



# SØER 2009

NOVANA

---

Faglig rapport fra DMU nr. 803 2010



DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER  
AARHUS UNIVERSITET



*[Tom side]*

# SØER 2009

NOVANA

---

Faglig rapport fra DMU nr. 803 2010

Rikke Bjerring  
Liselotte Sander Johansson  
Torben L. Lauridsen  
Martin Søndergaard  
Frank Landkildehus  
Lisbet Sortkjær  
Jørgen Windolf



## Datablad

- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 803
- Titel: Søer 2009  
Undertitel: NOVANA
- Forfatter(e): Rikke Bjerring, Liselotte Sander Johansson, Torben L. Lauridsen, Martin Søndergaard, Frank Landkildehus, Lisbet Sortkjær & Jørgen Windolf
- Afdeling: Afdeling for Ferskvandsøkologi
- Udgiver: Danmarks Miljøundersøgelser©  
Aarhus Universitet  
URL: <http://www.dmu.dk>
- Udgivelsesår: December 2010  
Redaktion afsluttet: November 2010  
Faglig kommentering: Miljøcentrene i Danmark, By- og Landskabsstyrelsen
- Finansiel støtte: Ingen ekstern finansiering
- Bedes citeret: Bjerring, R. Johansson, L.S., Lauridsen, T.L., Søndergaard, M., Landkildehus, F., Sortkjær, L. & Wiindolf, J. 2010: Søer 2009. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 96s. – Faglig rapport fra DMU nr. 803. <http://www.dmu.dk/Pub/FR803.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2009 og beskriver udviklingen i udvalgte indikatorer siden overvågningsprogrammets start i 1989. Miljøtilstanden er generelt forbedret siden 1989. Forbedringerne kan tydeligst ses i de vandkemiske indikatorer, men også flere biologiske indikatorer viser tendenser til forbedringer i miljøtilstanden.
- Emneord: Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan, NOVANA
- Layout: Anne Mette Poulsen  
Illustrationer: Grafisk værksted, DMU Silkeborg
- Omslagsfoto: Jusø: Martin Søndergaard
- ISBN: 978-87-7073-201-7  
ISSN (elektronisk): 1600-0048
- Sideantal: 96
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) på DMU's hjemmeside <http://www.dmu.dk/Pub/FR803.pdf>
- Supplerende oplysninger: NOVANA er et program for en samlet og systematisk overvågning af både vandig og terrestrisk natur og miljø. NOVANA erstattede 1. januar 2004 det tidligere overvågningsprogram NOVA-2003, som alene omfattede vandmiljøet.

# Indhold

## Forord 5

### 1 Sammenfatning 6

### 2 Undersøgellesprogrammet 10

- 2.1 Det intensive program 11
- 2.2 Det ekstensive program for større søer (ekstensiv 1) 12
- 2.3 Det ekstensive program for mindre søer (ekstensiv 2) 13
- 2.4 Det ekstensive program for småsøer og vandhuller (ekstensiv 3) 14

### 3 Intensivt undersøgte søer 16

- 3.1 Generel karakteristik 16
- 3.2 Fosfor 18
- 3.3 Kvælstof 20
- 3.4 Klorofyl *a* 22
- 3.5 Sigtdybde 24
- 3.6 Undervandsplanter 25
- 3.7 Fisk 29
- 3.8 Næringsstofkilder og -balancer 34

### 4 De ekstensivt undersøgte søer 42

- 4.1 Ekstensiv 1 søer 42
- 4.2 Ekstensiv 2 søer (0,1-5 hektar) 48
- 4.3 Ekstensiv 3 søer (<0,1 hektar) 49
- 4.4 Sammenligning af de ekstensive søer 50
- 4.5 Søtyper blandt småsøer og vandhuller 54
- 4.6 Søer langs en størrelsesgradient 56

### 5 Padder 60

- 5.1 Tidspunkt og metode 60
- 5.2 Arternes forekomst og udbredelse 61
- 5.3 Forekomst i relation til miljøvariable 65

