

# VANDMILJØ OG NATUR 2010

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 8

2011



AARHUS  
UNIVERSITET  
DCE – NATIONALT CENTER  
FOR MILJØ OG ENERGI



Miljøministeriet  
Naturstyrelsen

[Tom side]

# VANDMILJØ OG NATUR 2010

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 8

2011

Poul Nordemann Jensen<sup>1</sup>

Susanne Boutrup<sup>1</sup>

Lars M. Svendsen<sup>1</sup>

Ruth Grant<sup>2</sup>

Jørgen Windolf<sup>2</sup>

Rikke Bjerring<sup>2</sup>

Jesper R. Fredshavn<sup>2</sup>

Jens Würgler Hansen<sup>2</sup>

Ditte L. Jansen Petersen<sup>2</sup>

Thomas Ellermann<sup>3</sup>

Lærke Thorling<sup>4</sup>

Anna Gade Holm<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

<sup>2</sup> Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

<sup>3</sup> Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

<sup>4</sup> De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

<sup>5</sup> Naturstyrelsen



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER  
FOR MILJØ OG ENERGI



Miljøministeriet  
Naturstyrelsen

# Datablad

- Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 8
- Titel: Vandmiljø og Natur 2010  
Undertitel: NOVANA. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning
- Forfattere: Poul Nordemann Jensen<sup>1</sup>, Susanne Boutrup<sup>1</sup>, Lars M. Svendsen<sup>1</sup>, Ruth Grant<sup>2</sup>, Jørgen Windolf<sup>2</sup>, Rikke Bjerring<sup>2</sup>, Jesper R. Fredshavn<sup>2</sup>, Jens Würglers Hansen<sup>2</sup>, Ditte L. Jansen Petersen<sup>2</sup>, Thomas Ellermann<sup>3</sup>, Lærke Thorling<sup>4</sup> & Anna Gade Holm<sup>5</sup>
- Institutioner: <sup>1</sup>Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, <sup>2</sup>Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, <sup>3</sup>Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab, <sup>4</sup>De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. <sup>5</sup>Naturstyrelsen
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi©  
URL: <http://www.dmu.au.dk>
- Udgivelsesår: November 2011  
Redaktion afsluttet: Oktober 2011  
Faglig kommentering: Fagdatacentre for de enkelte emneområder
- Finansiel støtte: Miljøministeriet
- Bedes citeret: Nordemann Jensen, P., Boutrup, S., Svendsen, L.M., Grant, R., Windolf, J., Bjerring, R., Ellermann, T., Fredshavn, J.R., Hansen, J.W., Petersen, D.L.J., Thorling, L. & Holm, A.G. 2011: Vandmiljø og Natur 2010. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 106 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 8. <http://www2.dmu.dk/Pub/SR8.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Denne rapport indeholder resultater fra 2010 af det nationale program for overvågning af vandmiljø og natur (NOVANA) i Danmark. Rapporten indeholder en opgørelse af de vigtigste påvirkningsfaktorer og en status for tilstand i grundvand, vandløb, søer, havet samt for overvågning af naturtyper. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentre for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsens decentrale enheder og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Naturstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.
- Emneord: Vandmiljøplanen, habitatdirektiv, miljøtilstand, grundvand, vandløb, søer, havet, habitatområder, naturtyper, atmosfærisk nedfald, spildevand, landbrug, kvælstof, fosfor, pesticider, tungmetaller, uorganiske sporstoffer, miljøfremmede stoffer.
- Layout: Grafisk værksted, AU Silkeborg  
Forsidefoto: Susanne Boutrup
- ISBN: 978-87-92825-16-2  
ISSN (elektronisk): 2244-9981
- Sideantal: 106
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på <http://www2.dmu.dk/Pub/SR8.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

<b>Vandmiljø og Natur 2010</b>	<b>5</b>
<b>Resume</b>	<b>6</b>
<b>1 Indledning</b>	<b>10</b>
1.1 Det nationale program for overvågning	10
1.2 Vejr og afstrømning i 2010	11
<b>2 Kvælstof</b>	<b>14</b>
2.1 Kvælstof som forureningskilde	14
2.2 Tilførsel af kvælstof fra luften i 2010	15
2.3 Kilder til tilførsel af kvælstof fra luften	18
2.4 Tilførsel af ammoniak fra luften til naturarealer	20
2.5 Kvælstof fra spildevand	21
2.6 Kvælstof i landbrug	22
2.7 Kvælstof i vand fra dyrkede arealer	25
2.8 Kvælstoftab fra dyrkede marker	26
<b>3 Fosfor</b>	<b>27</b>
3.1 Fosfor som forureningskilde	27
3.2 Fosfor fra spildevand	29
3.3 Fosfor i landbrug	30
3.4 Fosforkoncentrationer og udvaskede mængder	31
<b>4 Organisk stof som forureningskilde</b>	<b>33</b>
<b>5 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer</b>	<b>35</b>
5.1 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer	35
5.2 Deposition af tungmetaller fra luften	36
5.3 Tungmetaller fra punktkilder	38
5.4 Deposition af miljøfremmede stoffer fra luften	40
5.5 Udlledning af miljøfremmede stoffer fra punktkilder	42
<b>6 Grundvand</b>	<b>45</b>
6.1 Grundvandet	45
6.2 Status for nitratindhold i grundvand	46
6.3 Udvikling i nitratindhold i grundvand	48
6.4 Uorganiske sporstoffer i grundvand	50
6.5 Pesticider i grundvand	51
6.6 Organiske mikroforureninger i grundvand	55
<b>7 Vandløb</b>	<b>56</b>
7.1 Vandløb	56
7.2 Økologisk vandløbskvalitet – smådyr	58
7.3 Kvælstof i vandløb	58
7.4 Fosfor i vandløb	60

<b>8</b>	<b>Søer</b>	<b>63</b>
8.1	Søerne	63
8.2	Fosfor i søer – status og udvikling	64
8.3	Kvælstof i søer – status og udvikling	65
8.4	Klorofyl og sigtdybde	66
8.5	Undervandsplanter	68
8.6	Fisk	68
<b>9</b>	<b>Marine områder</b>	<b>69</b>
9.1	De marine områder	69
9.2	Kvælstof og fosfor i marine områder	71
9.3	Planteplankton	73
9.4	Iltforhold i de marine områder	74
9.5	Bundplanter	76
9.6	Bundfauna	77
9.7	Tungmetaller i marine områder	79
9.8	Miljøfremmede stoffer i marine områder	82
9.9	Biologiske effekter af miljøfremmede stoffer	84
<b>10</b>	<b>Naturtyper</b>	<b>87</b>
10.1	Habitattypernes tilstand	87
10.2	Samlet vurdering af habitatnaturtyperne	102
<b>11</b>	<b>Referencer</b>	<b>103</b>

# Vandmiljø og Natur 2010

## Tilstand og udvikling - sammenfatning af undersøgelsesresultater 2010

Rapporten indeholder en sammenfatning af resultater fra 2010 af Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NO-VANA).

Formålet med sammenfatningen er først og fremmest at orientere Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg om resultaterne af årets overvågning og om effekterne af de reguleringer og investeringer, der er foretaget for at beskytte natur og miljø. Sammenfatningen giver et nationalt overblik til de statslige og kommunale institutioner, der har bidraget til gennemførelse af overvågningsprogrammet eller arbejder med forvaltningen af vandmiljøet og naturen. Endelig kan offentligheden og interesseorganisationerne få centrale informationer om vandmiljøets og naturens tilstand og udvikling.

Overvågningen i 2010 omfattede overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet, den terrestriske natur og en række arter samt i luften i baggrundsområder, dvs. udenfor byer og ikke tæt ved lokale kilder.

Rapporten omfatter ikke resultaterne af overvågningen af arter i 2010. Disse data i 2012 vil blive behandlet i en samlet rapportering for 2004-2011.

Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet i samarbejde med Naturstyrelsen og GEUS og på baggrund af nedenstående rapporter fra fagdatacentrene. Rapporten er udarbejdet efter aftale med Naturstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.

Atmosfærisk deposition 2010	<i>Ellermann et al., 2011</i>
Punktkilder 2010	<i>Naturstyrelsen, 2011</i>
Landovervågningsoplande 2010	<i>Grant et al., 2011</i>
Grundvand 2010	<i>Thorling (red.), 2011</i>
Vandløb 2010	<i>Windolf et al., 2011</i>
Søer 2010	<i>Bjerring et al., 2011</i>
Marine områder 2010	<i>Hansen &amp; Petersen (red.), 2011</i>
Terrestriske habitatnaturtyper 2004-10	<i>Fredshavn et al., 2011</i>

Den del af luftovervågningen, som foretages af hensyn til menneskers sundhed, er ikke medtaget i rapporten. Denne del af overvågningen er rapporteret selvstændigt (Ellermann et al. 2011a).

Fagdatacentrenes rapporter er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsens decentrale enheder. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet har varetaget indsamling af data vedrørende atmosfæren og Institut for Bioscience, Aarhus Universitet data vedrørende nogle arter og åbne marine områder.

## Resume

Det danske nationale overvågningsprogram NOVANA er et integreret program med en samlet og systematisk overvågning af natur og miljø. Overvågningen dækker væsentlige dele af Danmarks internationale forpligtelser samt nationale overvågningsbehov, herunder dokumenterer effekterne af forskellige planer som vandmiljøplanerne.

### Generelle udviklingstendenser for kvælstof og fosfor i overfladevand

Når der tages højde for klimatiske forhold, er der generelt set ikke sket betydende ændringer i tilførslen af kvælstof fra punktkilder og landbrug til vandmiljøet efter ca. 2003. Der er for flere delområder noteret denne stagnation i udviklingen f. eks.

- Udvaskningen af nitrat i LOOP-oplandene
- Den samlede kvælstofkoncentration til havet
- Koncentrationen af kvælstof i de kystnære områder.

For fosfor indtrådte stagnationen betydeligt før, da hovedparten af den forbedrede rensning af spildevandet var gennemført i løbet af 1990'erne.

Variationer i nedbør betyder væsentlige år-til-år-svingninger i udledningen fra både punktkilder og landbrug. Eftersom nedbørsmængden i 2010 var ca. på normalen og en smule højere end i 2009, var udledningerne af kvælstof og fosfor til havet i 2010 tilsvarende højere.

### Særlige forhold i 2010

I det følgende omtales en række forhold, hvor der er set en særlig udvikling over perioden 1989-2010 eller hvor året 2010 har været specielt.

#### Klima 2010

Vejrmæssigt var 2010 karakteristisk ved at være et koldt år. Siden 1873 har der kun i 1996 været lavere gennemsnitstemperatur end i 2010. December 2010 var usædvanlig kold (-3,9 °C) med en gennemsnitstemperatur 5,5 °C under normalen (1,6 °C). Der var et lille nedbørsoverskud og et beskedent overskud af solskinstimer. Ferskvandsafstrømningen svarede i 2010 til normalen for perioden 1971-2000.

#### Grundvand

Indsatsen efter vedtagelsen af Vandmiljøplan I i 1987 for at mindske nitratudvaskningen fra dyrkede arealer kan ses i det yngste iltede grundvand. Effekten afspejler sig ved, at nitratindholdet i det yngste, iltede grundvand er faldende. I ældre grundvand, som er mere end 25 år gammelt, er der fortsat størst hyppighed af boringer med stigende nitratindhold. Faldet i nitratindholdet har været større i sandområder end i lerområder.



Der blev i 2010 fundet et eller flere pesticider i knap 45 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, hvilket var samme niveau som de seneste foregående år. Siden 2003 er der overvejende blevet analyseret for pesticider i grundvandsindtag, hvor grundvandet er dateret til at være yngre end fra ca. 1950, og der er inddraget nye pesticider, når det er fundet relevant. Dette har afspejlet sig i at hyppigheden af pesticidfund har været højere i perioden efter 2003 end i perioden før. Blandt de undersøgte pesticider og nedbrydningsprodukter er både godkendte, regulerede og forbudte pesticider. De regulerede pesticider er godkendte, men deres anvendelse er reguleret efter den oprindelige godkendelse for at nedsætte risikoen for nedsivning til grundvandet. I 2010 blev der fundet godkendte pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 2 % af de undersøgte indtag, regulerede pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf i ca. 7 % af de undersøgte indtag og forbudte pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 35 % af de undersøgte indtag. Fundene af de regulerede pesticider kan stamme fra stoffernes anvendelse før de blev regulerede.

### **Spildevand**

Spildevandets indhold af metaller og miljøfremmede stoffer er målt siden 1998. Ligesom tidligere var zink, kobber og nikkel i 2010 blandt de metaller, der blev fundet i de højeste koncentrationer i udledninger fra renseanlæg. Blandt de organiske miljøfremmede stoffer var blødgøreren DEHP og bisphenol A blandt de stoffer, der blev fundet i de højeste koncentrationer. Der er ikke fundet indikation på, at udledningerne har givet anledning til overskridelse af miljøkvalitetskravene i de vandområder, der er udledt til.

### **Vandløb og søer**

Reduceret datagrundlag for 2010 har betydet, at der ikke kan beskrives ændringer i udviklingen af vandløbsfaunaen frem til og med 2010. For udvikling m.m. frem til og med 2009 henvises til Nordemann Jensen et al. (2010).

Der har ikke været betydelige ændringer i de centrale søparametre i 2010.

Det betyder, at de forbedringer, der gennem NOVANA-perioden er påvist i de intensivt overvågede søer, stadig kan konstateres, herunder

- Markant lavere koncentrationer af kvælstof og fosfor
- Øget sigtdybde
- Lavere indhold af alger målt som klorofyl.

### **Marine områder**

Resultaterne fra den marine overvågning viser forskellige tendenser i 2010. På den ene side er der positive tegn, idet f. eks. iltvindet i 2010 var begrænset i udbredelsen, algemængden (målt som klorofyl) i fjordene er lavere og artsantallet af bunddyr gik op. Hvorvidt dette er en blivende tendens, kan kun de kommende års overvågningsresultater give svar på.

På den anden side var vandets gennemsigtighed stadig meget lav, og der var generelt ikke nogen signifikant udvikling i ålegræssets udbredelse, uagtet at kvælstofindholdet i vandet er næsten halveret.

Målinger af metaller i muslinger i 2010 viste, at de fleste af de undersøgte metaller i alle eller størsteparten af de undersøgte prøver var under baggrundsniveau. Kviksølv var et af de metaller, der skilte sig ud. Der er i direktivet om vandrammedirektivets prioriterede stoffer fastsat et kvalitetskrav for kviksølv i biota. Dette kvalitetskrav var overskredet ved ca. en tredjedel af de undersøgte stationer.

## **Luft**

Overvågningen af luften i perioden 1990-2010 har vist, at tilførslen af kvælstof fra luften til natur- og vandområder varierer mellem årene afhængig af de meteorologiske forhold, men tilførslen er faldet set over hele overvågningsperioden 1990-2010. Samlet set er den mængde kvælstof, som tilføres fra luften til natur- og vandområder inkl. havområder, faldet med ca. 30 %. Faldet har baggrund i en reduktion af såvel udenlandske som danske kilder.

Betydningen af danske kilder varierer over landet afhængig af husdyrproduktionen, således at danske kilder har størst betydning (43-44 %) i Nord- og Midtjylland, hvor koncentrationen af husdyr er stor og mindst i Hovedstadsområdet (ca. 22 %). Den store betydning af danske kilder gælder for tilførslen til landområder, hvorimod de danske kilder betyder mindre for tilførslen til farvandet (i gennemsnit ca. 14 %) – dog med stigende betydning jo tættere man kommer på kysten.

Fosfor tilført fra luften er en meget lille kilde til den samlede fosfortilførsel og spiller generelt ingen eller en ubetydelig rolle.

## **Naturtyper**

Formålet med NOVANAs delprogram for terrestrisk natur og biodiversitet er at levere det faglige grundlag for en vurdering af bevaringsstatus for naturtyper og arter i Danmark. Der er for første gang lavet et samlet overblik over data fra de 28 naturtyper (18 åbne naturtyper og 10 skovtyper), der indgår i NOVANA i perioden 2004-10, som dækker de væsentlige dele af den danske natur.

Data viser store forskelle i de forskellige åbne naturtyper. De mest næringsfattige og typisk også snævert definerede habitatnaturtyper har store dele af arealet i god tilstand, fx højmoser og klithede. Det afspejler at de tilbageværende arealer med naturtypen ikke er så kulturpåvirkede, da de ellers ikke ville kunne erkendes som den pågældende naturtype. En større andel af heder, overdrev og moser er ofte i en ringere tilstand, hvilket afspejler at de defineres bredere og ofte ligger som fragmenter i kulturlandskabet. Generelt er tilstanden uden for habitatområderne ringere end inden for.

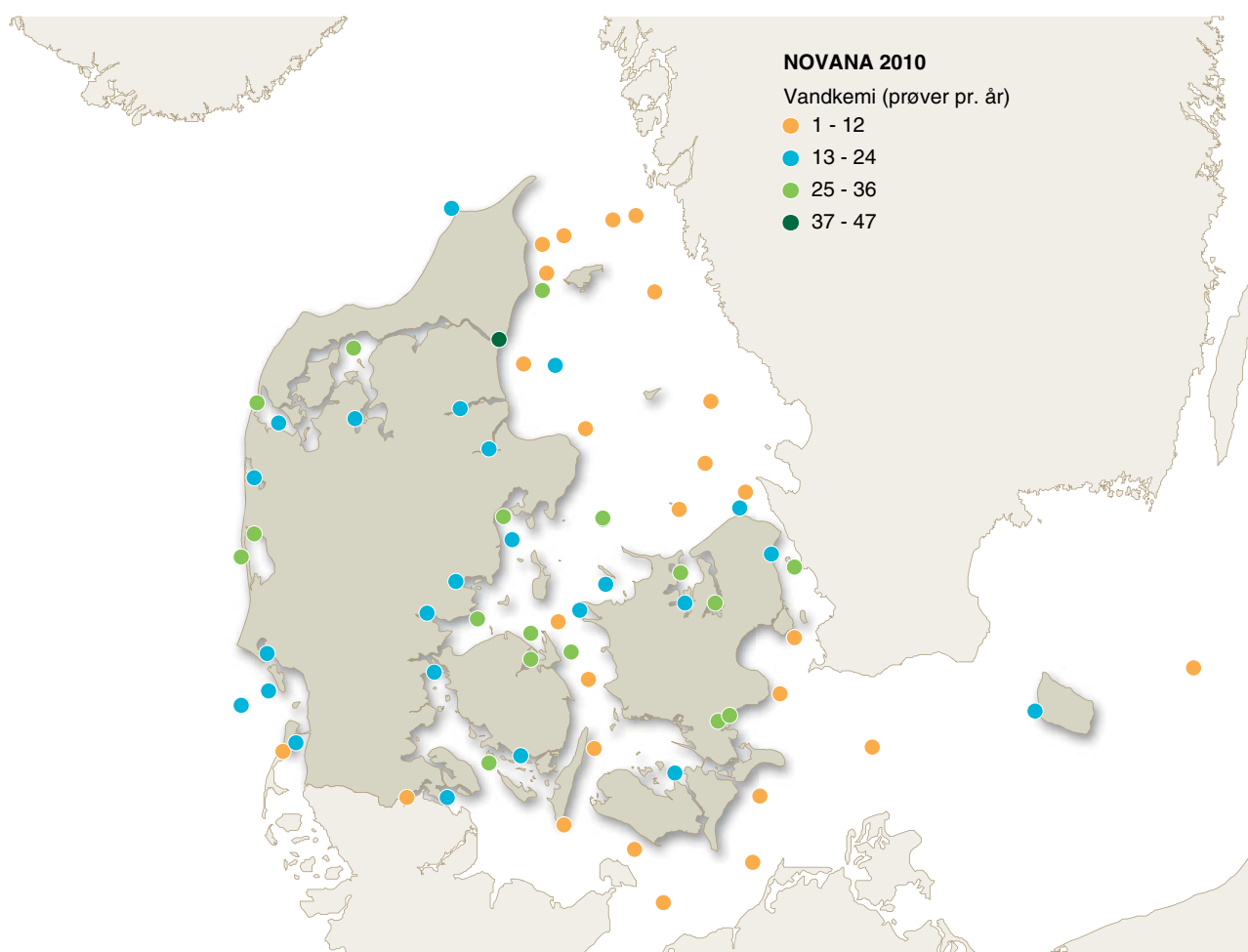
For skovnaturtyperne er det generelle billede, at der ikke eller kun i begrænset mængde forekommer dødt ved og stammer med hulheder – faktorer der er vigtige for mange af de vedboende arter. Resultaterne er kun fra arealer inden for habitatområderne og kun fra perioden 2007-10.

Det har derfor ikke været muligt ud fra fire års resultater at adskille den naturlige variation i nærings- og fugtighedsforhold fra de negative udefrakommende påvirkninger.

# 1 Indledning

## 1.1 Det nationale program for overvågning

Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet og Naturen (NOVANA) trådte i kraft 1. januar 2004 (Danmarks Miljøundersøgelser 2004; Bijl et al. (red.) 2007). Siden 1988 har Danmark haft et nationalt overvågningsprogram for vandområder. Dette program havde sit udspring i Vandmiljøplanen fra 1987, hvor der blev iværksat overvågning af vandmiljøet med hovedvægten på de vandkemiske forhold i havet, kystvande, søer, vandløb og grundvand samt vigtige kilder til forurening, nemlig spildevand, landbrug og via luften. Pesticider og andre miljøfremmede stoffer har siden programmets start været med i overvågningen af grundvand og siden 1998 også i de øvrige dele af programmet.



**Figur 1.1.** Som eksempel stationer for overvågning af vandkemi i marine områder i NOVANA i 2010 (Hansen & Petersen (red.) 2011).

Med implementeringen af NOVANA som et integreret overvågningsprogram for vandmiljøet, luften og den terrestriske natur har Danmark fra 2004 haft en samlet, systematisk overvågning af både akvatisk og terrestrisk natur og miljø.

Danmark kan med dette program opfylde væsentlige dele af sine internationale overvågnings- og rapporteringsforpligtelser og nationale overvågningsbehov på vandmiljø- og naturområderne.

Overvågningsstationerne er fordelt over hele landet. Figur 1.1 viser eksempelvis placeringen af marine stationer, hvor vandkemien overvåges.

## 1.2 Vejr og afstrømning i 2010

Nedbørsmængden og fordelingen heraf har sammen med andre klimatiske faktorer væsentlig indflydelse på hvor store mængder vand og næringsstoffer, der tilføres vandmiljøet fra det omliggende opland. Meget regn især i efteråret og om vinteren vil hurtigt tilføre store kvælstof- og fosformængder på opløst og partikulær form til vandløb og søer. Større delmængder heraf når ud i havet, så de er tilgængelige for algeopblomstringer det følgende forår og medfører større risiko for iltvind end ved gennemsnitlige eller lave nedbørsmængder. Vandføringer over det normale især i sommerhalvåret vil til gengæld typisk forbedre tilstanden i vandløb, idet udtørring undgås, og der bliver større fortynding af spildevand.

Temperaturen og antallet af solskinstimer er vigtige fx for vækstsæsonens længde, fordampning m.v., mens vindstyrke og retning fx påvirker omrøring i søer, vandudveksling i fjorde, indstrømning af saltvand mod Østersøen m.v. Den samlede kombination af vejrforholdene vil derfor påvirke vand- og stoftilførsler fra land og luft til vand, grundvandsdannelsen og tilstanden i vandmiljøet.

### 1.2.1 Vejret i 2010

Året 2010 brød en lang række af år med temperaturer over normalen (1961-1990) med en middeltemperatur på 0,7 °C under normalen (7,7 °C). Ikke siden 1996 har et år været koldere. December 2010 var usædvanlig kold, 5,5 °C under normalen (1,6 °C) og det næst koldeste, der er målt. Der var et lille nedbørsoverskud og et beskedent overskud af solskinstimer.

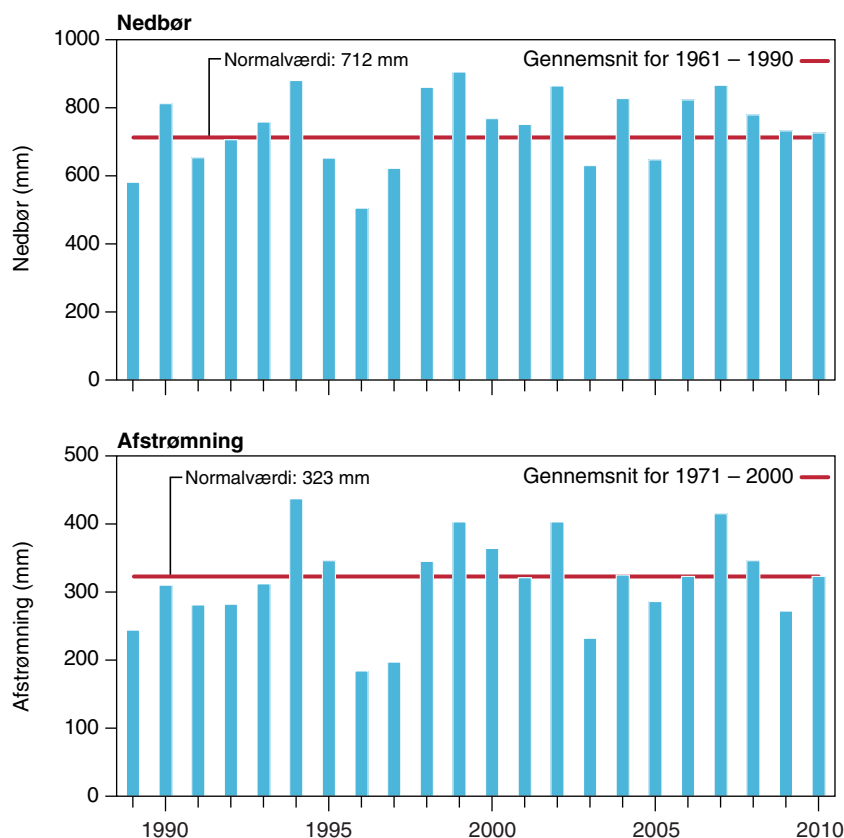
Der faldt 726 mm nedbør i 2010 eller knap 2 % over normalen for 1961-90 (712 mm) (figur 1.2). Specielt august var meget nedbørsrig (124 mm eller 57 % over normalen). Maj var noget mere nedbørsrig end normalt (33 % over normalen), mens februar, juli, oktober og november havde lidt højere nedbør end normalt (4-15 %). Januar (49 %), marts (28 %), april (34 %) og december (30 %) var temmelig nedbørsfattige ift. normalen og juni var lidt tørrere end normalt (5 %). Vinteren 2009/10 (december til og med marts) var med 174 mm relativ nedbørsfattig, 16 % under normalen (207 mm). For perioden 1989-2009 har årsnedbøren været 31 mm over normalen (godt 4 %), hvilket i høj grad skyldes mere vinternedbør på 234 mm eller 9 % over normalen.

Med 7,0 °C som årsmiddeltemperatur for 2010 fik vi det koldeste år i 14 år og samtidigt for første gang i siden 1996 en årsmiddel under normalen. Det skyldes især den usædvanligt kolde december (-3,9 °C), som er den næst koldeste december, der er målt siden 1873, kun 0,1 °C fra en kulderecord. Samtidigt startede 2010 koldt, hvor januar og februar var

henholdsvis 3,2 og 2,2 °C under normalen (som for begge måneder er 0,0 °C), og sluttede koldt idet også november var kold (1,8 °C under normalen). Desuden var maj, juni, september, oktober og november også under normalen (mellem 0,1 og 1,4 °C under normalen). Kun 4 måneder var over normalen, marts (0,7 °C), april (1,3 °C), juli (3,1 °C) samt august (0,5 °C), hvor juli var meget varm med 1,1 °C. De er ganske mange år siden, der i samme kalenderår har været 8 måneder med en gennemsnitstemperatur under normalen. Vinteren 2009/10 var kold med en gennemsnitstemperatur på -0,5 °C mod normalt 0,9 °C. I perioden 1989-2010 har gennemsnitsvintertemperaturen været på hele 2,5 °C. I samme periode har årsmiddeltemperaturen været 8,6 °C og dermed hele 0,9 °C over normalen med kun 1996 og nu også 2010 under normalen. Det er vinterperioden, april, juli og august, som primært har bidraget til den højere temperatur.

Der var 1669 soltimer eller godt 10 % over normalen på 1495 timer. Ni måneder havde mere solskin end normalt og december fik rekordmange solskinstimer med 81 timer eller 88 % over normalen. Januar havde 44 % og april 22 % flere solskinstimer end normalt. August var solfattig med kun 151 timer eller 19 % under normalen.

**Figur 1.2.** Årsmiddelværdier for nedbør og afstrømning i Danmark. Desuden er langtidsnormalen vist (efter Cappelen 2011 og Windolf et al. 2011).



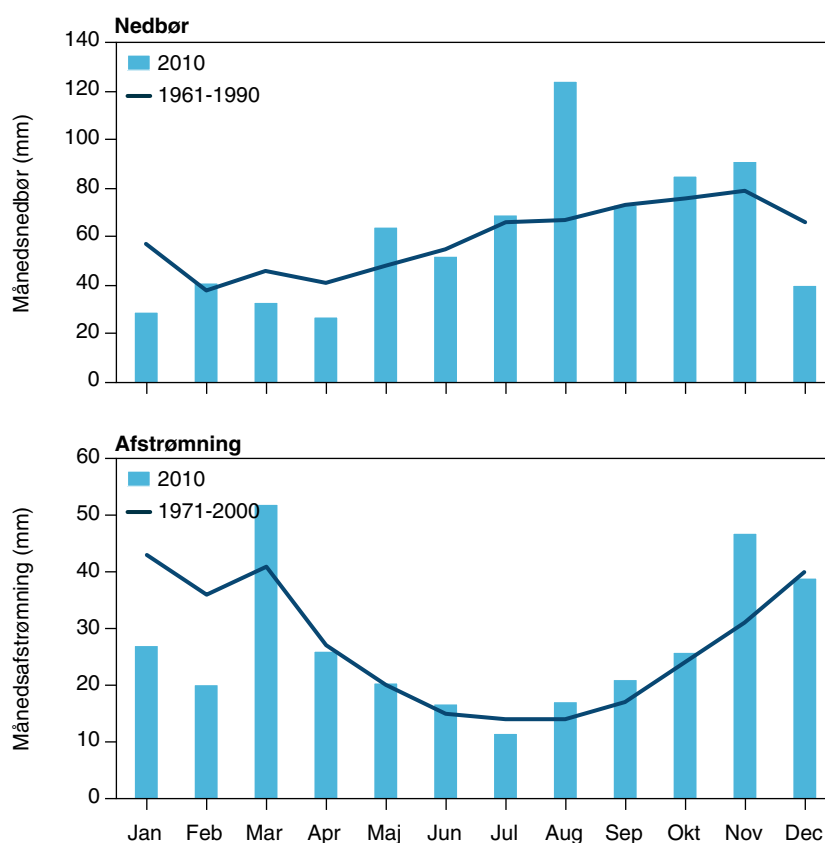
### Afstrømning

For 2010 er ferskvandsafstrømningen til de danske farvande opgjort til ca. 14.000 mio. m<sup>3</sup> eller 323 mm vand fra hele landets areal. Det svarer til normalen for 1971-2000 (figur 1.2). Afstrømningen for 1990 og frem er beregnet med en ny opgørelsesmetode (se Windolf et al. 2011), som medfører at den samlede afstrømning fra Danmark opgøres mellem 1 og 7 %

og i gennemsnit knapt 5 % lavere end tidligere opgørelser. Afstrømningen var i de kolde vintermåneder januar, februar og december under normalen og ligeledes under normalen i juli, men for de øvrige måneder lidt eller en del over normalen (figur 1.3). Marts og november havde en afstrømning langt over normalen og med henholdsvis 52 og 47 mm foregik knap 1/3 af hele årets afstrømningen i disse 2 måneder. Den høje afstrømning i marts fulgte en kold vinter med sne og lange frostperioder, hvor afstrømningen havde været relativ lav og først skete delvist forskudt, da sneen var smeltet og de øverste jordlag optøet. Afstrømningen var i vinteren 2009/10 142 mm eller 10 % under normalen. Endvidere kan en del af den høje afstrømning i marts 2010 også forklares ved de store mængder nedbør i november 2009, som først med en vis tidsforskydning afstrømmer i 2010. Den høje afstrømning i november 2010 kan tilskrives relativt megen nedbør i perioden august-november.

Ferskvandsafstrømningen og nedbøren udviser som normalt en stor geografisk variation. Ferskvands-afstrømningen er størst fra oplandene til Nordsøen (gennemsnit 411 mm), Lillebælt (367 mm) og Østersøen (318 mm) og med kun 109 mm klar lavest til Sydlige Bælthav. For oplandene til farvandsområderne Skagerrak, Kattegat, Nordlige Bælthav og Øresund var afstrømning i gennemsnit mellem 235 og 297 mm. Afstrømningen har været tæt på normalen til de fleste farvandsområder, dog noget under til det Sydlige Bælthav og noget over til Østersøen, hvilket delvist afspejler tilsvarende afvigelser vedrørende nedbøren.

**Figur 1.3.** Månedsmiddelværdier for nedbør og ferskvandsafstrømning i 2010 sammenlignet med tilhørende normalværdier. (Efter Cappelen, 2011 og Windolf et al., 2011).



## 2 Kvælstof

### 2.1 Kvælstof som forureningskilde

Tilførsel af kvælstof til vandområder og naturarealer som følge af menneskelig aktivitet er en vigtig årsag til forurening. I grundvand gør en overskridelse af grænseværdien for nitrat i drikkevand vandet uegnet som drikkevand. I marine områder og i nogle søer fører tilførsler af kvælstof til øget algevækst. De økologiske forhold i vandløb afhænger derimod ikke af kvælstofindholdet, med mindre det tilføres i form af ammoniak, der kan have giftvirkning og mindske iltindholdet. På naturarealer kan tilførsel af kvælstofforbindelser via atmosfæren føre til ændring af naturarealets vegetation.

#### 2.1.1 Målsætninger

Ifølge Vandmiljøplan I fra 1987 skal udledningerne til vandmiljøet være mindsket til højst 50 % af niveauet midt i 1980'erne. Denne målsætning blev fastholdt i Vandmiljøplan II, og en række nye virkemidler blev implementeret. Med Vandmiljøplan III blev der i 2004 besluttet en yderligere reduktion på minimum 13 % af kvælstofudvaskningen (svarende til ca. 21.000 ton N pr. år) frem til 2015 i forhold til 2003, dvs. efter at effekten af Vandmiljøplan II er slået igennem.

Det er oplyst fra Naturstyrelsen: "Indsatsbehovet er som grundlag for høringen af forslag til vandplaner opgjort til 19.000 ton kvælstof. Indsatsbehovet er fastsat i den nederste del af der beregnede interval for at eliminere usikkerheder. I høringsudkast til vandplaner var forudsat gennemført en kvælstofindsats på ca. 9.000 ton i første planperiode frem mod 2015 fordelt på lokale fjorde og kystvande. De resterende 10.000 ton kvælstof er henvist til det igangværende udredningsarbejde i Kvælstofudvalget og forventes at indgå i den kommende natur- og landbrugskommission med henblik på at tilvejebringe grundlag for valg af virkemidler og tidshorisont for gennemførelsen af de 10.000 tons".

#### 2.1.2 Opfyldelse af målsætningerne

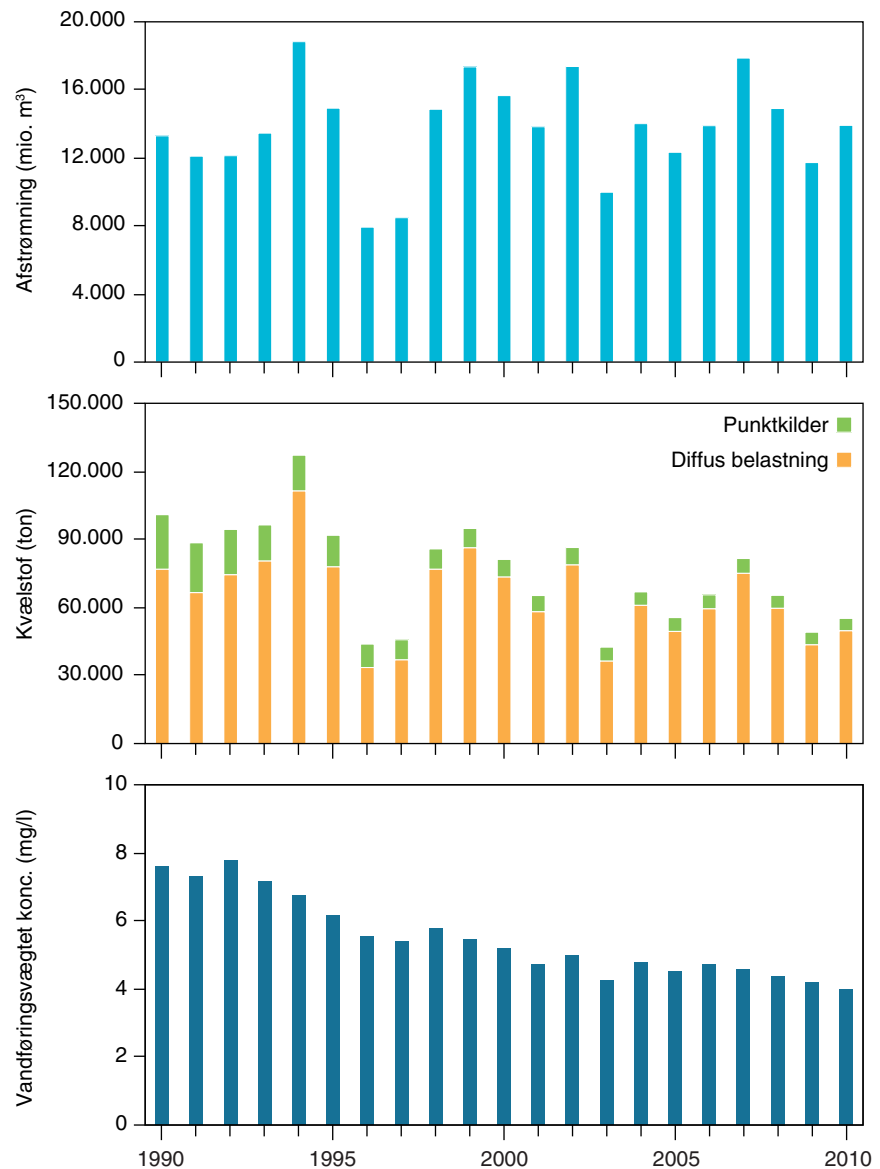
Konklusionen ved evalueringen af Vandmiljøplan II var, at landbrugets udledninger af kvælstof opfyldte målet for reduktion i udvaskningen. Ved midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan III i 2008 var det i forhold til målet om yderligere 13 % reduktion i forhold til 2003 imidlertid ikke muligt at påvise et signifikant fald i kvælstofudvaskningen fra 2003 til 2007.

#### 2.1.3 Udvikling i kvælstoftilførsel fra land

I 2010 blev der i alt tilført godt 55.000 ton N til havområderne omkring Danmark. Det er lidt højere end i 2009 som følge af en lidt højere vandafstrømning, se figur 2.1.



**Figur 2.1.** Udvikling i ferskvandsafstrømning (øverst), kvælstoftilførsel (midterst) og vandføringsvægtet kvælstofkoncentration i det afstrømmende ferskvand til havet omkring Danmark (nederst), 1990-2010. Kvælstoftilførslen er fordelt på diffuse kilder (inkl. spildevand fra spredt bebyggelse) og spildevand fra punktkilder (Windolf et al. 2010).



I figur 2.1 er der endvidere vist udviklingen i den vandføringsvægtede koncentration af kvælstof, hvorved betydningen af år-til-år variationer i afstrømning er reduceret. Som det fremgår af figur 2.1 er koncentrationen i gennemsnit faldet fra 7-8 mg/l i starten af 1990'erne til i 2010 at være omkring 4 mg/l.

En analyse af udviklingen i kvælstofkoncentrationen viser, at der er sket et signifikant fald siden 1990. Det samlede fald er estimeret til ca. 50 %. For de diffuse udledninger er der beregnet et fald på ca. 40 %.

## 2.2 Tilførsel af kvælstof fra luften i 2010

Tilførsel af kvælstof fra luften spiller en væsentlig rolle for den samlede belastning af de danske farvande og af naturarealer på land, fx heder og højmoser. Tilførslen er størst over land og aftager med afstanden til forureningskilderne, som både er udenlandske og danske. Kilderne er især fordampning af ammoniak fra landbrug og udslip af kvælstofoxider ved

forbrændingsprocesser, fx i forbindelse med transport og energiproduktion.

Et af hovedformålene for luftprogrammet i NOVANA er derfor at bestemme den årlige deposition af kvælstof og den geografiske fordeling af tilførslen samt udviklingstendenserne heri.

### 2.2.1 Målte kvælstofdepositioner i 2010

Ved fem danske hovedstationer blev der i 2010 målt en årlig deposition af kvælstof på 10-11 kg N/ha til landområder (figur 2.2). På baggrund af målingerne på landområderne er depositionen på farvandsområder ved Anholt og Keldsnor beregnet til 6-8 kg N/ha.



**Figur 2.2.** Kvælstofdeposition og nedbørsmængde ved de fem hovedstationer i 2010. Nedbørsmængden er angivet i mm og depositionen er angivet i kg N/ha. Grundet revision af program er tørdepositionen ikke bestemt ved Lindet (Ellermann et al. 2011).

Depositionen til land- og vandområderne ved målestationerne var i 2010 i gennemsnit stort set uforandret i forhold til 2009.

De laveste depositioner blev målt ved målestationer, som ligger fjernt fra områder med intensivt landbrug. De højeste depositioner blev bestemt ved Lindet (dog kun våddeposition) og Tange i Sønder- og Midtjylland, der ligger i landbrugsområder med stor emission af ammoniak fra dyrehold, og hvor der samtidig var stor nedbørsmængde.

### 2.2.2 Modelberegnete kvælstofdepositioner på hav for 2010.

Den samlede deposition af kvælstof til de danske farvande er modelberegnet til 71.000 t N i 2010 (tabel 2.1). Det svarer til en gennemsnitlig deposition på ca. 7 kg N/ha og er 15 % lavere i forhold til 2009, men på niveau med 2008. Forskellen skyldes hovedsagelig ændrede meteorologiske forhold.

