April-May 2006. By Frederiksen, M., Boertmann, D., Cuykens, A.B., Hansen, J., Jespersen, M., Johansen, K.L., Mosbech, A., Nielsen, T.G. & Söderkvist, J. 92 pp.
- 693 The NERO line. A vegetation transect in Kobbefjord, West Greenland. By Bay, C., Aastrup, P. & Nymand, J. 40 p.
- 692 Skovmårens biologi og levevis i Danmark. Af Elmeros, M., Birch, M.M., Madsen, A.B., Baagøe, H.J. & Pertoldi, C. 62 s.
- 691 Control of Pesticides 2007. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T. 23 pp.
- 690 Hvor nedlægges krondyrene – og hvorfor? Betydningen af landskab, urbanisering og tidligere udbredelse for det lokale jagtudbytte af krondyr i Jylland i jagtsæsonen 2001/02. Af Sunde, P., Asferg, T., Andersen, P.N. & Olesen, C.R. 38 s.
- 689 Kvælstofbelastning af naturområder på Bornholm og Sjælland. Opgørelse for udvalgte Natura 2000 områder. Af Geels, C., Frohn, L.M., Madsen, P.V. & Hertel, O. 58 s.
- 688 Partikelprojekt 2005-2008. Af Wählin, P. 31 s.
- 687 Udsætning af gråænder i Danmark og påvirkning af søers fosforindhold. Af Noer, H., Søndergaard, M. & Jørgensen, T.B. 43 s.
- 686 Danish emission inventories for road transport and other mobile sources. Inventories until year 2006. By Winther, M. 217 pp.
- 685 Analyse af miljøtilstanden i Mariager Fjord fra 1986 til 2006. Af Markager, S., Bassompierre, M. & Petersen, D.L.J. 55 s.
- 684 Environmental monitoring at the lead-zinc mine in Maarmorilik, Northwest Greenland, in 2007. By Johansen, P., Asmund, G., Riget, F. & Johansen, K. 54 pp.
- 683 Macroalgae and phytoplankton as indicators of ecological status of Danish coastal waters. By Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Dahl, K. & Henriksen, P. 90 pp.
- 682 Arealanvendelse i Danmark siden slutningen af 1800-tallet. Af Levin, G. & Normander, B. 44 s.

VANDLØB 2007

NOVANA

Rapporten giver en status for den nationale vandløbsovervågning i 2007 og beskriver udviklingen i udvalgte indikatorer siden overvågningsprogrammets start i 1989. Samlet set er miljøtilstanden forbedret siden 1989. Koncentrationen af næringsstofferne kvælstof og fosfor er blevet mindre, og belastningen af søer og kystvande med disse stoffer er reduceret. Den økologiske tilstand i vandløbene er også forbedret.