### 6 Flydebladsplanter 67

- 6.1 Flydebladsplanter (søer >0,1 ha) 67
- 6.2 Flydebladsarter og deres hyppighed (søer >0,1 ha) 70
- 6.3 Flydebladsplanter i småsøer (<0,1 ha) 72

### 7 Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i søsediment 75

- 7.1 Pesticider 76
- 7.2 Tungmetaller 77
- 7.3 Polyaromatiske kulbrinter (PAH'er) 79
- 7.4 Blødgørere (phtalater, DEHA) 83
- 7.5 Phenoler 83
- 7.6 Chlorerede kulbrinter 85
- 7.7 Organotinforbindelser 85
- 7.8 Bromerede flammehæmmere 87
- 7.9 Perflourerede forbindelser 88
- 7.10 Samlet vurdering 88

## **8 Klima og afstrømning 89**

- 8.1 Temperatur og global indstråling 89
- 8.2 Nedbør 92
- 8.3 Afstrømning 92
- 8.4 Vindforhold 93

## **9 Referencer 94**

**Danmarks Miljøundersøgelser**

**Faglige rapporter fra DMU**

## Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA), som fra 2004 har afløst NOVA-2003, det tidligere overvågningsprogram. NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988. Denne rapport omfatter data fra de sidste år i denne planperiode, dvs. til og med 2009.

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

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

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

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

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

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes sammen med konklusionerne fra de øvrige Fagdatacenter-rapporter i Vandmiljø og Natur, 2009, som udgives af Danmarks Miljøundersøgelser, De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, og By- og Landskabsstyrelsen.

# 1 Sammenfatning

I 2009 blev 19 større søer undersøgt intensivt og ca. 90 søer mere ekstensivt. De ekstensivt undersøgte søer er opdelt i tre størrelsesklasser (ekstensiv 1 søer >5 ha; ekstensiv 2 søer 0,1-5 ha og ekstensiv 3 søer 0,01-0,1 ha), og inden for hver af disse klasser er søerne tilfældigt udvalgte (tabel 1.1). Søerne spænder fra helt rene til stærkt forurenede som følge af eksisterende eller tidligere tiders spildevandsudledninger. Alle intensivt overvågede søer er ferskvandssøer, mens der blandt de ekstensive søer også indgår brakvandssøer i programmet. I denne rapport indgår data fra 19 intensive søer samt 209 ekstensiv 1, 279 ekstensiv 2 og 283 ekstensiv 3 søer undersøgt i den seneste 3-6 års periode.

Miljøcentrene forestår den standardiserede prøveindsamling. Alle indsamlede data indberettes til Danmarks Miljøundersøgelser, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udvikling. Dette års rapport omfatter resultater for udviklingstendenser i perioden fra 1989 til 2009 i 19 intensivt undersøgte søer samt en kortere status for miljøtilstanden i de mange ekstensive søer undersøgt 1-2 gange i den seksårige periode 2004-2009.

Tabel 1.1. Miljøtilstanden i de fire typer af overvågnings søer illustreret ved udvalgte nøgleparametre. Der er angivet medianværdier for sommerperioden.