**Tabel 2.1.** Kvælstofdepositioner fra atmosfæren til farvande og landområder i 2010 (tal fra Ellermann et al. 2011).

	<b>Tørdeposition (tons N)</b>	<b>Våddeposition (tons N)</b>	<b>Total deposition (tons N)</b>	<b>Deposition pr. ha (kg N/ha)</b>	<b>Areal (km<sup>2</sup>)</b>
Farvandsområder	15.000	56.000	71.000	7	105.000
Landområder	27.000	27.000	54.000	13	43.000

Den modelberegnete deposition varierer med en faktor to mellem de forskellige områder (figur 2.3). Størst deposition ses i de kystnære områder og fjorde, hvor afstanden til landbrugskilderne er lille. Den højeste deposition i 2010 på 13 kg N/ha er således beregnet for de kystnære områder omkring Als, mens den laveste deposition på 6 kg N/ha er beregnet for f. eks. Skagerak og Øresund. Endvidere ses en gradient med de højeste depositioner mod syd og lavere depositioner mod nord. Dette skyldes indflydelse fra områder med høje emissioner af kvælstof i landene syd for Danmark.

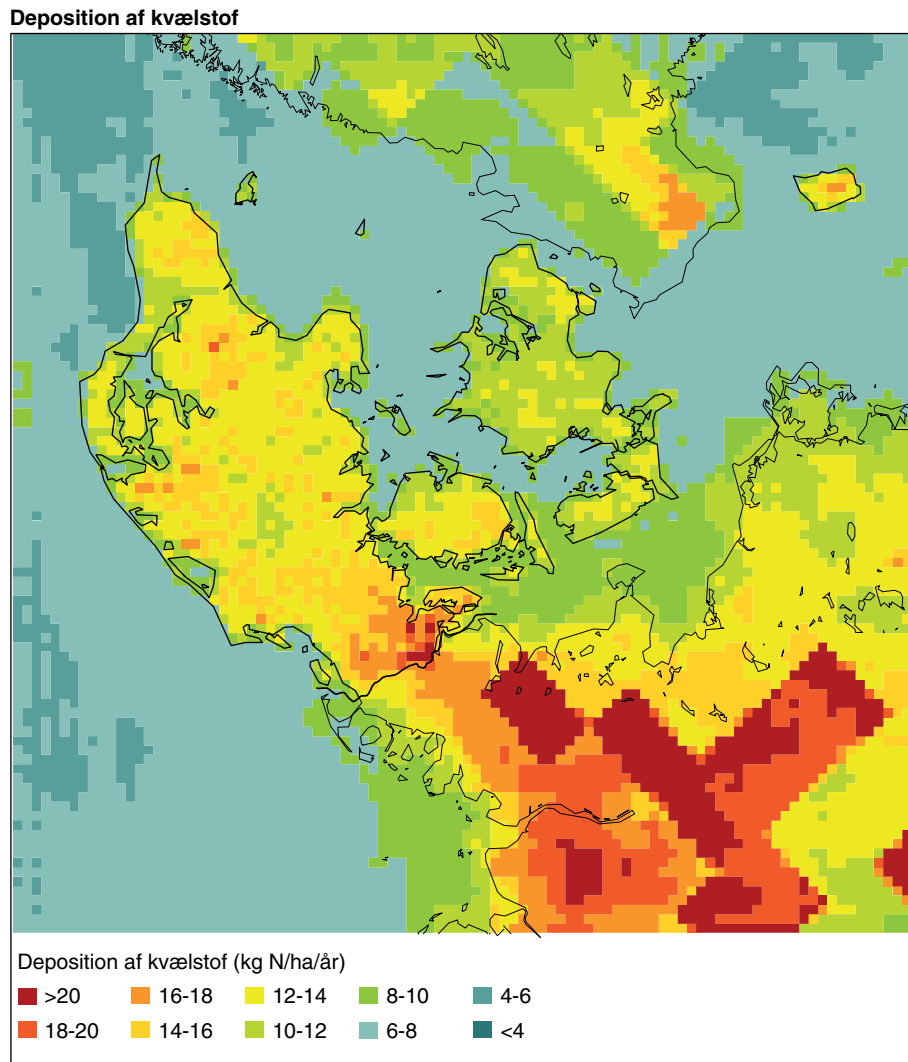
### 2.2.3 Modelberegnete depositioner på land

Den samlede deposition af kvælstof til de danske landområder blev i 2010 modelberegnet til ca. 54.000 tons N (tabel 2.1). Dette er lidt mindre end i 2009.

Den gennemsnitlige deposition ligger på ca. 13 kg N/ha, hvilket ligger på niveau med eller over tålegrænserne for mange af de følsomme danske naturtyper, fx heder og højmoser.

Den modelberegnete deposition varierer mellem 6 kg N/ha og 20 kg N/ha (figur 2.3). Årsagen til den store geografiske variation er navnlig, at depositionens størrelse afhænger af den lokale landbrugsaktivitet, fordi ammoniak deponeres tæt på kilderne. På lokal skala kan der derfor ses betydeligt større variationer end beregnet som gennemsnit for modellens gitterfelter på 6 km x 6 km. Endvidere spiller nedbørsmængderne en vigtig rolle for depositionens størrelse. Den største deposition er beregnet til den sydlige del af Jylland, hvor husdyrproduktionen er høj, og hvor nedbørsmængderne er store. Lavest deposition ses i Nordsjælland og på nogle af de små øer.

**Figur 2.3.** Den samlede deposition af kvælstofforbindelser beregnet for 2010. Depositionen angiver en middelværdi for felterne (Ellermann et al. 2011).



### 2.2.4 Samlet deposition

I tabel 2.1 er angivet tal for den samlede deposition på de danske farvande og de danske landarealer.

Tabellen viser, at tørdepositionen pr. km<sup>2</sup> var større på landarealer end til på havet. Det skyldes bl.a., at ammoniakkoncentrationen er højere over land end over vand pga. den kortere afstand til kilderne, og at tør-afsætning af kvælstof ved en given koncentration er større på et bevokset landareal end på vand.

## 2.3 Kilder til tilførsel af kvælstof fra luften

Kvælstofdepositionen i Danmark stammer fra en lang række danske og udenlandske kilder. For at kunne vurdere effekten af handlingsplaner med formål om at reducere emissionerne er det nødvendigt at kvantificere størrelsen af de forskellige kilder.

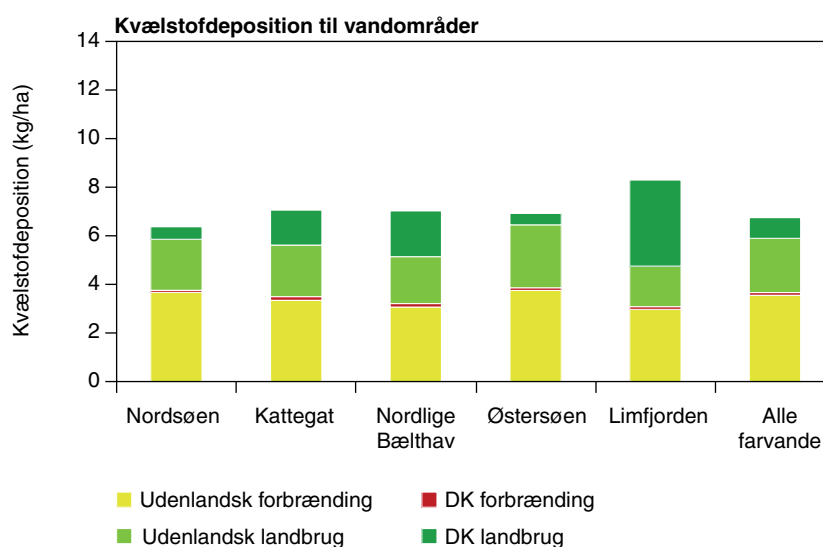
### 2.3.1 Kvælstofkilder

Ved hjælp af modelberegninger er det muligt at estimere, hvor stor en del af depositionen i Danmark, der stammer fra henholdsvis danske og

udenlandske kilder. Det er også muligt at skelne mellem deposition, som kan henføres til udslip af kvælstofilter fra forbrændingsprocesser (transport, energiproduktion, forbrændingsanlæg og industriproduktion) og til udslip af ammoniak fra landbrugsproduktion.

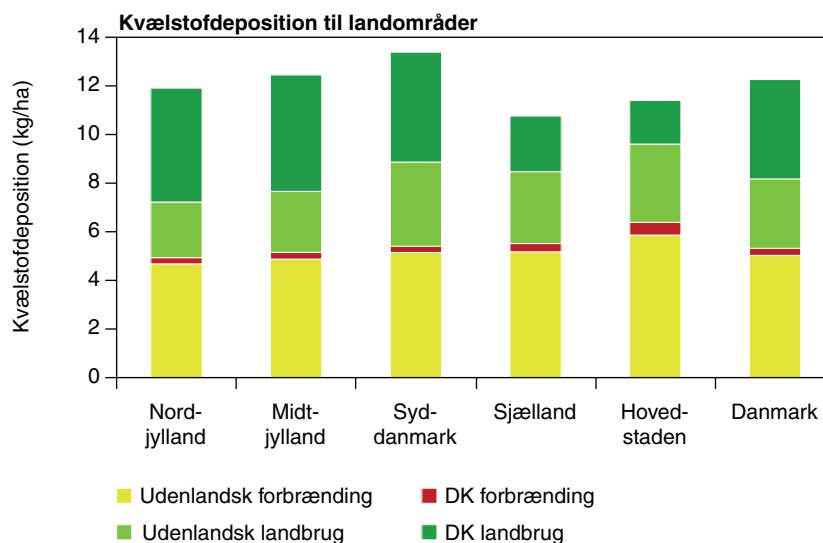
Langt hovedparten af depositionen til de danske farvandsområder stammer fra udenlandske kilder. Den danske andel af depositionen til de åbne danske farvande er estimeret til i gennemsnit at være på ca. 14 % i 2010; den største danske andel forekom i Lillebælt og det Nordlige Bælt-hav med ca. 30 % og den mindste andel i Nordsøen (9 %). I lukkede fjorde, vige og bugter kan den danske andel være betydeligt større, hvilket skyldes den korte afstand til de danske kilder (som fx Limfjorden i figur 2.4).

**Figur 2.4.** Kvælstofdeposition i 2010 til udvalgte danske farvandsområder og Limfjorden opdelt på danske og udenlandske kilder og fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion (Ellermann et al. 2011).



Figur 2.4 viser endvidere, at de danske bidrag hovedsageligt stammer fra emissioner fra landbrugsproduktionen, samt at forskellene mellem områderne i det store og hele kan forklares ved forskelle i landbrugsbidraget.

**Figur 2.5.** Gennemsnitlig kvælstofdeposition i 2010 til de nye regioner og i gennemsnit for hele landet (Danmark) opdelt på danske og udenlandske kilder og fra forbrændingsprocesser og landbrugsproduktion (Ellermann et al. 2011).



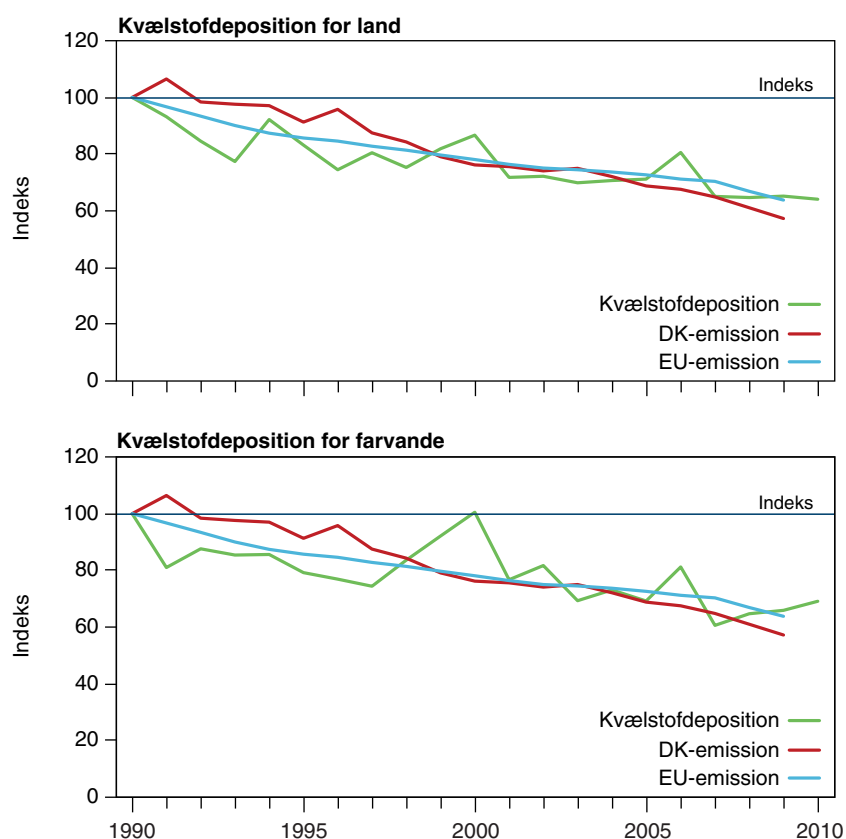
For de danske landområder er den danske andel af kvælstofdepositionen (figur 2.5) generelt større end for farvandsområderne. For landområderne er den danske andel i gennemsnit estimeret til ca. 38 % i 2010. Den primære årsag til den større deposition på landområderne er deposition af ammoniak fra lokale landbrug. I Nord- og Midtjylland udgør ammoniak fra danske bidrag 43-44 % af den totale kvælstofdeposition mod kun 22 % i Hovedstaden. Det store bidrag fra danske kilder til depositionen i Jylland skyldes primært den store husdyrproduktion.

### 2.3.2 Udvikling i kvælstofdeposition

Den gennemsnitlige deposition af kvælstof på de indre farvande og de danske landområder er faldet med henholdsvis ca. 27 % og 31 % siden 1989 (figur 2.6).

Den atmosfæriske kvælstofdeposition følger ændringerne i emissionerne af kvælstof i Danmark og de øvrige europæiske lande (figur 2.6). Reduktionerne i de udenlandske kilder er årsag til den største del af reduktionen målt som ton N. Faldet i emissionen fra de danske kilder bidrager dog også til faldet i kvælstofdepositionen, navnlig i de dele af Jylland, hvor godt 40 % af kvælstofdepositionen stammer fra danske kilder.

**Figur 2.6.** Udviklingstendenser for den samlede deposition og emission af kvælstof. Figuren nederst viser tendenser for udviklingen i depositionen til de indre danske farvande, mens figuren øverst viser tendenser for udviklingen i depositionen til danske landområder. Alle værdier er indekseret til 100 i 1990 (Ellermann et al. 2011).

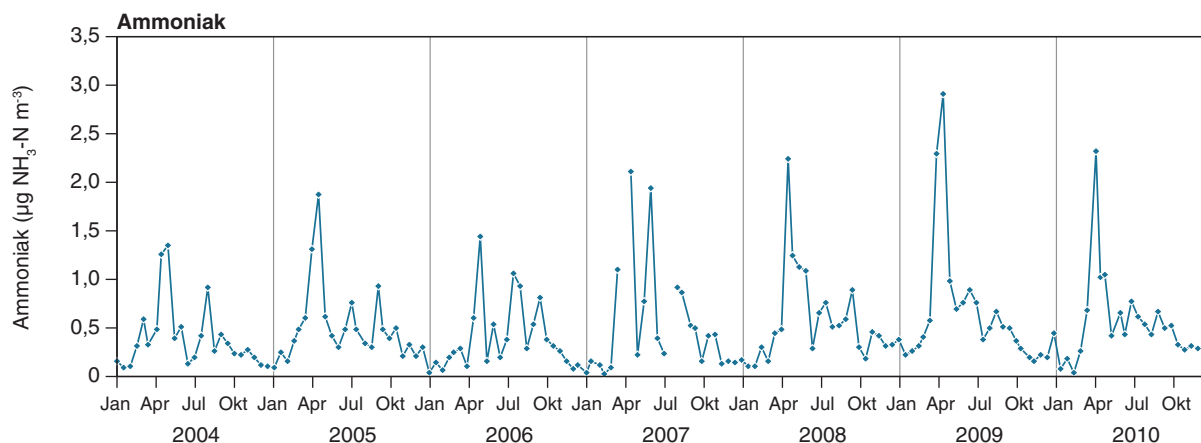


## 2.4 Tilførsel af ammoniak fra luften til naturarealer

Natur- og halvkulturrealer på land, der ikke gødes, påvirkes af tilførsel af kvælstof fra luften. Det er uønsket, at tilførslen fra luften bliver så høj, at artssammensætningen på naturarealer ændres, dvs. at tålegrensene for kvælstof overskrides for de pågældende naturtyper.

For bedre at kunne vurdere sammenhænge mellem kvælstoftilførsel og den økologiske tilstand i naturområderne har ammoniak og partikulært ammonium siden 2004 været målt i luften på en række lokaliteter.

I figur 2.7 er som eksempel vist ammoniakmålinger fra en af stationerne, Ulborg i perioden 2004-2010. Det fremgår af figuren, at tidspunkterne for hhv. forårs- og eftersommertoppene kan variere en smule ligesom højde og varighed af toppene kan være forskellig årene imellem. Tidspunkt og størrelse af toppene hænger givet sammen med forskelle i udbringning af husdyrgødning. Der er generelt også variationer i koncentrationerne gennem året, men især i eftersommeren ses et varieret mønster.



Figur 2.7. Koncentrationer af ammoniak målt på Ulborg 2004-2010 (Ellermann et al. 2011).

## 2.5 Kvælstof fra spildevand

### 2.5.1 Renseanlæg

Der er etableret kvælstoffjernelse på alle renselanlæg omfattet af Vandmiljøplan I for at opfylde udlederkravet på 8 mg N/l. I 2010 rensede ca. 260 renselanlæg med krav om N fjernelse 90 % af den samlede spildevandsmængde. I alt blev der fra alle anlæg i 2010 udledt ca. 3.600 t N, svarende til i gennemsnit et indhold på ca. 5,0 mg N/l.

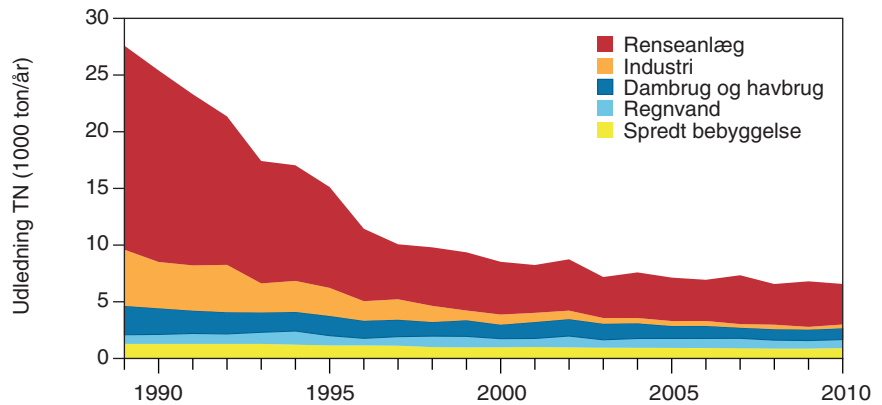
Udviklingen i de udledte kvælstofmængder siden 1980'erne er vist i figur 2.8. Siden 1995 har udledningen været mindre end målet i Vandmiljøplan I. Udledningen er siden 1989 mindsket med godt 80 %.

### 2.5.2 Industri med egen udledning

Direkte udledninger fra industri til vandområder er af meget mindre omfang end udledningerne gennem renselanlæg, idet der i 2010 blev udledt ca. 340 t N svarende til godt 6 mg N/l som gennemsnitskoncentration.

Målet i Vandmiljøplan I var 2.000 t/år. Den meget markante reduktion skyldes, at mange virksomheder gennem årene er blevet tilsluttet kommunale renselanlæg eller har indført en renere teknologi og forbedrede rensemetoder. I alt er de direkte kvælstofudledninger fra industri reduceret med 96 % siden 1989 (figur 2.8).

**Figur 2.8.** Udviklingen i de årligt udledte mængder af kvælstof opdelt på forskellige punktkilder (Naturstyrelsen 2011).



### 2.5.3 Akvakultur

Det er ikke muligt at præsentere data for 2009 og 2010, idet der har været væsentlige mangler i de indberettede data. I figur 2.8 indgår data fra 2008.

### 2.5.4 Andre kilder

I figur 2.8 er for fuldstændighedens skyld endvidere medtaget kvælstofudledningen fra et par mindre betydende punktkilder - den spredte bebyggelse og regnbetingede udledninger. Disse kilders kvælstofbidrag er hver for sig beregnet til ca. 900 ton N.

## 2.6 Kvælstof i landbrug

### 2.6.1 Gødningsforbrug

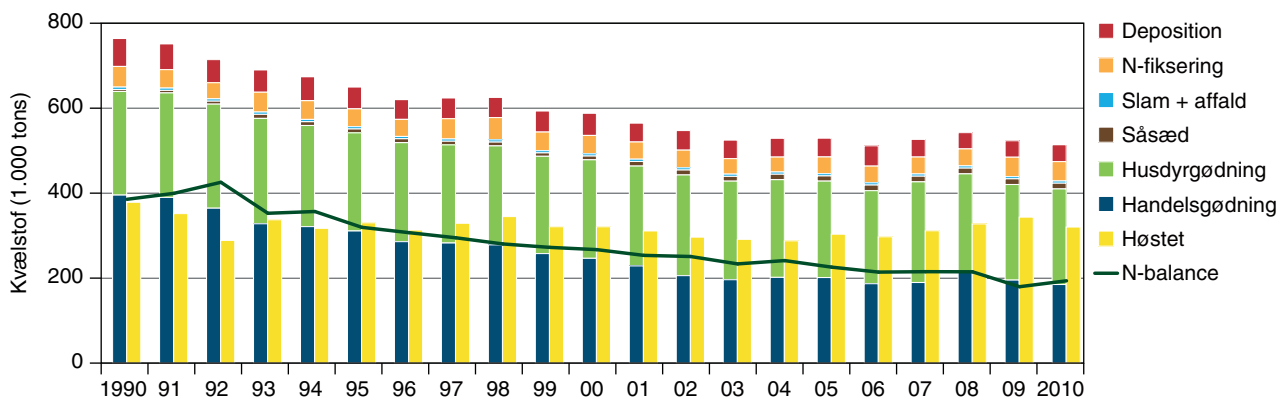
Handelsgødningsforbruget af kvælstof for hele landet faldt fra 394.000 tons N i 1990 til 190.000 tons N i 2007. I 2008 steg det indberettede køb til 215.000 tons N, dels som følge af et højere forbrug i forbindelse med ompløjning af ca. 80.000 ha brak, dels fordi landbruget ifølge gødningsfirmaerne havde købt gødning til lager. I 2009 faldt det indberettede forbrug til 195.000 tons N.

Forbruget for 2010 er opgjort til i alt 185.000 ton N

Den midlertidige stigning i forbruget af gødning i 2008 og 2009 som følge af ompløjning af brak er dermed som forventet faldet igen efter 2 år. Kvælstoftilførslen med husdyrgødning er faldet svagt fra ca. 244.000 ton N i 1990 til 225.000 ton N i 2010. Det årlige overskud i markbalancen er faldet fra 385.600 tons N i 1990 til 193.700 tons N i 2010, en reduktion på ca. 50 % (figur 2.9).

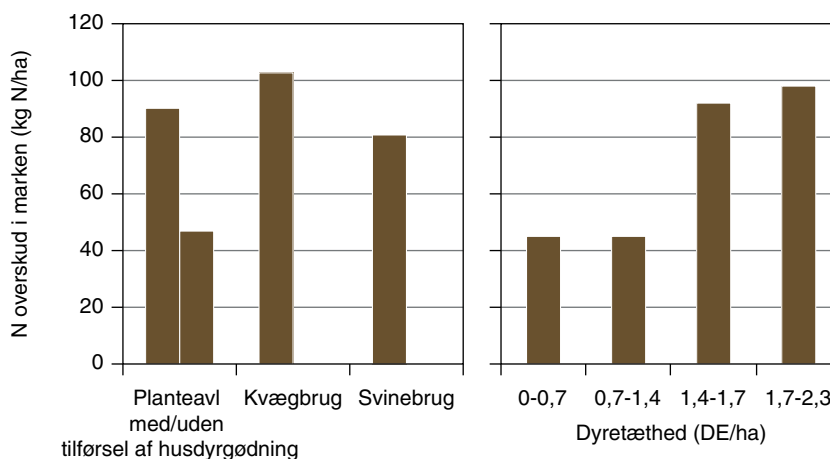
Overskuddet af kvælstof er mindst for planteavlbrug, noget større for svinebrug og størst for kvægbrug. Overskuddet stiger med stigende husdyrtæthed (figur 2.10).





**Figur 2.9.** Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landbrugsarealet i Danmark, 1985 til 2010 (Grant et al. 2011).

**Figur 2.10.** N-overskud i marken for forskellige brugstyper samt for brug grupperet med stigende husdyrtæthed, data fra 2010 (Grant et al. 2011).



Der har siden 1990 været en markant forbedring i udnyttelsen af husdyrgødningen som følge af bindende kvælstofnormer, og af at opbevaringskapaciteten er øget, at en stigende andel af gødningen udbringes om foråret og sommeren, samt at der er taget forbedrede udbringningsteknikker i anvendelse. Det skal dog bemærkes, at for såvel landovervågningsoplandene som for hele landet (fig. 2.10) er det største fald sket frem til 2003-04, hvorefter kurven er fladet ud.

## 2.6.2 Kvælstofkredsløbet

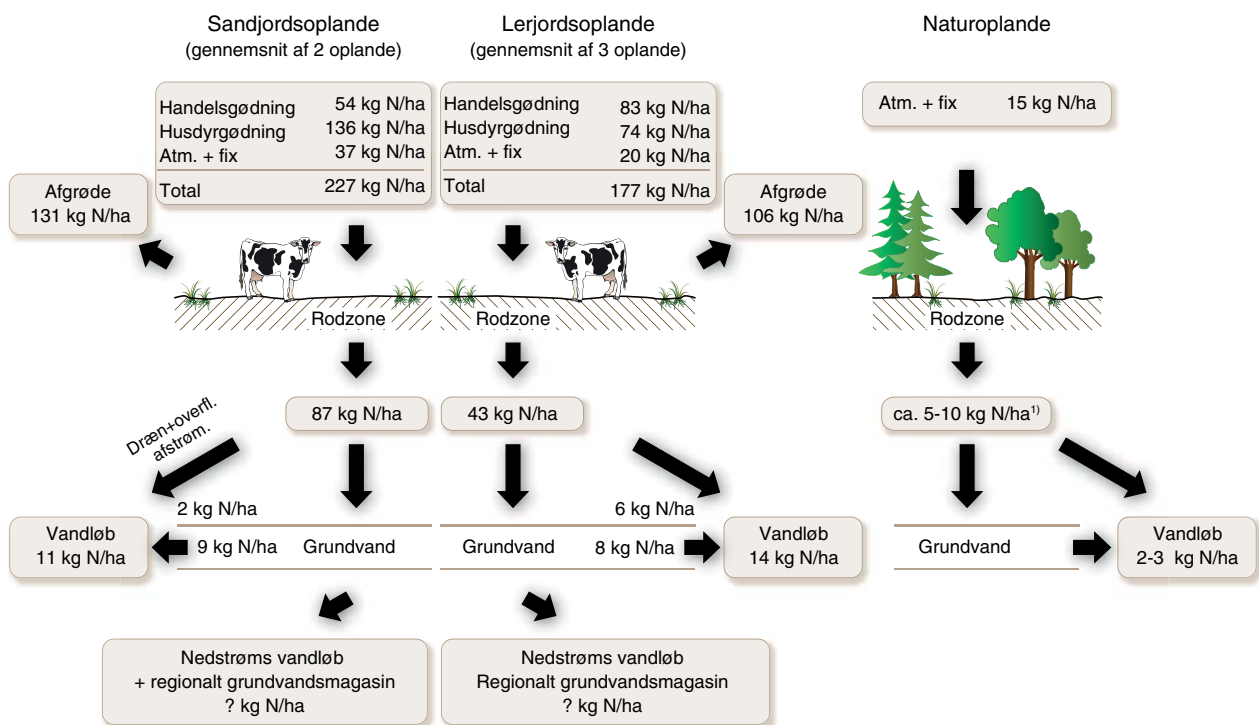
Af figur 2.11 fremgår, at der i landovervågningsoplandene (LOOP) i 2005/06 – 2009/10 udvaskedes 87 og 43 kg N/ha/år fra henholdsvis sandjorde og lerjorde. Det svarer til 36 % og 24 % af de totalt tilførte kvælstofmængder. Selv om udvaskningen er størst fra sandjorde, strømmer der alligevel mere kvælstof til vandløb i lerområder. Det skyldes, at vandet fra sandområderne generelt siver ned til det dybere liggende grundvand, hvor en stor del af det omsættes til atmosfærisk kvælstof ved denitrifikation. I LOOP-oplandene når kun ca. 12 % af det udvaskede kvælstof frem til vandløb i sandområder mod ca. 32 % i lerområder.

Afstrømningen til vandløb i LOOP-omlandene giver ikke nødvendigvis et generelt billede af forholdene på landsplan. Dette skyldes

- denitrifikationen i de øvre jordlag kan være betydelig højere i land-overvågningsomlandene
- det afstrømmende vand repræsenterer landbrugspraksis af ældre dato
- der sker også en afstrømning fra LOOP-omlandene til vandløbsstrækninger nedstrøms målestationen.

Fra udyrkede arealer (naturoplande) udvaskes typisk 5-10 kg N/ha. Spændet angiver forskellen mellem udvaskningen fra arealer, der altid har ligget som natur (den lave ende) og arealer, som er udlagt som natur (primært skov) på tidligere landbrugsjord (den høje ende). Hvis landbrugsarealerne aldrig havde været opdyrkede, ville udvaskningen formentlig have været på det samme niveau som i naturoplandene.

### Det årlige kvælstofkredsløb (2005/06 – 2009/10)



**Figur 2.11.** Skematisering af kvælstofkredsløbet i henholdsvis dyrkede lerjords- og sandjordsoplande samt for naturoplande for årene 2005/06-2009/10.

<sup>1)</sup> Intervallet for naturarealer, 5-10 kg N ha<sup>-1</sup>, henviser til udvaskningen fra henholdsvis gammel natur og landbrugsjord om-lagt til natur (Grant et al. 2011).

## 2.7 Kvælstof i vand fra dyrkede arealer

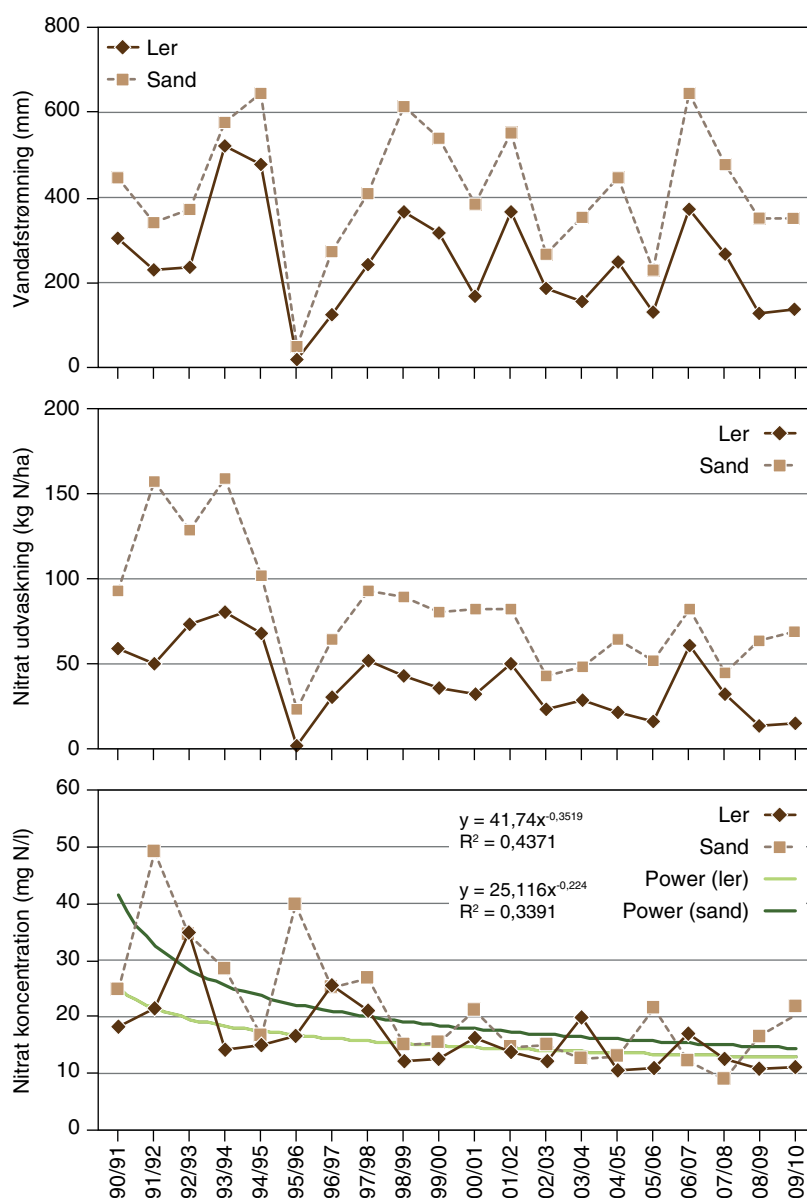
### 2.7.1 Kvælstofkoncentrationer

De målte koncentrationer af nitrat i det vand, der siver ned fra rodzonen under de dyrkede marker i LOOP områderne, er siden 1990 mindsket med 7,6 mg N/l på lerjordene og på sandjordene med 15,9 mg N/l (figur 2.12).

Det svarer til et fald på ca. 36 % for lerjordene og ca. 52 % for sandjordene, dog med meget stor spredning på tallene. I gennemsnit er nitratindholdet i vandet mindsket fra ca. 21 til ca. 13 mg/l for lerjorde og fra ca. 30 til ca. 15 mg/l for sandjorde siden starten af 1990'erne.

Det skal bemærkes, at datagrundlaget for et af sandjordsoplandene var ufuldstændigt i 2010. Desuden bør det bemærkes, at der er meget stor spredning på datamaterialet.

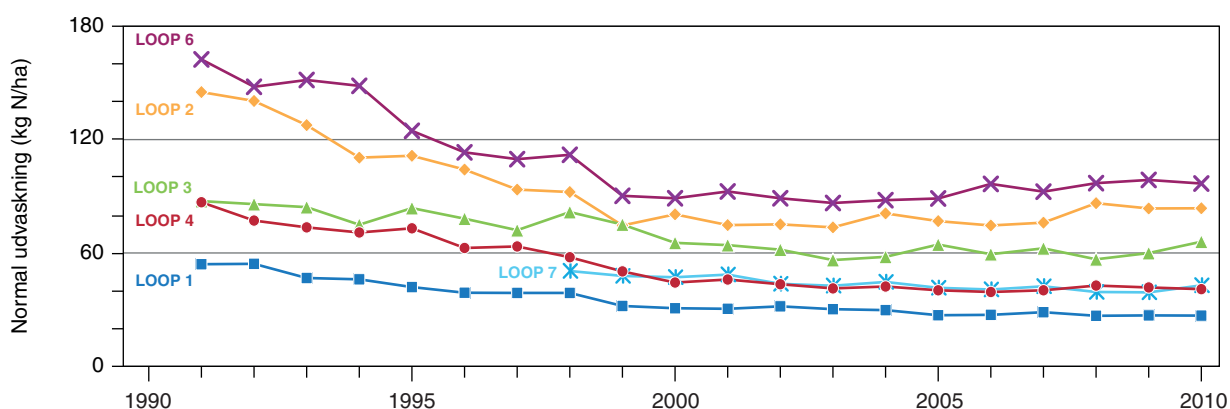
**Figur 2.12.** Udvikling i vandafstrømning samt målinger af N-udvaskning og N-koncentrationer i rodzonevandet i 1990/91-2009/10 (Grant et al. 2011).



## 2.8 Kvælstoftab fra dyrkede marker

### 2.8.1 Tab fra rodzonen

Mængden af kvælstof, der er udvasket fra rodzonen i landovervågningsoplandene, er modelberegnet for hvert år ud fra klimadata og oplysninger om driftsforhold på arealerne. De udvaskede mængder afhænger stærkt af nedbørsforholdene. For at vise udviklingen i udvaskningen under normale klimaforhold er udvaskningen beregnet for gennemsnitlige nedbørsforhold. Resultaterne i figur 2.13 er således den udvaskning, der ville have været under gennemsnitlige nedbørsforhold og dermed umiddelbart sammenlignelige.



**Figur 2.13.** Modelberegnet udvaskning ved gennemsnitsklima for de 7 overvågningsoplande for driftsårene 1990/1991 – 2009/2010 (Grant et al. 2011).

Den modelberegnete rodzoneudvaskning er fra 1990/1991 til 2009/10 faldet fra 154 til 90 kg N/ha pr. år i sandjordsoplandene (LOOP 2+6) og fra 76 til 45 kg N/ha pr. år i lerjordsoplandene. Ved vægtning af jordtyperne i forhold til hele landet svarer tallene til et gennemsnitligt fald i udvaskning på ca. 41 %. Den modelberegnete udvaskning faldt markant fra 1990 frem til ca. 2003 både for ler- og sandjorde og har været mere eller mindre konstant siden, dog med en lille tendens til en stigende modelberegnet udvaskning på sandjord de seneste par år.

### 2.8.2 Transport gennem vandløb ud af LOOP-oplandene

Kvælstoftabet til vandløb fra de dyrkede arealer var i 2009/10 i samme størrelsesorden i de tre lerede oplande og de to sandede oplande på grund af den lave vandafstrømning på lerjordene. I den forudgående 5-års periode var det gennemsnitlige kvælstoftab noget større på lerjorde og præget af større år-til-år udsving.

## 3 Fosfor

### 3.1 Fosfor som forureningskilde

Tilførsel af fosfor til vandområder og naturarealer som følge af menneskelig aktivitet er en vigtig årsag til forurening. Især søer og fjorde og i nogen grad mere åbne havområder er forurenede som følge af fosfortilførsler, der har givet øget algevækst og heraf følgende miljøproblemer. I vandløb er fosforindholdet af mindre betydning for de økologiske forhold, men især ved meget lave fosforindhold vil en forøgelse påvirke mængden af alger, der vokser på bunden af vandløb. Der er store geologisk betingede forskelle fra sted til sted i fosforindholdet i det grundvand, der strømmer ud til vandområderne.

#### 3.1.1 Målsætninger

I Vandmiljøplan I fra 1987 var målsætningen at mindske fosforudledningerne med spildevand og fra landbrug med 80 % ved at rense spildevand for fosfor og for landbrugets vedkommende ved at standse ulovlige gårdbidrag. I Vandmiljøplan III indgår der desuden som mål en reduktion af fosforoverskuddet på dyrkede arealer samt etablering af randzoner langs vandløb og søer. I Grøn Vækst (som erstatter og følger op på Vandmiljøplan III) er der opsat et mål om en reduktion af den landbrugsbetingede fosfortilførsel til vandløb og søer på i alt 210 ton pr. år. Det fremgår af Grøn Vækst, at målet skal nås ved udlægning af ca. 50.000 ha randzoner, begrænsning af jordbehandling i efterår og vinter samt ved anlæggelse af oversvømmede ådale.

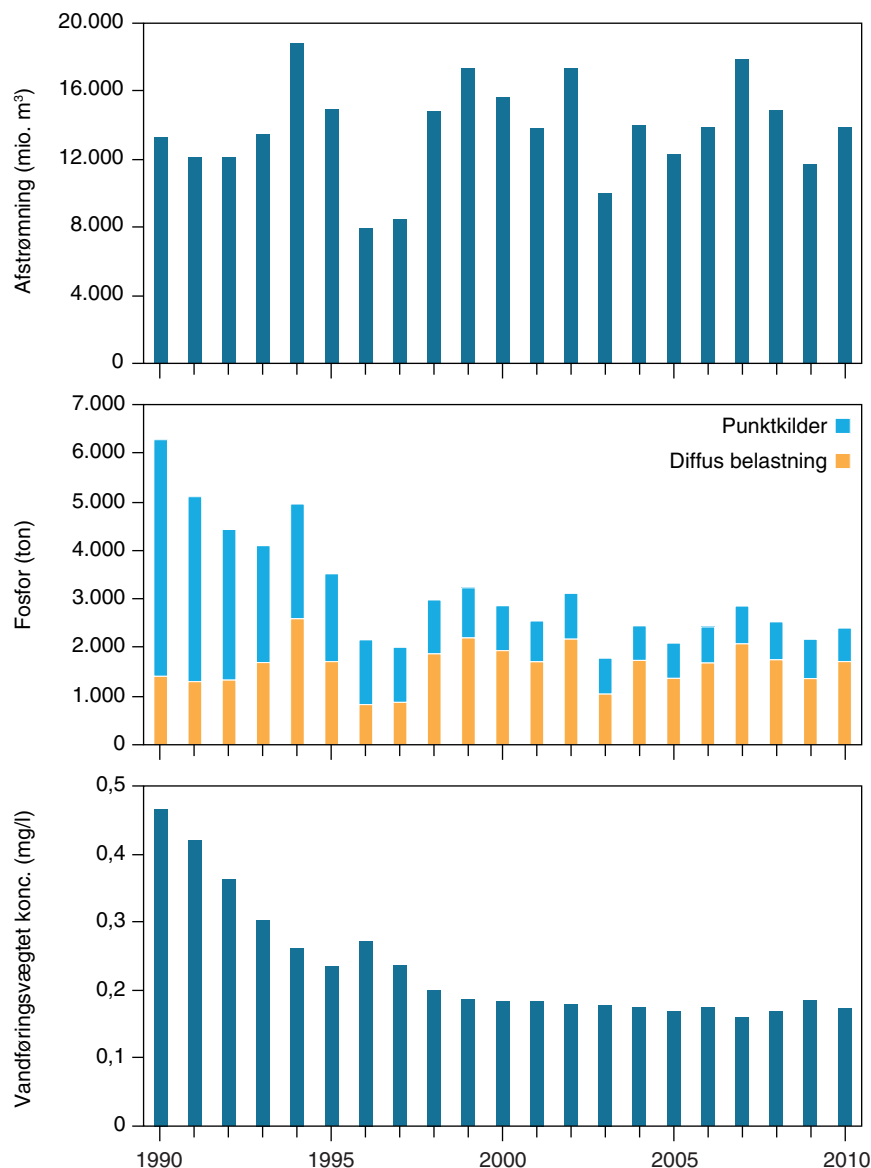
#### 3.1.2 Udviklingen i fosfortilførsel fra land

Den årlige fosfortilførsel fra land til de marine områder er siden 1990 mindsket fra ca. 5.500 t/år til omkring 2.400 t i 2010 (figur 3.1). Fosforafstrømningen var en smule højere i 2010 sammenlignet med 2009 som følge af en lidt højere vandafstrømning i 2010.