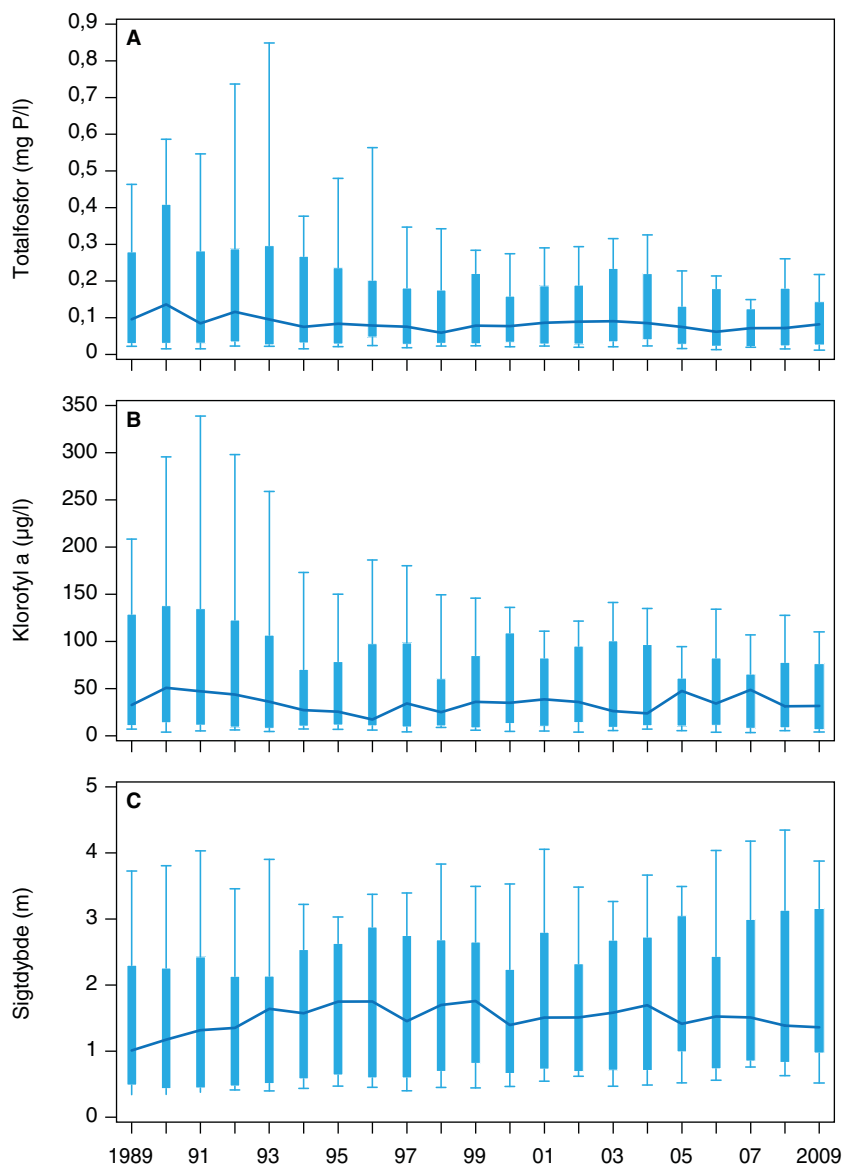
Parameter	Intensive	Eks 1	Eks 2	Eks 3
	2009	2006-09	2004-09	2004-09
Antal søer	19	209	279	283
P-søkoncentration (mg P/l)	0,082	0,097	0,153	0,300
N-søkoncentration (mg N/l)	1,09	1,22	1,58	2,05
Sigtdybde (m)	1,4	1,0	0,9	0,5
Klorofyl a (µg/l)	31,6	32,5	36,0	25,0
Farvetal (mg Pt/l)	20,1	24,9	57,0	74,0

Fosforkoncentrationen i de intensivt overvågede søer var i 2009 44 % (sommergennemsnit) lavere end niveauet for de første 10 år af overvågningsperioden (1989-1998). Sommermedianen faldt med 14 % fra perioden 1989-1998 til 2009, mens den i 2009 var 8% højere end i perioden 1999-2008. Det mest markante fald er således sket i den første del af overvågningsperioden og i de mest belastede søer. Ud af de 19 intensive søer har der været et signifikant fald i fosforkoncentrationen i sommerperioden i 11 af søerne i løbet af overvågningsperioden (tabel 1.2).

Ligeledes for kvælstofniveauet har der været et fald i de intensivt målte søer siden 1989. Somergennemsnittet og medianen i 2009 var hhv. 44 % og 43% lavere end gennemsnittet for perioden 1989-1998, mens faldet var mere begrænset (25%) sammenlignet med seneste del af overvågningsperioden (1999-2008). På enkelt sø-niveau har 16 af de 19 søer oplevet en signifikant reduktion i indholdet af totalkvælstof (sommerværdier) siden 1989 (tabel 1.2).



Figur 1.1. Udviklingen i søkoncentrationen af A: totalfosfor (mg P/l), B: klorofyl *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) og C: sigtddybde (meter) ud fra sommergennemsnit i de 19 intensive søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Der er sket en reduktion i indholdet af klorofyl *a* i de intensivt overvågede søer med de største klorofylkoncentrationer. Derfor er sommergennemsnittet for de 19 søer reduceret fra et niveau på ca. 70  $\mu\text{g}$  klorofyl *a*/l i 1990'erne til 45  $\mu\text{g}$  klorofyl *a*/l i 2009.

Det reducerede klorofylniveau i de mest belastede søer har resulteret i en forbedring af sigtddybden i denne søgruppe (figur 1.1). Blandt de 19 intensive søer er der 12 søer, som har fået en signifikant forbedret sommer-sigtddybde siden 1989 (tabel 1.2).

Tabel 1.2. Statistisk signifikante udviklinger for udvalgte nøgleparametre (sommergennemsnit) i miljøtilstanden i 19 intensivt overvågede søer siden 1989.

Parameter	Forbedret	Forværret	Uændret
P-søkoncentration	11	1	7
N-søkoncentration	16	1	2
Klorofyl <i>a</i>	11	3	5
Sigtddybde	12	2	5

Samlet set er miljøtilstanden forbedret i de intensivt overvågede søer fra 1989 til 2009. Ændringerne er hovedsageligt sket i første halvdel af overvågningsperioden. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret især for de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration) samt sigtddybde og dermed søernes klarhed, men også for biologiske parametre, som undervandsvegetationen, har der været i fremgang i 6 ud af 8 undersøgte intensive søer. Derudover ses generelt en svag tendens til et øget prædationstryk fra rovfisk på skidtfisk i de intensive søer, der er undersøgt for fiskesammensætning nu i alt 4 gange siden 1988.

De tilfældigt udvalgte ekstensivt undersøgte søer afviger ikke blot størrelsesmæssigt fra de intensivt undersøgte søer (som ikke blev tilfældigt udvalgt), men også i forhold til eutrofieringstilstand. Eksempelvis er de intensive søer generelt mindre næringsrige end ekstensiv 1, 2 og 3 søerne. Derfor er sigtddybden også generelt ringere i disse. Det betyder, at det er væsentligt at inddrage de ekstensive søer, når der skal gives en generel vurdering af tilstanden i danske søer.

En stor del af de større (>5 ha) ekstensivt undersøgte søer er nu undersøgt 2 gange i løbet af 2004 til 2009. Dette gør det muligt at undersøge en eventuel ændring i de enkelte søer. En sammenligning af to målinger med tre års interval af kemiske nøglevariable, sigtddybden og undervandsplanter viser, at der for de fleste parametre ikke ses nogen statistisk signifikant ændring i de enkelte søer. Dog indholdet af totalkvælstof reduceret, undervandsplanternes dybdegrænse steget fra 2004 til 2007, og sigtddybden øget fra 2006 til 2009.

Selvom næringsstofindholdet ofte er højt i de mindste søer, er klorofylkoncentrationen ikke altid tilsvarende høj. Dette skyldes blandt andet, at der ofte ikke er fisk i de små vandhuller. Hvis søerne under 5 ha inddeles i typer efter farvetal, dybde og kalkholdighed, som i de større søer, ses klare forskelle, hvor de mest brunvandede findes blandt de mindste søer, og de kalkrige er de mest næringsrige. Undervandsplanternes dækningsgrad er størst i de mindste søer, men samtidig er det også her, den største variation findes.