Reduktionen over hele perioden skyldes etablering af fosforfjernelse på renseanlæg. Efter at fosforfjernelsen stort set var etableret midt i 1990'erne, har der været en sammenhæng mellem vandafstrømningen fra land og fosfortilførslen. Det skyldes, at de diffuse kilder, især tilførslen fra dyrkede arealer, er størst i år med stor nedbør og afstrømning.

Den samlede fosforudledning til havet er reduceret med ca. 65 % i perioden 1990-2010. Jf. ovenfor skyldes det fald i udledningen fra renseanlæg, idet der ikke er set nogen udvikling i den diffuse tilførsel, dvs. baggrunds- og landbrugsbidraget.

**Figur 3.1.** Ferskvandsafstrømning, samlet tilførsel af fosfor til de marine kystafsnit og vandføringsvægtet fosfor koncentration for 1990 til 2009 (Windolf et al. 2010).



### 3.1.3 Tilførsel af fosfor via luften

Atmosfærisk fosfor er hovedsageligt bundet til partikler og transporteres i luften med disse. Denne fosfor stammer fra både menneskeskabte og naturlige kilder, bl.a. afbrænding af kul og halm og jordfygning. Deposition af fosfor til de indre danske farvande og landområder er som tidligere år vurderet til ca. 0,04 kg P/ha. Depositionen på de indre danske farvande (areal 31.500 km<sup>2</sup>) i 2010 kan herudfra estimeres til ca. 130 tons P og på de danske landområder (areal 43.000 km<sup>2</sup>) til ca. 170 tons P.

### 3.1.4 Opfyldelse af målsætning

De generelle, nationale mål i Vandmiljøplan I for reduktioner i udledning af fosfor er opfyldt. De nationale krav i Vandmiljøplan I vedrørende spildevandsudledninger har været opfyldt siden 1995, og Vandmiljøplan I-kravene til landbruget antages at være opfyldt med ophør af de direkte udledninger fra gårdene omkring 1990. Delmålsætningen i Vandmiljøplan III om en 25 % reduktion i fosforoverskuddet i 2009 vurderes nået,

mens det er vanskeligt at vurdere, om den fulde målsætning om en halvering i 2015 kan nås. Det vurderes i midtvejsevalueringen af Vandmiljøplan III, at målet om yderligere 50.000 ha dyrkningsfrie randzoner langt fra vil blive opfyldt (Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet et al. 2008). Vandmiljøplan III er nu afløst af Grøn Vækst, hvor målet er en reduktion af den landbrugsbetingede fosfortilførsel til vandløb og søer på 210 ton.

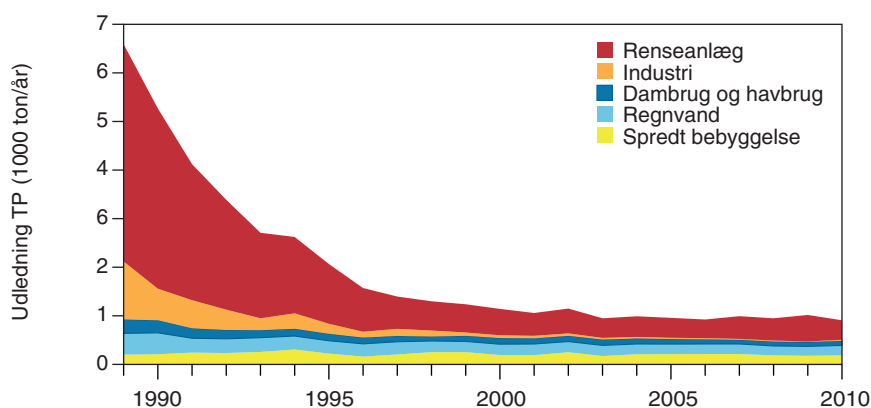
## 3.2 Fosfor fra spildevand

### 3.2.1 Renseanlæg

Der er etableret fosforfjernelse på alle renselanlæg for mere end 5.000 personer for at opfylde udlederkravet på 1,5 mg P/l i Vandmiljøplan I fra 1987. Udlederkravet er mange steder skærpet for at beskytte søer og fjorde, og i mange sø- og fjordoplande sker der fosforfjernelse på alle renselanlæg uanset størrelse. Renseanlæggene udledte i 2010 i alt ca. 400 ton P svarende til en gennemsnitskoncentration i udløbet på ca. 0,55 mg P/l.

Udviklingen i de udledte fosformængder siden 1980'erne er vist i figur 3.2. Siden 1995 har udledningen været mindre end målet i Vandmiljøplan I. Udledningen er siden 1989 mindsket med 93 %.

**Figur 3.2.** Udviklingen i de årligt udledte mængder af fosfor opdelt på forskellige punktkilder (Naturstyrelsen 2011).



### 3.2.2 Industri med egen udledning

Direkte udledninger fra industri til vandområder er betydeligt mindre end udledningerne fra kommunale renselanlæg. I 2010 blev der udledt 23 t P svarende til ca. 0,4 mg P/l som gennemsnitskoncentration.

Udledningen er mindsket fra ca. 1.400 t i 1980'erne til langt under målet på 600 t/år i Vandmiljøplan I fra 1987.

Reduktionen skyldes, at mange virksomheder gennem årene er blevet tilsluttet kommunale renselanlæg eller har etableret en renere teknologi og forbedrede rensemetoder. I alt er fosforudledningerne direkte fra industrier reduceret med næsten 99 % siden 1989.

### 3.2.3 Akvakultur

Det er ikke muligt at præsentere data for 2009 og 2010, idet der har været væsentlige mangler i de indberettede data. I figur 3.2 indgår data fra 2008.

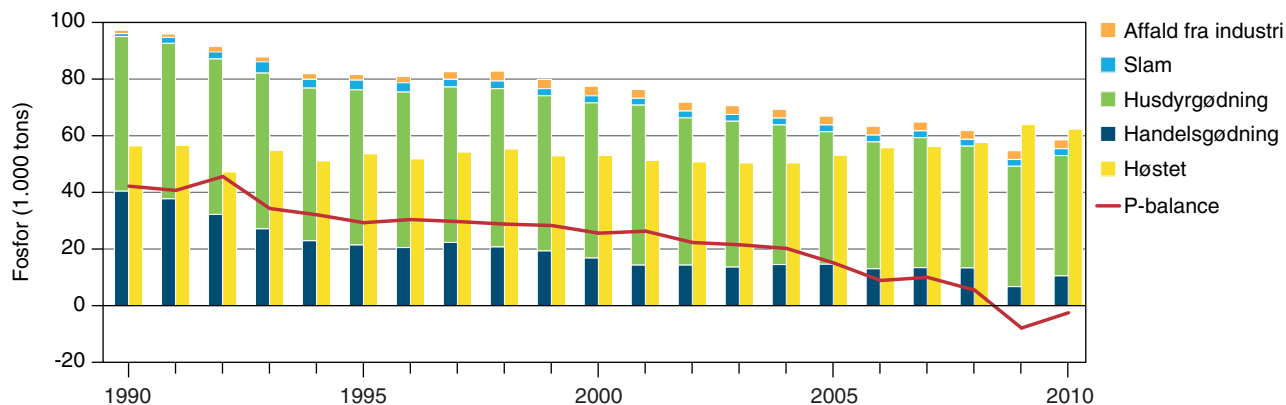
### 3.2.4 Andre kilder.

I figur 3.2 er der endvidere medtaget fosforudledningen fra to andre betydende punktkilder - den spredte bebyggelse og regnbetingede udledninger. Disse kilders fosforbidrag er hver for sig beregnet til ca. 200 ton P. Samlet set er det lige så meget som de store renseanlæg.

## 3.3 Fosfor i landbrug

### 3.3.1 Gødningsforbrug

Forbruget af fosfor i handelsgødning er på landsplan reduceret markant i perioden 1990-2010, mens reduktionen i fosfortilførsel med husdyrgødning har været mindre. Nettotilførslen (også benævnt markoverskuddet) var i 2010 negativ ca. - 2.500 tons P (figur 3.3), dvs. der på landsplan fjernes mere fosfor fra markerne end der tilføres. I 2009 var markoverskuddet ligeledes negativ. Det lave overskud betyder, at der i 2009 og 2010 som gennemsnit stort set har været balance mellem til- og fraført fosfor. Det er ikke helt klart, hvad dette markante fald i overskuddet skyldes, og om det er permanent eller forbigående.

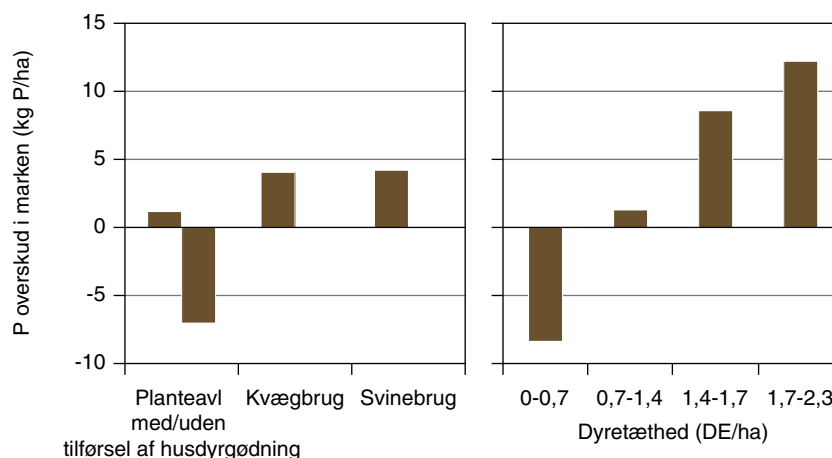


**Figur 3.3.** Udviklingen i tildelt fosfor og høstet fosfor for hele landbrugsarealet i Danmark i perioden 1990 til 2010 (Grant et al. 2011).

Der er stor forskel på markoverskuddet af fosfor afhængig af brugstype og husdyrtæthed. I LOOP-oplandene blev der på planteavlsbrug uden tilførsel af husdyrgødning i 2010 tilført betydeligt mindre fosfor (i gennemsnit 7 kg P/ha) end der blev fjernet med afgrøden, mens der var overskud af fosfor på husdyrbrugene (figur 3.4). Overskuddet er størst ved højest husdyrtæthed.



**Figur 3.4.** Fosforoverskud i marken i landovervågningsoplandene på ejendomme med forskellig brugstype og husdyrtæthed, 2010 (Grant et al. 2011).



### 3.4 Fosforkoncentrationer og udvaskede mængder

#### 3.4.1 Måleprogram

I overvågningsprogrammet for LOOP bestemmes udvaskning af fosfor fra rodzonen ved 31 jordvandsstationer og i omkring 20 borer i det øvre grundvand 1,5 til 5 meter under terræn fordelt over 5 oplande. Transport af fosfor til overfladevand via dræn måles ved 7 stationer og i de vandløb, der afvander oplandene.

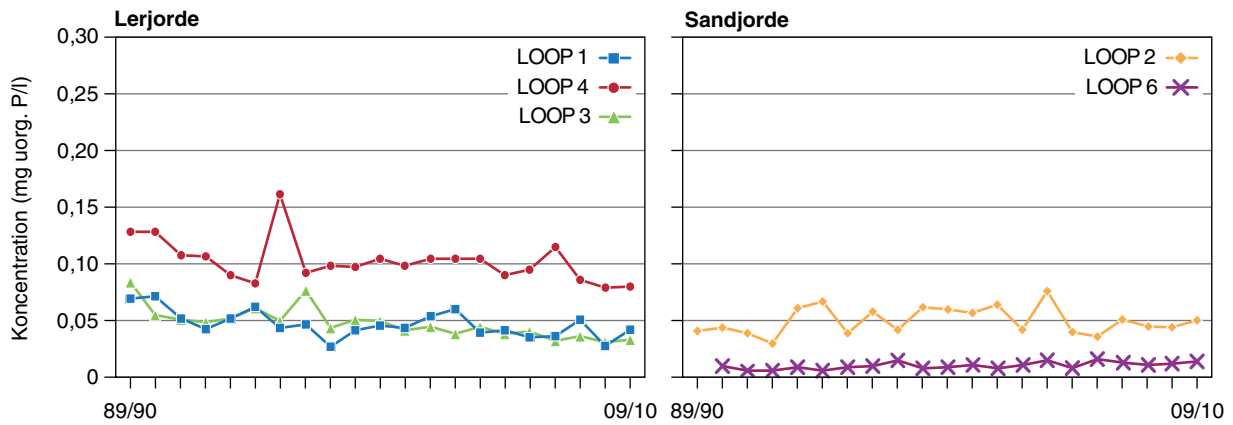
#### 3.4.2 Fosforkoncentrationer i vandet

25 % af jordvandsstationerne ligger på jorde med stor fosformobilitet, og vandet har derfor højere fosforindhold end det sædvanlige lave niveau på omkring 0,025 mg P/l (tabel 3.1). Den store fosformobilitet resulterer også i høje fosforindhold i rodzonevand og dræn, der afvander disse jorde. Ingen af vandløbene i LOOP-oplandene afvander alene jorde med stor fosformobilitet, og de er derfor ikke opdelte i tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Niveauer for opløst ortho-fosforkoncentrationer (vandføringsvægtede) i rodzone, dræn og vandløb i LOOP-oplandene (Tal fra Grant et al. 2011).

Fosforniveauer i LOOP	Jorde med lav P mobilitet	Jorde med stor P mobilitet
	mg P/l	mg P/l
Rodzone	0,005-0,025	Op til 0,4
Dræn	0,015-0,025	Op til 0,18
Vandløb	0,05 - 0,10	

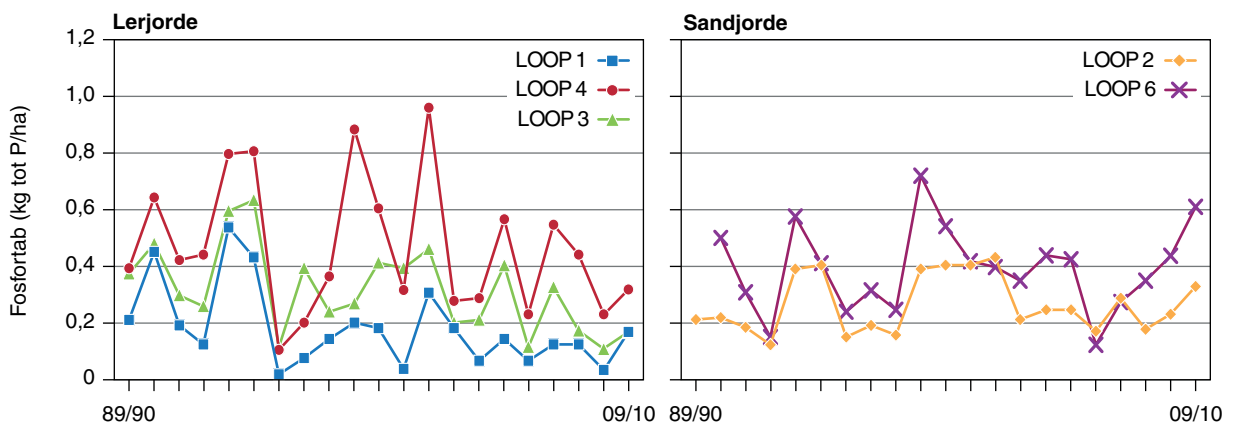
Der er store forskelle på fosforindholdet i det vand, der forlader LOOP-oplandene gennem vandløb (figur 3.5) med de højeste indhold i Lillebæk på Fyn (LOOP 4).



**Figur 3.5.** Vandføringsvægtet koncentration af opløst uorganisk fosfor i de fem landovervågningsvandløb i perioden 1990/91-2009/10 (Grant et al., 2011).

Tabet af fosfor fra landbrugsarealer til vandløbene er beregnet ved fra transporten af fosfor i vandløbene at fratække udledninger fra punktkilder og tabet fra naturarealer. Der er ingen systematisk forskel på tabet af fosfor fra sandede og lerede oplande (figur 3.6).

Tabet af fosfor fra dyrkede arealer i LOOP-oplandene ligger i størrelsen 0,2-0,5 kg P/ha med det største tab til Lillebæk (LOOP 4). Tabet af fosfor er meget afhængig af nedbørsmængder, hvilket er årsagen til, at fosforafstrømningen svinger meget mellem årene. Til sammenligning er der estimeret et tab fra udyrkede naturarealer på knap 0,1 kg P/ha.



**Figur 3.6.** Tabet af total fosfor fra dyrkede arealer i de fem landovervågningsvandløb i perioden 1990/91-2009/10 (Grant et al., 2011).

## 4 Organisk stof som forureningskilde

Udledning af nedbrydeligt organisk stof var tidligere en vigtig kilde til forurening af vandområder. Udledningerne gav slamaflejringer i vandløb og i nærområder omkring store spildevandsudledninger til marine områder, og iltforbruget ved nedbrydning af det organiske stof forringede iltforholdene i vandområdet. Rensning af spildevand har afgørende mindsket forureningen med organisk stof.

### 4.1.1 Kilder til forurening med organisk stof

Forureningen med nedbrydeligt organisk stof måles normalt som iltforbruget ved nedbrydning af det organiske stof i løbet af 5 døgn. Dette betegnes BI<sub>5</sub>. Uden forurening er der et lille naturligt indhold af BI<sub>5</sub> i det vand, der strømmer fra et opland ud i vandområder, normalt omkring eller under 1 mg/l. Der kommer stadig et betydeligt bidrag med spildevandsudledninger, mens dyrkning af jorden normalt ikke medfører en væsentlig forøgelse af indholdet af organisk stof i vandet fra markerne.

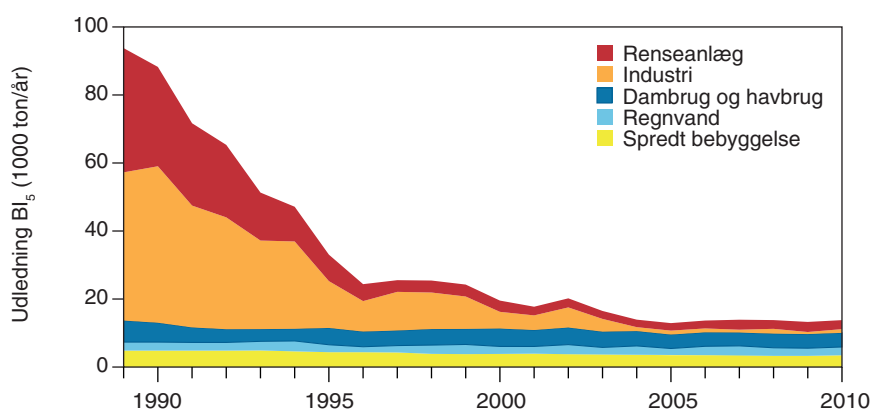
### 4.1.2 Udledning fra renseanlæg

Fra renseanlæg blev der i 2010 udledt ca. 2.700 tons organisk stof (BI<sub>5</sub>). I gennemsnit svarer det til et indhold på 3,8 mg/l, hvilket er langt under det generelle udlederkrav i Vandmiljøplan I på 15 mg/l for anlæg for mere end 5.000 personer.

### 4.1.3 Udledning fra industri med egen udledning

Udledningerne af organisk stof fra industri med egen udledning er mindsket især frem til midt i 1990'erne, men der er også siden sket betydelige reduktioner, og den sidste store industri med betydelig udledning af organisk stof fik etableret biologisk rensning i slutningen af 2003 (figur 4.1). Der blev i 2010 udledt ca. 1100 tons organisk stof (BI<sub>5</sub>) eller i gennemsnit et indhold på ca. 20mg/l.

**Figur 4.1.** Udvikling i udledte mængder af organisk stof fra forskellige punktkilder (Naturstyrelsen 2011).



#### **4.1.4 Akvakultur**

Det er ikke muligt at præsentere data for 2009 og 2010, idet der har været væsentlige mangler i de indberettede data. I figur 4.1 indgår beregnede data fra 2008.

#### **4.1.5 Andre kilder.**

I figur 4.1 er der endvidere medtaget udledningen af organisk stof fra to andre betydende punktkilder - den spredte bebyggelse og regnbetingede udledninger. Udledningen fra den spredte bebyggelse er estimeret til ca. 3.500 ton BI<sub>5</sub> – eller samlet mere end de store renseanlæg. Endelig er udledningen fra de regnbetingede udledninger estimeret til ca. 2.400 ton BI<sub>5</sub>.

#### **4.1.6 Samlet vurdering af forurening med organisk stof**

Udledningerne af organisk stof er mindsket så meget, at de kun giver en væsentlig forurening lokalt omkring udledningen. Især små vandløb kan være forurenede med organisk stof fra udledninger fra spredt bebyggelse eller regnbetingede udledninger fra byer, og der kan ske forurening med organisk stof nedstrøms dambrug eller lokalt omkring havbrug.

## 5 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

### 5.1 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Tungmetaller er naturligt forekommende i miljøet. Metallerne har forskellig betydning for mennesker og dyr, nogle er essentielle, nogle er toksiske og andre har mindre betydning. De essentielle kan være toksiske i høje koncentrationer.

Metaller kan blive frigjort fra deres oprindelige miljø som følge af menneskelig aktivitet, fx ved en grundvandssænkning. Grundvandssænkningen kan medføre iltning af jordlagene og dermed frigivelse af en række metaller til grundvandet. Metaller har udbredt anvendelse i vores dagligdag, og en væsentlig kilde til deres spredning er derfor også spildevand. Metallerne kan endvidere spredes via luften. Endelig indeholder handelsgødning og gylle tungmetaller, som ved udspredning af gødningen på markerne bliver tilført jorden, hvorfra de kan videreføres til vandmiljøet.

Gruppen af organiske miljøfremmede stoffer omfatter primært stoffer, som er fremstillet med henblik på at udnytte de egenskaber, som stofferne har. Eksempelvis udnyttes phthalaternes egenskaber som blødgørere i plastprodukter. PAH (PolyAromatiskeHydrocarboner) indgår blandt de organiske miljøfremmede stoffer. PAH dannes ved ufuldstændig forbrænding af organiske produkter og findes derfor også naturligt i miljøet om end med en meget lille baggrundskoncentration. Pesticider anvendes i landbrug, skovbrug, gartnerier m.v. til bekæmpelse af plantesygdomme, skadedyrsangreb og ukrudt m.v.

Følgende stofgrupper indgår i overvågningen af organiske miljøfremmede stoffer (i parentes det programsatte antal af enkeltstoffer):

- Pesticider (55)
- Aromatiske kulbrinter (14)
- Phenoler (5)
- Halogenerede alifatiske kulbrinter (10)
- Halogenerede aromatiske kulbrinter (6)
- PCB (Polychlorerede biphenyler) (13)
- Chlorphenoler (5)
- PAH (PolyAromatiskeHydrocarboner) (22)
- P-triesterer (Fosfor-triesterer) (4)
- Blødgørere (7)
- Dioxiner og furaner (17)
- Organotinforbindelser (4)
- Bromerede flammehæmmere (7)
- PFAS (Perfluorerede forbindelser) (3).

Overvågningen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer omfattede i 2010 overvågning af luft ved 6 stationer, punktkilder ved 33 renseanlæg, grundvand i ca. 500 indtag samt marine områder ved 35 stationer. Det er forskelligt hvilke stoffer, der indgår i overvågningen i de fire delpro-

grammer. Ligeledes måles ikke nødvendigvis de samme stoffer ved alle stationer indenfor samme delprogram.

### 5.1.1 Screeningsundersøgelser

Sideløbende med den programsatte rutinemæssige overvågning af tungmetaller og miljøfremmede stoffer gennemføres der orienterende screeningsundersøgelser af "nye" stoffer. Undersøgelserne bliver lavet med henblik på at skabe grundlag for en stillingtagen til, om nye stoffer skal inddrages i overvågningen eller ej.

Der er gennemført screeningsundersøgelse af:

- PFAS (Perflorerede forbindelser) og organotinforbindelser i spildevand, ferskvand samt sediment og biota fra vandløb og søer (Strand et al. 2007)
- Beryllium i ungt grundvand (Larsen 2006)
- Lægemidler og triclosan i punktkilder og vandmiljøet (Mogensen et al. 2007)
- Screening for udvalgte pesticider i vandløb og grundvand (Bossi et al. 2009)
- Muskstoffer i punktkilder og i det akvatiske miljø (Bossi et al. 2009)
- Screening for kloroalkaner i sediment (Larsen et al. 2010)
- Screeningsundersøgelse og afprøvning af prøvetagningsmetodik til undersøgelse af udsivning fra jordforurening til overfladevand (Juhler et al. 2010)
- Kviksølvforbindelser, HCBD og HCCPD i det danske vandmiljø (Strand et al. 2010)
- PFAS i grundvand.

Desuden er der gennemført screeningsundersøgelse af:

- Fenoler i biota
- Udvaskning af veterinære lægemidler til dræn og grundvand.

Disse undersøgelser er endnu ikke rapporterede.

## 5.2 Deposition af tungmetaller fra luften

Depositionen og indholdet i luften af partikelbundet tungmetal er gennem en årrække blevet målt på syv stationer fordelt ud over landet. I forbindelse med revision af programmet i 2010 er antallet af stationer reduceret og placering af målestationer ændret. Depositionen af tungmetaller blev i 2010 målt ved seks stationer og indholdet af partikelbundne tungmetaller ved to stationer.

### 5.2.1 Målsætning

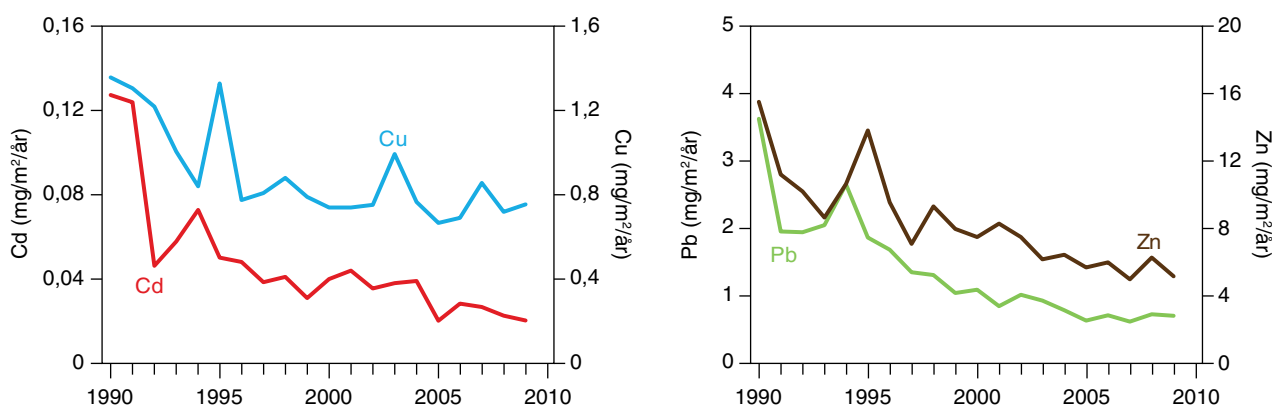
I Danmark og på europæisk plan er det en målsætning, at naturen via luften ikke må modtage mere forurening med tungmetaller, end den kan tåle. Et EU-direktiv (det 4. datterdirektiv om bl.a. tungmetaller) pålægger medlemslandene at måle koncentrationerne i luften og depositionen af bl.a. arsen, cadmium og nikkel med henblik på en samlet europæisk re-

duktion af den mulige skadevirkning af disse stoffer i baggrundsområder.

### 5.2.2 Deposition af tungmetaller i 2010

Deposition af tungmetaller spiller en væsentlig rolle for den samlede belastning af de danske farvande og landområder med disse stoffer. I mange tilfælde er den atmosfæriske deposition af tungmetaller til vandmiljøet betydeligt i forhold til andre kilder.

Der har siden 1989 været en tydelig nedgang i depositionen af tungmetaller (figur 5.1). Niveaulet for depositionen adskilte sig i 2010 ikke fra niveauet de foregående år.



**Figur 5.1.** Udvikling af zink (Zn) og bly (Pb) samt kobber (Cu) og cadmium (Cd) i depositionen i 1989-2010 (Ellermann et al. 2011).

En stor del af de tungmetaller, der findes i atmosfæren over Danmark, kommer fra kilder udenfor Danmark. På trods af en usikkerhed på estimerne på  $\pm 30-50\%$  viser en sammenligning af de estimerede depositioner til de indre danske farvande og danske landområder med de danske emissioner af tungmetaller, at de danske emissioner for alle de målte tungmetaller undtagen kobber er væsentligt mindre end depositionerne (tabel 5.1).

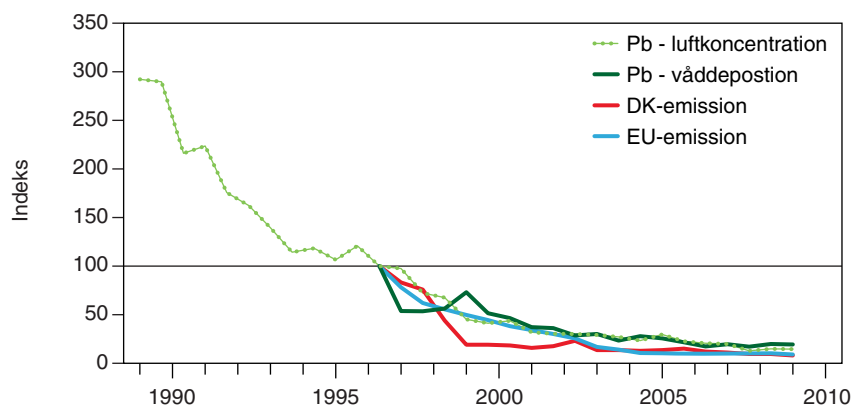
**Tabel 5.1.** Årlig deposition estimeret fra målinger på seks stationer samt emission af tungmetaller til atmosfæren fra danske kilder i 2010. (Ellermann et al. 2011).

Deposition	Deposition til land $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Deposition til vand $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Estimeret deposition		Emission
			Landområder (43.000 km <sup>2</sup> ) ton/år	Indre farvande (31.500 km <sup>2</sup> ) ton/år	Danske kilder ton/år
Cr, chrom	180	170	8	5	0,8
Ni, nikkel	230	190	10	6	5,0
Cu, kobber	720	690	31	22	49
Zn, zink	5.900	5.600	250	180	28
As, arsen	91	83	4	3	0,43
Cd, cadmium	36	29	2	1	0,42
Pb, bly	910	840	39	26	8,2

En sammenligning af udviklingen i emissioner i Europe og Danmark med udviklingen i deposition og koncentration viser, at der er god sammenhæng i udviklingstendenserne. Et eksempel herpå er vist i figur 5.2.

Foruden emissioner har også klimatiske forhold en væsentlig betydning for den variation, der ses mellem målingerne fra år til år af primært depositionen. Mængden af nedbør, antallet af byer, nedbørsintensiteten samt i hvilket omfang transport af luftmasser falder sammen med regnhændelser er faktorer, som påvirker depositionens størrelse.

**Figur 5.2** Målinger af bly i våd-depositionen og partikelkoncentration i luften sammenlignet med emissioner fra Danmark og EU-lande (Ellermann et al. 2011).



### 5.2.3 Koncentration af tungmetaller i luften

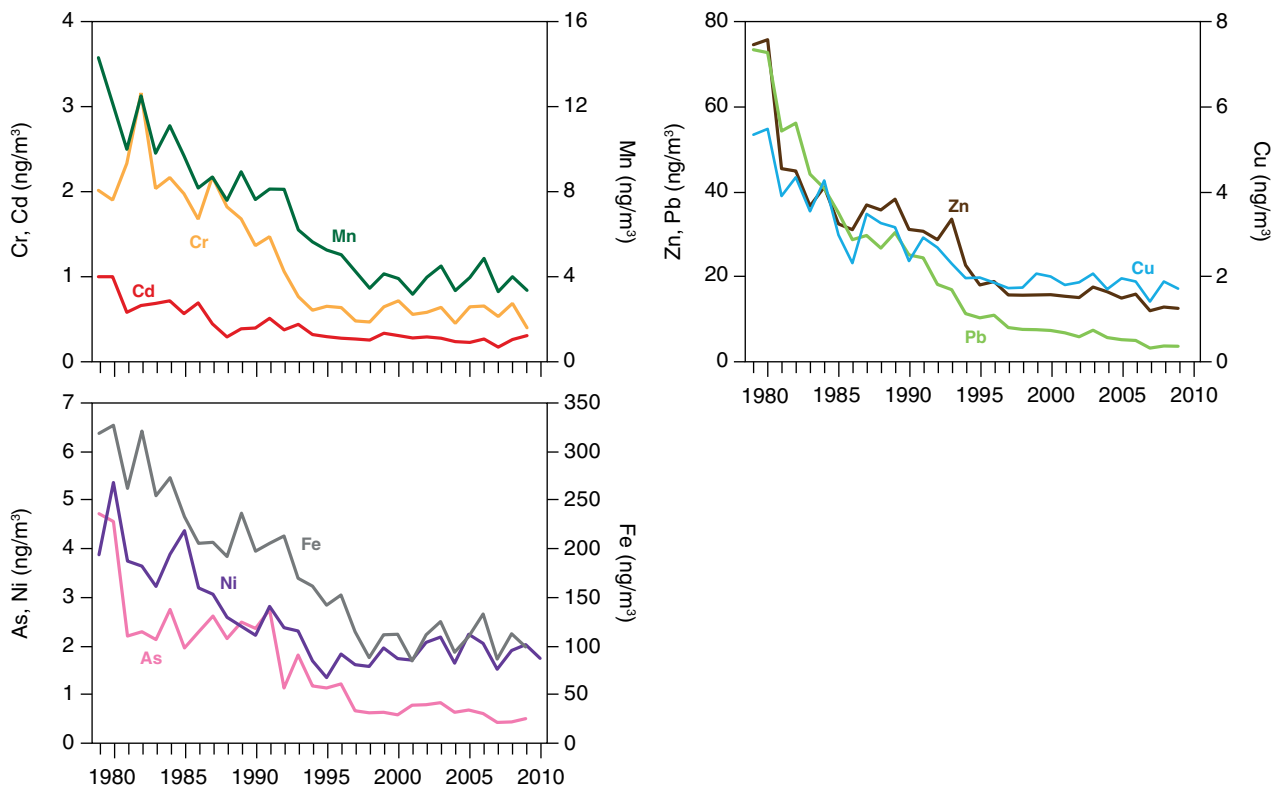
Resultaterne af 30 års målinger viser, at koncentrationen af luftens indhold af tungmetaller er reduceret betydeligt siden slutningen af 70'erne (figur 5.3).

## 5.3 Tungmetaller fra punktkilder

Tungmetaller bliver tilført overfladevand ved udledning med spildevand. I perioden 2007 – 2009/2010 blev udledningen målt ved udvalgte ca. 35 renseanlæg med ca. en tredjedel hvert år, i 2009 og 2010 blev der målt ved i alt 9 renseanlæg. Udledningen ved de 9 renseanlæg repræsenterer samlet set ca. 15 % af den samlede spildevandsmængde på landsplan. Størstedelen af de undersøgte anlæg er avancerede renseanlæg.

Indholdet af tungmetaller er målt i udledningen fra renseanlæg siden 1998. Sideløbende med rapporteringen af resultaterne fra 2010 er der lavet en bearbejdning og afrapportering af resultaterne fra 1998-2009 (Naturstyrelsen, 2011a). I rapporten er der opstillet nøgletal for metaller/uorganiske sporstoffer i renseanlæggenes indløb og udløb. Nøgletalene anses for at være et bedste bud på den årlige middelværdi og er angivet som 75 %-fraktilen af målinger.





**Figur 5.3.** Udvikling i koncentrationen i luften af en række tungmetaller i perioden 1979-2009. Kurverne repræsenterer gennemsnit af målinger ved Keldsnor og Tange. Usikkerheden på estimaterne er  $\pm 30$ -50 %. På grund af utilstrækkeligt datagrundlag er koncentrationen for 2010 ikke beregnet (Ellermann et al. 2010).

### 5.3.1 Målsætning

Udledningen af tungmetaller skal begrænses, så nationalt fastsatte vandkvalitetskrav kan opfyldes. Der er i bekendtgørelsen om miljøkvalitetskrav til overfladevand fastsat krav til bl.a. bly, krom, kobber, nikkel og zink (Miljøministeriet 2010).

### 5.3.2 Udledning af tungmetaller fra renselanlæg

Der er målt for i alt 19 metaller, i tabel 5.2 er vist middel- og mediankoncentration samt 95 % fraktilen af koncentrationerne af de otte metaller, der blev fundet i de højeste koncentrationer.

Ved vurdering af udledninger fra renselanlæg i forhold til miljøkvalitetskravene for overfladevand antages det normalt, at der ved udledning til ferskvand sker en fortynding med en faktor 10. Ved udledning til marine områder vil der være en væsentlig større fortynding. For metaller er miljøkvalitetskravene udtryk for den tilladte koncentration ud over baggrundskoncentrationen. For kobber er der fastsat en øvre værdi for summen af baggrundskoncentration og tilført koncentration. Ved en vurdering skal der desuden tages højde for, at det generelle kvalitetskrav gælder for et gennemsnit af 12 målinger indenfor et år, samt at miljøkvalitetskravene er gældende for den opløste fraktion af metallerne. I spildevand er det totale indhold målt, dvs. både den opløste og den partikelbundne fraktion.

**Tabel 5.2** Koncentration af udvalgte metaller i udledning fra renseanlæg i 2009/2010 angivet som middel- og medianværdi samt 95 % fraktil. I tabellen er vist de otte metaller, der blev udledt i højeste koncentrationer (tal fra Naturstyrelsen 2011).

	Middel	Median	95 % fraktil)
Antimon ( $\mu\text{g/l}$ )	5,3	<1	30
Barium ( $\mu\text{g/l}$ )	46	29	159
Bly ( $\mu\text{g/l}$ )	0,04	<0,5	1,6
Bor ( $\mu\text{g/l}$ )	670	260	2.650
Krom ( $\mu\text{g/l}$ )	0,61	<0,5	1,7
Kobber ( $\mu\text{g/l}$ )	8,0	1,3	25
Nikkel ( $\mu\text{g/l}$ )	6,9	3,9	24
Zink ( $\mu\text{g/l}$ )	39	28	95

Med ovennævnte antagelse om fortynding finder man, at medianværdien af de målte koncentrationer er lavere end kvalitetskravet for ferskvand (tabel 5.3). Ved en tilsvarende vurdering i forhold til 95 % fraktilen (den koncentration, som 95 % af de undersøgte prøver har et indhold der er lavere end) er koncentrationen lavere end kvalitetskravet for alle metaller undtagen barium, bor og zink. Der er ved denne vurdering ikke taget højde for baggrundskoncentrationen, eller at der ikke kun er målt på den opløste del af metalindholdet. Det betyder, at i de tilfælde, hvor de fortyndede koncentrationer er lavere end miljøkvalitetskravet, er det rimeligt at antage, at kravet er overholdt. Hvis derimod de fortyndede koncentrationer er højere end miljøkvalitetskravet, kan der ikke umiddelbart drages konklusioner, men en overskridelse af kravet kan ikke på samme måde udelukkes.

**Tabel 5.3** Miljøkvalitetskrav af udvalgte metaller i overfladevand (Miljøministeriet 2010). Kravene gælder for den opløste koncentration. Miljøkvalitetskravene er de tilladte koncentrationer ud over baggrundskoncentrationen.

	Generelt kvalitetskrav		Korttidskvalitetskrav	
	Ferskvand	Marin	Ferskvand	Marin
Antimon ( $\mu\text{g/l}$ )	113	11,3	177	177
Barium ( $\mu\text{g/l}$ )	9,3	5,8	145	145
Bly ( $\mu\text{g/l}$ )	0,34	0,34	2,8	2,8
Bor ( $\mu\text{g/l}$ )	94	94	2.080	2.080
Krom ( $\mu\text{g/l}$ )	3,4/4,9	3,4/3,4	17/124	17/124
Kobber ( $\mu\text{g/l}$ )	1 (øvre 12)	1 (øvre 2,9)	2	2
Nikkel ( $\mu\text{g/l}$ )	2,3 (øvre 3)	0,23 (øvre 3)	6,8	6,8
Zink ( $\mu\text{g/l}$ )	7,8	7,8	8,4	8,4

## 5.4 Deposition af miljøfremmede stoffer fra luften

Deposition af miljøfremmede stoffer er i 2010 overvåget ved måling af pesticider, nitrophenoler og PAH i regnvandsprøver fra to stationer ved Risø nær Roskilde og Sepstrup Sande sydvest for Silkeborg.

De pesticider og nitrophenoler, der indgår i måleprogrammet, har alle en vis evne til at fordampe. Der måles i alt 17 pesticider og nedbrydningsprodukter. Pesticiderne omfatter stoffer, hvoraf en del fortsat anvendes i Danmark eller i vore nabolande, samt deres nedbrydningsprodukter. Nitrophenoler dannes i luften ved reaktion mellem kvælstofilter og aromatiske kulbrinter. PAH dannes ved forbrænding af fossile og naturlige brændsler, fx i biler og ved energiproduktion. PAH transporteres med luften fra kilderne til bl.a. naturområder.