I 2005 og 2006 blev der foretaget en paddeundersøgelse i 145 vandhuller (ekstensiv-3 søer). De blev undersøgt i forbindelse med 3 besøg inden for perioden april-juli. De hyppigst forekommende arter var lille vandsalamander, butsnudet frø og skrubbudse. Lille vandsalamander blev fundet i hele landet, men med størst tæthed i enkelte vandhuller på Sjælland og i trekantsområdet. Butsnudet frø og skrubbudse var tætheds-mæssigt mere jævnt fordelt i de registrerede vandhuller. Forekomsten af padderne var ikke signifikant relateret til de målte miljøvariable, hvilket tyder på, at padderne er relateret til andre faktorer eller til omgivelserne omkring vandhullet.

Som et led i vandplanteundersøgelserne i både de intensive og ekstensive søer indgår også registrering af flydebladsvegetationen. For søer >0,1 ha (intensive og ekstensiv 1 og 2 søer) havde især de mindre lavvandede søer en høj flydebladsdækning i bredzonen, ligesom høj flydebladsdækning i bredzonen kunne relateres til høje næringsforhold og farvetal. De hyppigst forekommende arter i søerne var liden andemad og gul åkande, som primært fandtes i hhv. lavvandede, næringsrige søer og dybere søer med intermediaære næringsforhold. I småsøerne (ekstensiv 3 søer)

sås ligeledes en relation mellem flydebladsforekomst og næringsforhold, idet det relative flydebladsdækkede søareal var størst i næringsrige søer samt i brunvandede søer.

En screening af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i søsediment fra 25 søer analyseret for stoffer fra Vandrammedirektivets liste over prioriterede stoffer, suppleret med andre relevante stoffer viser, at der blev fundet miljøfremmede stoffer i alle søer. Tungmetallerne blev generelt fundet i de højeste koncentrationer og i stort set alle søer.

## 2 Undersøgelserprogrammet

Det samlede overvågningsprogram for søer omfattede i programperioden 2004-2006 i alt 23 intensivt undersøgte søer. Tre intensive søer var dog kun inddraget fra 2004 til 2006. I 2007 blev disse tre "nye" søer taget ud af programmet igen, og i 2008 blev det intensive program yderligere reduceret med én sø, således at der i 2009 var 19 søer tilbage. Disse 19 søer har været undersøgt siden 1989.

Ud over de intensive søer er der i perioden 2004-2009 foretaget ekstensive undersøgelser i 771 søer. Det ekstensive program dækker tre størrelseskategorier: >5 ha (ekstensiv 1), 0,1-5 ha (ekstensiv 2) og 0,01-0,1 ha (ekstensiv 3) (tabel 2.1). Indtil 2008 omfattede det ekstensive program i gennemsnit årligt 69 ekstensiv 1 søer, 66 ekstensiv 2 og 71 ekstensiv 3 søer. Samlet er søerne >5 ha dækket rimeligt ind til en national sammenstilling, idet 38 % af de danske søer i denne størrelsesklasse undersøges. Derimod omfatter de undersøgte søer mellem 0,1 og 5 ha kun 0,9 % af de danske søer og de mindste søer mellem 0,01 og 0,1 ha blot 0,3 % af de danske søer i de respektive størrelsesklasser. Overvågningen af ekstensiv 2 og - 3 søerne blev i 2008 reduceret, således at overvågningsprogrammet nu alene omfatter de ekstensiv-2 og - 3 søer, der enten er specifikt målsatte i Miljøcentrenes vandplaner eller er beliggende i NATURA 2000 områder. På landsplan undersøges der årligt i alt omkring 5 til 10 søer i hver kategori.

Undersøgelser af de kemiske forhold i de større intensive søer er i perioden 2004-2009 gennemført hvert år sammen med planktonundersøgelser, mens de øvrige biologiske undersøgelser er foretaget med længere tidsintervaller – vegetationsundersøgelser hvert andet år, bundfauna og fisk hvert sjette år. De ekstensive programmer er foregået i en turnus på enten 3 år (større søer) eller 6 år (mindre søer samt små søer og vandhuller).