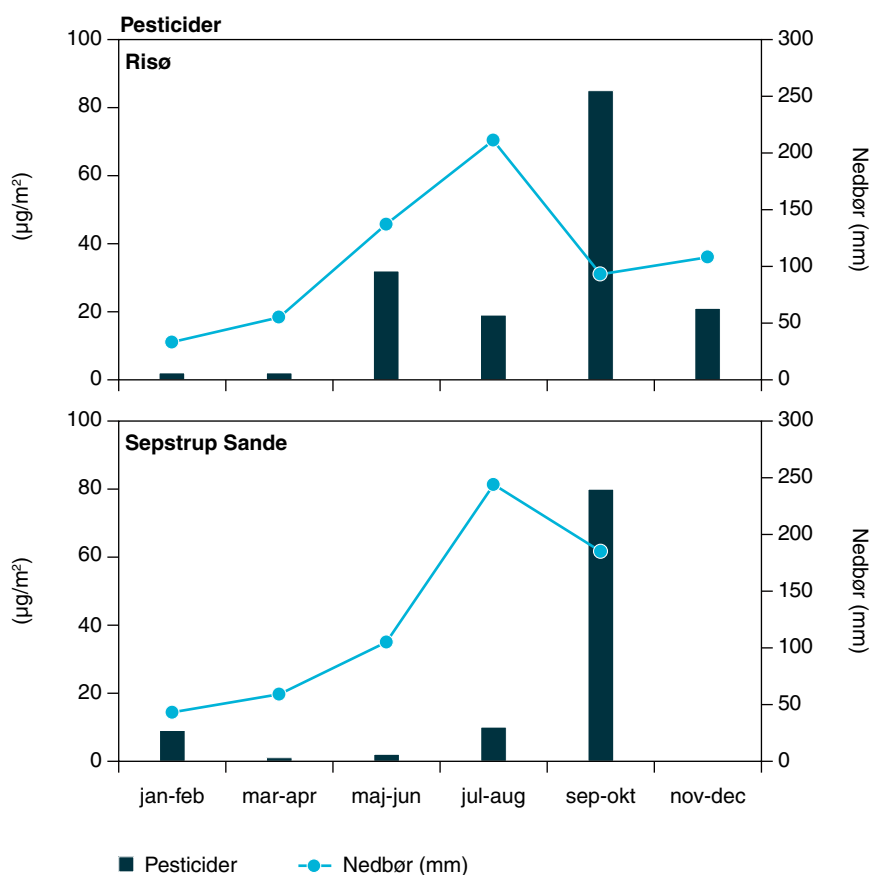
## Målsætning

I Danmark og på europæisk plan er det en målsætning, at naturen ikke må modtage mere luftforurening, end den kan tåle. Der er ingen specifik målsætning om størrelsen af depositionen af miljøfremmede stoffer. Målingerne bidrager til beskrivelse af tilførslen til vand- og naturområder via luften med de undersøgte stoffer.

### 5.4.1 Deposition af pesticider

Depositionen af pesticider var ved den ene af de to målestationer, Sepstrup Sande lav det meste af året i 2010 med markant højere deposition i eftersårsmånederne, hvor markerne bliver sprøjtede. Ved den anden målestation, Risø, var depositionen ligeledes højest i efterårsmånederne, men derudover blev der også i forårs- og sommermånederne målt høje koncentrationer (figur 5.4).

**Figur 5.4.** Våddeposition af 14 almindeligt anvendte pesticider og 5 nedbrydningsprodukter i 2010 målt over 2-måneders perioder ved Risø og Sepstrup Sande. Kurven angiver nedbørsmængde i den tilsvarende periode (Ellermann et al. 2011).



Ved begge stationer udgjorde prosulfocarb i 2010 størstedelen af depositionen af pesticider. Derudover ydede pendimethalin et bidrag til den høje efterårsdeposition. Desethylterbutylazin blev blandt de målte stoffer fundet med den næststørste deposition, den største deposition blev målt ved Risø i forårsmånederne og relativt høj deposition af desethylterbutylazin blev målt ved begge stationer i sommermånederne. Desuden bidrog terbutylazin og MCPA til den høje deposition af pesticider ved Risø i maj-juni måned, og dichlorprop til den høje deposition ved Risø i juli-august (tabel 5.4).

Prosulfocarb og pendimethalin anvendes til ukrudtsbekæmpelse i vintersæd, og MCPA anvendes ukrudtsbekæmpelse bl.a. i vårsæd, hvilket passer med tidspunktet for stor pesticiddeposition. Dichlorprop anvendes til ukrudtsbekæmpelse i græsplæner. Terbuthylazin har været anvendt som ukrudtsmiddel, men har fra 2009 ikke længere været tilladt. Det er derfor bemærkelsesværdigt, at terbuthylazin og dets nedbrydningsprodukt desethylterbuthylazin blev påvist i nedbøren i 2010. Prosulfocarb, pendimethalin og MCPA var i 2009, efter glyphosat, de mængdemæssigt mest solgte aktivstoffer i ukrudtsmidler til landbrugsformål (Miljøstyrelsen 2010).

**Tabel 5.4.** Våddeposition i 2010 af de pesticider og nedbrydningsprodukter, der blandt 14 almindeligt anvendte pesticider samt 5 nedbrydningsprodukter af pesticider blev målt på Risø og Sepstrup Sande (S.S.), i mængder større end 2 µg/m<sup>2</sup> i en eller flere prøver. nd angiver at koncentrationen af det pågældende stof ligger under detektionsgrænsen. I november-december blev opsamlingsflaske ved Sepstrup Sande sprængt grundet frost, så derfor er der ikke noget resultat (Ellermann et al. 2011).

	Jan-Feb		Mar-Apr		Maj-Jun		Jul-Aug		Sept-Okt		Nov-Dec	
	Risø	S.S.	Risø	S.S.	Risø	S.S.	Risø	S.S.	Risø	S.S.	Risø	S.S.
Desethylterbuthylazin	nd	nd	0,11	0,12	23,02	0,42	2,53	7,56	nd	nd	nd	-
Dichlorprop	nd	nd	nd	nd	nd	0,21	16,25	nd	nd	nd	nd	-
MCPA	nd	nd	0,22	0,18	2,60	0,42	nd	nd	nd	nd	nd	-
Pendimethalin	0,43	7,78	0,44	0,24	nd	nd	nd	nd	6,51	1,48	2,27	-
Prosulfocarb	0,10	0,04	0,44	0,24	1,10	0,95	0,63	0,24	77,75	78,44	18,25	-
Terbuthylazin	nd	nd	nd	0,12	4,38	nd	0,63	2,20	nd	nd	nd	-
<b>Sum</b>	<b>1,8</b>	<b>8,6</b>	<b>2,4</b>	<b>1,5</b>	<b>32</b>	<b>2,0</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>85</b>	<b>80</b>	<b>21</b>	<b>-</b>

#### 5.4.2 Deposition af nitrophenoler og PAH

Middelkoncentrationer og årlige depositioner af nitrophenoler var i 2010 højere ved stationen ved Risø end ved stationen ved Sepstrup Sande, dog med undtagelse af september-oktober, hvor der blev målt højest deposition af nitrophenoler ved stationen ved Sepstrup Sande.

Omvendt var middelkoncentrationer og årlige depositioner af PAH højere ved stationen ved stationen ved Sepstrup Sande højere end ved stationen ved Risø. Størst deposition blev fundet i vintermånederne november-december og januar-februar.

Der er ved såvel nitrophenoler som PAH det forbehold, at der ikke er måling fra Sepstrup Sande i november-december.

### 5.5 Udledning af miljøfremmede stoffer fra punktkilder

En række miljøfremmede stoffer bliver tilført overfladevand ved udledning med spildevand. I perioden 2007 – 2009/2010 blev udledningen af miljøfremmede stoffer målt sammen med tungmetaller ved ca. 35 renseanlæg, jf. afsnit 5.3. Ligesom for metallerne er der udarbejdet nøgletal for miljøfremmede stoffer.

#### 5.5.1 Målsætning

Udledningen af miljøfremmede stoffer skal begrænses, så nationalt fastsatte vandkvalitetskrav kan opfyldes. Der er i bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav fastsat krav til en række miljøfremmede stoffer, heriblandt

blødgøreren DEHP, bisphenol A og nogle fosfor-triestere (Miljøministeriet 2010).

### 5.5.2 Udledning af miljøfremmede stoffer fra renselanlæg

Der er målt for følgende stofgrupper af miljøfremmede stoffer i udledninger fra renselanlæg:

- PAH
- Aromatiske kulbrinter
- Phenoler
- Halogenerede alifatiske kulbrinter
- Chlorphenoler
- P-triestere
- Blødgørere
- Organotinforbindelser
- Bromerede flammehæmmere
- Anioniske detergenter
- Kationiske detergenter
- Perfluorerede forbindelser.

Indenfor alle de undersøgte stofgrupper blev der i 2009/2010 påvist et eller flere stoffer. Kun få af de påviste stoffer blev fundet med en hyppighed over ca. 30 %. Blandt de undersøgte stofgrupper blev P-triestere ligesom de foregående år samlet set fundet med størst hyppighed. Blødgøreren DEHP og bisphenol A var ligeledes blandt de stoffer, som blev fundet relativt hyppigt.

**Tabel 5.5** Koncentration af udvalgte miljøfremmede stoffer i udledning fra renselanlæg i 2009/2010 angivet som middel- og medianværdi samt 95 %-fraktiler. Hyppigheden angiver fundhyppigheden ved analyse af 23 prøver (tal fra Naturstyrelsen 2011).

	Middel	Median	95 %-fraktil	Hyppighed
DEHP (µg/l)	0,54	0,25	1,5	65 %
Bisphenol A (µg/l)	0,22	<0,1	0,90	48 %
Tributhylphosphat (µg/l)	0,10	0,07	0,26	87 %
Triphenylphosphat (µg/l)	0,05	0,02	0,19	52 %
TCPP (µg/l)	1,4	0,9	3,2	57 %

Ved vurdering af udledninger fra renselanlæg i forhold til miljøkvalitetskravene for overfladevand antages det normalt, at der ved udledning til ferskvand sker en fortynding med en faktor 10. Ved udledning til marine områder vil der være en væsentlig større fortynding. Der er fastsat henholdsvis generelle kvalitetskrav og korttidskvalitetskrav, hvor de generelle kvalitetskrav er baseret på et gennemsnit af 12 årlige målinger.

Med denne antagelse om fortynding finder man ved vurdering af de målte koncentrationer i forhold til miljøkvalitetskravet, at middelværdien og medianværdien for alle fem stoffer er lavere end kvalitetskravene for ferskvand (tabel 5.6). Det samme gælder 95 %-fraktilen. Dette indikerer, at der ikke har været overskridelse af miljøkvalitetskravene for de pågældende stoffer.

**Table 5.6.** Miljøkvalitetskrav af udvalgte miljøfremmede stoffer i overfladevand (Miljøministeriet 2010).

	Generel kvalitetskrav		Kortidskvalitetskrav	
	Ferskvand	Marin	Ferskvand	Marin
DEHP	1,3	1,3	-	-
Bisphenol A	0,1	0,01	10	10
Tributhylphosphat	82	8,2	170	170
Triphenylphosphat	0,74	0,074	1,8	1,8
TCPP	640	64	640	640

## 6 Grundvand

### 6.1 Grundvandet

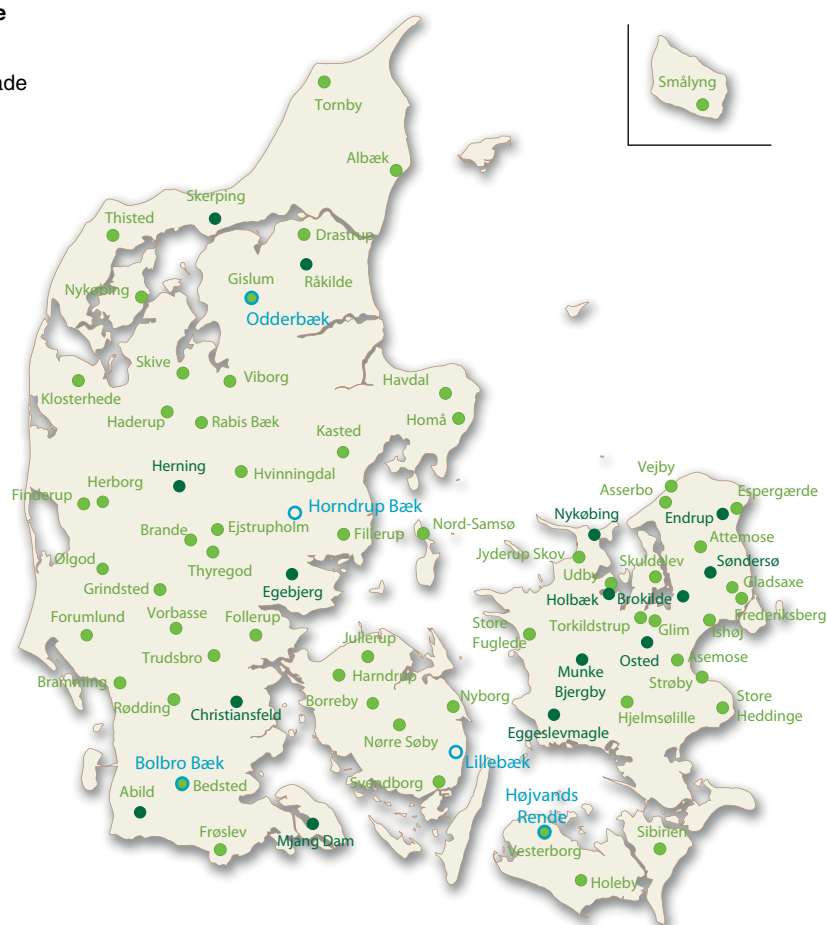
Grundvand er grundlaget for Danmarks drikkevandsforsyning. Det er derfor vigtigt, at grundvandet har en kvalitet, der gør det egnet til drikkevand. En stor del af vandet i vandløb, søer og fjorde er kommet fra grundvandet i oplandet. Forurening af grundvandet vil derfor også kunne påvirke disse vandområder.

#### 6.1.1 Grundvandsovervågning

Formålet med overvågningen af grundvandet er at følge udviklingen i kvaliteten og størrelsen af ressourcen samt at følge effekten af Vandmiljøplanen i 1987 og efterfølgende vandmiljøplaner. Overvågningen foregår fortrinsvis gennem NOVANA, der gennem årene har inddraget ca. 1.400 indtag i boringer fordelt på 73 grundvandsovervågningsområder (GRUMO) og 5 landovervågningsoplande (LOOP) (figur 6.1). I 2010 omfattede grundvandsovervågningen vandprøver fra 63 GRUMO områder.

#### Grundvands- og landovervågningsområde

- Grundvandsovervågningsområde
- Ikke aktivt Grundvandsovervågningsområde
- Landovervågningsopland



**Figur 6.1.** Beliggenhed af grundvandsovervågnings-områder (GRUMO) og landovervågningsoplande (LOOP) (Thorling (red.) 2011).

Grundvandsovervågningen fokuserer på den generelle grundvandskvalitet, mens vandværkernes boringskontrol fokuserer på det grundvand, der indvindes til drikkevandsformål.

Hovedelementerne i grundvandsovervågningen er grundvandsressourcens størrelse, indholdet af naturlige hovedbestanddele, samt ikke mindst indhold og udvikling i indhold af forurenende stoffer som nitrat, tungmetaller, pesticider og andre miljøfremmede stoffer.

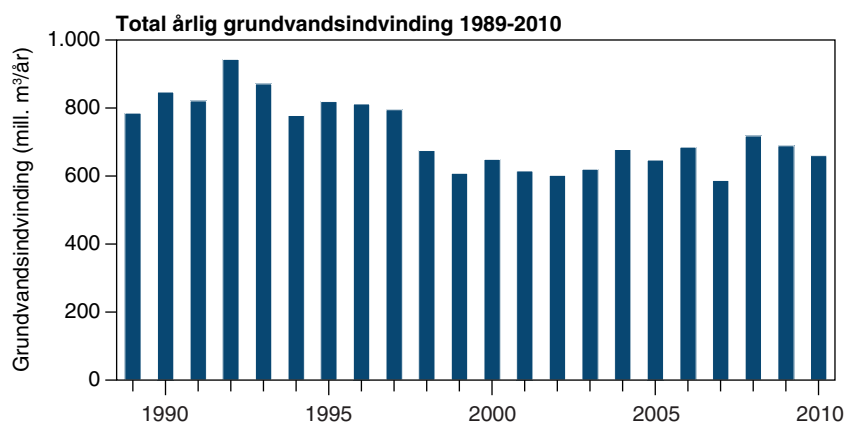
Vandværkernes kontrol af grundvandet samt indberetninger af indvundne mængder indgår som et element i overvågningen.

### 6.1.2 Vandindvinding

Vandindvindingen i Danmark er altovervejende baseret på grundvand. Vandindvindingen omfatter indvinding til såvel drikkevand som erhvervsformål, herunder markvanding. Markvandingen er stærkt varierende og påvirket af klimaet, og det er af stor betydning for den samlede vandindvinding, om vandingsbehovet det pågældende år er stort eller lille.

Den samlede grundvandsindvinding i perioden 1989 – 2010 er vist i figur 6.2. Fra begyndelsen af 1990'erne har der været en markant faldende tendens frem til årtusindeskiftet, hvorefter niveauet siden årtusindeskiftet har været relativt stabilt omkring 600-700 mio. m<sup>3</sup> pr. år. Fraregnes indvindingen til markvanding har indvindingen siden omkring årtusindeskiftet ligget på et stabilt niveau på 500-550 mio. m<sup>3</sup>/år.

**Figur 6.2.** Den samlede grundvandsindvinding i Danmark i 1989-2010. Data fra 2010 foreløbig på grund af ufuldstændig indberetning (Thorling (red.) 2011).



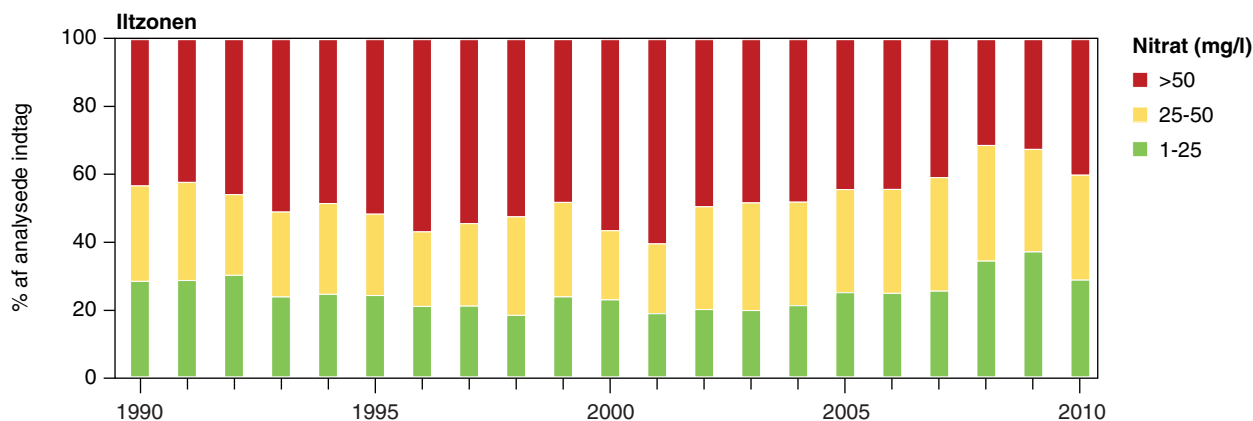
## 6.2 Status for nitratindhold i grundvand

Nitrat i grundvand i høje koncentrationer gør vandet uanvendeligt til drikkevand, da høje nitratkoncentrationer kan være sundhedsskadeligt, bl.a. på grund af hæmning af iltransporten med blodet. Desuden vil grundvand med et højt nitratindhold kunne være en væsentlig forureningskilde for vandområder.



## 6.2.1 Målopfyldelse

Grænseværdien for nitrat i drikkevand og i grundvand er ifølge både Drikkevandsdirektivet og Grundvandsdirektivet på 50 mg nitrat/l. Der er en tydelig tendens til faldende hyppighed af overskridelser af denne grænseværdi i det iltede grundvand (figur 6.3). De senere år har nitratindholdet i det iltede grundvand været højere end grænseværdien i 30-40 % af indtagene mod ca. halvdelen i midten af 1990'erne.

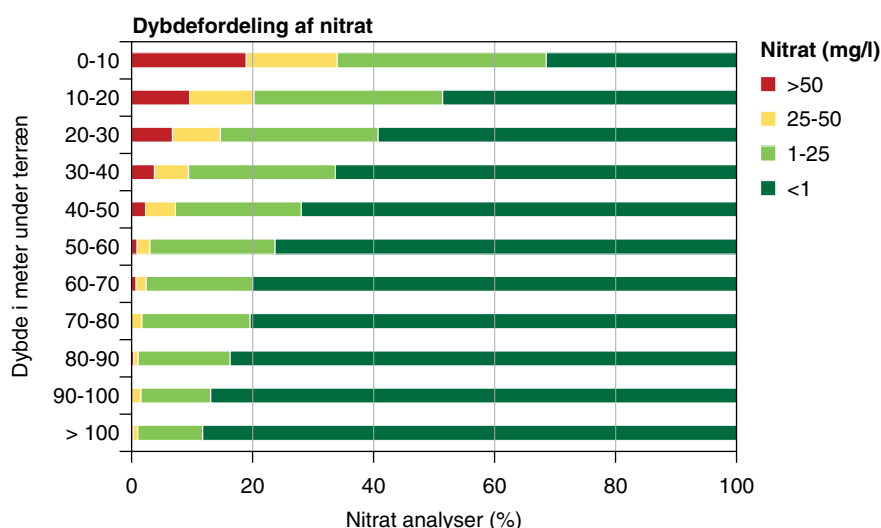


**Figur 6.3.** Fordeling af nitratindhold i perioden 1990-2010 i grundvand i iltzonen (med ilt > 1 mg/l). Den enkelte søjle repræsenterer grundvand fra flere indtag med vidt forskellige aldre (Thorling (red.) 2011).

## 6.2.2 Dybdemæssig fordeling af nitrat

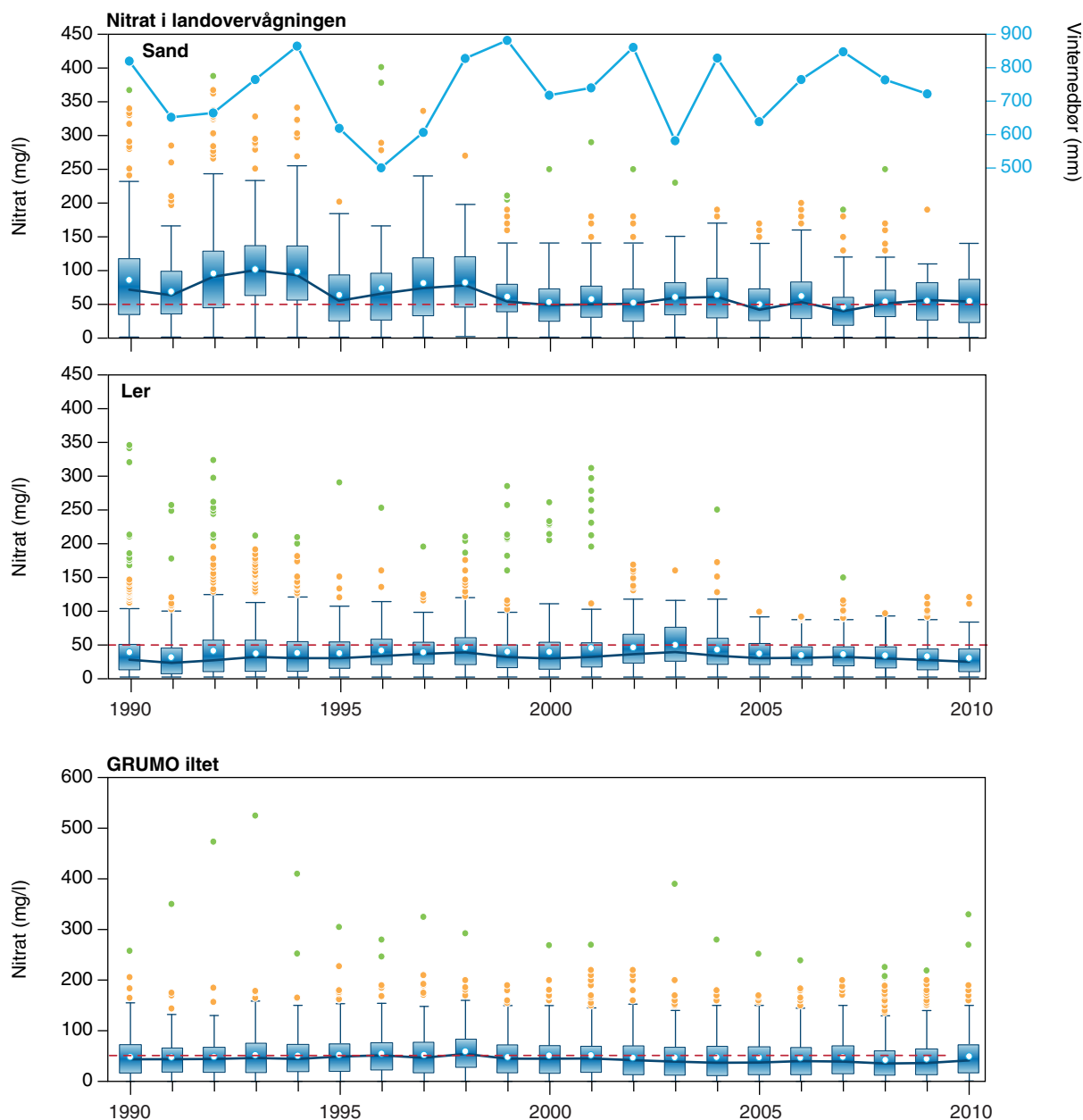
Den største del af analyserne med forhøjet indhold af nitrat kom i perioden 1990-2010 fra indtag, der ligger ned til 50 meter under terræn, og de højeste nitratindhold findes ikke uventet i de øverste 10 meter af jordlagene (figur 6.4).

**Figur 6.4.** Fordeling af nitratindholdet i 2010 efter indtagsdybde under terræn i land- og grundvands-overvågning, boringskontrol i vandværkernes indvindingsboringer og 'Andre boringer' (Thorling (red.) 2011).



### 6.3 Udvikling i nitratindhold i grundvand

Udviklingen i nitratindhold i grundvandet i perioden 1990-2010 er vist i figur 6.5 for det øverste grundvand i landovervågningsområderne og i iltet grundvand i grundvandsovervågningsområderne, som typisk er det øverste grundvand. Udviklingen i landovervågningsområderne er opdelt i områder med henholdsvis sandjord og lerjord.



**Figur 6.5.** Udviklingen i nitratindhold i grundvand i perioden 1990-2010 sammenlignet med vinternedbøren (øverste kurve). Øverst er vist resultater fra landovervågningsområdernes højtliggende grundvand i sand- og lerjordsområder. Nederst er vist resultater fra det iltede grundvand i grundvandsovervågningsområderne. Kurven i boksen forbinder medianværdierne. Desuden er vist 75 % og 25 % fraktiler i minimums og maksimumsværdier af analyseresultater det enkelte år, samt grænseværdien for nitrat i drikkevand og grundvand på 50 mg/l. Grønne prikker viser målinger større end 75 % fraktil + 3(75 % fraktil - 25 % fraktil). Orange prikker viser større end 75 % fraktil + 1,5(75 % fraktil - 25 % fraktil). (Thorling (red.) 2011).

### 6.3.1 Landovervågningsområder

Der er stor spredning på de målte nitratkoncentrationer i det overfladenære grundvand i landovervågningsoplandene (LOOP) (figur 6.5) i både sand- og lerområderne. Nitratindholdet i sandområderne er generelt højere end i lerområderne. Da iltindholdet ikke er målt, kan LOOP data ikke relateres til mulighederne for omsætning af nitrat i det undersøgte grundvand.

For perioden 1990-2010 har der i sandområderne i LOOP (figur 6.5 øverst) været et fald i det øverste grundvands gennemsnitlige nitratindhold fra ca. 95 til ca. 55 mg nitrat/l (svarende til et fald fra ca. 21 til ca. 12 mg N/l). Faldet var størst frem til vinteren 1999/2000, hvorefter ændringerne har været små.

I lerområderne har det gennemsnitlige nitratindhold i vinterhalvåret for hele perioden 1990-2009 ligget omkring 30-50 mg/l (svarende til omkring 7-11 mg N/l), og ikke vist et tydeligt fald som i sandområderne.

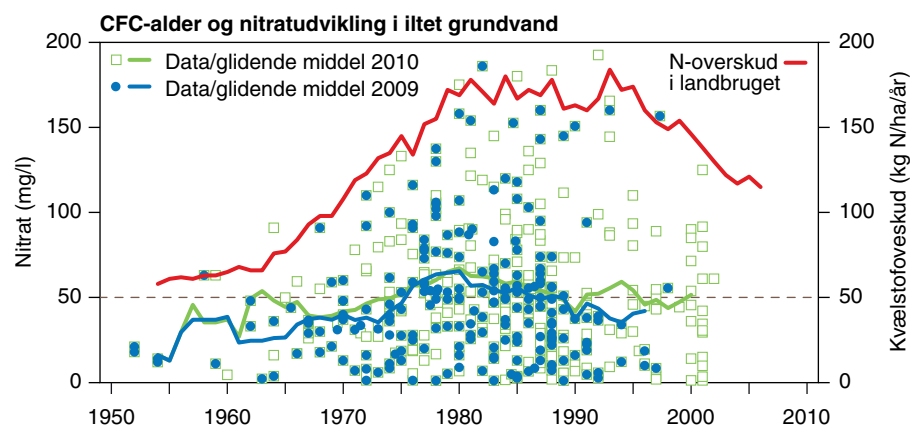
### 6.3.2 Grundvandsovervågningsområder

I det iltholdige grundvand i GRUMO-områderne (figur 6.5 nederst) viser medianværdierne for perioden 1990-2010 en jævn stigning frem til den højeste værdi i 1998, hvorpå de faldt til et niveau på omkring 35-40 mg/l i 2004-2010.

### 6.3.3 Virkning af indsats på nitratindhold

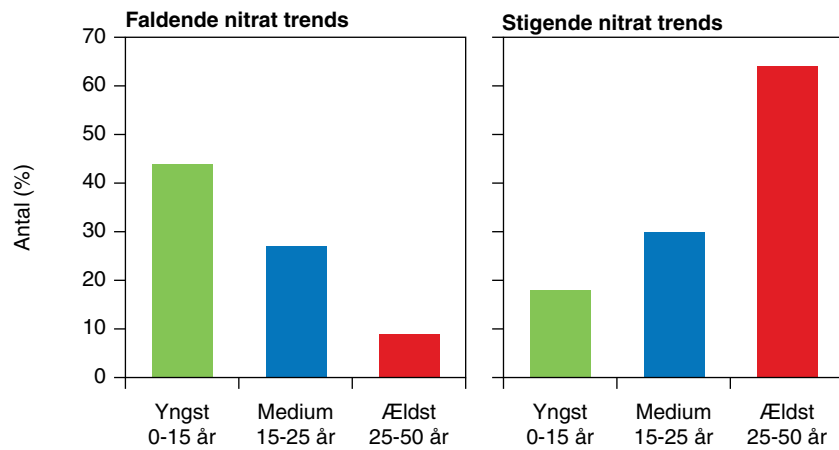
Nitratindholdet i iltet grundvand, som er dannet efter vedtagelse af Vandmiljøplanen i 1987, er en indikator på vandmiljøplanernes effekt på grundvandet. En analyse af data for nitratindholdet i iltet grundvand i forhold til grundvandets alder samt kvælstofoverskuddet i landbruget indikerer, at indsatsen for at begrænse kvælstofoverskuddet kan ses i det unge grundvand.

**Figur 6.6.** Nitratindhold i iltet grundvand i forhold til grundvandets alder sammenholdt med kvælstofoverskuddet i landbruget (Thorling (red.) 2011).



Der findes flere overvågningsboringer med signifikant faldende nitratindhold i det yngste iltede grundvand end i det ældre iltede grundvand (figur 6.7). Der findes imidlertid også stadig boringer i det yngste iltede grundvand, hvor nitratindholdet er signifikant stigende.

**Figur 6.7.** Andel af overvågningsboringer med iltet grundvand, med henholdsvis signifikant faldende og signifikant stigende nitratindhold inddelt i forhold til grundvandets alder (Thorling (red.) 2011).



### 6.3.4 Regional fordeling af nitrat i vandværkernes indvindingsboringer

De områder i Danmark, hvor grundvandet, der bruges til drikkevand, har nitratindhold over 25 mg/l, er hovedsagelig koncentreret til "nitratbæltet" fra Djursland til Nordjylland. I en del af området indvindes der fra kalkbjergarter, som har lav kapacitet til at reducere nitrat, og som samtidig er dårligt beskyttede af lerdæklag. Nitrat i drikkevandet skyldes andre steder, at der på grund af fed ler i undergrunden indvindes overfladenært grundvand, samtidig med at grundvandsmagasinerne er sårbare overfor nitrat på grund af lav nitratreduktionskapacitet i jordlagene og/eller en dårlig beskyttelse fra dæklag.

## 6.4 Uorganiske sporstoffer i grundvand

Uorganiske sporstoffer forekommer naturligt i relativt små mængder i grundvandet. Overfladenært grundvand kan være præget af sporstoffer, som stammer fra den lokale arealanvendelse, mens dybereliggende grundvand er præget af sporstoffer, som stammer fra de geologiske aflejringer, som vandet passerer.

Aluminium, arsen, bly, bor, cadmium, kobber, nikkel og zink er med i grundvandsovervågningen. Blandt disse er aluminium, bor, nikkel og arsen også med i vandværkernes kontrol af deres indvindingsboringer. Både nikkel og arsen har en sundhedsmæssig betydning, idet nikkel er nødvendigt i meget lave koncentrationer, men er samtidig medvirkende årsag til stadigt stigende omfang af allergi. Arsen er yderst giftigt for mennesker.

### 6.4.1 Målsætning

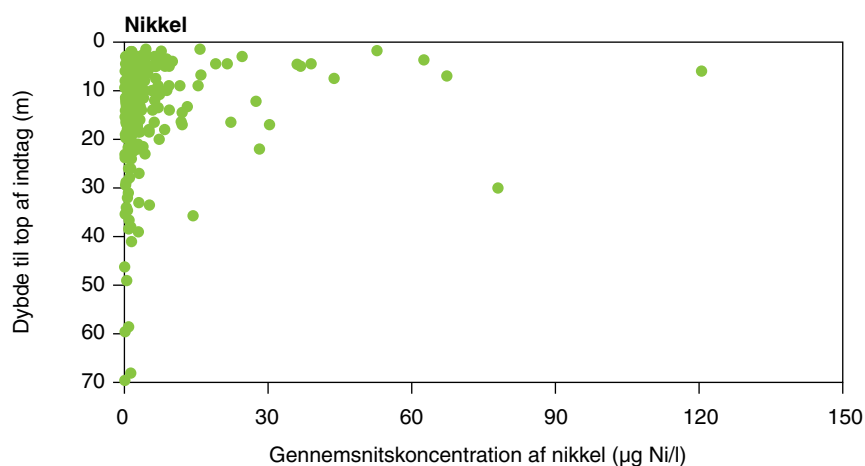
For nikkel er der et kvalitetskrav for drikkevand på 20 µg/l og for arsen på 5 µg/l ved indgang til ejendom (Miljøministeriet, 2007). Både nikkel og arsen kan til en vis grad fjernes i vandværkernes traditionelle sandfiltre og tilbageholdes i okkerslammet. Efter vandrammedirektivet må indholdet ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig.

## 6.4.2 Nikkel

Der blev i 2010 fundet overskridelse af kvalitetskravet for nikkel i drikkevand i 17 af 238 undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Kun en af prøverne var fra en boring, hvor der ikke tidligere er fundet overskridelse af kvalitetskravet.

Nikkel findes naturligt i grundvandet. I jorden indgår nikkel i jernsulfider, som fx pyrit. Overskridelser af kvalitetskravet for nikkel kan skyldes frigivelse af nikkel ved iltning af pyritforbindelser, når der siver nitrat gennem jordlagene. Nikkel kan også frigives ved iltning i forbindelse med at grundvandsspejlet sænkes ved ikke-bæredygtig oppumpning af grundvand. Sammenhæng mellem indholdet af nikkel i grundvand og indtagsdybden under terrænen er vist i figur 6.8.

**Figur 6.8.** Nikkel i forhold til indtagsdybden under terrænen i grundvandsovervågningen (Thorling (red.) 2011).



## 6.4.3 Arsen

Arsen forekommer praktisk taget kun i grundvand uden indhold af oxiderende stoffer, fx ilt. Under oxiderende forhold findes arsen på en form, som har ringe opløselighed i vand, og derfor er indholdet her meget lavt.

Der blev i 2010 fundet overskridelse af kvalitetskravet for arsen i drikkevand i 10 af 238 undersøgte prøver i grundvandsovervågningen. Alle overskridelser blev fundet i indtag, hvor der også tidligere var fundet overskridelser.

## 6.5 Pesticider i grundvand

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter i grundvand kan stamme fra anvendelse i landbrug, skovbrug, udyrkede arealer i byområder samt spild og punktkilder som fx vaskepladser. Stofferne bliver kun i et vist omfang tilbageholdt eller nedbrudt ved traditionel vandbehandling på danske vandværker. Grundvandets indhold af disse stoffer må ifølge vandrammedirektivet ikke øges, således at videregående vandbehandling bliver nødvendig, for at vandet kan anvendes til drikkevand.

### 6.5.1 Målsætning

Pesticidindholdet i drikkevand og grundvand må ikke overstige 0,1 µg/l for enkeltstoffer. De enkelte stoffer er pesticider og nedbrydningspro-

dukter heraf. Forekommer der flere stoffer, må den samlede sum ikke overstige 0,5 µg/l. Grænseværdierne er fastsat i bl.a. EU's drikkevandsdirektiv (Europaparlamentet og Rådet, 1998) og omsat til dansk ret i Drikkevandsbekendtgørelsen (Miljøministeriet, 2011) samt i EU's grundvandsdirektiv (Europaparlamentet og Rådet, 2006) ud fra et forsigtighedsprincip. Grænseværdierne på 0,1 og 0,5 µg/L er ikke fastsat ud fra en sundhedsmæssig vurdering.

### 6.5.2 Pesticider i grundvand i 2010

Der blev i 2010 fundet et eller flere pesticider i knap 45 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen og grænseværdien var overskredet i 15 % af borerne, hvilket var samme niveau som de seneste foregående år. Siden 2003 er der overvejende blevet analyseret for pesticider i grundvandsindtag, hvor grundvandet er dateret til at være yngre end fra ca. 1950, og der er inddraget nye pesticider, når det er fundet relevant. Dette har afspejlet sig i at hyppigheden af pesticidfund har været højere i perioden efter 2003 end i perioden før.

Hyppigheden af pesticidfund er lavere i vandværkernes indvindingsboringer end ved grundvandsovervågningen. Dette kan skyldes, at vandværkerne i nogle tilfælde lukker borer med pesticidfund. I indvindingsboringerne blev der i 2010 fundet overskridelse af grænseværdien for pesticider i grundvand i 4,5 % af de undersøgte borer.

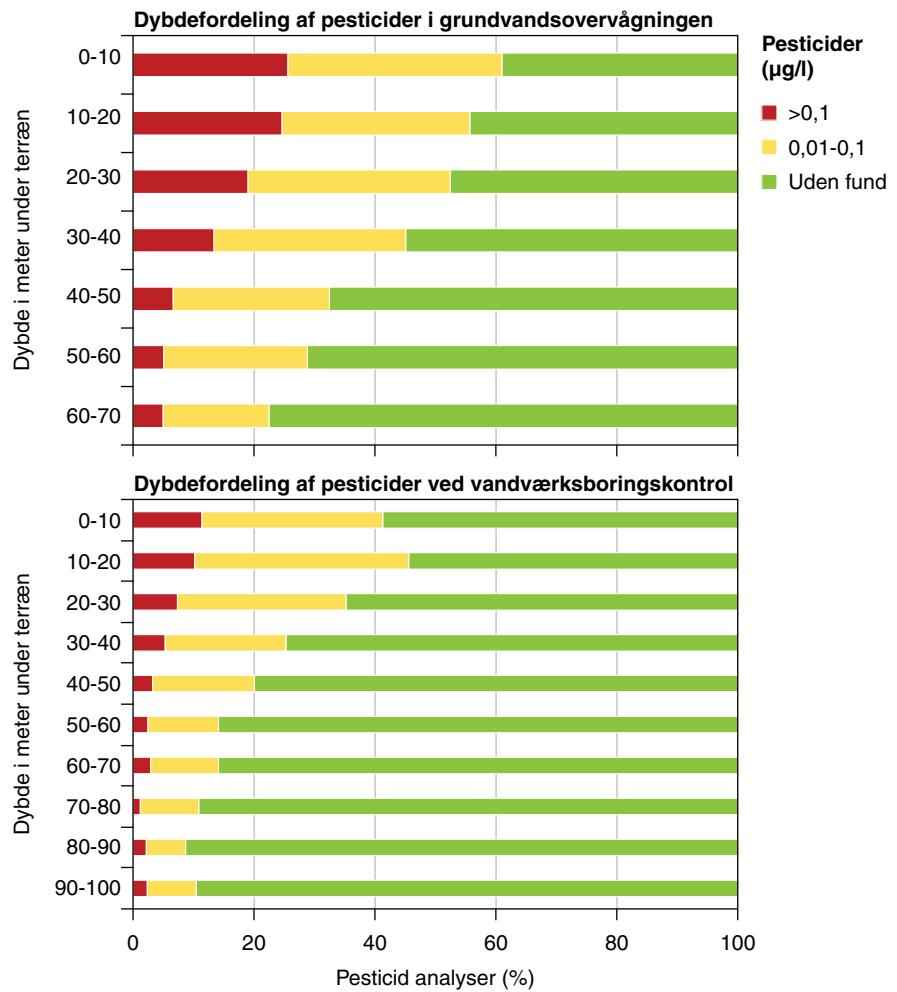
Pesticider og nedbrydningsprodukter er fundet med størst hyppighed i de øvre grundvandsmagasiner. Det gælder både ved grundvandsovervågningen og vandværkernes boringskontrol (figur 6.9).

De undersøgte pesticider og nedbrydningsprodukter kan opdeles i godkendte stoffer, regulerede stoffer og forbudte stoffer. Til de "godkendte" henregnes pesticider, som er godkendt til anvendelse uden at der er sket reguleringer, samt deres nedbrydningsprodukter. Til de "regulerede" henregnes pesticider, som er godkendte, men hvor der efter den oprindelige godkendelse er sket en regulering i deres anvendelse for at nedsætte risikoen for nedsivning til grundvandet.

I 2010 blev der fundet godkendte pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 2 % af de undersøgte indtag, regulerede pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf i ca. 7 % af de undersøgte indtag og forbudte pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 35 % af de undersøgte indtag. Fundene af de regulerede pesticider kan stamme fra stoffernes anvendelse før de blev regulerede.

Det hyppigst fundne stof er BAM, som er et nedbrydningsprodukt af dichlobenil, der blev forbudt i 1996. BAM blev i 2010 fundet med størst hyppighed (ca. 20 %) i såvel grundvandsovervågningen som ved vandværkernes boringskontrol og andre typer af grundvandsboringer. Gennemsnitskoncentrationen af BAM i grundvandsovervågningen har været faldende siden forbuddet i 1996, mens hyppigheden af fund ikke er faldet tilsvarende.