Indholdet i de forskellige undersøgelserprogrammer er tilpasset de enkelte formålsbeskrivelser både mht. undersøgte variable, frekvenser og antal af søer. Måleprogrammerne er opnået ved at sammenstille de hidtidige erfaringer fra søovervågningsprogrammet, bl.a. igennem en statistisk optimering (Larsen et al., 2002), tidligere erfaringer ved opstilling af undersøgelserprogrammer for søer (Søndergaard et al., 1999), ligesom et internationalt evalueringspanel har givet anbefalinger vedrørende disse forhold.

Tabel 2.1. Oversigt over måleprogrammer for det nationale overvågningsprogram for søer med arealafgrænsning af programmerne, antal undersøgte søer samt måleprogrammets turnus. "% af alle" angiver, hvor stor en andel de udvalgte søer udgør af det samlede antal danske søer inden for hvert størrelsesinterval.

Programtype	Areal (hektar)	Antal søer	% af alle	Turnus (år)
Intensiv	10-4000	19	} 38	1
Ekstensiv 1	>5	209		3
Ekstensiv 2	0,1-5	279	0,9	6
Ekstensiv 3	0,01-0,1	283	0,3	6

## 2.1 Det intensive program

I de intensivt undersøgte søer beskrives næringsstoffdynamikken detaljeret. Dette sker på baggrund af til- og fraførslen af vand samt bestemmelser af totalkvælstof, totalfosfor og totaljern ved vandkemiske målinger med en frekvens på 12-26, afhængigt af afstrømningsmønsteret (tabel 2.2). I søvandet beskrives næringsstofferne med målinger af både totale og uorganiske fraktioner af kvælstof og fosfor, tilsvarende måles næringsstofferne i bundvandet ved evt. lagdeling af vandet i søerne.

Tabel 2.2. Oversigt over måleprogrammet for søer i det intensive søovervågningsprogram, herunder årlige prøvetagningsfrekvenser angivet med et gennemsnit for alle søer. Undersøgelser, der gennemføres hvert 2. eller 6. år, er angivet med 1/2 og 1/6. Hypolimnionprøver tages kun ved springlagsdannelse.

	Søvand		Tilløb/afløb
	Epi-limnion	Hypo-limnion	
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>			
pH	19	5	12-26
Alkalinitet	19	5	12-26
Nitrit+nitratkvælstof	19	5	
Ammoniumkvælstof	19	5	
Total kvælstof	19	5	12-26
Total fosfor	19	5	
Opløst fosfor	19	5	
Klorofyl a	19		
Totaljern	19		
Farvetal	19		
Kationer <sup>2</sup>	1		
Silikat+silicium	19		
Suspenderet stof	19		
Glødetab af susp. stof	19		
Sigtddybde <sup>1</sup>	19		12-26
Ilt- og temperaturprofil <sup>1</sup>	19	19	
Vandstand <sup>1</sup>	19		
Ledningsevne <sup>1</sup>	19		
Måling af vandføring <sup>1</sup>			
<i>Sedimentkemi</i>	1/6		
<i>Tungmetaller og miljøfremmede stoffer</i>	*		
<i>Biologiske analyser:</i>			
Plantep plankton	12		
Dyreplankton	12		
Bunddyr	1/6		
Vandplanter	1/2		
Rørskovens udbredelse	1/6		
Fiskeundersøgelse	1/6		

<sup>1)</sup> Feltmålinger inkl. dybdeprofil for ilt og temperatur. Ledningsevne kan også måles i laboratoriet umiddelbart efter hjemkomst. Vandstand og måling af vandføring kan også undersøges kontinuert.

<sup>2)</sup> Vinterprøve.