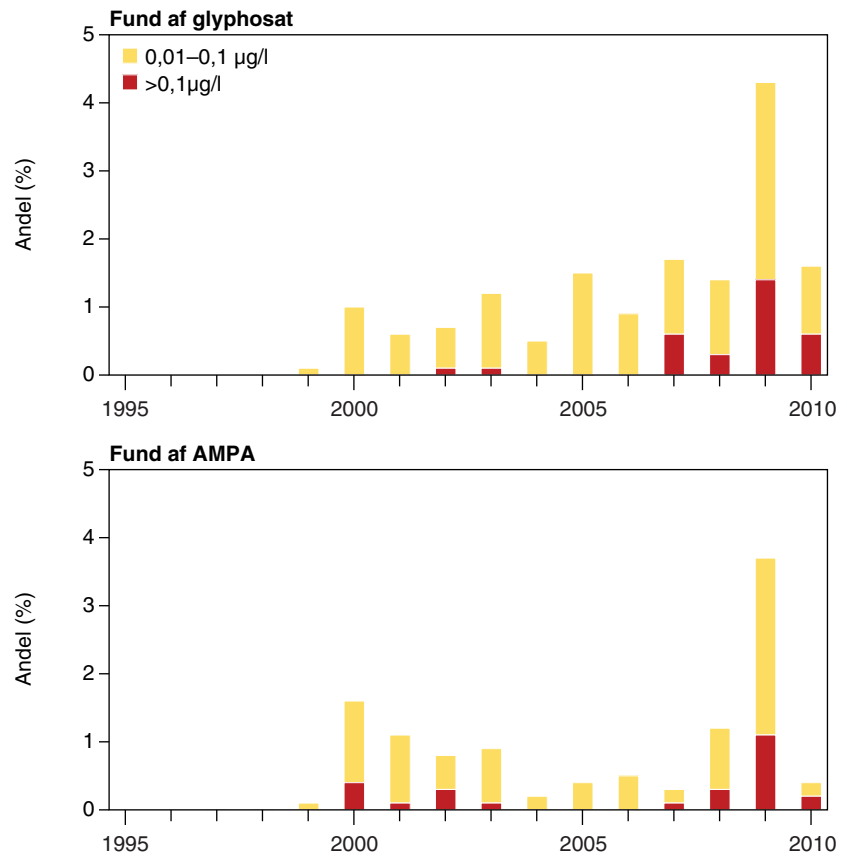
**Figur 6.9.** Dybdemæssig fordeling af hyppigheder af pesticid-fund i 1990-2010 i grundvands-overvågningen og ved vandværkernes boringskontrol (Thorling (red.) 2011).



Glyphosat er blandt de godkendte undersøgte pesticider. Salget af glyphosat udgjorde i 2009 knap 30 % af den solgte mængde ukrudtsmidler i Danmark (Miljøstyrelsen 2010). Glyphosat og dets nedbrydningsprodukt AMPA blev i 2010 fundet i henholdsvis 1,6 % og 0,4 % af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen, dog ikke nødvendigvis i samme indtag. Fundhyppighederne af de to stoffer i grundvandsovervågningen har været stigende de seneste par år, men i 2010 er de faldet og ligger på samme niveau som i 2007 og 2008, og lavere end hyppighederne i 2009 (figur 6.10).

Glyphosat og AMPA blev ikke påvist i de ca. 115 undersøgte vandværksboringer i 2010.

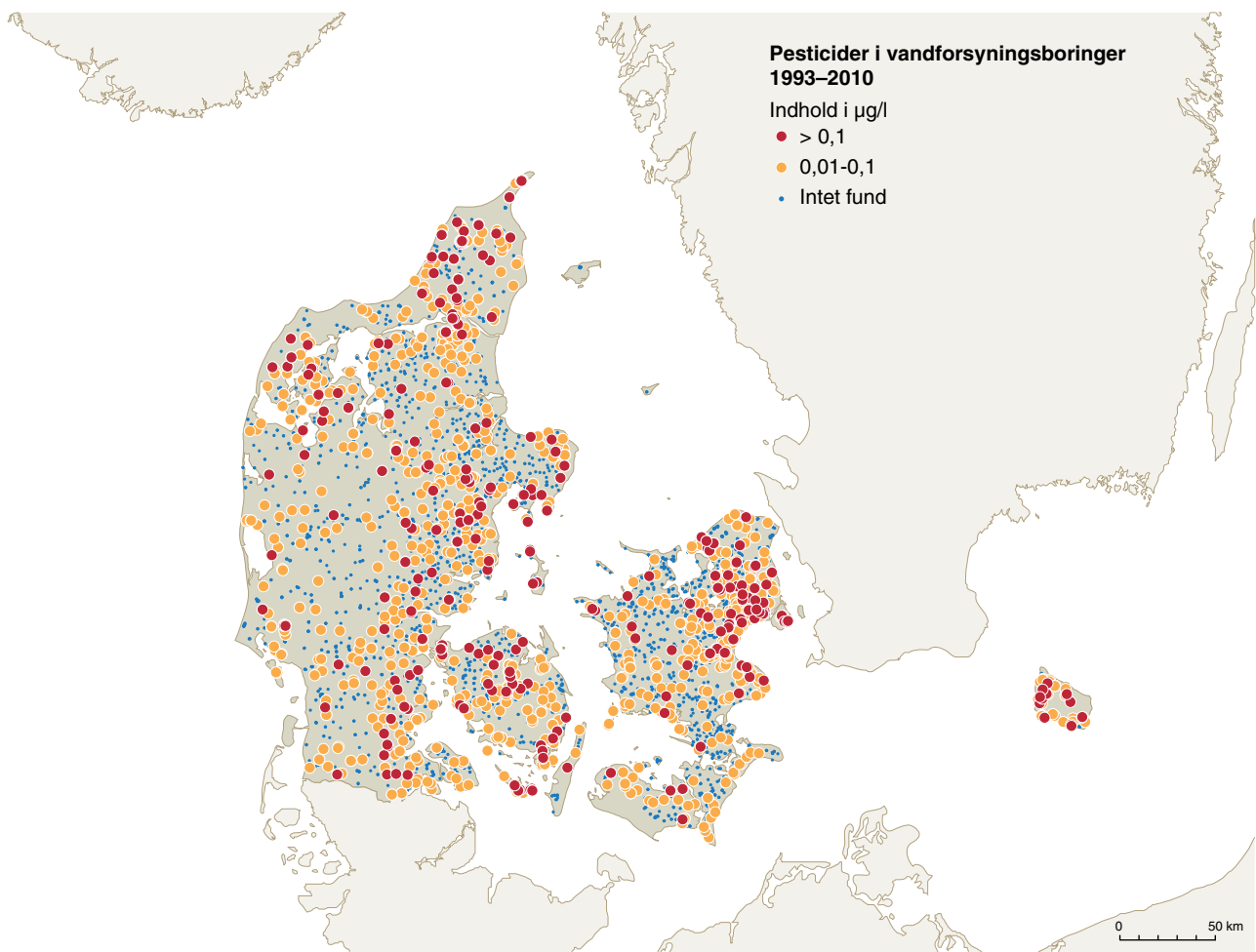
**Figur 6.10.** Fund andele af glyphosat og AMPA i % af alle undersøgte indtag i grundvands- overvågningen i perioden 1997-2010 (Thorling (red.) 2011).



### 6.5.3 Regional fordeling

Ved de større byer er der ved vandværkernes kontrol af indvindingsboringer fundet mange pesticider og nedbrydningsprodukter. BAM og 2,6-dichlobenil er dominerende. Der er tilsyneladende en overrepræsentation af pesticidfund i lerede områder, hvor der også er den største befolkningstæthed (figur 6.11). På sandede jyske hedesletter er der kun få fund af pesticider. Dette kan forklares med, at vandværkerne generelt indvinde fra større dybder her end i resten af landet. Samtidig er datatætheden lav i disse områder på grund af den lavere befolkningstæthed





**Figur 6.11.** Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter ved vandværkernes kontrol af indvindingsboringer 1993-2009. Kun aktive indvindingsboringer er medtaget i figuren. Boringerne er vist med fund, hvis der er fundet pesticider en eller flere gange. Den enkelte boring indeholder derfor ikke nødvendigvis pesticider i dag (Thorling (red.) 2011).

## 6.6 Organiske mikroforureninger i grundvand

Organiske mikroforureninger omfatter et stort antal miljøfremmede stoffer, der anvendes bredt i det moderne samfund. Grundvandsovervågningen omfatter et antal udvalgte stoffer indenfor bl.a. klorerede opløsningsmidler, nonylphenoler og detergenter. Målingerne ved vandværkernes boringskontrol er i et vist omfang baseret på erkendte risici for forurening af grundvandet indenfor det enkelte vandværks indvindingsopland.

Fundene af organiske mikroforureninger i grundvandsovervågningen er ofte på niveau med detektionsgrænsen. Fundene forekommer med samme hyppighed i grundvandsforekomster, som er vurderet til at være af god kemisk tilstand og grundvandsforekomster, som er vurderet til at være af ringe kemisk tilstand.

I 2010 var der fund af organiske mikroforureninger i 44 ud af 231 undersøgte indtag i grundvandsovervågningen. Blandt disse var der fund af blødgøreren DEHP, hvor seks lå over kvalitetskravet for drikkevand.

## 7 Vandløb

### 7.1 Vandløb

De vigtigste miljøproblemer i danske vandløb er, at kvaliteten af levestederne for planter og dyr er forringet som en følge af vandløbsreguleringer, spærringer og vandløbsvedligeholdelse, og at vandløb forurenes af nedbrydeligt organisk stof, der udledes med spildevand. Herudover mindsker vandindvinding i oplandet vandføringen i nogle vandløb, især omkring de store byer, og i områder med jernholdige lavbundsarealer fører dræning til forurening med okker.

Forurening med organisk stof er i vidt omfang afhjulpnet ved biologisk rensning af spildevand, og virkningen af denne indsats har vist sig hurtigt i vandløbene. Derimod vil et reguleret og kanaliseret vandløb kun langsomt af sig selv kunne genskabe sit naturlige fysiske forløb og dermed levestederne for dyr og planter.

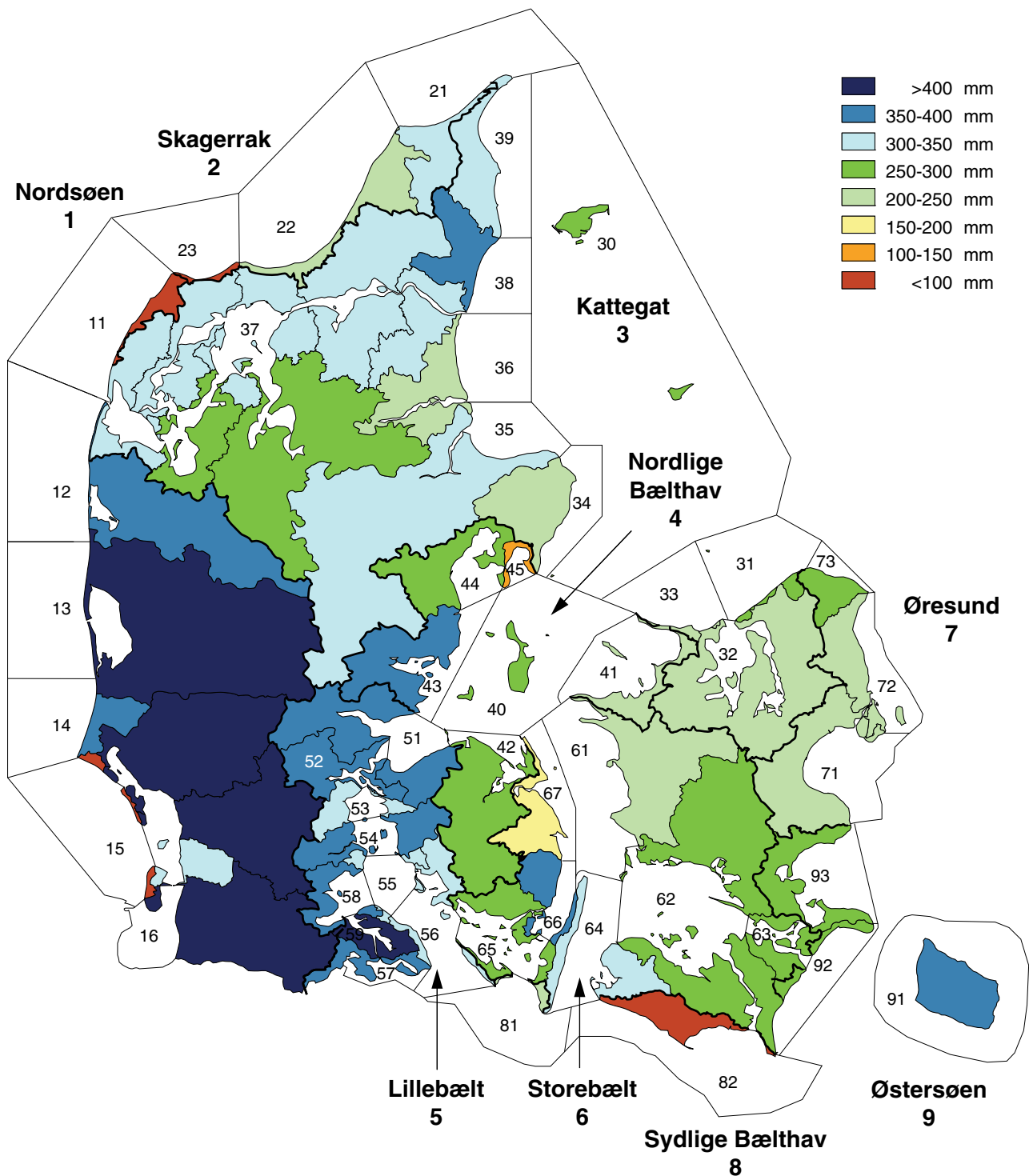
#### 7.1.1 Overvågningsprogrammet

Overvågningsprogrammet var oprindeligt i 2010 sammensat således, at måleresultaterne giver oplysning om tre vigtige forhold:

- *Den økologiske tilstand på et repræsentativt stationsnet.* Der er i 2010 kun oparbejdet data fra ca. 60 % af stationsnettet, hvorfor datagrundlaget har været for spinkelt og geografisk skævt fordelt til at indgå i den sædvanlige nationale sammenstilling. Naturstyrelsen har oplyst, at de resterende prøver efterfølgende er oparbejdet og kan indgå i rapporteringen i 2012.
- *Koncentrationer af næringsstoffer i vandløb med forskellige typer af belastning.* Målinger i vandløb i naturoplande giver indikationer af, hvordan næringssaltniveauerne ville have været helt uden forurening, og ved sammenligning med målingerne fra vandløb i landbrugsoplande kan niveauet af dyrkningsbidraget beregnes.
- *Transport af næringsstoffer med vandløb til marine områder og nogle søer.* Denne transport bestemmes bl.a. ud fra daglige opgørelser af vandføring og måling af indhold af næringssalte, organisk stof m.v. 12-24 gange om året.

#### 7.1.2 Klima og afstrømning i 2010

Den gennemsnitlige ferskvandsafstrømning var på 323 mm, hvilket svarer til ca. 14.000 mio. m<sup>3</sup>. Det er 18 % mere end i 2009 og svarer til gennemsnittet for 1990-2009. Forskellen i afstrømningen mellem 2009 og 2010 har væsentlig betydning for bl.a. stoftilførslen til søer og havområder, som det er omtalt i afsnit 2.1 hhv. 3.1. På grund af geografiske forskelle i nedbørsmængden er der store forskelle i vandløbsafstrømningen mellem landsdelene (figur 7.1).



**Figur 7.1.** Ferskvandsafstrømningen (i mm) til marine kystafsnit i 2010 (Windolf et al. 2011).

Oplandene til det sydlige Bælthav, Storebælt, Østersøen og Øresund havde de laveste ferskvandsafstrømninger, typisk mellem 200 og 300 mm. De største afstrømninger forekom som normalt i Vestjylland med et niveau generelt over 400 mm.

## 7.2 Økologisk vandløbskvalitet – smådyr

Der er i 2010 kun oparbejdet data fra ca. 60 % af stationsnettet, hvorfor datagrundlaget har været for spinkelt og geografisk skævt fordelt til at indgå i den sædvanlige nationale sammenstilling. I Nordemann Jensen et al., 2010 er udviklingen i økologisk vandløbskvalitet målt som faunaindeks vist for perioden 1989-2009.

## 7.3 Kvælstof i vandløb

Kvælstofindholdet i vandløb har generelt ingen betydning for den biologiske kvalitet i vandløb, men det er alligevel vigtigt, fordi kvælstof via vandløbene transporteres til søer og marine områder. Størstedelen af kvælstofindholdet i danske vandløb stammer fra udvaskning fra dyrkede marker, mens den naturbetingede baggrunds-tilførsel og de forskellige former for spildevand giver mindre bidrag.

### 7.3.1 Kvælstofkoncentrationer i 2010

Vandløb i Vestjylland har generelt en lavere koncentration af kvælstof end vandløb øst for israndslinien (figur 7.2). I Vestjylland siver en stor del af regnvandet lang vej gennem reducerende (iltfrie) grundvandsmagasiner, før det når frem til vandløb. Undervejs bliver nitrat omsat ved biologisk eller kemisk denitrifikation. I østdanske vandløb strømmer en stor del af nedbøren med sit kvælstofindhold gennem øvre grundvandsmagasiner eller drænen uden at passere iltfrie zoner. Derfor bliver der ikke fjernet så meget nitrat fra vandet, inden det når frem til vandløb. Lave kvælstofindhold findes også i afløb fra søer, fordi der også i søer fjernes betydelige mængder kvælstof ved denitrifikation. De laveste kvælstofindhold findes i vandløb, der afvander naturarealer og skov.

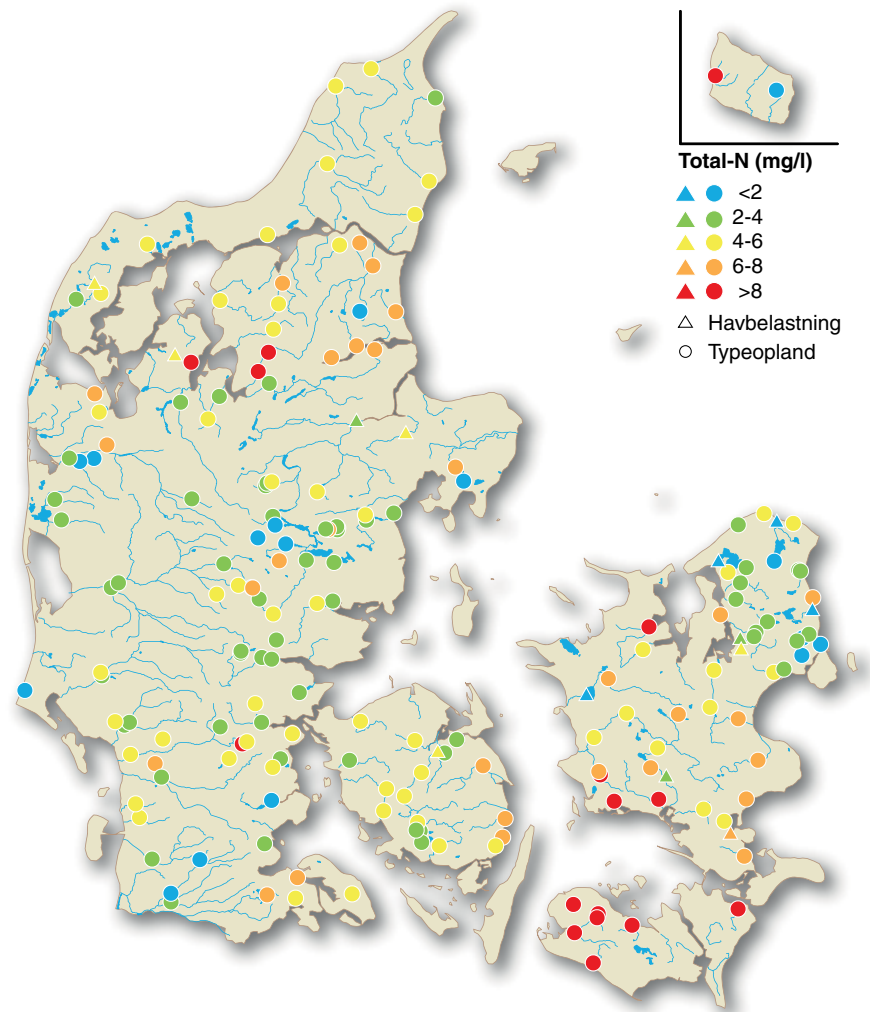
Kvælstofniveauet afhænger af arealanvendelsen i vandløbsoplandet. I vandløb i de dyrkede oplande er kvælstofkoncentrationen ca. 4 gange højere end i naturoplandene, mens vandløb med spildevandstilførsel generelt har et lavere kvælstofniveau (tabel 7.1). De store forskelle inden for samme belastningstype skyldes forskelle i geologi og dyrkningspraksis i de forskellige oplande.

**Tabel 7.1.** Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total kvælstof i 2010 (for naturvandløb dog 2008) i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse er vist i parentes (Windolf et al., 2011).

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

Arealkoefficienterne for landbrugsoplande med og uden byspildevand var højere i 2010 sammenlignet med 2009 som følge af en højere vandafstrømning.

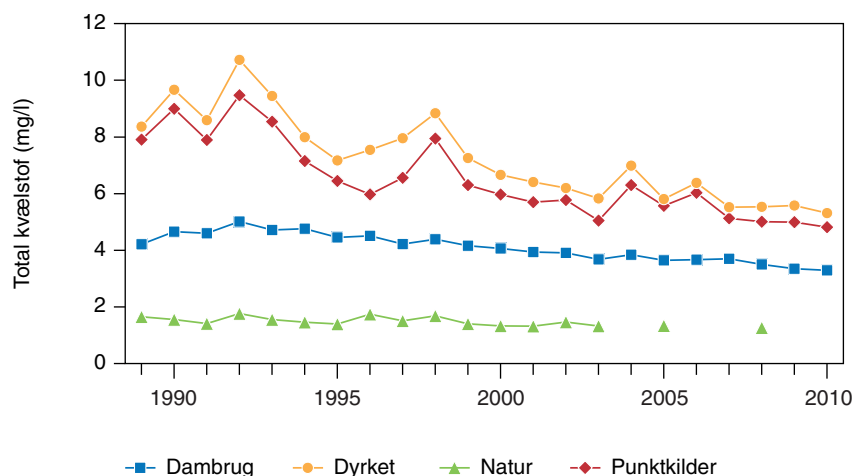
**Figur 7.2.** Koncentrationen af total kvælstof i vandløb i 2010. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier (Windolf et al, 2011).



### 7.3.2 Udvikling siden 1989

Kvælstofkoncentrationen i vandløbene er generelt faldende, bortset fra naturvandløbene, hvor den stort set er uændret. Faldet har været tydeligst i de vandløb, der er klassificeret som beliggende i dyrkede oplande, eller som modtager betydende udledninger af by- eller industrispildevand (figur 7.3). 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 nitratindholdet i grundvandet er lavt.

**Figur 7.3.** Udvikling i kvælstofkoncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger (Windolf et al. 2011).



## 7.4 Fosfor i vandløb

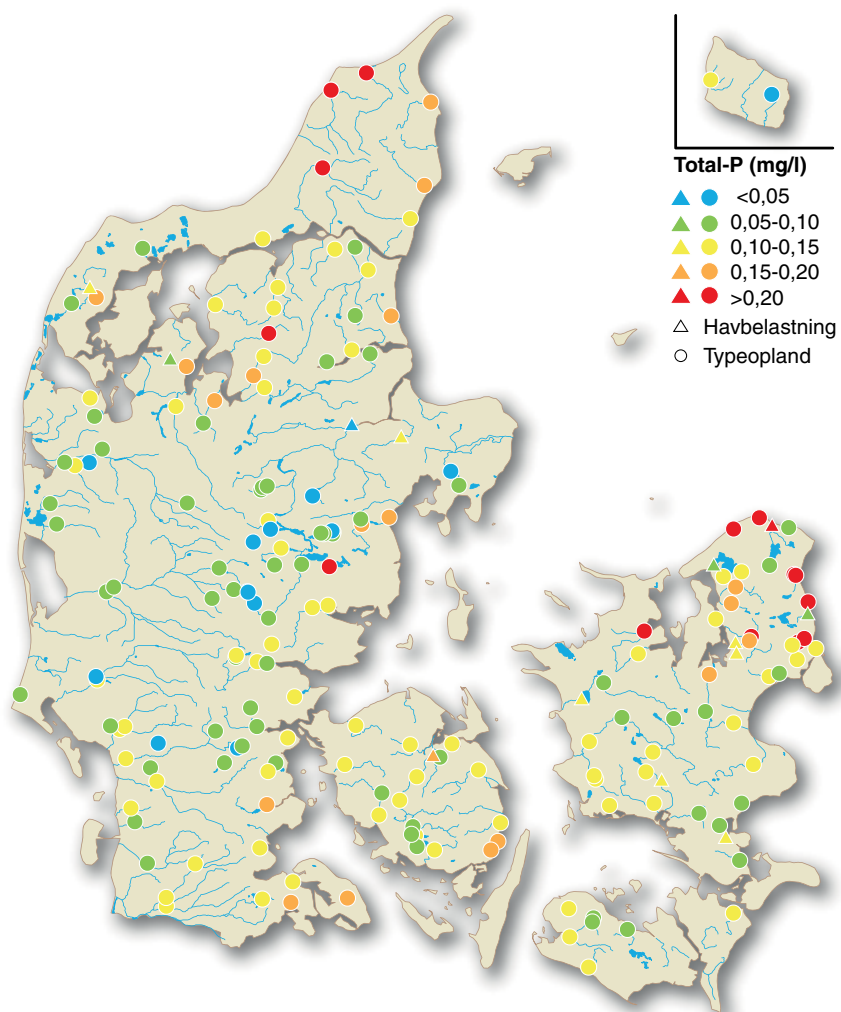
Fosforindholdet i vandløb har kun mindre betydning for den biologiske kvalitet i vandløb. Fosforindholdet er alligevel vigtigt, fordi fosfor transporteres via vandløb til nedstrøms søer og marine områder. Fosforindholdet i danske vandløb kommer fra tre hovedkilder: naturbetinget baggrundsbidrag, dyrkede marker og diverse spildevandskilder. Størrelsen af disse kilder varierer stærkt fra vandløb til vandløb afhængig af spildevandsudledninger, arealudnyttelsen og de geologiske forhold.

### 7.4.1 Total fosfor i vandløb 2010

Høje fosforkoncentrationer findes især i tæt befolkede områder som fx Nordsjælland, se figur 7.4. Her er der kun en lille fortynding af det spildevand, der udledes til vandløb, herunder spildevand fra spredt bebyggelse.

Koncentrationen af fosfor i vandløb, som ligger i dyrkede oplande, eller hvor der er væsentlige udledninger fra punktkilder, var i 2010 gennemsnitligt 2-3 gange højere end niveauet målt i naturvandløb (tabel 7.2). Der er dog forskel på vandløb, som kun påvirkes af landbrugsdrift og spredt bebyggelse udenfor kloakering, og vandløb som også belastes med spildevand fra byer, idet de højeste indhold af fosfor er fundet i vandløb, som modtager byspildevand.

**Figur 7.4.** Koncentrationen af total fosfor i vandløb i 2010. Vandføringsvægtede årsmiddelværdier (Windolf et al. 2011).



**Table 7.2.** Gennemsnitlig koncentration og arealkoefficient af total fosfor i 2010 (for naturvandløb dog 2008) i vandløb med forskellig type af påvirkninger. Standardafvigelse i parentes (Windolf et al. 2011).

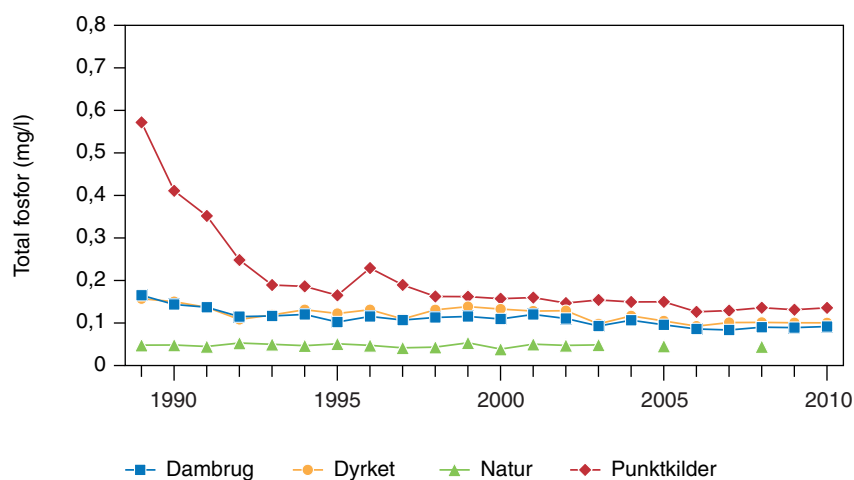
	Antal vandløb	Fosforkoncentration ( $\text{mg P l}^{-1}$ ) Gennemsnit af vandførings- vægtede årsmiddelværdier	Arealkoefficient ( $\text{kg P ha}^{-1}$ )
Naturvandløb	9	0,06 (0,03)	-
Landbrug og punktkilder	50	0,14 (0,06)	0,47 (0,19)
Landbrug uden punktkilder	75	0,11 (0,04)	0,31 (0,16)

Ligesom for kvælstof er arealkoefficienten for fosfor også afhængig af det enkelte års vandafstrømning, og koefficienterne for landbrugsplan-  
de med og uden byspildevand er højere i 2010 end i 2009. Derimod er fosforkoncentrationen i 2010 uændret i forhold til 2009.

## 7.4.2 Udvikling 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 7.5). Faldet skyldes udbygningen af renseanlæg med fosforfjernelse, også ofte på små anlæg for at beskytte lokale vandområder, typisk søer. Faldet først i 1990'erne er en fortsættelse af fald som følge af tidligere iværksat fosforfjernelse og stop for udledning af møddingsvand m.v. I dambrugspåvirkede vandløb er fosfor-koncentrationen også faldet 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, men med en klar overvægt af vandløb med fald i koncentrationen. Fald i fosfor her kan både skyldes reduktion i udledning af spildevand fra spredt bebyggelse og ændrede driftsformer i landbruget.

**Figur 7.5.** Udvikling i fosfor-koncentration siden 1989. Gennemsnit af vandføringsvægtede årsmiddelværdier for vandløb med forskellige påvirkninger (Windolf et al. 2011).





## 8 Søer

### 8.1 Søerne

Det væsentligste miljøproblem i danske søer er, at algemængden i vandet er meget stor, især som følge af tilførsel af fosfor fra spildevand og landbrug. Store algemængder gør vandet uklart, mindsker forekomst af bundplanter, giver iltproblemer ved bunden og ændrer derved hele søens plante- og dyreliv.

Fosforfjernelse på renseanlæg og afskæring af byernes spildevand fra søens opland har afgørende mindsket tilførslen af fosfor fra spildevand. Det har mindsket forureningen i mange søer, men forbedringerne i søerne er begrænsede af, at der stadig sker en betydelig tilførsel af fosfor fra dyrkede arealer, med spildevand fra spredt bebyggelse og regnvandsafstrømning fra byer. Desuden sker forbedringer i belastede søer generelt meget langsomt, fordi der fra søbunden sker en frigivelse af ophobet fosfor, der stammer fra tidligere tiders spildevandsudledninger.

#### 8.1.1 Overvågningsprogrammet

Overvågningsprogrammet omfatter:

- Intensivt overvågede søer: Undersøgelser hvert år (15 søer i 2010) af fysisk/kemiske parametre, incl. målinger af stoftilførsel i 10 søer.
- Ekstensivt undersøgte søer større end 5 ha: Undersøgelser hvert 3. år: Vandkemi, plankton, planter. Hvert 6. år: Bunddyr og fisk (Eks 1).
- Ekstensivt undersøgte søer 0,1-5 ha: Undersøgelser hver 6. år af vandkemi og planter (Eks 2). Indgik ikke i 2010
- Ekstensivt undersøgte søer 0,01-0,1 ha: Undersøgelser hver 6. år af vandkemi, planter og padder (Eks 3). Indgik ikke i 2010.

#### 8.1.2 Målsætning for søer

Målsætningen for miljøkvaliteten i den enkelte sø var fastsat i amternes regionplaner, dog således at der for mange små søer var fastsat fælles, generelle kvalitetsmål. Målsætningerne var oftest specificerede med krav til fosfor, klorofyl eller sigtddybde og evt. dybdegrænse for bundplanter. De vandplaner, som nu foreligger i udkast, indeholder målsætninger fastsat ud fra ensartede kriterier i henhold til EU's vandrammedirektiv.

Da vandplanerne stadig ikke er endeligt godkendte, er der ikke foretaget vurdering af målopfyldelse for søerne i 2010.

#### 8.1.3 Udvikling i miljøkvalitet

Resultaterne for de intensivt overvågede søer viser, at der siden 1989 er sket en forbedring i miljøtilstanden som følge af en reduktion i fosfortilførslen. Omfanget af reduktionen er meget forskellig fra sø til sø afhængig af hvilke kilder, det har været muligt at mindske. Også kvælstoftilførsel og kvælstofindhold i søerne er mindsket som følge af mindsket

nitratudvaskning. Sigtdybde og klorofyl *a* viser forbedringer næsten på linje med forbedringerne i næringsstofindhold (tabel 8.1).

Fosforkoncentrationen i de ekstensivt overvågede søer (som i højere grad er repræsentative for danske søer) er højere end i de intensivt overvågede søer (tabel 8.2) med et resulterende højere klorofylindhold.

**Tabel 8.1.** Statistisk signifikante udviklinger for udvalgte nøgleparametre (sommergennemsnit) i miljøtilstanden i 15 intensivt overvågede søer siden 1989 (Bjerring et al. 2011).

Parameter	Forbedret	Forværret	Uændret
P-søkoncentration	9	1	5
N-søkoncentration	11	0	4
Sigtdybde	8	3	4
Klorofyl <i>a</i>	9	2	4

**Tabel 8.2.** Miljøtilstanden i de to typer af overvågnings søer, der var med i overvågningen i 2010, illustreret ved udvalgte nøgleparametre. Der er angivet medianværdier for sommerperioden (Bjerring et al. 2011).

Parameter	Intensive	Eks 1
	2010	2004-10
Antal søer	15	201
P-søkoncentration (mg P/l)	0,058	0,097
N-søkoncentration (mg N/l)	0,93	1,22
Sigtdybde (m)	1,9	1,0
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	22	32,5
Farvetal (mg Pt/l)	21,5	24,9

## 8.2 Fosfor i søer – status og udvikling

### 8.2.1 Fosfortilførsel til de intensivt undersøgte søer

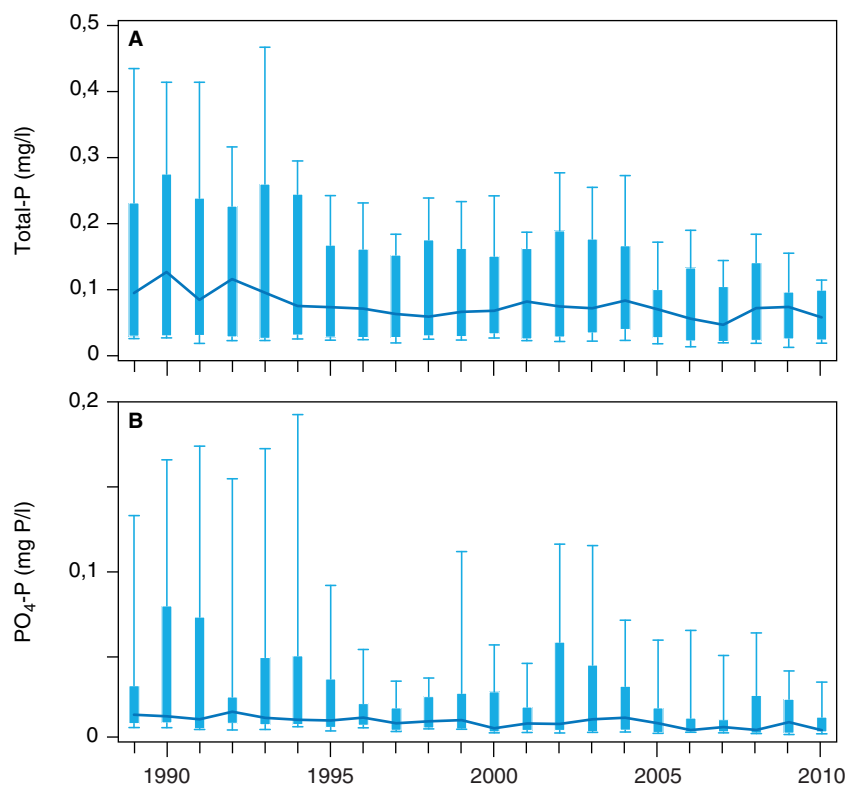
Fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, er reduceret betragteligt i løbet af overvågningsperioden, idet koncentrationen i gennemsnit var 0,18 mg P/l i perioden 1990-1995, mens den i 2010 var 0,11 mg P/l. Til sammenligning var gennemsnitskoncentrationen i vandløb i landbrugsområder uden punktkilder ca. 0,1 mg P/l. Tilførsel af fosfor fra atmosfæren spiller ikke nogen nævneværdig rolle, jf. kap 2.

### 8.2.2 Fosforindhold i søvandet

Der er generelt højt fosforindhold i søerne overalt i Danmark. I helt uforurenede søer vil fosforindholdet normalt være lavere end 0,025 mg/l, og kun nogle få søer i Jylland har et fosforniveau under dette.

Fosfortilførslerne er især mindsket i 1980'erne og 1990'erne som følge af spildevandsrensning, afskæring af spildevand og stop for ulovlige landbrugsudledninger.

**Figur 8.1.** Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af A: totalfosfor og B: orthofosfat (mg P/l) i de 15 intensivt overvågede søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al. 2011).



Fosforindholdet i de intensivt undersøgte søer er mindsket i de søer, der tidligere modtog store spildevandsbidrag (figur 8.1). Årsgennemsnittet (ikke vist i fig. 8.1) for total fosfor i søvandet i de 15 søer, der alle er undersøgt i perioden 1989-2010, er mindsket fra 0,14 mg/l i 1989-95 til 0,063 mg/l i 2010 og uorganisk, opløst fosfat fra 0,052 til 0,022 mg/l. I 9 af de 15 søer har der været et signifikant fald i fosforkoncentrationen (tabel 8.1).

### 8.3 Kvælstof i søer – status og udvikling

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof, der har betydning for algermængden i søerne, selv om fosfor i de fleste søer oftest er den begrænsende faktor. Nyere resultater peger på, at kvælstof spiller en væsentlig rolle for undervandsplanterne, og at høje kvælstofkoncentrationer kan gøre det vanskeligere at opnå klarvandede forhold. I søerne foregår der en denitrifikation, som mindsker den mængde kvælstof, der transporteres ud af søerne og videre via vandløbene til havet. Overvågningen af kvælstofkoncentrationerne bidrager med viden om denitrifikationskapaciteten og giver dermed muligheder for at vurdere søernes samlede kapacitet til at fjerne kvælstof.

#### 8.3.1 Kvælstoftilførsel

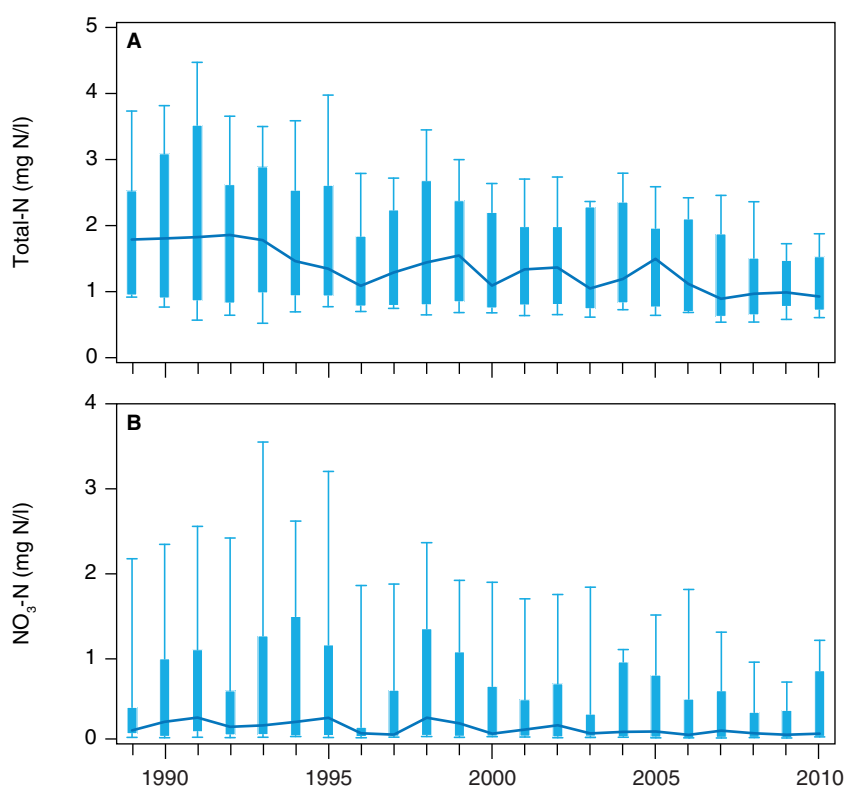
Kvælstoftilførslen til de fleste søer domineres af dyrkningsbidraget fra søoplandet. Enkelte søer tilføres også betydende mængder fra luften. Det stammer hovedsageligt fra forbrændingsprocesser og fra ammoniakfordampning fra landbrug (se kapitel 2).

For kvælstof vil der sammenlignet med fosfor ske hurtigere ændringer i indholdet i søvandet, når tilførslerne ændres, fordi mudderbunden ikke i samme omfang som for fosfor fungerer som en stødpude for indholdet i vandet.

### 8.3.2 Kvælstofindhold

Der har været et fald i kvælstofniveauet i de intensivt overvågede søer siden først i 1990'erne på ca. 40 % for sommerperioden (figur 8.2). I de seneste 10 år har niveauet været mere eller mindre uændret. På enkelt søniveau har der i 11 af de 15 intensivt overvågede søer været en signifikant reduktion i indholdet af total kvælstof siden 1989 (tabel 8.1).

**Figur 8.2.** Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af A: totalkvælstof og B: nitrat (mg N/l) i de 15 intensive søer, der har været intensivt overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al.2011).



## 8.4 Klorofyl og sigtdybde

Øgede mængder af alger i vandet er den primære konsekvens i søerne af øgede nærings salttilførsler. Mængden af alger bestemmes bl.a. ved at måle indholdet af klorofyl, det grønne farvestof der muliggør fotosyntese i planter. Sigtdybden, som er den dybde, hvor en hvid skive netop kan skimtes, giver også ofte et godt mål for algemængden og for vandkvaliteten.

### 8.4.1 Algemængde og sigtdybde i 2010

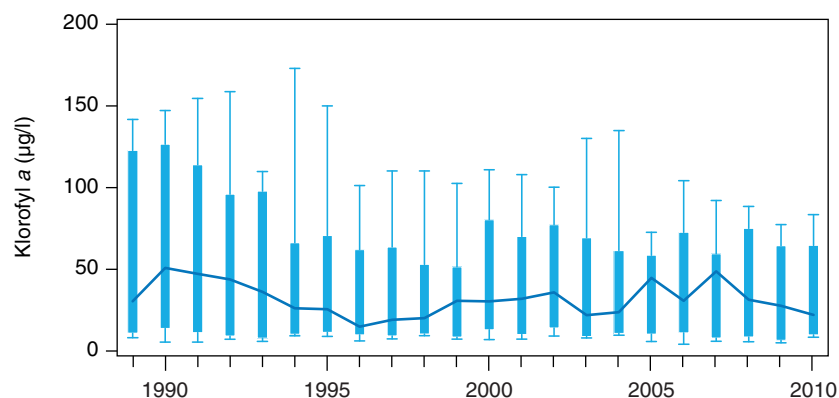
Medianen for sigtdybde for sommeren 2010 var for intensivt overvågede søer 1,9 m og de ekstensivt overvågede søer (2004-2010) 1,0 (se tabel 8.2). På samme måde som for fosfor er miljøkvaliteten målt ved sigtdybden

generelt dårligere i de ekstensivt overvågede søer (som i højere grad er repræsentative for danske søer).

#### 8.4.2 Udvikling i søernes vandkvalitet

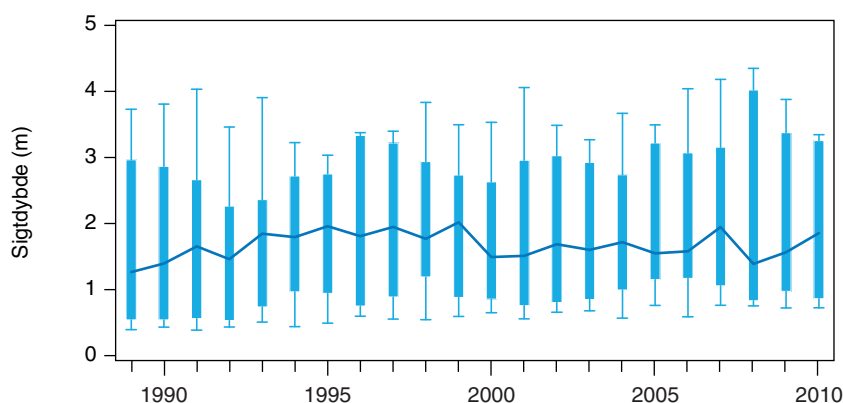
Siden 1989 er indholdet af klorofyl mindsket i de mest forurenede søer, mens medianværdien af målingerne i de 15 søer, der har været undersøgt siden 1989, er stort set uændret (figur 8.3). I 8 ud af de 15 søer har der været en signifikant reduktion i sommermiddelmålingerne, mens den er steget for 3.

**Figur 8.3.** Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af klorofyl *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) i de 15 intensive søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al, 2011).



Sigtedybden i de 15 intensivt undersøgte søer har vist en generel stigende tendens siden 1989 med de største stigninger i de første ca. 10 år. Den maksimale sigtedybde er steget fra 3,6 m i 1989-1998 til 5,0 m i 2010. Det generelt reducerede næringsstofniveau i søerne siden overvågningen af vandmiljøet startede i 1989 har således ført til øget sigtedybde. I 9 ud af de 15 intensivt overvågede søer er sommergennemsnit af sigtedybden øget signifikant og er kun faldet signifikant i 2 søer (se tabel 8.1).

**Figur 8.4.** Udviklingen i sigtedybde i de 15 søer, der har været intensivt overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien (Bjerring et al. 2011)



## 8.5 Undervandsplanter

Undervandsvegetationen er en meget væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for blandt andet fiske-sammensætning, dyreplanktonsammensætning, udveksling af næringsstoffer mellem sediment og vand, næringsstofkoncentrationen i vandfasen og iltindholdet i såvel vand som sediment. Undervandsvegetationen er desuden følsom over for forringelser i vandkvaliteten i form af fx reduceret sigtdybde eller øget algemængde/klorofylindhold og dermed en god indikator for vandkvaliteten.

Undervandsplanternes udbredelse er siden 1993/94 og frem til 2005 undersøgt én gang årligt i de fleste intensivt overvågede søer og herefter 1-3 gange i perioden 2007-10.

Sammenlignes perioden 2004-06 med 2007-10 er der en stigende tendens i undervandsplanternes udbredelse.

## 8.6 Fisk

Undersøgelser af søernes fiskebestande er gennemført 4 gange i de 15 intensivt overvågede søer i perioden 1989 – 2010. Data blev sammenstillet og af-rapporteret i Vandmiljø og natur, 2009, hvortil der henvises.

## 9 Marine områder

### 9.1 De marine områder

Den vigtigste forureningspåvirkning af de danske marine områder er den eutrofiering (næringsberigelse), der sker som følge af, at tilførslerne af kvælstof og fosfor fra land, via luften og med havstrømme er højere end de naturbetingede niveauer. De mest forurenede marine områder er fjorde med stor tilførsel af næringssalte fra land. Også de åbne dele af de indre danske farvande er påvirkede af de forhøjede næringssalttilførsler. Påvirkningerne forstærkes af, at vandet i de lavvandede, danske farvande ofte er lagdelt. Det øger risikoen for dårlige iltforhold ved bunden.

Der er sket en generel reduktion af næringssaltindholdet i de fleste marine områder siden begyndelsen af 90'erne, men denne forbedring har endnu ikke ført til markante og generelle forbedringer i plante- og dyrelivet.

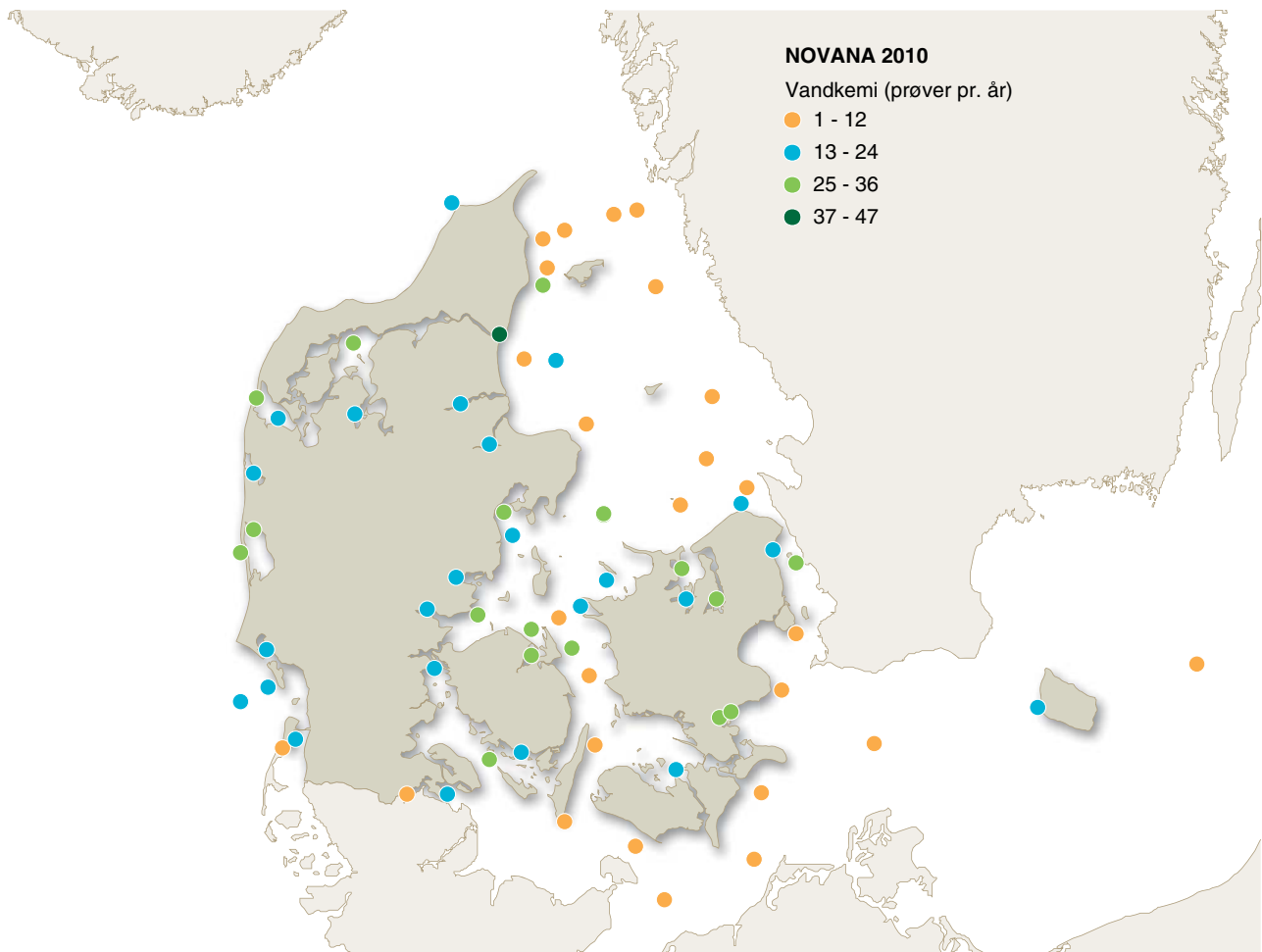
Miljøtilstanden påvirkes ikke kun af eutrofiering. I mange danske områder findes miljøfremmede stoffer i koncentrationer, der kan have skadelige effekter.

#### 9.1.1 Overvågningsprogrammet

Overvågningsprogrammet NOVANA for de marine områder har i perioden 2004-2010 omfattet følgende overordnede elementer:

- Undersøgelser af fysiske/kemiske forhold i vandfasen samt undersøgelser af plankton.
- Biodiversitet og naturtyper.
- Miljøfarlige stoffer og biologisk effektmonitoring.

Som et eksempel på stationernes placering er der i figur 9.1 vist, hvor der tages prøver til vandkemiske analyser i de frie vandmasser.



**Figur 9.1.** Prøvetagningsstationer for vandkemi samt for salinitets-, temperatur- og dybdemålinger i 2010 (Hansen & Petersen (red.) 2011).

### 9.1.2 Klima i 2010

De aktuelle miljøforhold i marine områder er meget afhængige af vejret. Næringsalttilførslerne øges i nedbørsrige perioder, mens blæst øger omrøringen og udskiftningen af vandmasserne og dermed mindsker iltsvind. En stigning i temperaturen vil øge den biologiske omsætning, hvilket medfører øget iltforbrug og forøget styrke af vandsøjlets lagdeling, og dermed behov for større vindenergi for at nedblande ilt fra havoverfladen. Det mest karakteristiske ved 2010 var de meget lave temperaturer, som gjorde, at 2010 var det koldeste ud af de seneste 15 år.

En væsentlig faktor for tilstanden i de marine områder er vandets temperatur og specielt, at temperaturen generelt er steget med ca. 1,5 °C i løbet af de seneste 40 år.

### 9.1.3 Målsætninger og målsætningsopfyldelse

Målsætningen i amternes regionplaner for fjorde og kystområder var generelt, at der skal være et plante- og dyreliv, der højst er svagt påvirket af menneskelige aktiviteter. De vandplaner, som har været i høring men endnu ikke endelig vedtaget, indeholder miljømål fastsat ud fra ensartede kriterier i henhold til EU's vandrammedirektiv.



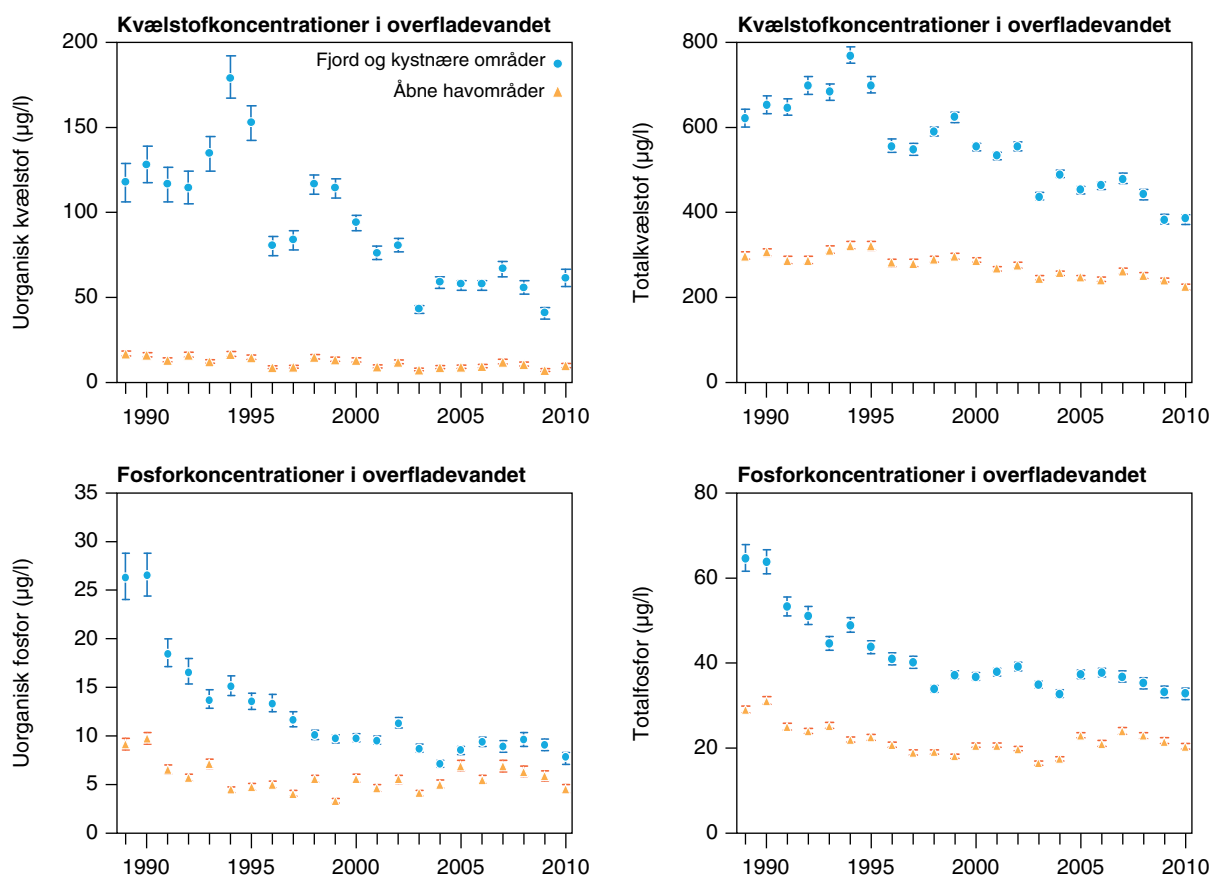
Da vandplanerne stadig er i udkast, er der ikke for fjordene og kystområderne foretaget en vurdering af målopfyldelse for 2010.

## 9.2 Kvælstof og fosfor i marine områder

Indholdet af næringssalte i vandet er størst i marine områder med stor tilførsel af ferskvand, fordi indholdet af kvælstof og fosfor oftest er langt højere i det afstrømmende ferskvand end i havvand. Fjordene er derfor generelt de stærkest forurenede marine områder. Samtidig er fjordene også de marine områder, hvor man tydeligst kan se virkningen på næringssaltkoncentrationerne af at mindske tilførslerne fra land, idet langt hovedparten af ferskvandsafstrømningen i Danmark løber til fjorde. Beskrivelsen af udviklingen i indhold af kvælstof og fosfor er derfor i det følgende opdelt i to grupper: de åbne indre farvande og fjorde/kystvande. Den generelle udvikling i afstrømningen af kvælstof og fosfor til de marine områder fremgår af afsnit 2.1 og 3.1.

### 9.2.1 Udvikling i næringssalte i overfladevandet

Koncentrationen af kvælstof i fjorde og de kystnære områder var i 2010 generelt lave (figur 9.2). Totalkvælstofniveauet i 2010 er faldet 40 % i forhold til niveauet i årene 1989-2002.



**Figur 9.2.** Årsmiddelkoncentrationer af uorganisk kvælstof, totalkvælstof, uorganisk fosfor og totalfosfor. Middelkoncentrationerne er afbildet med angivelse af 95 % konfidensgrænser. Fjorde og kystnære områder er i alle grafer afbildet med cirkler, mens åbne farvande er markeret med trekanter (Hansen & Petersen (red.) 2011).

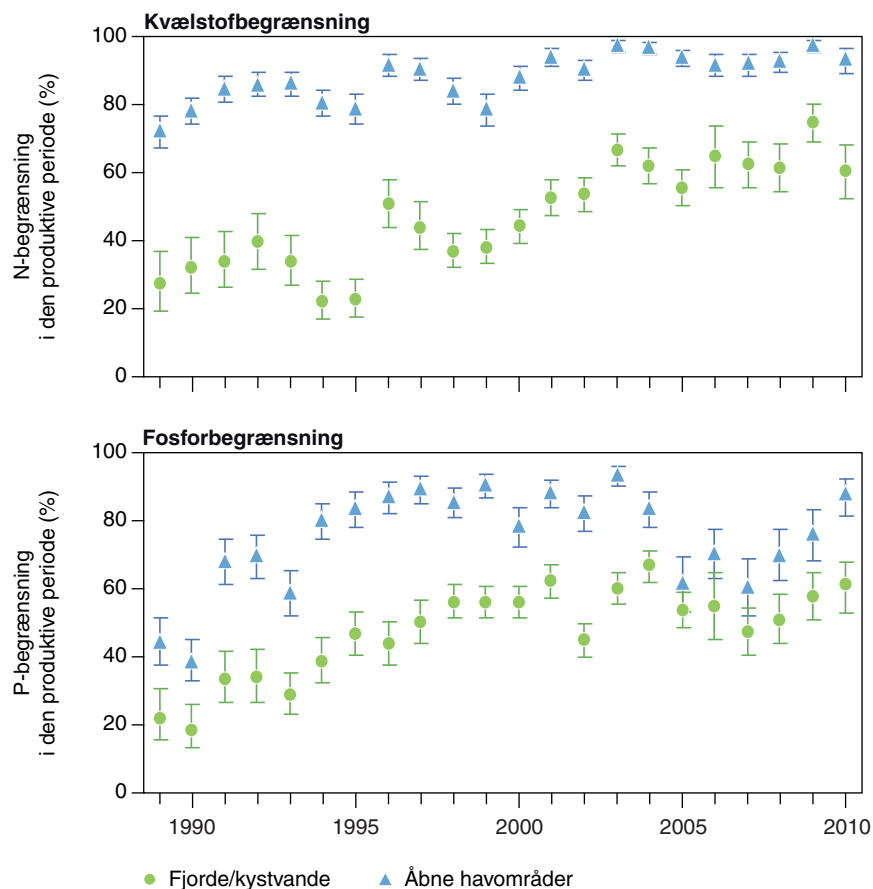
Reduktionen i kvælstofindhold er især sket omkring og efter midten af 1990'erne (figur 9.2), og med et mindre fald siden ca. 2002. Reduktionen skyldes primært, at udvaskningen fra dyrkede arealer er mindsket.

Fosforindholdet i især fjordene mindskedes især i begyndelsen af 1990'erne (figur 9.2) som følge af fosforfjernelse fra spildevand. Der er sket markante reduktioner, idet det uorganiske, plantetilgængelige fosforindhold er mindsket fra ca. 25 µg/l til ca. 10 µg/l fra 1990 til 2010. Også indholdet af totalfosfor er næsten halveret. Indhold af fosfor i fjordene begynder dermed at nærme sig koncentrationsniveauet i de åbne farvande.

### 9.2.2 Næringssaltbegrænsning af algevæksten

Det lavere næringssaltindhold i vandet i marine områder har ført til, at algevæksten nu i højere grad end tidligere er potentielt begrænset af mangel på kvælstof og/eller fosfor. Meget markant er den øgede potentielle fosforbegrænsning i fjorde, hvor fosfor i gennemsnit kan være begrænsende i ca. 50 % af vækstsæsonen (med tendens til stigning de senere år) mod kun ca. 20 % omkring 1990 (figur 9.3). I de åbne områder er fosforbegrænsningen øget fra ca. 40 % af tiden i 1990 til over 80 % i perioden 1994-2004. I 2010 har fosforbegrænsningen efter et dyk været på linje med årene 1994-2004. I de senere år er omfanget af potentiel kvælstofbegrænsning ligeledes øget, og her ligger 2010 lidt lavere end i 2009, men på niveau med de forudgående år (2002-08).

**Figur 9.3.** Potentielt begrænsning af kvælstof og fosfor udregnet som sandsynligheden for, at målinger i overfladevandet (0-10 m) i den produktive periode (marts-september) lå under værdierne for potentielt begrænset primærproduktion. Fjorde og kystnære områder er afbildet med cirkler, mens åbne farvande er markeret med trekanter. Midelværdierne er afbildet med angivelse af 95 % konfidensgrænser (Hansen & Petersen (red.) 2011).



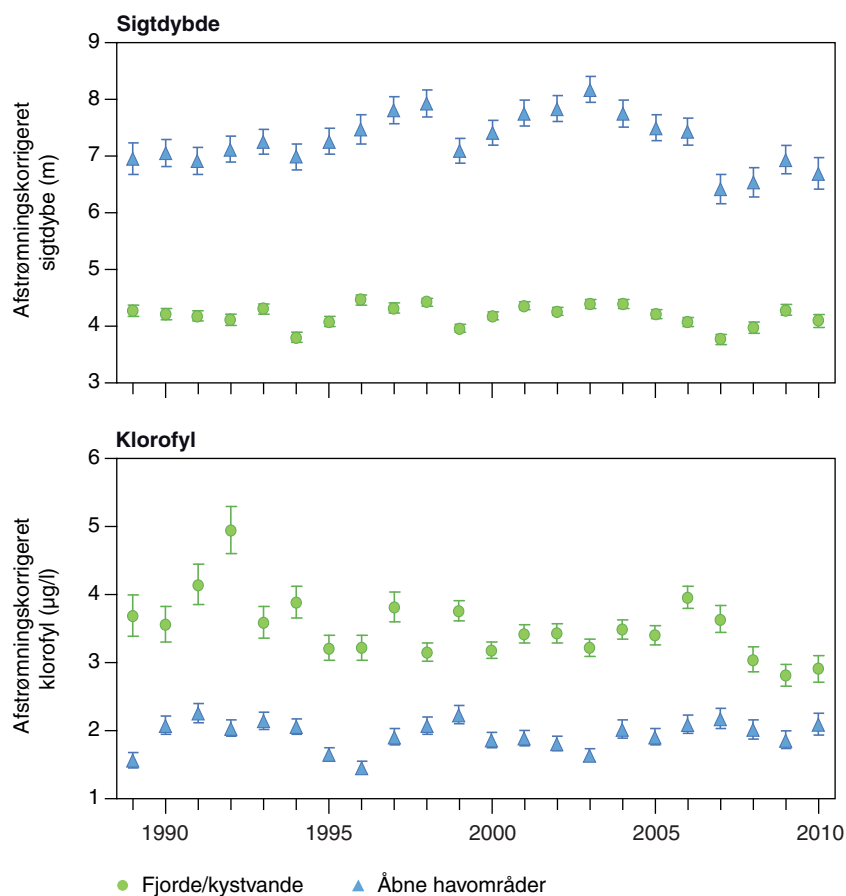
Måleresultaterne indikerer, at algemængderne i fjorde/kystvande kan mindskes både ved at mindske kvælstoftilførsel og ved at mindske fosfortilførsel. I de åbne farvande er det tvivlsomt, om yderligere reduktion i udledningerne af fosfor vil have nogen effekt, dels fordi kvælstof oftest er det mest begrænsende nærings salt, dels fordi tilførslerne af fosfor fra havbunden og med havstrømme er store i forhold til udledningerne. Selv når nærings saltkoncentrationerne er så lave, at de indikerer en vækstbegrænsning, er det dog ikke sikkert, at de begrænser væksten, da vurderingen er baseret på måling af koncentrationer og ikke på den hastighed, hvormed næringsstofferne omsættes og bliver tilgængelige for planktonalgerne.

### 9.3 Planteplankton

#### 9.3.1 Udvikling i sigt dybde og klorofyl

I figur 9.4 er vist udviklingen i de gennemsnitlige værdier for hhv. sigt dybde og klorofylmængde for fjorde og åbne indre farvande i årene 1989-2010. Figuren viser, at der i 2010 for de åbne farvande er sket et lille fald i sigt dybden i forhold til 2009, men den er dog højere end årene 2007-08 med de lavest målte. Set over hele perioden 1989-2010 er der ikke nogen signifikant udvikling i sigt dybden. Samtidig er der over perioden sket et signifikant fald i klorofylindholdet i fjordene, selvom koncentrationen i 2010 var lidt højere end i 2009.

**Figur 9.4.** Udviklingen af årlige gennemsnitlige værdier for de åbne indre farvande ( $\Delta$ ) og for fjorde/kystvande ( $\bullet$ ). Afstrømningskorrigerede værdier  $\pm$  95% konfidensintervaller (B+D+F) for sigt dybde og klorofylkoncentration (Hansen & Petersen (red.) 2011).

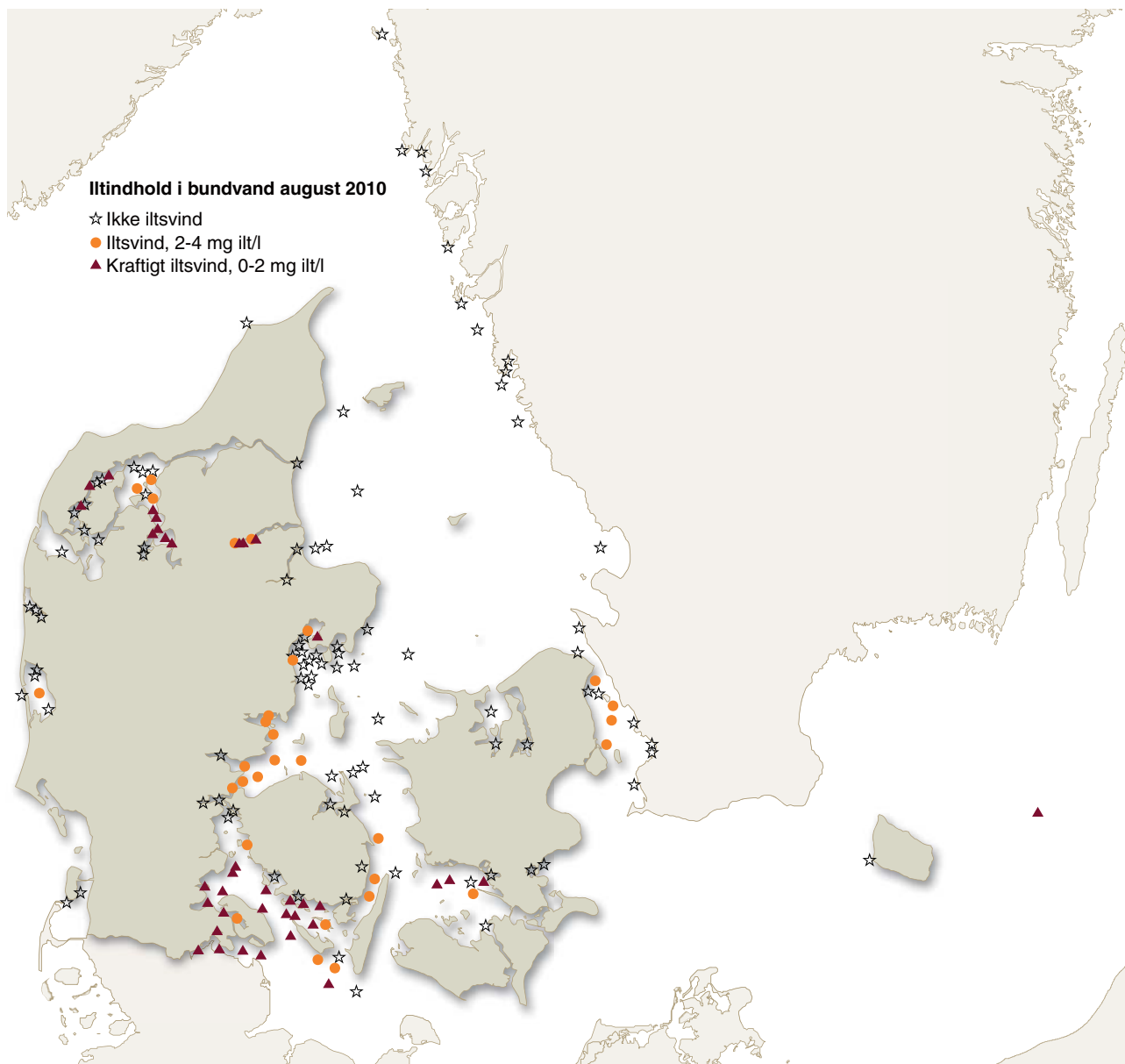


## 9.4 Iltforhold i de marine områder

### 9.4.1 Året 2010

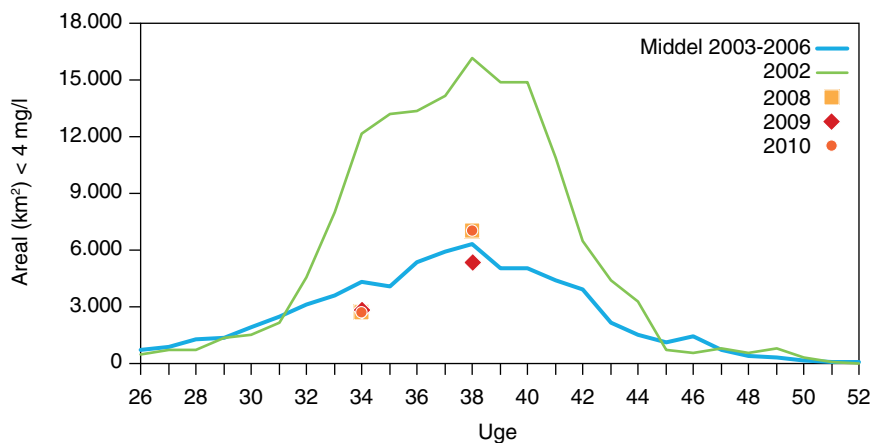
Iltsvindene i 2010 var mindre udbredte end i perioden 2003-2006 og i 2008-09 bl.a. pga. jævnlige hændelser med kraftig vind.

Udbredelsen af iltsvind skifter årene imellem afhængig af bl.a. vindforholdene. I figur 9.6 er vist udbredelsen af iltsvind dels som gennemsnit over årene 2003-2006, dels i 2002 hvor det mest udbredte iltsvind fandt sted og endelig de seneste tre år.



**Figur 9.5.** Det samlede areal berørt af iltsvind i august og september 2010. Orange farve indikerer iltsvind ( $< 4 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ ), og brun farve indikerer kraftigt iltsvind ( $< 2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ ) (Hansen & Petersen (red) 2010).

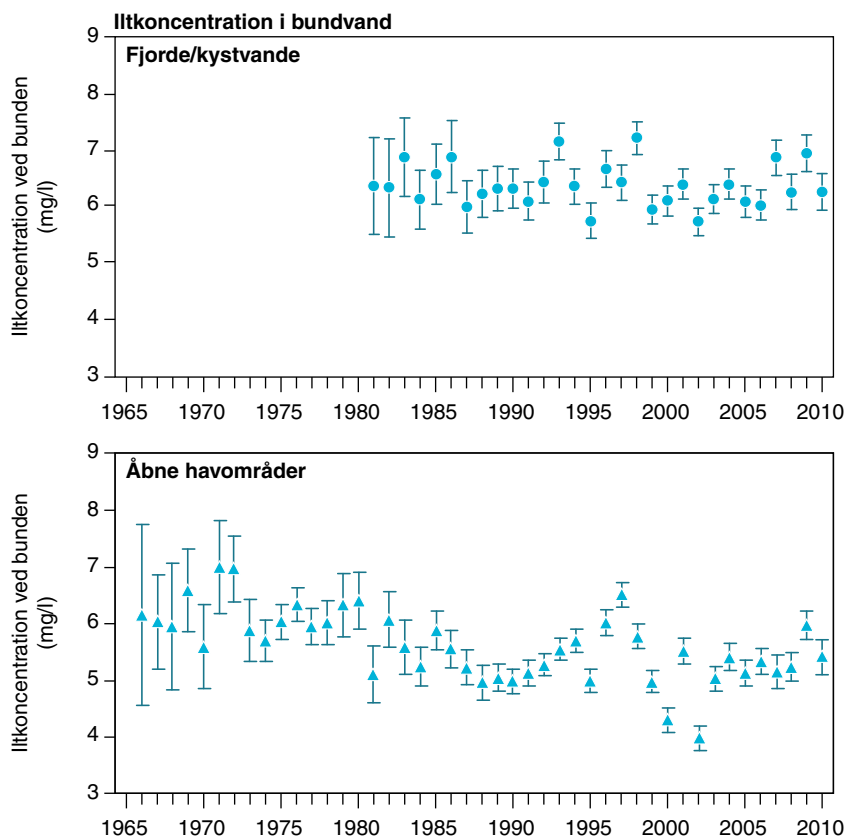
**Figur 9.6.** Areal ramt af iltsvind (< 4 mg l<sup>-1</sup>) uge for uge i sidste halvdel af 2002 og middel for årene 2003-2006, midt i august og september i 2008 og 2009 og midt i september i 2010. Dette års estimat er baseret på målinger foretaget i uge 37 eller 38 (Hansen & Petersen (red.) 2011).



#### 9.4.2 Udvikling i iltforhold

Iltforholdene i bundvandet for de åbne farvande, som er målt siden midten af 1960'erne (figur 9.7), viser en signifikant negativ udvikling. Omkring 1990 var middel-iltkoncentrationen i juli-november lav i de åbne farvande. Gennem første halvdel af 1990'erne steg iltkoncentrationen generelt til 1970'er-niveau i de tørre år 1996-97, for derefter generelt at falde igen. Iltkoncentrationen lå i 2010 under året før, men på linje med de forudgående 8-10 år.

**Figur 9.7.** Gennemsnitlig iltkoncentration i bundvandet for NOVA/NOVANA-stationer i åbne farvande (nederst) og fjorde og kystnære områder (øverst). Beregnet på baggrund af prøvetagninger over bunden i juli-november på stationer med et veldefineret springlag (Hansen & Petersen (red.) 2011).



Der er ingen tydelig udvikling i iltindhold i fjorde og kystnære områder i perioden 1981-2010 (figur 9.7 øverst). Middelværdien for 2010 lå på niveau med 2008, og ligeledes på niveauet for de seneste ca. 10 år.

Dataanalyser viser en sammenhæng mellem iltkoncentrationen under lagdelte forhold i juli-november og tilførsel af kvælstof i det forudgående år (juli-juni). For fjorde og kystområder er vindstyrken i juli-september samme år ligeledes en væsentlig faktor. I de åbne indre farvande er der desuden sammenhæng med indstrømningen af bundvand i maj-september og med temperaturen af det indstrømmende vand fra Skagerrak i januar-april.

## 9.5 Bundplanter

Bundplanterne i havet omkring Danmark er dels frøplanter som ålegræs og havgræs, dels store alger som fx blæretang og sukkertang, der vokser fasthæftede på sten. Nogle store alger flyder frit i vandet, fx søsalat.

Bundplanterne er vigtige indikatorer for miljøtilstanden, fordi de påvirkes forskelligt af eutrofiering, der fx kan føre til masseforekomst af søsalat. Dybdeudbredelsen af planterne er ligeledes en indikator for vandkvaliteten.

Et fald i tilførslen af næringssalte forventes at føre til forbedrede lysforhold, og til at vegetationen derved vil få større dybdeudbredelse og større dækningsgrad på dybt vand.

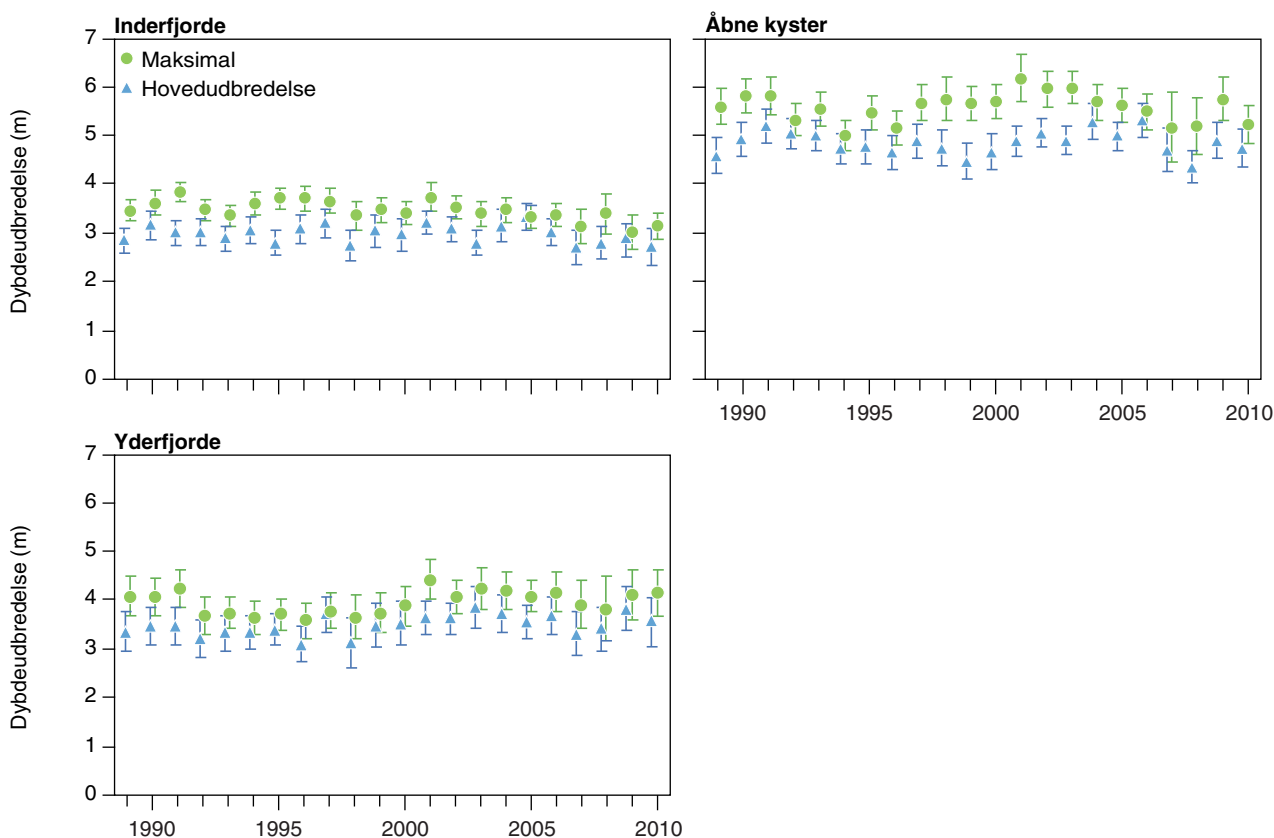
### 9.5.1 Ålegræs

Ålegræssets maksimale dybdegrænse er generelt størst langs de åbne kyster (5,0-6,2 m), lidt mindre i yderfjordene (3,6-4,5 m) og mindst i inderfjordene (3,0-3,8 m) set over perioden 1989-2010.

I figur 9.8 er vist udviklingen for ålegræssets dybdegrænse (både maksimal og hovedudbredelse) som gennemsnit for disse tre typer af kystvande. Der har været moderate variationer i dybdegrænserne for ålegræs gennem perioden.

En analyse af perioden 1989-2010 viser, at der for de fleste områder ikke har været en signifikant udvikling i ålegræssets maksimale udbredelse eller hovedudbredelse.

Mod forventning afspejler udviklingen i ålegræssets dybdegrænse således ikke det faktum, at kvælstofkoncentrationen i fjorde og kystnære områder generelt er halveret siden 1989. Det hænger formodentlig bl.a. sammen med, at vandet ikke er blevet mere klart siden 1989 - hverken i de åbne farvande eller i fjordene.



**Figur 9.8.** Udvikling i dybdegrænsen for ålegræssets maksimale udbredelse (●) og hovedudbredelse (Δ) ( $\pm$  95 % konfidensintervaller) gennem perioden 1989-2010. Udviklingen er vist for åbne kyster, samt yder- og inderfjorde (Hansen & Petersen (red.) 2011).

### 9.5.2 Makroalger på stenrev i åbne farvande

Undersøgelserne af stenrev har vist, at vegetationen på stenrevene i de indre åbne farvande består af en flerlaget rød- og brunalgevegetation, der dækker den faste bund fuldstændigt ned til 10-12 m's dybde. På større dybder end 12-14 m aftager algernes samlede dækning til et enkelt lag oprette alger, der ikke dækker hele revet. De oprette algers dækning aftager med stigende dybde, hvorimod skorpeformede algebelægninger fortsat træffes med stor dækning på 24 m's dybde. Resultaterne har vist en væsentlig indflydelse fra søpindsvins græsning på tangskovene på en række rev. Den samlede algedækning på dybere dele af udvalgte stenrev i de åbne dele af Kattegat i 2010 var ikke signifikant forskellig fra gennemsnittet i perioden 1994 – 2001.