\* Programmet gennemført i 2008

Sedimentets indhold af totalfosfor er bestemt en gang hvert 6. år til understøttelse af analyserne af næringsstofomsætningen i søerne. Tungmetaller og miljøfremmede stoffer i sedimentet blev undersøgt i 2008. Bufferkapacitet og forsureningsstatus beskrives ved måling af pH og alkalini-

tet, som sammen med bl.a. totaljern indgår i beskrivelsen af næringsstoffdynamikken i søerne. Herudover indgår også ilt- og temperaturprofiler, ledningsevne samt sigtdybde til en beskrivelse af de fysiske forhold i søvandet.

Mængden af organisk materiale i søvandet måles på to forskellige måder: Den totale mængde suspenderede materiale måles sammen med glødetabet, mens målinger af klorofyl *a* giver et estimat for biomassen af planteplankton.

Herudover undersøges en række biologiske komponenter. Antal og biomasse af plante- og dyreplankton opgøres gennem sæsonen, og dyreplanktonets græsning på planteplankton beregnes. Tætheden af undervandsplanter, deres dybdeudbredelse og artssammensætning undersøges hver anden sommer ved maksimal udbredelse. Hvert sjette år er der undersøgt bunddyr på barbunden mht. taxonomiske grupper, antal og biomasse, fiskebestandens sammensætning og relativ biomasse samt rørskovens udbredelse.

De intensive målinger i søerne giver grundlag for at udarbejde en detaljeret beskrivelse af søernes økosystem, således at næringsstoffomsætning, biologisk tilstand og interaktioner kan tolkes. Samtidigt kan der etableres en årsagssammenhæng mellem menneskelig påvirkning og søernes respons såvel fysisk-kemisk som biologisk. Det er samtidigt muligt at beskrive klimatiske og andre naturgivne forholds indflydelse på søerne og deres respons.

Nitten søer i det intensive program betyder, at man ikke kan betragte disse søer som værende repræsentative for de danske søer og deres udvikling. Resultaterne fra de intensive søer giver dog et godt grundlag for at vurdere resultaterne fra de ekstensivt overvågede søer.

## **2.2 Det ekstensive program for større søer (ekstensiv 1)**

Det ekstensive måleprogram for de større søer (>5 ha) er gennemført i en 3-årig turnus, således at de udvalgte søer er planlagt undersøgt hvert 3. år. Vandkemiske og fysiske forhold er fulgt månedligt i den produktive periode (april-september) med få nøgleparametre (tabel 2.3). Derudover er der taget en enkelt vinterprøve, der kan bruges som reference for næringsstofferne om sommeren samt til at opnå en bedre beskrivelse af bufferkapacitet og forsureningsstatus. Det giver i alt 7 årlige prøvetagninger af de fysiske og kemiske forhold.

De ekstensive programmer indeholder ikke målinger af næringsstofftilførslen, men der gennemføres en opgørelse af belastning og trusler baseret på besigtigelse og GIS-analyser.

Ekstensive målinger af de biologiske komponenter og naturindholdet er gennemført ved at undersøge undervandsplanter en gang i juli/august, mens fisk og bunddyr er undersøgt en gang pr. 6-års periode i hhv. august/september og oktober.

Det ekstensive program for de større søer giver med udnyttelse af resultater fra de intensive søer mulighed for at give en status for natur- og miljøtilstanden i de større danske søer hvert 3. år, så der også for disse kan tolkes på eventuelle udviklingstendenser.

Tabel 2.3. Det ekstensive program for større søer (>5 ha). Oversigt over parametre, frekvens (år), antal af prøver pr. år. De 7 prøver tages månedligt fra 1. april til 30. september, og der tages en enkelt vinterprøve i november.