## 9.6 Bundfauna

### 9.6.1 Bundfauna fra de åbne farvande

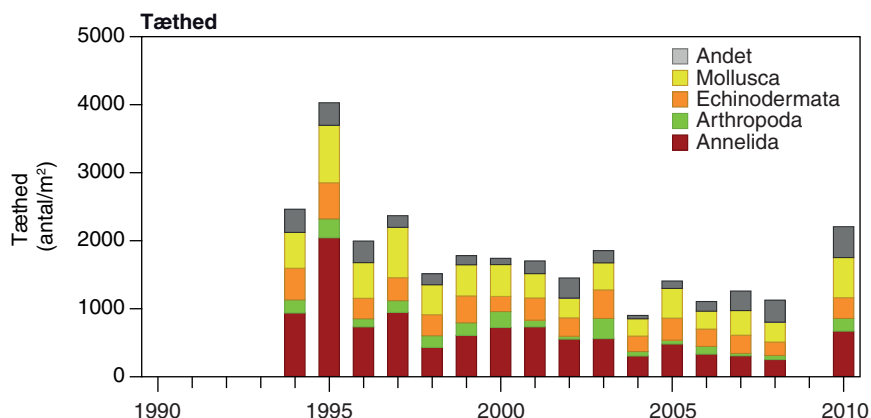
Der blev ikke udtaget prøver til bundfauna i de åbne farvande i 2009, hvorfor det er to år siden, bundfaunaundersøgelserne er rapporteret. For de åbne farvande foreligger der med undtagelse af 2009 ubrudte tidsserier fra 1994 og for enkelte stationer endda fra 1979.

Bundfaunaen er på mange måder en vigtig parameter – dels som fødekilde for fisk og fugle, men også som indikator for tilstanden, idet faunaen f. eks. er meget følsom overfor iltsvind.

2010 markerer et vendepunkt i bundfaunaens næsten konstante tilbagegang siden 1990'erne.

Figur 9.9 viser tætheden af arter på 22 stationer i de åbne farvande og det fremgår tydeligt, at tætheden er stort set fordoblet. Det bør bemærkes, at stigningen er sket på alle stationer, der repræsenterer forskellige dybder, saltholdighed og bundforhold.

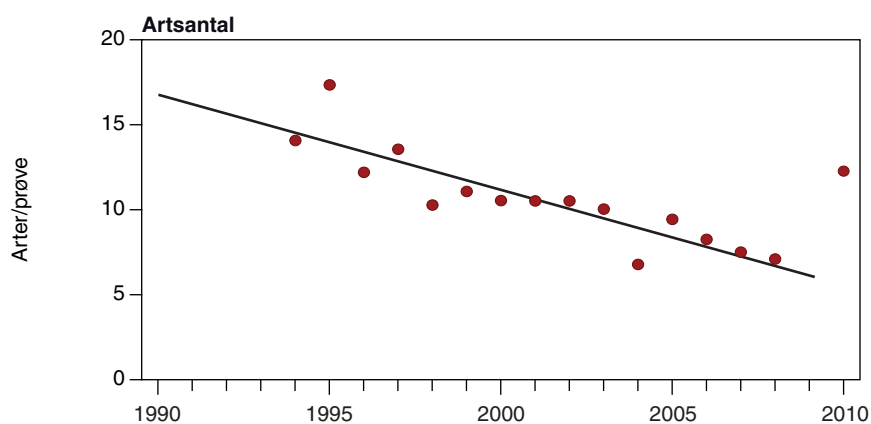
**Figur 9.9.** Udvikling i tæthed fordelt på taksonomiske hovedgrupper i perioden 1994-2010 vist som årgennemsnit for 22 stationer i de åbne danske farvande. Annelida udgøres hovedsageligt af havbørsteorme. Arthropoda = krebsdyr m.m. Echinodermata = pighude, herunder søstjerner og sømus. Mollusca = muslinger og snegle (Hansen & Petersen (red.) 2011).



Udviklingen ses også meget tydeligt på det gennemsnitlige antal arter, der er fundet i prøverne (figur 9.10), idet der igen er sket næsten en fordobling.

En væsentlig årsag til denne forbedring i bundfaunaen i de åbne farvande skyldes formentlig, at larverne har haft gunstige forhold for overlevelse og dermed har kunnet danne nye bestande siden sidste prøvetagning i 2008. Hvad der helt nøjagtigt har betinget disse bedre forhold er ikke klarlagt.

**Figur 9.10.** Udviklingen i perioden 1994-2010 i det gennemsnitlige antal arter for 20 stationer i Kattegat, Bælthavet og Øresund. Seneste års data fra 2010 er markeret med rødt symbol. Den rette linje er fremkommet ved lineær regression for perioden 1994 til 2008 (Hansen & Petersen (red.) 2011).



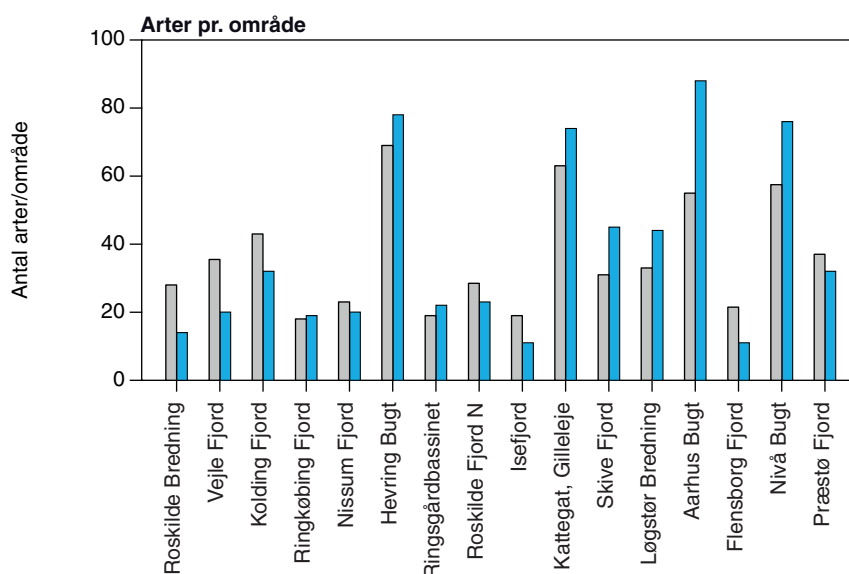


## 9.6.2 Bundfauna i de kystnære områder og fjorde.

Den positive udvikling konstateret i de åbne farvande er ligeledes set i de åbne kystområder (f. eks. Århus Bugt eller Øresund) – nemlig en markant stigning i bl.a. arter/område. Udviklingen her er formentlig båret af de samme ydre omstændigheder, som i de åbne farvande.

Derimod er udviklingen i de mere lukkede kystområder og fjordene overvejende negativ med bl.a. en faldende tæthed i 2010 set i forhold til medianværdierne for de forudgående 12 år.

**Figur 9.11.** Søjlediagram hvor middelværdien for 2010 (blå søjler) er sammenlignet med medianværdien for de forløbende 12 år for de 16 kystnære områder (grå søjler) for antal arter/område (Hansen & Petersen (red.) 2011).



## 9.7 Tungmetaller i marine områder

Tungmetaller forekommer naturligt i havmiljøet. Koncentrationer, der er højere end baggrundsniveauet, skyldes normalt spildevandsudledning, marine installationer, skibe eller tilførsel af tungmetaller via atmosfæren.

Overvågningen af tungmetaller i det marine miljø omfattede i 2010 målinger af muslinger ved 35 stationer, fisk ved 3 stationer og sediment fra 13 stationer i danske fjorde, Vadehavet og indre farvande. Muslinger anvendes som generel indikator for havmiljøets belastning med tungmetaller, da de generelt opkoncentrerer metallerne. Fisk undersøges for at følge den tidlige udvikling i indholdet af bio-tilgængelige metaller. Der måles på leveren, da dette organ opkoncentrerer de metaller, som fisken måtte optage gennem vand eller føde. Målinger i sediment sker på materialer, der er sedimenteret gennem de seneste 5-10 år, og de giver således et mål for den gennemsnitlige belastning i denne periode. Målingerne omfatter zink, kobber, nikkel, bly, cadmium, kviksølv, krom og arsen.

Målingerne i sediment og nogle af målingerne af muslinger omfattede stationer i områder, der ved vandrammedirektivets basisanalyse blev vurderet til at være i risiko for ikke at opfylde målsætningen om god økologisk tilstand i 2015, eller hvor datagrundlaget ikke var tilstrækkeligt til at foretage vurderingen.

### 9.7.1 Målsætning

Tungmetaller i det marine miljø er omfattet af internationale marine konventioner, bl.a. HELCOM, OSPAR og Nordsøkonferencerne. Der er ikke i nogen af disse sammenhænge fastsat grænseværdier. De fundne koncentrationer er vurderet i forhold et baggrundsniveau (BAC, Background Assessment Criteria), som er udarbejdet af OSPAR i forbindelse med en statusvurdering af den økologiske kvalitet i Nordsøen i 2010 (OSPAR 2009). Desuden er der for de metaller, hvor der ikke foreligger BAC, foretaget en sammenligning med norske vurderingskriterier, hvor der skelnes mellem fire kvalitetsklasser med klasse 1 svarende til "meget god" tilstand.

EU har fastsat grænseværdier for indholdet af bly, cadmium og kviksølv i fisk og muslinger, der anvendes til fremstilling af fødevarer (EU-kommissionen 2001). Kun kviksølv måles på file af fisk, og vurdering i forhold til grænseværdien for fødevarer giver derfor kun mening for kviksølv. Desuden er der i forbindelse med vandrammedirektivet fastsat et miljøkvalitetskrav for kviksølv i biota (muslinger og fisk) (EQS).

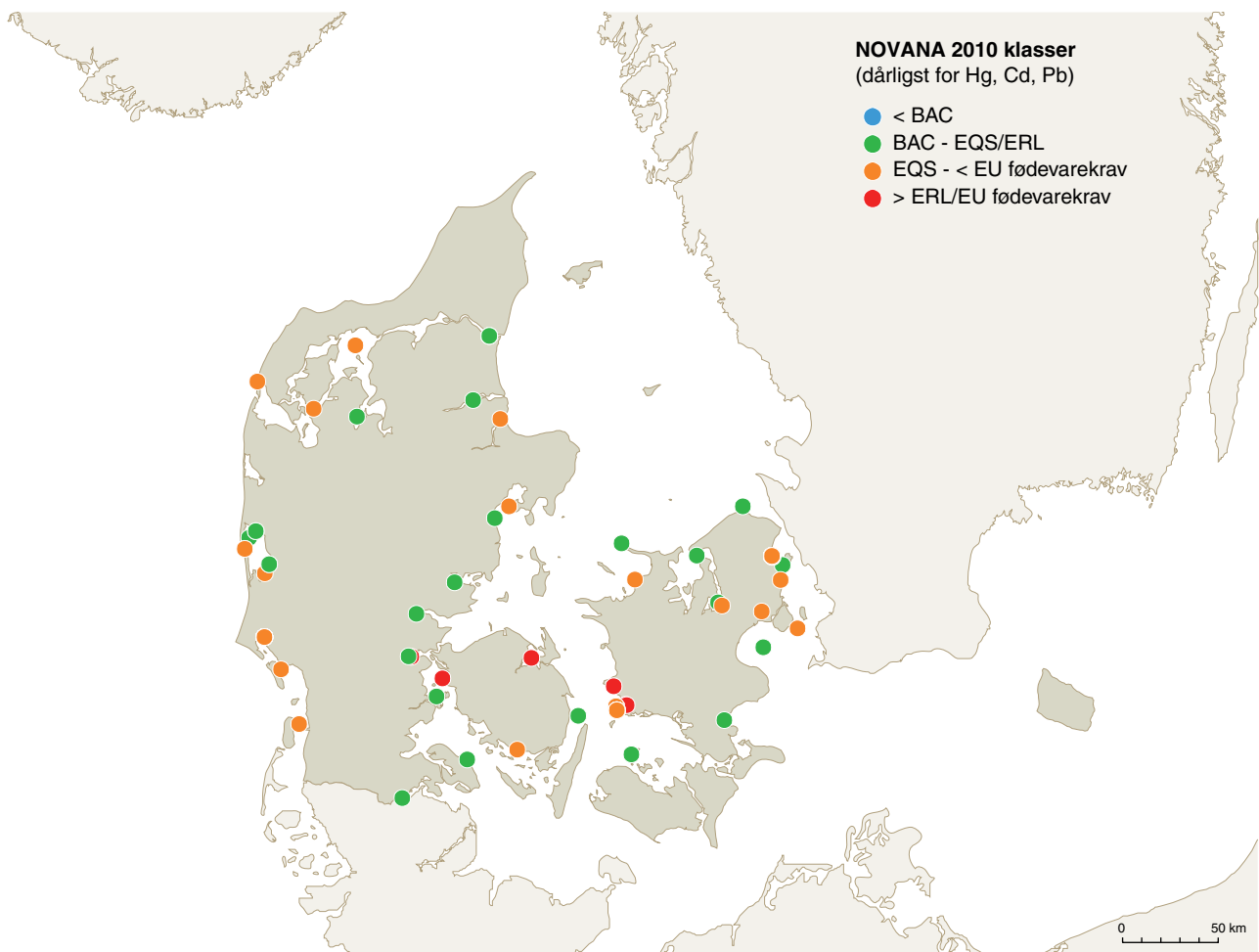
### 9.7.2 Tungmetaller i muslinger og fisk

Indholdet af de fleste af de undersøgte metaller var i alle eller størsteparten af de undersøgte prøver af muslinger under det af OSPAR fastsatte baggrundsniveau eller i den norske kvalitetsklasse svarende til "meget god" status (tabel 9.1 og figur 9.12).

Kviksølv blev samlet set fundet hyppigst i koncentrationer over baggrundsniveauet i de undersøgte prøver af muslinger. I direktivet for vandrammedirektivets prioriterede stoffer er der fastsat kvalitetskrav for kviksølv i biota, dette krav på 20 µg/kg var overskredet ved ca. en tredjedel af de undersøgte stationer.

**Tabel 9.1.** Vurdering af koncentration af metaller i muslinger og fisk i forhold til OSPAR's vurderingskriterium BAC (Background Assessment Criteria) og norske vurderingskriterier (Hansen & Petersen (red.) 2011).

Muslinger	Zink	Bly	Cadmium	Kobber	Kviksølv	Krom	Nikkel	Arsen
% under BAC		76	90		52			
% Meget god	98	89		50		89	94	48



**Figur 9.12.** Vurdering af stationer ud fra indholdet af cadmium, bly og kviksølv i prøver af muslinger, fisk og sediment efter OSPAR's vurderingskriterier (Petersen og Hjorth (red.) 2010). BAC: Baggrundsniveau, OSPAR. ERL: Effect Range Low, US EPA. EQS: EU-miljøkvalitetskrav til kviksølv i biota..

Kobber adskilte sig ligeledes ved et højere indhold end niveauet for den norske kvalitetsklasse "meget god" i halvdelen af de undersøgte muslingep prøver. Det samme har gjort sig gældende de foregående år. En sammenligning af muslingernes kobberindhold og deres kondition har vist en tydelig sammenhæng. Konditionen blev defineret ud fra forholdet mellem vægten af muslingernes bløddele og skal.

EU's grænseværdier for fødevarer for cadmium, kviksølv og bly var ikke overskredet i nogen af de undersøgte prøver.

### 9.7.3 Tungmetaller i sediment

Indholdet af tungmetaller i de sedimentprøver fra danske havområder, der blev undersøgt i 2010, var højere end de af OSPAR fastsatte baggrundsniveauer i op til ca. 65 % af prøverne (tabel 9.2). Kviksølv var i sediment ligesom i muslinger blandt de metaller, der hyppigst blev fundet i koncentrationer over baggrundsniveaet. Cadmium blev fundet i koncentrationer over baggrundsniveaet med samme hyppighed som kviksølv.

**Tabel 9.2.** Procentdel af sedimentprøver med metalindhold lavere end OSPAR's baggrundsvurderingskriterier (BAC) (Hansen & Petersen (red.) 2010).

Zink	Kobber	Kviksølv	Cadmium	Bly	Krom	Nikkel	Arsen
42	50	33	33	67	75	67	100

## 9.8 Miljøfremmede stoffer i marine områder

Miljøfremmede stoffer blev i 2010 målt i det marine miljø i muslinger, fisk og sediment fra fjorde, Vadehavet og indre danske farvande. Indholdet af miljøfremmede stoffer i muslinger bliver sammen med indholdet af tungmetaller generelt anvendt som indikator for belastningen med miljøfarlige stoffer, såvel internationalt som nationalt. Blåmuslinger findes overalt i danske marine områder med undtagelse af Ringkøbing Fjord. Her måles i stedet på sandmuslinger.

Målingerne omfatter stoffer, som er udvalgt på baggrund af deres forekomst og skadelige effekt i det marine miljø. Der er målt for en række forbudte organoklorforbindelser, heriblandt PCB og hexachlorbenzen (HCB). I muslinger og sediment blev der desuden målt for antibegrovningsmidlet i bundmaling tributyltin (TBT), bromerede flammehæmmere, tjærestoffer (PAH), dioxiner, furaner og coplanare PCB'er. I sediment blev der desuden målt for nonylphenoler og hexachlorbutadien (HCBd). Endvidere er hunner af ålekvarter, samt deres æg og unger undersøgt for en række miljøfremmede stoffer.

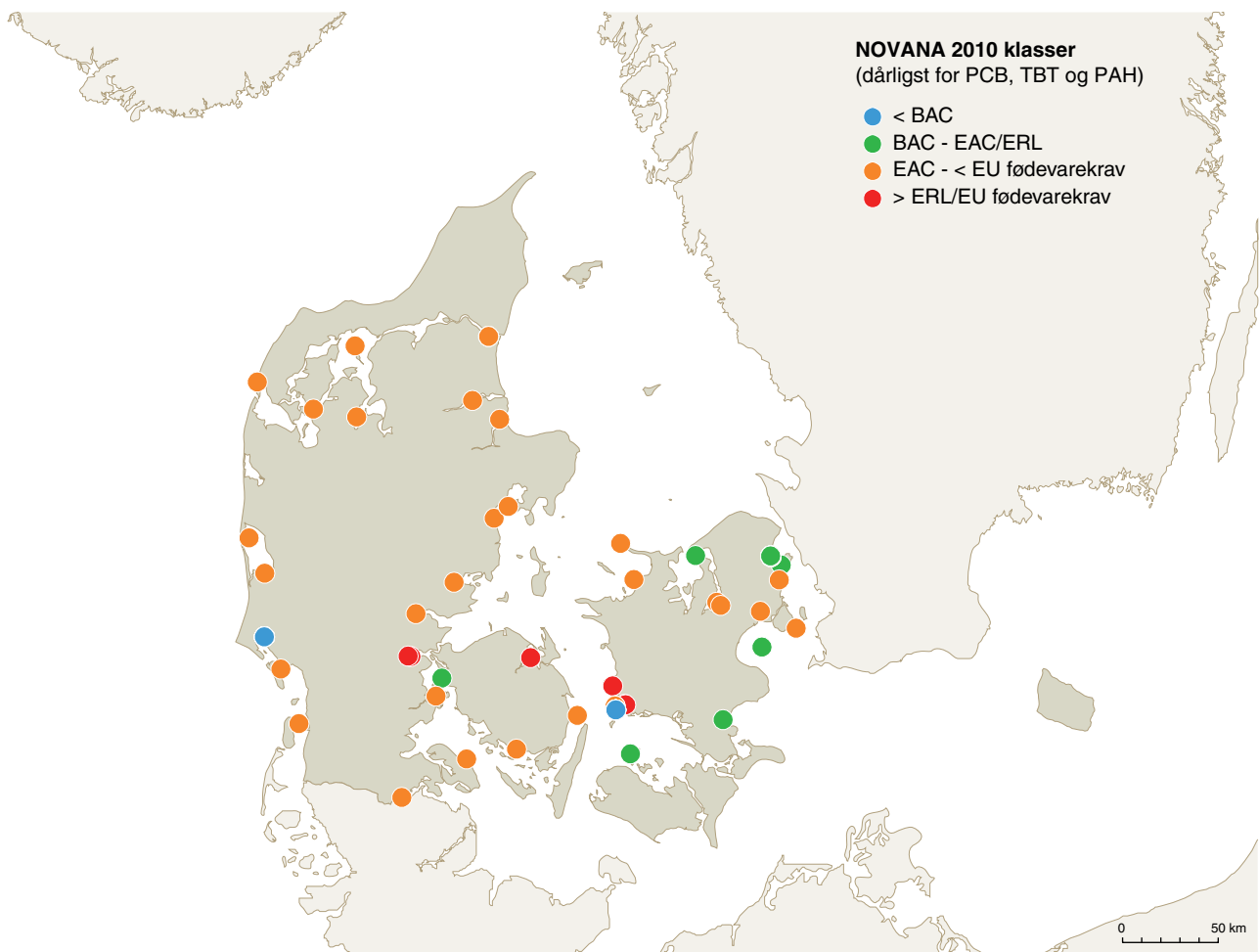
### 9.8.1 Målsætning

En række miljøfremmede stoffer i det marine miljø er omfattet af vandrammedirektivet samt internationale marine konventioner, bl.a. HELCOM, OSPAR og Nordsøkonferencerne. OSPAR udarbejdede i forbindelse med en status for kvaliteten i Nordsøen i 2010 økotoksikologiske vurderingskriterier, "Ecotoxicological Assessment Criteria" (EACs) (OSPAR 2009). Sedimentkoncentrationerne er endvidere vurderet i forhold til amerikanske miljøkriterier "Effect Range Low" (ERL).

I regi af vandrammedirektivet er der fastsat miljøkvalitetskrav for hexachlorbenzen og hexachlorbutadien i muslinger og fisk. Kun hexachlorbutadien blev analyseret i sediment.

### 9.8.2 Miljøfremmede stoffer i muslinger, fisk og sediment i 2010

Tributyltin (TBT) var ligesom de foregående år det miljøfremmede stof, der i flest af de undersøgte områder blev fundet i koncentrationer, hvor effekter i miljøet ikke kan udelukkes (figur 9.13). Ved vurdering ud fra OSPAR's EAC-kriterier var indholdet i 95 % af de undersøgte muslinger i 2010 over dette niveau og i 5 % af prøverne var indholdet over EU's grænseværdi for fødevarer. I sediment blev der ved én ud af 7 undersøgte stationer fundet TBT-koncentrationer over niveauet, hvor der er signifikant risiko for påvirkning. Der har siden 2003 været restriktioner på brugen af TBT, og i 2008 blev det forbudt at anvende stoffet i bundmaling til skibe.



**Figur 9.13.** Geografisk fordeling og sammensætning af PCB, TBT og PAH i muslinger og sediment (Hansen & Petersen (red.) 2011). BAC: Baggrunds niveau, OSPAR. EAC: økotoxikologisk vurderingskriterium, OSPAR. ERL: Effect Range Low, US EPA.

PAH'er blev ligeledes fundet udbredt i det marine miljø. I alle de undersøgte prøver af muslinger var indholdet af de fleste af PAH'erne lavere end det niveau, hvor der er risiko for en effekt (EAC). I sediment blev der derimod ved flere af de undersøgte stationer fundet PAH-koncentrationer, som var højere end de amerikanske miljøkriterier for PAH'er. Enkelte PAH'er blev fundet i koncentrationer over ERL i op til 42 % af prøverne.

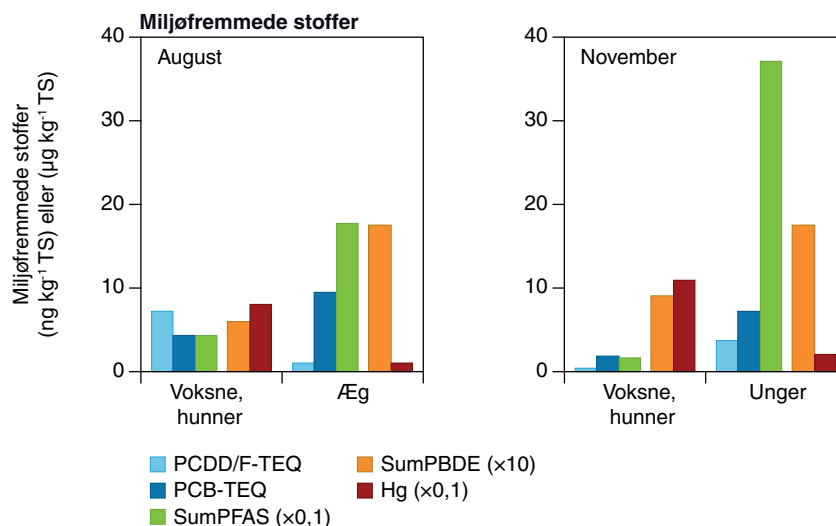
PCB består af en række stoffer. Indholdet af de fleste af stofferne var noget under baggrunds niveauet i de undersøgte prøver af muslinger, fisk og sediment. Enkelte PCB-forbindelser blev dog fundet i koncentrationer over EAC, hvilket betyder at det ikke kan udelukkes, at der er en effekt af disse stoffer ved de pågældende stationer. Indholdet af en af PCB-forbindelserne, PCB#118 var højere end EAC i 44 % af de undersøgte prøver af muslinger, samme forbindelse blev ligeledes fundet i koncentrationer over EAC i fisk.

I direktivet for vandrammedirektivets prioriterede stoffer er der fast et kvalitetskrav til hexachlorbenzen i biota på 10 µg/kg. Indholdet af hexachlorbenzen var i alle de undersøgte prøver af muslinger lavere end dette kvalitetskrav.

### 9.8.3 Miljøfremmede stoffer i ålekvabbe

Parallelt med NOVANA-overvågningen er der i et selvstændigt projekt foretaget målinger af miljøfremmede stoffer i hunner af ålekvabber samt deres æg og unger. Disse målinger viste, at indholdet af stofferne i æg og unger ikke var konstant gennem den reproduktive periode fra august til november, og der kunne ses modsvarende ændringer i koncentrationniveauerne hos moderfiskene (figur 9.14). Det gjaldt især for dioxinlignede stofgrupper og perfluorerede forbindelser, mens det ikke var lige så markant for metaller og bromerede flammehæmmere (PBDE). Dette indikerer, at ændringer i den ydre miljøbelastning kan påvirke overførslen af stofferne fra moderfisk til æg eller unger.

**Figur 9.14.** Miljøfremmede stoffer i ålekvabbe moderfisk (muskel), æg og unger fra Roskilde Fjord i august og november 2009. Enheden er ng/kg TS for de toksiske ækvivalenter (TEQ) af summen af dioxinlignede stoffer (PCDD/F) og PCB. Enheden er µg/kg TS for perfluorerede forbindelse (PFAS) bromerede flammehæmmere (PBDE) og kviksølv (Hg) (Hansen & Petersen (red.) 2011).



## 9.9 Biologiske effekter af miljøfremmede stoffer

Biologiske effekter af miljøfarlige stoffer er undersøgt i fisk og muslinger fra marine områder med henblik på at vurdere, om miljøfarlige stoffer udgør en risiko for dyrelivet i havet (forklaring i box). Aktiviteten af afgiftningenszymer er målt i fisk som markør for effekter af påvirkninger, der kan relateres til bl.a. PAH og dioxinlignende stoffer. Ålekvabbens yngel er undersøgt for fejludviklinger, og lysosomal stabilitet er målt hos muslinger. Disse effekter anses for at være generelle stressmarkører for den samlede påvirkning af forskellige typer af miljøfarlige stoffer.

#### Undersøgelse af ålekvabbens yngel

Ålekvabbens yngel undersøges for deformiteter i form af misdannelser af indvolde, skelet (knæk og spiral), hoved, øjne og siamesiske tvillinger.

#### Lysosomal stabilitet

Den lysosomale stabilitet undersøges ved at måle tiden for destabilisering af membraner på celler i hæmolymfen (blodvæsken hos dyr med åbent kredsløb). Lav lysosomal membranstabilitet er indikation på, at muslingerne er påvirkede.

#### Aktivitet af afgiftningenszymer

I voksne ålekvabber måles aktiviteten af afgiftningenszymer (CYP1A, målt som EROD). Øget aktivitet betyder, at fiskens metaboliske afgiftningssystem er trådt i kraft. Høj enzymaktivitet er indikation på, at fiskene er påvirkede.

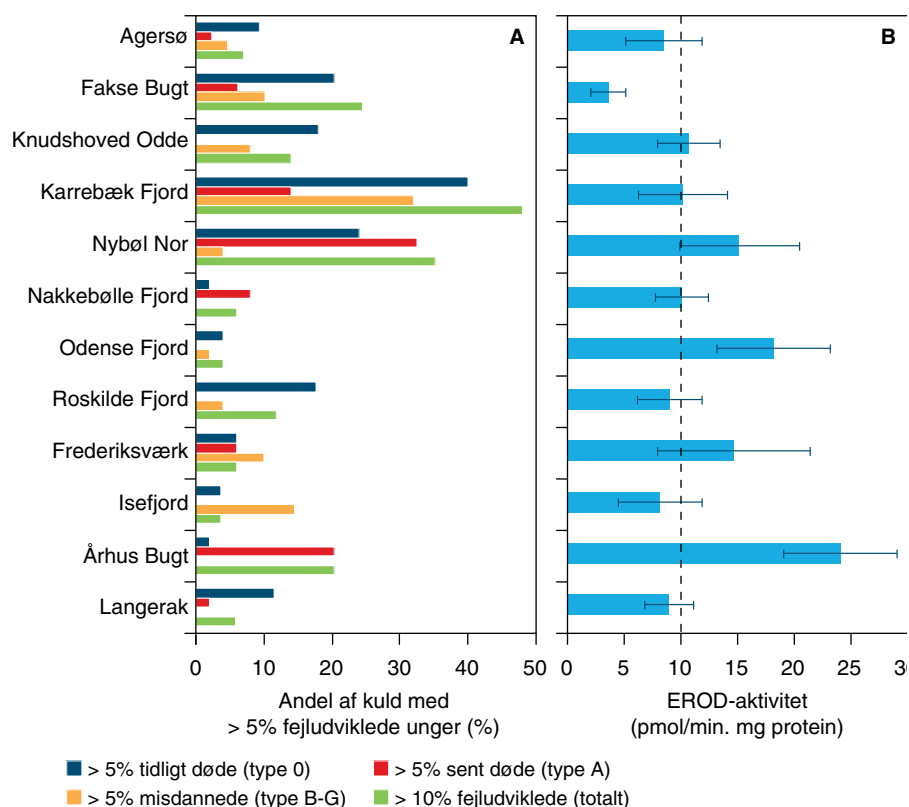
### 9.9.1 Undersøgelse af ålekvabbens yngel

Ålekvabben anvendes til undersøgelse af biologiske effekter da:

- den er stationær
- den føder levende unger, op til 200 pr. kuld
- den findes udbredt i kystnære områder.

Der blev i 2010 fundet betydelige forskelle i forekomsten af misdannelser af ålekvabbeyngel. I områderne med de hyppigste forekomster af misdannelser blev der fundet øget forekomst af misdannelse hos 10-26 % af kullene (figur 9.15). De fleste områder, hvor der er fundet øget forekomst af misdannelser, er kendetegnet ved at være kystnære områder med menneskelig påvirkning fra byer og industri. Det er derfor sandsynligt, at disse effekter skyldes påvirkning af miljøfarlige stoffer, herunder dioxin, PAH eller tungmetaller.

**Figur 9.15.** A: Andel af ålekvabbe-kuld med en øget forekomst (dvs. > 5 %) af fejludviklede unger, hhv. som tidligt døde unger (type 0) og sent døde unger (type A), synligt misdannede unger (type B-G) og væksthæmmede unger (dværge, type I) B: B) CYP1A-enzymaktivitet i leveren fra hunner af ålekvabbe i kystnære områder (middel ± S.E.) (Hansen & Petersen (red.) 2011).



### 9.9.2 Aktivitet af afgiftningenszymer i ålekvabber

Aktivitet af afgiftningenszymer hos voksne ålekvabber blev ligesom hyppigheden af misdannelser hos ålekvabbeyngel fundet med betydelige geografiske variationer. Der synes dog ikke at være direkte sammenhæng mellem aktivitet af afgiftningenszymer i ålekvabber og hyppighed af forekomst af misdannelser hos ålekvabbeyngel (figur 9.15).

En undersøgelse af sammenhængen mellem effekter viste, at effekterne ikke udelukkende kan tilskrives specifikke stofgrupper, men derimod i højere grad påvirkninger fra blandinger af miljøfarlige stoffer, der kan forekomme i havmiljøet (Strand et al. 2009).

### **9.9.3 Lysosomal stabilitet i muslinger**

Lysosomal membranstabilitet er en generel stressmarkør, der kan være forårsaget af forskellige typer af miljøfarlige stoffer. I ca. halvdelen af de undersøgte kystnære områder blev der hos blåmuslinger fundet lysosomal membranstabilitet på et niveau, der tyder på, at muslingerne var påvirkede af miljøfarlige stoffer.



## 10 Naturtyper

### 10.1 Habitattypernes tilstand

NOVANAs naturtypeprogram skal give et repræsentativt billede af tilstand og udvikling i de danske terrestriske habitatnaturtyper på Habitatdirektivets liste. Overvågningen skal fastlægge habitatnaturtypernes tilstand samt beskrive sammenhænge mellem påvirkninger, tilstand og udvikling. Af de i alt 45 primært terrestriske habitatnaturtyper (naturtyper på Habitatdirektivets bilag), der forekommer i Danmark, indgik der i perioden 2004-10 i alt 18 lysåbne og 10 skovdækkende habitatnaturtyper i NOVANAs overvågning. For de 10 skov-naturtyper er 2007 første overvågningsår.

Overvågningen er foretaget stikprøvebaseret på overvågningsstationer for de enkelte habitatnaturtyper. Stationsnettet er udvalgt så det er nationalt repræsentativt og afspejler forskelle i arealstørrelser og habitatkvalitet, og stationerne er lagt både inden for og uden for de udpegede habitatområder. Stationsnettet består dels af intensive overvågningsstationer, der overvåges årligt og som fortrinsvist ligger i de udpegede habitatområder, dels af ekstensive stationer, der er placeret både inden for og uden for habitatområderne. De ekstensive stationer er kun blevet overvåget én gang i perioden 2004-10. For skovtyperne foregår den ekstensive skovovervågning som en del af det nationale skovovervågningsprogram udført af Skov og Landskab, Københavns Universitet.

I dette års NOVANA-rapport for naturtyper er det valgt at relatere overvågningsparametrene til prøvelternes artsindeks (Fredshavn og Ejrnæs 2009). Artsindekset er et veletableret begreb i målbekendtgørelsen, og indgår i beregningen af naturtilstand. Resultaterne skal danne grundlag for en metode til vurdering af habitatnaturtypernes bevaringsstatus. For nærmere beskrivelse af metoder, indeksberegning m.m. henvises til Fredshavn m. fl., 2011.

I NOVANA-rapporten (Fredshavn m.fl. 2011) for naturtyper er resultater fra overvågningen 2004-10 for samtlige 18 terrestriske og 10 skovnaturtyper samlet og præsenteret. Naturtyperne er opdelt i følgende overordnede grupper:

- Saltenge
- Klitter
- Heder
- Overdrev og ferske enge
- Sure moser
- Kalkrige moser
- Skove

I det følgende er der valgt én naturtype fra hver gruppe som eksempel. For hver habitatnaturtype er der ligesom ved EU-rapporteringen gjort rede for habitatnaturtypens areal og udbredelse samt vist fordeling i forhold til artsindekset. Artsindekset er ligesom naturtilstandsindekset en værdi mellem 0 og 1, hvor en høj værdi er udtryk for næsten optimale

forhold og en lav værdi er udtryk for en kraftig negativ påvirkning. Skalaen fra 0 til 1 er inddelt i fem lige store klasser, og da de to højeste klasser svarer til en gunstig tilstand er værdier over 0,6 gunstige. Artsindekset bygger alene på karplantevegetationen, der er stedfast, rimelig enkel at artsbestemme og til stede en stor del af året. Samtidig er mange af habitatnaturtyperne også defineret ud fra karplantevegetationen. For en mere uddybende gennemgang af såvel alle naturtyper som de behandlede parametre henvises til Fredshavn m. fl., 2011.

I det følgende præsenteres sumkurver over artsindeks for den enkelte naturtype. Sumkurven over artsindeks for prøvefelterne med habitatnaturtypen stammer fra overvågningen (2004-10). Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen. Prøvefelterne inden for habitatområderne er vist med rød, prøvefelter uden for med grøn, mens den samlede angivelse for naturtypen er vist med blå.

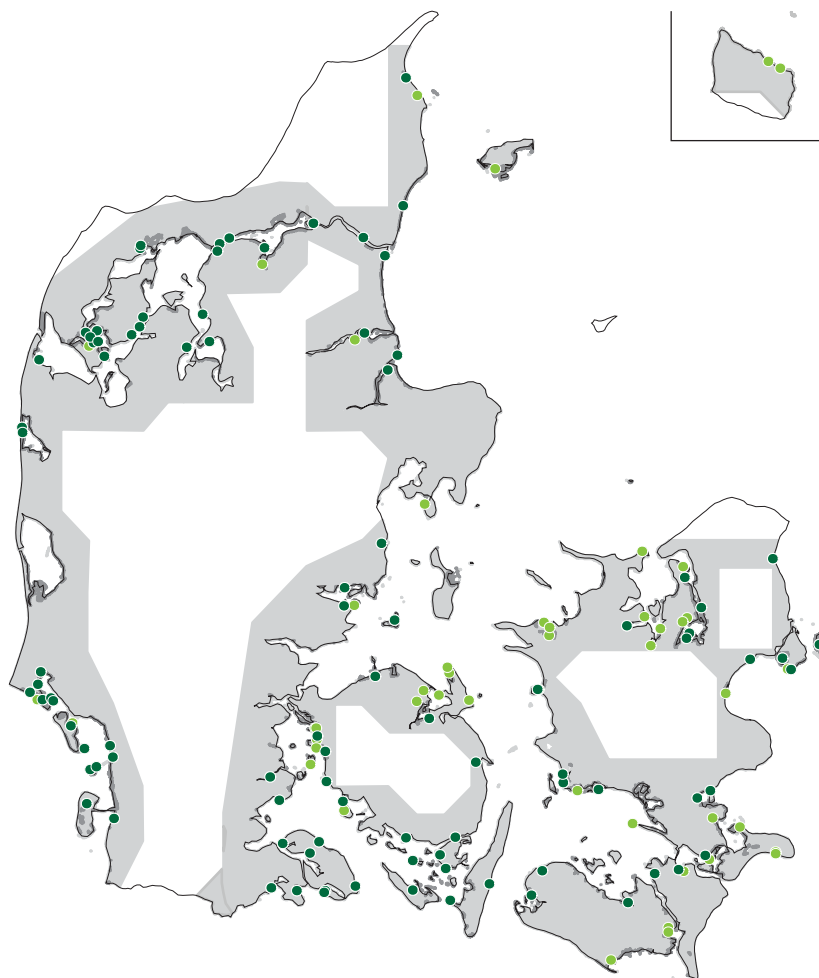
På kortene er der med grå markering vist den enkelte naturtypes udbredelsesområde.

### 10.1.1 Strandeng (1330)

#### Habitatnaturtypens udbredelse og arealmæssige dækning

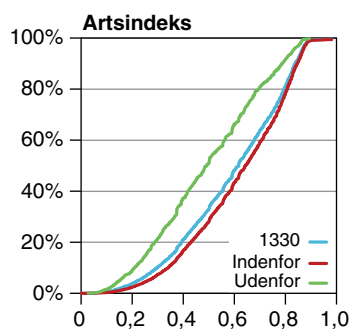
Strandeng er den mest udbredte habitatnaturtype i Danmark og foreløbige skøn viser, at knap 80 % af arealet findes inden for habitatområderne. Overvågningsstationerne findes spredt langs de beskyttede kyster i hele landet (figur 10.1).

**Figur 10.1.** Kort over udbredelsesområde samt kortlagte arealer og overvågningsstationer hvor habitatnaturtypen strandeng er registreret. Udbredelsesområdet bygger på kendte forekomster af habitatnaturtypen samt forekomsten af § 3-strandeng. De kortlagte forekomster ligger primært inden for habitatområderne. Mørke prikker viser 18 intensive stationer og 76 ekstensive stationer som er udlagt for at overvåge denne habitatnaturtype. Lyse prikker viser overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen er registreret i et eller flere prøvafelter på andre overvågningsstationer.



Strandeng er lavtliggende og saltpåvirkede plantesamfund som udvikles langs beskyttede kyster. Vegetationen er opdelt i forskellige zoner bestemt af jordbundens salt- og vandindhold. Habitatnaturtypen omfatter både den klassiske græssede strandeng, den ugræssede strandrøsump og vegetation på opskyllede tanglinjer på strandengen.

**Figur 10.2.** Sumkurve over artsindeks for overvågningsdata fra alle prøvafelter med habitatnaturtypen strandeng (blå) og hhv. inden for (rød) og uden for (grøn) habitatområderne. Y-aksen viser summen af de vægtede areal-andele. Jo lavere kurve, jo større procentdel med højt indeks. I alt 7.450 prøvafelter indgår.



Sumkurven over artsindeks for prøvafelterne med habitatnaturtypen fra overvågningen (2004-10) inden for habitatområderne er vist i Figur 10.2. Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen. Prøvafelterne inden for habitatområderne (rød kurve) har generelt et højere artsindeks end uden for, med 23 % højere arealandel med artsindeks over 0,6.

### **Samlet vurdering af habitatnaturtypen strandeng**

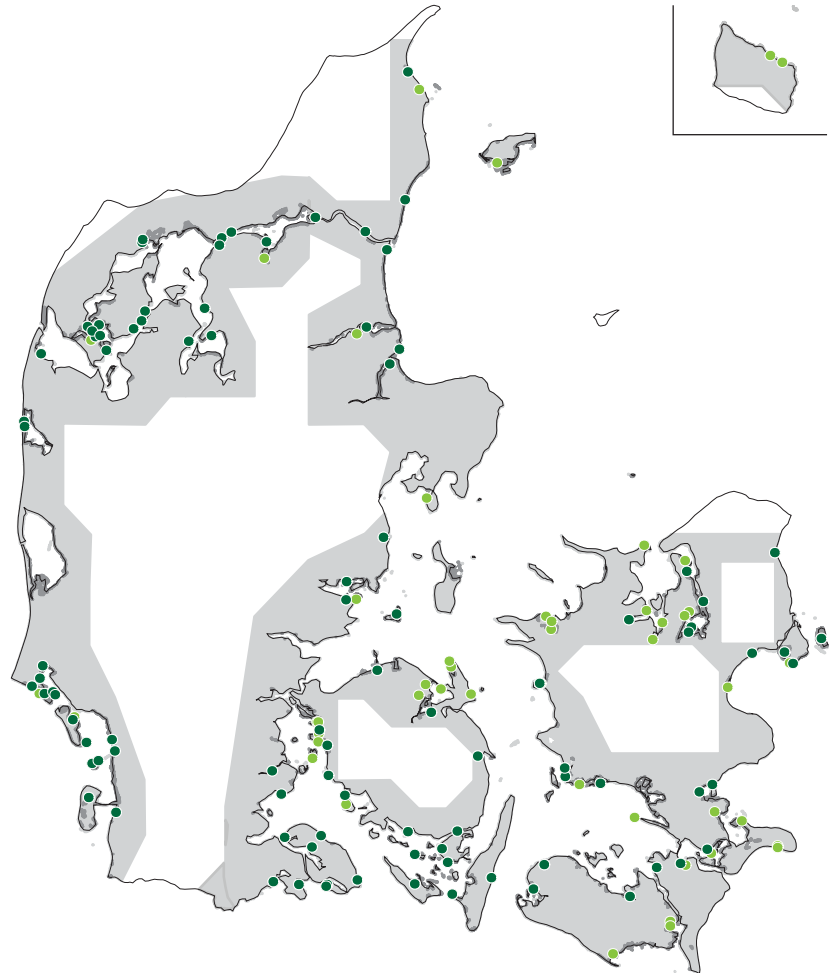
Resultaterne fra overvågningen tyder på, at væsentlige dele af habitatnaturtypen er præget af eutrofiering og afvanding, samt fravær af forstyrrelser i form af græsning, der kan holde vegetationsdækket lavt. Da habitatnaturtypen omfatter både artsrige, lavtvoksende, fugtige strandenge og artsfattige, højt voksende, våde strandsumpe vil den naturlige variation for nogle indikatorer være ganske stor, hvilket bør indgå i vurderingen af naturtilstanden.

### 10.1.2 Klithede (2140)

#### Habitatnaturtypens udbredelse og arealmæssige dækning

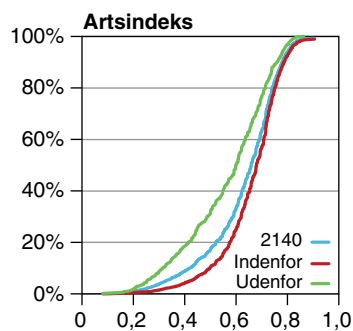
Klitheden er en af de mest udbredte lysåbne terrestriske habitatnaturtyper i Danmark og foreløbige skøn viser, at to tredjedele af arealet findes inden for habitatområderne. Hovedparten af overvågningsstationerne ligger langs den jyske vestkyst (figur 10.3).

**Figur 10.3.** Kort over udbredelsesområde samt kortlagte arealer og overvågningsstationer hvor habitatnaturtypen klithede er registreret. Udbredelsesområdet bygger på kendte forekomster af habitatnaturtypen samt forekomsten af flyvesand. De kortlagte forekomster ligger primært inden for habitatområderne. Mørke prikker viser 12 intensive stationer og 42 ekstensive stationer, som er udlagt for at overvåge denne habitatnaturtype. Lyse prikker viser overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen er registreret i et eller flere prøvefelter på andre overvågningsstationer.



Klithede findes på naturligt næringsfattigt og udvasket flyvesand i de fikserede kystklitter. Vegetationen er artsfattig og typisk domineret af dværgbuske. Habitatnaturtypen rummer en væsentlig naturlig variation i fugtighed og surhedsgrad.

**Figur 10.1.4.** Sumkurve over artsindeks for overvågningsdata fra alle prøvefelter med habitatnaturtypen klithede (blå) og hhv. inden for (rød) og uden for (grøn) habitatområderne. Y-aksen viser summen af de vægtede arealandele. Jo lavere kurve, jo større procentdel med højt indeks. I alt 5.551 prøvefelter indgår.



Sumkurven over artsindeks for prøvefelterne med habitatnaturtypen fra overvågningen (2004-10) inden for habitatområderne er vist i Figur 10.4. Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen. Prøvefelterne inden for habitatområderne (rød kurve) har generelt et højere artsindeks end uden for, med 25 % højere arealandel med artsindeks over 0,6.

### **Samlet vurdering af habitatnaturtypen klithede**

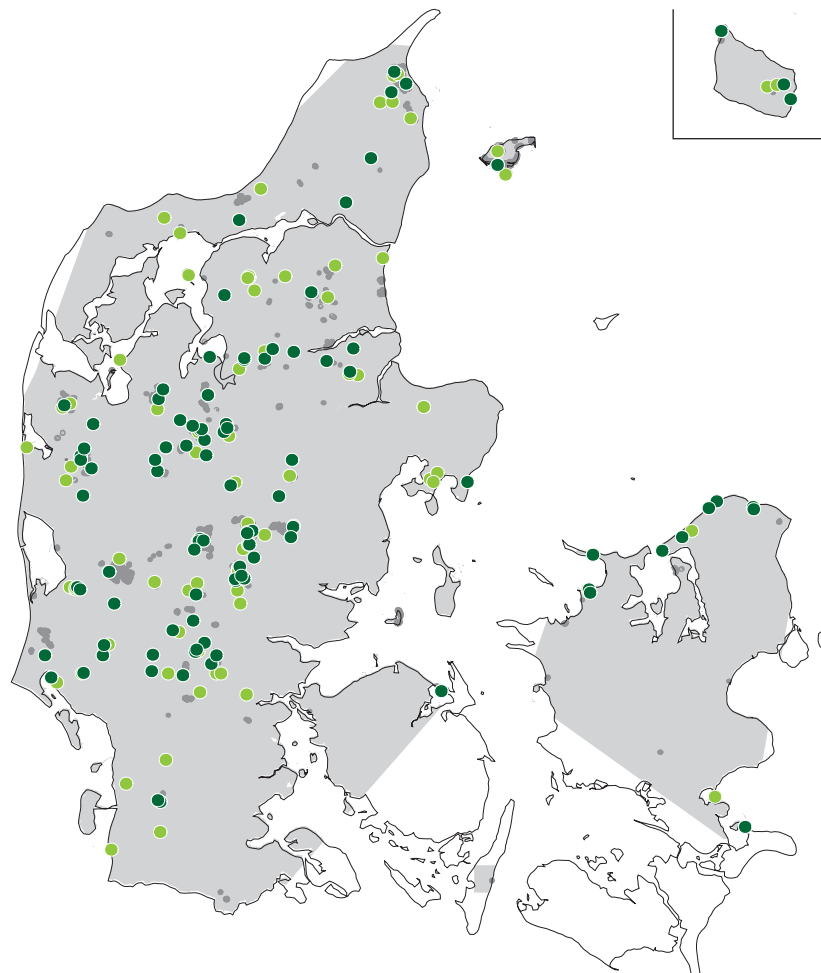
Klithede hører til de mindst påvirkede habitatnaturtyper i Danmark. Alligevel tyder resultaterne fra overvågningen på, at dele af habitatnaturtypen er præget af eutrofiering og deraf følgende forsuring, samt fravær af forstyrrelser i form af vinderosion og græsning, der kan holde vegetationsdækket åbent og rigt på mosser og laver, sikre foryngelse af dværgbuskene og hindre tilgroning med vedplanter. Tidligere rapporter har peget på, at forekomsten af invasive arter er høj i klithederne, og at der i perioden 2004-08 er registreret en signifikant stigning i andelen af prøvefelter med især bjerg-fyr, rynket rose og/eller stjerne-bredribbe (Bruus m.fl. 2010).

### 10.1.3 Tør hede (4030)

#### Habitatnaturtypens udbredelse og arealmæssige dækning

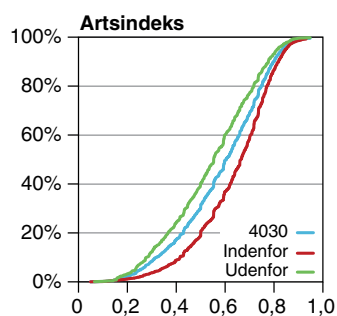
Tør hede er en af de mest udbredte lysåbne terrestriske habitatnaturtyper i Danmark og foreløbige skøn viser, at 45 % af arealet findes inden for habitatområderne. Hovedparten af overvågningsstationerne ligger i Jylland (figur 10.5).

**Figur 10.5.** Kort over udbredelsesområde samt kortlagte arealer og overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen tør hede er registreret. Udbredelsesområdet bygger på kendte forekomster af habitatnaturtypen. De kortlagte forekomster ligger primært inden for habitatområderne. Mørke prikker viser stationer, som er udlagt for at overvåge denne habitatnaturtype. Lyse prikker viser overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen er registreret i et eller flere prøvefelter på andre overvågningsstationer.



Tør hede findes på naturlig næringsfattig og stærk udvasket jordbund. Vegetationen er typisk domineret af dværgbuske og relativ artsfattig. Habitatnaturtypen rummer en væsentlig naturlig variation i fugtighed og surhedsgrad

**Figur 10.6.** Sumkurve over artsindeks for overvågningsdata fra alle prøvefelter med habitatnaturtypen tør hede (blå) og hhv. inden for (rød) og uden for (grøn) habitatområderne. Y-aksen viser summen af de vægtede arealandele. Jo lavere kurve, jo større procentdel med højt indeks. I alt 5.761 prøvefelter indgår.



Sumkurven over artsindeks for prøvefelterne med habitatnaturtypen fra overvågningen (2004-10) inden for habitatområderne er vist i Figur 10.6. Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen. Prøvefelterne inden for habitatområderne (rød kurve) har generelt et højere artsindeks end uden for, med 23 % højere arealandel med artsindeks over 0,6.

### **Samlet vurdering af habitatnaturtypen tør hede**

Tør hede er præget af eutrofiering og deraf følgende forsurening, samt fravær af forstyrrelser i form af brand eller græsning, der kan holde vegetationsdækket åbent og rigt på både mosser og laver, sikre foryngelse af dværgbuskene og hindre tilgroning med vedplanter. Tidligere rapporter har peget på, at invasive arter er hyppigt forekommende i vegetationen på de intensive stationer (omkring 16 % i 2008), men der er ikke tegn på markante ændringer i deres dækning (Bruus m.fl. 2010).

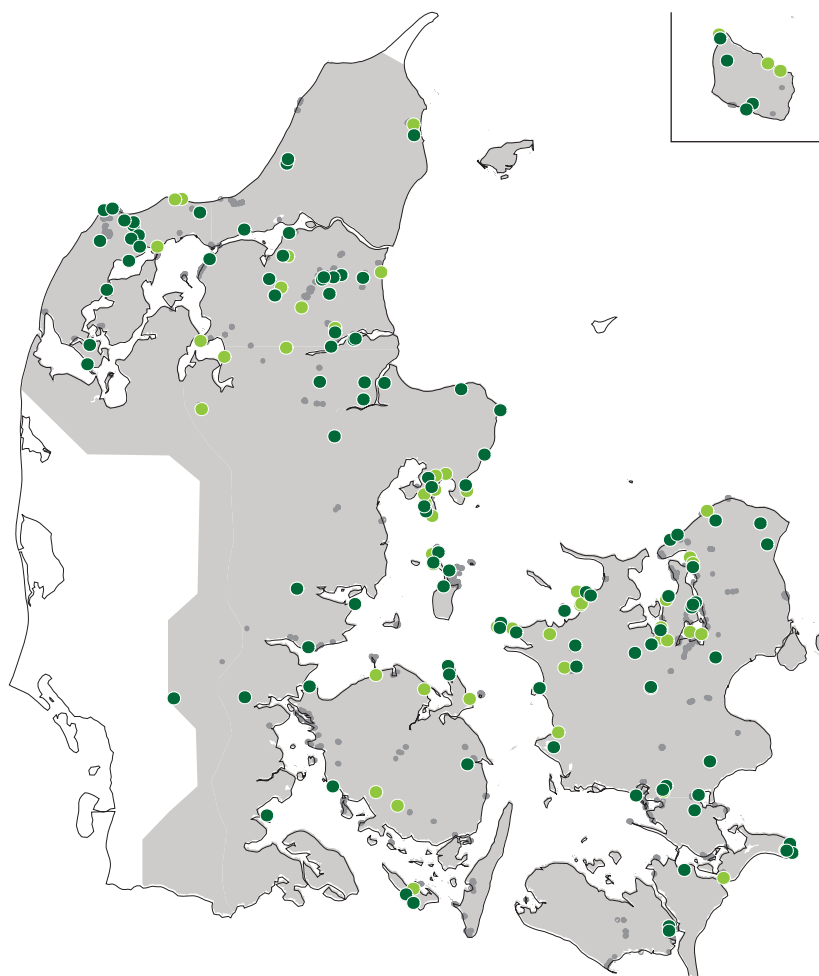


#### 10.1.4 Kalkoverdrev (6210)

##### Habitatnaturtypens udbredelse og arealmæssige dækning

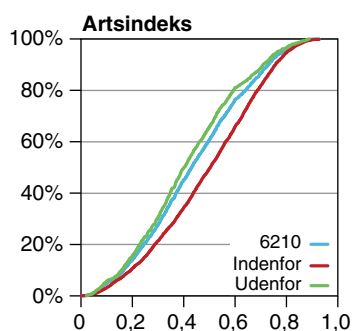
Kalkoverdrev er en af de almindelige lysåbne terrestriske habitatnaturtyper i Danmark og foreløbige skøn viser, at knap en tredjedel af arealet findes inden for habitatområderne. Overvågningsstationerne er spredt over det meste af typens udbredelsesområde (figur 10.7).

**Figur 10.7.** Kort over udbredelsesområde samt kortlagte arealer og overvågningsstationer hvor habitatnaturtypen kalkoverdrev er registreret. Udbredelsesområdet bygger på kendte forekomster af habitatnaturtypen. De kortlagte forekomster ligger primært inden for habitatområderne. Mørke prikker viser 16 intensive stationer og 92 ekstensive stationer som er udlagt for at overvåge denne habitatnaturtype. Lyse prikker viser overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen er registreret i et eller flere prøvefelter på andre overvågningsstationer.



Kalkoverdrev omfatter næringsfattig, artsrig, sluttet vegetation på tør til fugtig kalkrig jord. Habitatnaturtypen rummer en vis naturlig variation i fugtighed og surhedsgrad. Typen kan være væsentligt levested for sjældne orkidéer, og er da særligt prioriteret.

**Figur 10.8.** Sumkurve over artsindeks for overvågningsdata fra alle prøvefelter med habitatnaturtypen kalkoverdrev (blå) og hhv. inden for (rød) og uden for (grøn) habitatområderne. Y-aksen viser summen af de vægtede arealandele. Jo lavere kurve, jo større procentdel med højt indeks. I alt 5.375 prøvefelter indgår.



Sumkurven over artsindeks for prøvefelterne med habitatnaturtypen fra overvågningen (2004-10) inden for habitatområderne er vist i Figur 10.8. Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen. Prøvefelterne inden for habitatområderne (rød kurve) har generelt et højere artsindeks end uden for, med 18 % højere arealandel med artsindeks over 0,6.

**Samlet vurdering af habitatnaturtypen kalkoverdrev**

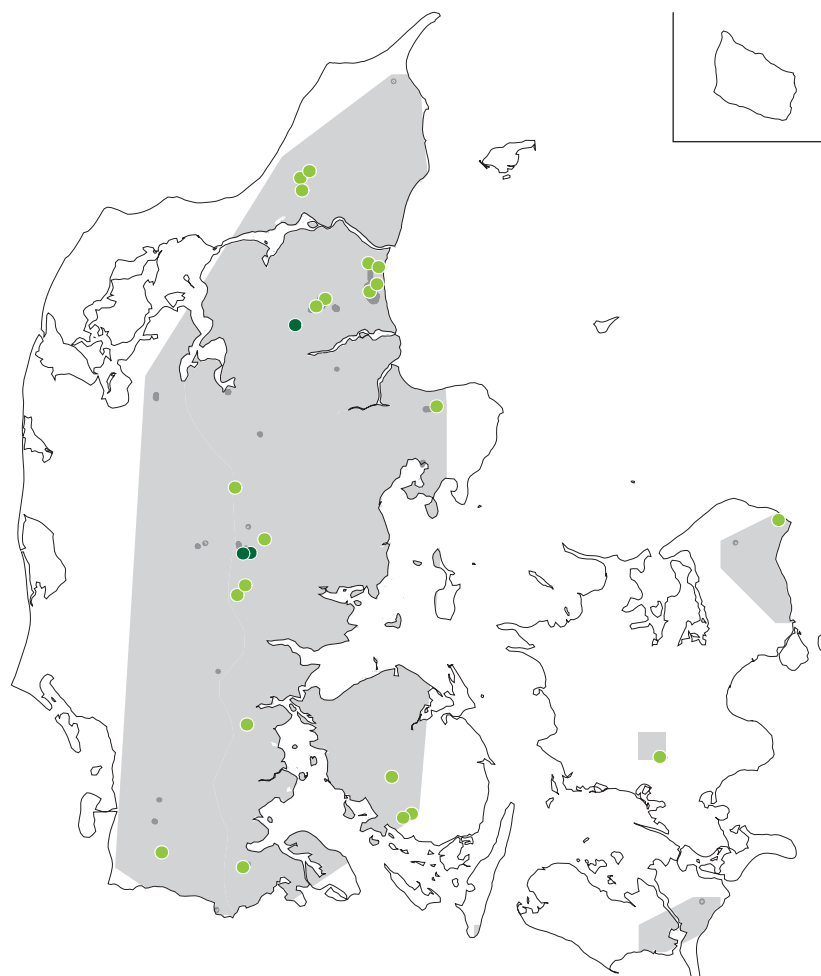
Resultaterne fra overvågningen tyder på, at dele af habitatnaturtypen er præget af eutrofiering, samt fravær af forstyrrelser i form af græsning, der kan holde vegetationsdækket lavt og åbent og hindre tilgroning med vedplanter.

### 10.1.5 Aktiv højmoser (7110)

#### Habitatnaturtypens udbredelse og arealmæssige dækning

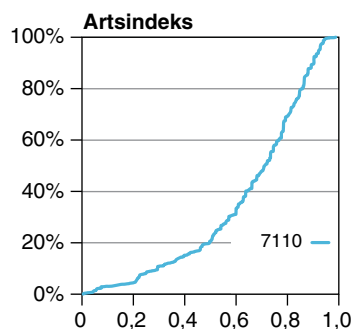
Højmoser er en af de mindre udbredte lysåbne terrestriske habitatnaturtyper i Danmark og foreløbige skøn viser at mere end 80 % af arealet findes inden for habitatområderne. Hovedparten af overvågningsstationerne ligger i Jylland (figur 10.9).

**Figur 10.9.** Kort over udbredelsesområde samt kortlagte arealer og overvågningsstationer hvor habitatnaturtypen aktiv højmoser er registreret. Udbredelsesområdet bygger på kendte forekomster af habitatnaturtypen. De kortlagte forekomster ligger primært inden for habitatområderne. Mørke prikker viser 11 intensive stationer og 12 ekstensive stationer, som er udlagt for at overvåge denne habitatnaturtype. Lyse prikker viser overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen er registreret i et eller flere prøvefelter på andre overvågningsstationer.



Aktive højmoser er moser, som kun modtager vand gennem nedbør. Højmoservegetationen er lysåben og består af tuer, som er højereliggende partier med dværgbuske, og høljer, som er våde lavninger med tørvemosser, *smalbladet kæruld* og *hvid næbfrø*. Aktiv højmoser omfatter hele højmosekomplekset med højmoseflade, tørvgrave, søer samt laggzone (overgangszone) og rand med rørsump eller hængesæk. Den naturlige variation i fugtighed og surhedsgrad er relativt begrænset i vegetationen på selve højmosefloden, mens vegetationen i laggzone og rand kan variere betragteligt.

**Figur 10.10.** Sumkurve over artsindeks for overvågningsdata fra alle prøvefelter med habitatnaturtypen strandeng (blå) primært inden for habitatområderne. Y-aksen viser summen af de vægtede arealandele. Jo lavere kurve, jo større procentdel med højt indeks. I alt 1.850 prøvefelter indgår.



Sumkurven over artsindeks for prøvefelterne med habitatnaturtypen fra overvågningen (2004-10) inden for habitatområderne er vist i Figur 10.10. Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen. Stort set alle forekomster af habitatnaturtypen findes inden for habitatområderne.

### Samlet vurdering af habitatnaturtypen højmoser

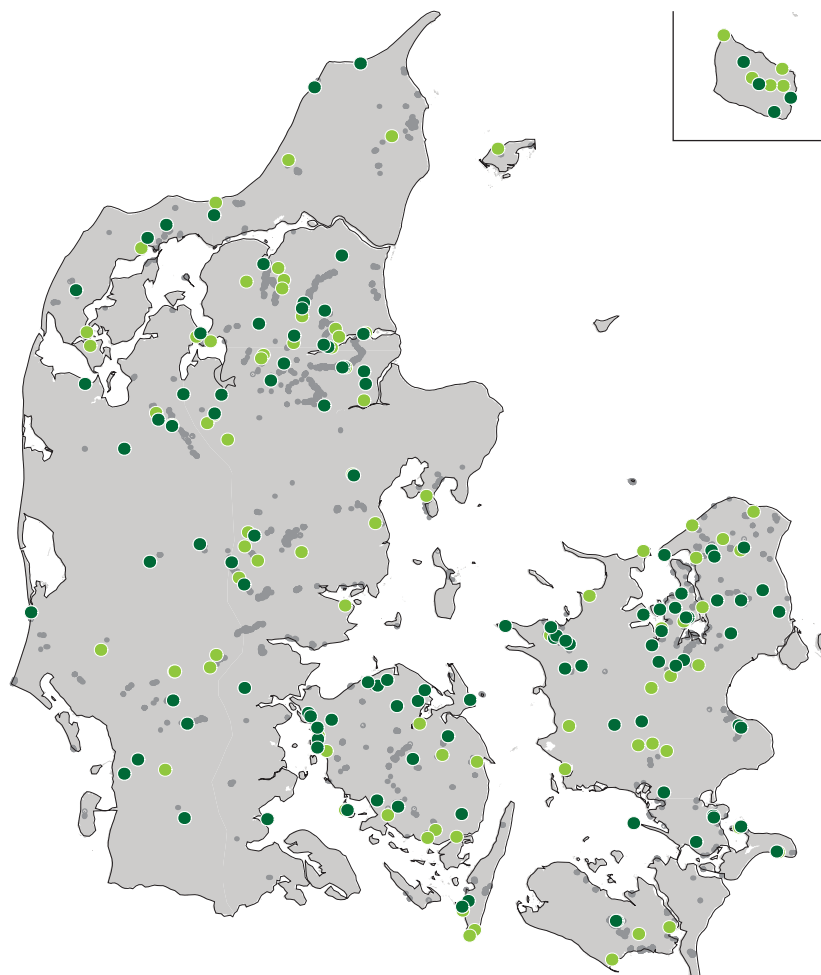
Højmoser hører til blandt de mest sårbare habitatnaturtyper i Danmark. Resultaterne fra overvågningen tyder på at væsentlige dele af habitatnaturtypen er præget af eutrofiering, afvanding og tilgroning af høje vedplanter. Det skal dog bemærkes at der indgår prøvefelter fra højmosens lagg og kant, og disse vil helt naturligt have højt vedplantedække og et lavere artsindeks. Et højt indhold af næringsstoffer i jordbund og vegetation samt forstyrrelser af den naturlige hydrologi medfører yderligere tilgroning, hvis der ikke gribes ind med tiltag, der kan retablere vandstanden og begrænse næringsbelastningen. Tilsvarende vil tilstedeværelsen af vedplanter medføre en forøgelse af højmosens fordampning og den mængde kvælstof, der afsættes fra luften.

### 10.1.6 Rigkær (7230)

#### Habitatnaturtypens udbredelse og arealmæssige dækning

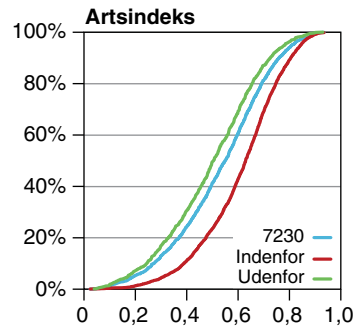
Rigkær er en af de almindeligt forekommende lysåbne terrestriske habitatnaturtyper i Danmark og foreløbige skøn viser, at en tredjedel af arealet findes inden for habitatområderne. Overvågningsstationerne er spredt over det meste af landet, dog er typen mindre hyppigt repræsenteret i Vestjylland (figur 10.11).

**Figur 10.11.** Kort over udbredelsesområde samt kortlagte arealer og overvågningsstationer hvor habitatnaturtypen rigkær er registreret. Udbredelsesområdet bygges på kendte forekomster af habitatnaturtypen. De kortlagte forekomster ligger primært inden for habitatområderne. Mørke prikker viser 18 intensive stationer og 89 ekstensive stationer, som er udlagt for at overvåge denne habitatnaturtype. Lyse prikker viser overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen er registreret i et eller flere prøvefelter på andre overvågningsstationer.



Rigkær er defineret som moser og enge med konstant vandmættet jordbund, hvor grundvandet er næringsfattigt og mere eller mindre kalkholdigt. Rigkær findes typisk ved foden af skrænter langs ådale og kyster, hvor grundvandsspejlet kommer tæt på overfladen, men kan også forekomme i små lavninger nede i selve ådalen eller på marint forland. Vegetationen er lysåben og artsrig og rummer en vis naturlig variation i fugtighed og en mindre variation i surhedsgrad.

**Figur 10.12.** Sumkurve over artsindeks for overvågningsdata fra alle prøvefelter med habitatnaturtypen rigkær (blå) og hhv. inden for (rød) og uden for (grøn) habitatområderne. Y-aksen viser summen af de vægtede arealandele. Jo lavere kurve, jo større procentdel med højt indeks. I alt 4.998 prøvefelter indgår.



Sumkurven over artsindeks for prøvefelterne med habitatnaturtypen fra overvågningen (2004-10) inden for habitatområderne er vist i Figur 10.12. Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen. Prøvefelterne inden for habitatområderne (rød kurve) har generelt et højere artsindeks end uden for, med 26 % højere arealandel med artsindeks over 0,6.

### Samlet vurdering af habitatnaturtypen rigkær

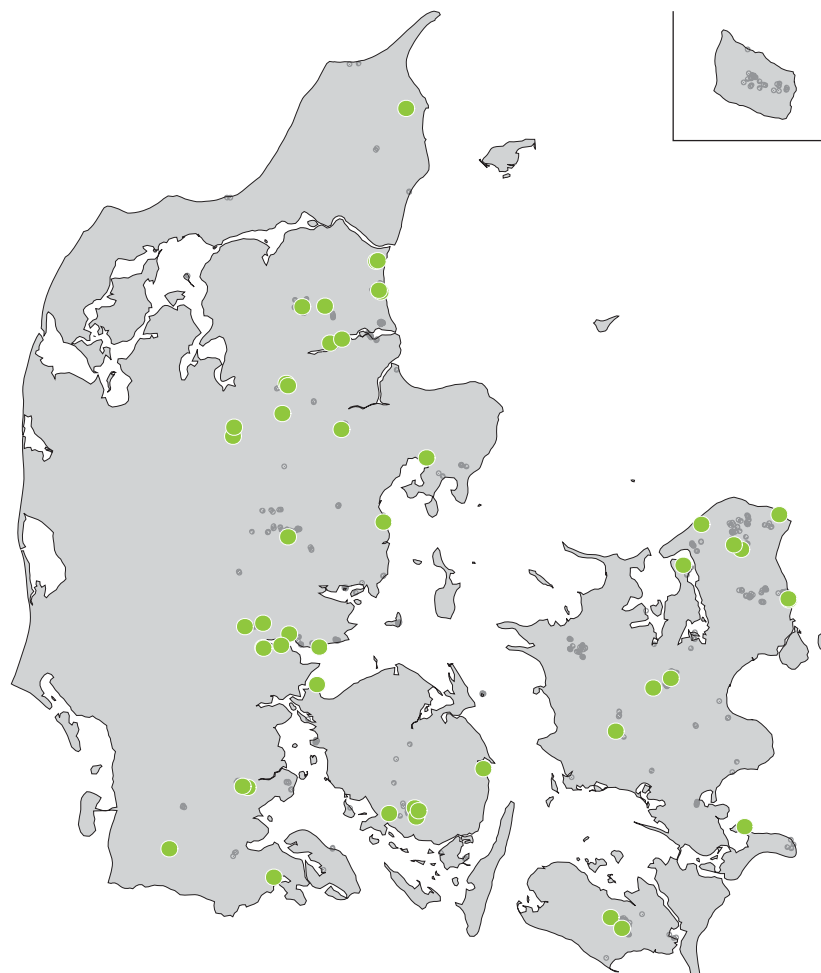
Resultaterne fra overvågningen tyder på, at væsentlige dele af habitatnaturtypen er præget af eutrofiering, afvanding, samt fravær af forstyrrelser i form af grundvandspåvirkning og græsning, der kan holde vegetationsdækket lavt og hindre tilgroning med vedplanter. Et højt indhold af næringsstoffer i jordbunden samt sænkning af vandstanden vil på sigt medføre yderligere tilgroning hvis der ikke gribes ind med plejetiltag.

### 10.1.7 Elle- og askeskov (91E0)

#### Habitatnaturtypens udbredelse og arealmæssige dækning

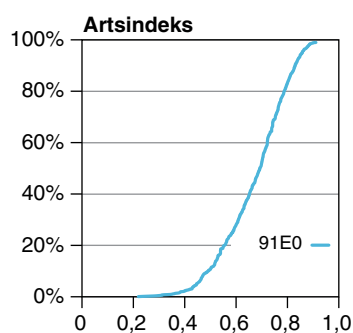
Elle- og askeskov er en af de mere almindelige skovhabitatnaturtyper i Danmark og foreløbige skøn viser, at en tredjedel af arealet findes inden for habitatområderne. Overvågningsstationerne er spredt over det meste af landet, dog er typen mindre hyppigt repræsenteret i Vestjylland (figur 10.13). Stationerne er udelukkende lagt inden for habitatområderne.

**Figur 10.13.** Kort over udbredelsesområde samt kortlagte arealer og overvågningsstationer hvor habitatnaturtypen elle- og askeskov er registreret. Udbredelsesområdet bygger på kendte forekomster af habitatnaturtypen. De kortlagte forekomster ligger primært inden for habitatområderne. Der er udlagt 15 intensive stationer for at overvåge denne habitatnaturtype. Lyse prikker viser overvågningsstationer, hvor habitatnaturtypen er registreret i et eller flere prøvefelter..



Elle-/askeskov findes på naturlig næringsrig, kalkholdig og ret fugtig jordbund. Skoven er typisk domineret af el, ask og andre vådbundstolerante og grundvandselskende træarter. Den er relativ artsrig både i bundflora og træartssammensætning.

**Figur 10.14.** Sumkurve over artsindeks for overvågningsdata fra alle prøvefelter med habitatnaturtypen elle- og askeskove. Y-aksen viser summen af arealandelen. Jo lavere kurve, jo større procentdel med højt indeks. I alt 951 prøvefelter indgår.



Sumkurven over artsindeks for prøvefelterne med habitatnaturtypen fra overvågningen (2007-10) inden for habitatområderne er vist i Figur 10.14. Kurverne angiver hvor stort et areal, der har indeks lavere end angivet på x-aksen.

Artstilstanden i elle- og askeskove er tæt knyttet til en række faktorer som krone-dækning, lysforhold, dødt træ, træer med

hulheder samt nærings-, fugtigheds og surhedsforholdene. Desuden er grundfladen af store, gamle træer signifikant forbundet med antallet af indikatorarter.

#### **Samlet vurdering af habitatnaturtypen elle- og askeskov**

Knap halvdelen af arealet med habitatnaturtypen elle- og askeskov har indikatorer for dødt træ, og mindre end en tredjedel har stammer med hulheder eller store, gamle træer. Manglen på dødt træ og gamle stammer er formodentlig et resultat af skovdrift og relativt unge skove, der endnu ikke har disse strukturer. Yderligere forringelse af disse forhold vil influere negativt på bevaringsstatus. Det har ikke været muligt ud fra fire års resultater at adskille den naturlige variation i nærings- og fugtighedsforhold fra de negative udefrakommende påvirkninger.

## **10.2 Samlet vurdering af habitatnaturtyperne**

Data viser, at det er de allermest næringsfattige og typisk også snævert definerede habitatnaturtyper, som har den største andel af prøvefelter i en god artstilstand. Det afspejler bl.a. at arealer, der tilhører habitatnaturtyperne højmose, tørvelavning og klithede i sagens natur ikke kan være meget kulturpåvirkede, for så ville de aldrig være blevet kortlagt som disse naturtyper. Andre naturtyper som overdrev og kalkrige moser rummer helt naturligt arter, som også findes i kulturlandskabet, og hvor der derfor vil være en tendens til at kortlægge naturtypen bredere. Samtidig afspejler resultatet, at overdrev og kalkrige moser ofte ligger som små og fragmenterede lokaliteter omgivet af agerland, og af den grund ofte er påvirket af dræning og/eller næringsbelastning.

Generelt er artstilstanden uden for habitatområderne ringere end indenfor. Dette skyldes først og fremmest, at mange af vores fineste naturområder er udpeget som habitatområder, og dels at den tidligste udpegning af intensive stationer ofte var kendte, værdifulde naturområder. Det samlede stationsnet giver et repræsentativt datasæt og en mulighed for at beregne vægtede gennemsnit af habitattypen indenfor og udenfor habitatområderne, således at man opnår et retvisende nationalt billede. Nogle af de sjældne naturtyper som indlandssalteng, enebærklit, tørt kalksandsoverdrev og aktiv højmose har ingen stationer uden for habitatområderne, men her vurderes det også, at de eksisterende stationer giver et dækkende billede af den nationale situation



## 11 Referencer

Aftale om Vandmiljøplan III 2005-2015 mellem regeringen, Dansk Folkeparti og Kristendemokraterne, 2004.

Bijl, L. van der, Boutrup, S. & Jensen, P.N. (red) 2007: NOVANA. Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse 2007-2009 - del 2. Danmarks Miljøundersøgelser. 120 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 615. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Bjerring, R., Johansson, L.S., Søndergaard, M., Kjeldgaard, A., Sortkjær, L., Windolf, J. & Bøgestrand, J. 2011: Søer 2010. NOVANA Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 64 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 5. <http://www2.dmu.dk/Pub/SR5.pdf>

Bossi, R., Sortkjær, O. & Juhler, R.K. 2009: Screening for udvalgte pesticider i vandløb og grundvand. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 22 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 252. <http://www2.dmu.dk/Pub/AR252.pdf>

Bossi, R., Mogensen, B.B. & Johansen, E. 2009: Muskstoffer i punktkilder og i det akvatiske miljø. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 31 s. – Arbejdsrapport fra DMU nr. 255. <http://www2.dmu.dk/Pub/AR255mf.pdf>

Cappelen, J. 2011: Danmarks klima 2010 med Tórshavn, Færøerne og Nuuk, Grønland. Teknisk rapport 11-01. Danmarks Meteorologiske Institut, 72 pp.

Danmarks Miljøundersøgelser 2004: Det nationale program for overvågning af vandmiljøet og naturen. Programbeskrivelse - del 1. Danmarks Miljøundersøgelser. 48 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 495. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og DMU, Aarhus Universitet 2008: Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III. 36 s.

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

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M. & Jensen, S.S. 2011a: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2010. National Environmental Research Institute, Aarhus University. 55 pp. – NERI Technical Report No. 836.

Europaparlamentets og Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter. EFT L 206 af 22/07/1992 (Habitatdirektivet).

<http://www.eu-oplysningen.dk/dokumenter/retsakter/pop/392L0043/>

Europaparlamentets og Rådets direktiv 98/83/EF af 3. november om kvaliteten af drikkevand. EFT L 330 af 5.12.1998 (Drikkevandsdirektivet).

Europaparlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober om fastsættelse af en ramme for fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger. EFT L 327 af 22.12.2000 (Vandrammedirektivet).

EU-kommissionens forordning 2001/466/EF af 8. marts 2001 om fastsættelse af grænseværdier for bestemte forurenende stoffer i levnedsmidler.

Europaparlamentets og Rådets direktiv 2006/118/EF af 12. december 2006 om beskyttelse af grundvandet mod forurening og forringelse (Grundvandsdirektivet).

European Commission (2007): Interpretation Manual of European Union Habitats - EUR27. 144 pp. European Commission, DG Environment. Nature and Biodiversity. Bruxelles.

EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/105/EF af 16. december 2008 om miljøkvalitetskrav inden for vandpolitikken, om ændring og senere ophævelse af Rådets direktiv 82/176/EØF, 83/513/EØF, 84/156/EØF, 84/491/EØF og 86/280/EØF og om ændring af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF.

Fredshavn, J.R., Ejnæs, R., Damgaard, C., Nielsen, K.E. & Nygaard, B. 2011: Terrestriske habitatnaturtyper 2010. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 7.

<http://www2.dmu.dk/Pub/SR7.pdf>

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jensen, P.G., Hansen, B. & Thorling, L. 2011: Landovervågningsoplade 2010. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 126 s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 3.

<http://www2.dmu.dk/Pub/SR3.pdf>

Hansen, J.W. & Petersen, D.L.J. (red) 2011: Marine områder 2010. NOVANA. Tilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 6.

<http://www2.dmu.dk/Pub/SR6.pdf>

Juhler, R.K., Sortkjær, O., Gudmundsson, L. & Johnsen, A. 2010: Screeningsundersøgelse og afprøvning af prøvetagningsmetodik til undersøgelse af udsivning fra jordforurening til overfladevand. In press, udgives af Miljøstyrelsen.

Larsen, C.L., 2006: Screening af beryllium i dansk grundvand. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Rapport nr. 2006/67. [http://www.blst.dk/NR/ronlyres/39DFEB08-BAB2-47F9-A2E0-0A88B268850F/0/proj14\\_Slutrapport2.pdf](http://www.blst.dk/NR/ronlyres/39DFEB08-BAB2-47F9-A2E0-0A88B268850F/0/proj14_Slutrapport2.pdf)

Larsen, M.M., Hjorth, M. & Sortkjær, O. 2010: Screening for kloroalkaner i sediment. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 22 s. Faglig rapport fra DMU nr. 782.

Miljøministeriet 2010: Bekendtgørelse nr. 1022 af 25. august 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet.

Miljøstyrelsen 2010: Bekæmpelsesmiddelstatistik 2009. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 8.

Miljøministeriet 2011: Bekendtgørelse nr. 1024 af 31. oktober 2011 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg.

Mogensen, B.M., Bossi, R., Kjær, J., Juhler, R. & Boutrup, S. 2007: NOVANA-screeningsundersøgelse af lægemidler og triclosan i punktkilder og det akvatiske miljø. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 74 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 638. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR638.pdf>

Naturstyrelsen 2011: Punktkilder 2010.

Naturstyrelsen 2011a: Nøgletal for miljøfarlige stoffer i spildevand fra renseanlæg – på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2009 (ikke udgivet)

Nordemann Jensen, P., Boutrup, S., Bijl, L.van der, Svendsen, L.M., Grant, R., Wiberg-Larsen, P., Bjerring, R., Ellermann, T., Petersen, D.L.J., Hjorth, M., Søgaard, B., Thorling, L., & Dahlgren, K. 2010: Vandmiljø og Natur 2009. NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 108 s. – Faglig rapport nr. 806. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR806.pdf>

OSPAR 2009: CEMP assessment report: 2008/2009. Assessment of trends and concentrations of selected hazardous substances in sediments and biota. – OSPAR publication number 390/2009. Monitoring and Assessment Series. 80 pp. [http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00390\\_2009%20%20CEMP%20assessment%20report.pdf](http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00390_2009%20%20CEMP%20assessment%20report.pdf)

Pihl, S., Ejrnæs, R., Søgaard, B., Aude, E., Nielsen, K.E., Dahl, K. & Laurson, J.S. 2000: Naturtyper og arter omfattet af EF-Habitatdirektivet. Indledende kortlægning og foreløbig vurdering af bevaringsstatus. - Danmarks Miljøundersøgelser. 219 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 322.

Regeringen 2009: Grøn Vækst. April 2009:6. [http://www.mim.dk/NR/ronlyres/D5E4FC9A-B3AC-4C9A-B819-C42300F23CCA/0/GROENVAEKST\\_2904rapporten.pdf](http://www.mim.dk/NR/ronlyres/D5E4FC9A-B3AC-4C9A-B819-C42300F23CCA/0/GROENVAEKST_2904rapporten.pdf)

Strand, J., Bossi, R., Sortkjær, O. & Larsen, M.M. 2007: PFAS og organotinforbindelser i punktkilder og det akvatiske miljø. Faglig rapport fra DMU nr. 608, 2007. <http://www2.dmu.dk/Pub/FR608.pdf>

Strand, J., Bossi, R., Dahllöf, I., Jensen, C.A., Simonsen, V., Tairova, Z. & Tomkiewicz, J. 2009: Dioxin og biologisk effektmonitoring i ålekvabbe i kystnære danske farvande. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 66 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 743. <http://www.dmu.dk/Pub/FR743.pdf>

Strand, J., Larsen, M.M., Reichenberg, F., Vorkamp, K., Lassen, P., Elmeros, M. & Dietz, R. 2010: Kviksølvforbindelser, HCB og HCCPD i det danske vandmiljø. 36 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 794

Thorling, L. (red.) 2011: Grundvand. Status og udvikling 1989-2010. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland – GEUS. [www.geus.dk](http://www.geus.dk).

Windolf, J., Wiberg-Larsen, P., Bøgestrand, J., Larsen, S.E., Thodsen, H., Bjerring, R., Ovesen, N.B. & Kjeldgaard, A. 2011: Vandløb 2010. NO-VANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. – Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 4 <http://www.dmu.dk/Pub/SR4.pdf>

# VANDMILJØ OG NATUR 2010

NOVANA. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning

Denne rapport indeholder resultater fra 2010 af det nationale program for overvågning af vandmiljø og natur (NOVANA) i Danmark. Rapporten indeholder en opgørelse af de vigtigste påvirkningsfaktorer og en status for tilstand i grundvand, vandløb, søer, havet samt for overvågning af naturtyper. Grundlaget for rapporten er de årlige rapporter, som udarbejdes af fagdatacentrene for de enkelte emneområder. Disse rapporter er baseret på data indsamlet af Naturstyrelsens decentrale enheder og Aarhus Universitet. Rapporten er udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet efter aftale med Naturstyrelsen, der har ansvaret for det nationale overvågningsprogram.

ISBN: 978-87-92825-16-2

ISSN: 2244-9981