Parametre	Frekvens	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>		
pH	1/3	7
Alkalinitet	1/3	7
Totalkvælstof	1/3	7
Totalfosfor	1/3	7
Klorofyl <i>a</i>	1/3	7
Farvetal	1/3	7
Sigt dybde	1/3	7
Ilt- og temperaturprofil	1/3	7
Ledningsevne	1/3 (hvert 3. år)	7
Salinitet	1/3	7
Sulfat <sup>1</sup>	1/3	1 <sup>1</sup>
<i>Vandplanter</i>		
Dybdegrænse	1/3	1
Dominerende art/arter	1/3	1
Artsliste	1/3	1
<i>Bunddyr</i>	1/6	1
<i>Fisk</i>	1/6	1
<i>Belastning og trusler (GIS mv.)</i>	1/3	1

<sup>1</sup>Måles kun på vinterprøve.

### 2.3 Det ekstensive program for mindre søer (ekstensiv 2)

Det ekstensive måleprogram for de mindre søer (0,1-5 ha) er planlagt gennemført i en 6-årig turnus, således at de udvalgte søer er undersøgt en gang i perioden 2004-2009. Programmet omfatter månedlige målinger af få vandkemiske og fysiske forhold i sommerperioden fra maj-september (tabel 2.4). Disse målinger giver bl.a. en status for de mindre søers næringsstof- og forsureningsstatus. I forhold til programmet fra 2004 til 2007 blev ekstensiv 2 programmet for de mindre søer som før nævnt reduceret i 2008, således at det kun er de ekstensiv 2 søer som er specifikt målsatte og indgår i Miljøcentrenes foreløbige vandplaner eller er beliggende i NATURA 2000 områder, der fortsat er i programmet.

Den biologiske respons beskrives med samtidige målinger af sigt dybde og klorofyl *a*. Herudover indgår en enkelt årlig undersøgelse af vandplanternes udbredelse i undersøgelsesåret. Belastningsmæssige forhold og trusler for vandkvaliteten vurderes på basis af besigtigelse og GIS-baserede analyser.

Tabel 2.4. Det ekstensive program for mindre søer (0,1-5 ha). Oversigt over parametre, frekvens pr. år, antal af prøver pr. år. De 5 prøver tages månedligt fra 1. maj til 30. september.

Parametre	Frekvens	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser</i>		
pH	1/6	5
Alkalinitet	1/6	5
Totalkvælstof	1/6	5
Totalfosfor	1/6	5
Klorofyl <i>a</i>	1/6	5
Sigtdybde	1/6	5
lit- og temperaturprofil	1/6	5
Ledningsevne	1/6 (hvert 6. år)	5
Salinitet	1/6	5
Vandtemperatur	1/6	5
Farvetal	1/6	5
<i>Vandplanter</i>		
Dybdegrænse	1/6	1
Dominerende art/arter	1/6	1
Artsliste	1/6	1
<i>Belastning og trusler</i>	1/6	1

## 2.4 Det ekstensive program for småsøer og vandhuller (ekstensiv 3)

Det ekstensive måleprogram for småsøer og vandhuller (0,01-0,1 ha) er planlagt gennemført i en 6-årig turnus, således at de udvalgte søer undersøges en gang i perioden 2004-2009. Hovedindholdet i dette program er en undersøgelse af planter en enkelt gang pr. undersøgelsesår suppleret med en enkelt måling af de fysisk-kemiske forhold (tabel 2.5). Udtagningen af blot én prøve til fysisk-kemiske data betyder, at disse tal vil være behæftede med meget stor usikkerhed, eftersom ikke mindst de små søer er kendt for at udvise store variationer gennem sæsonen. Der laves som for de øvrige ekstensive programmer en opgørelse af belastning og trusler baseret på besigtigelse. I forhold til programmet fra 2004 til 2007 er ekstensiv 3 programmet som nævnt reduceret i 2008, således at det kun er de ekstensiv 3 søer som er specifikt målsatte og optræder i Miljøcentrenes foreløbige vandplaner eller er beliggende i NATURA 2000 områder, der fortsat er i programmet.

Undersøgelserne giver mulighed for at beskrive natur- og miljøtilstanden i udvalgte småsøer og vandhuller og foretage en sammenligning med tilstanden i andre småsøer og vandhuller, der er undersøgt i tidligere undersøgelsesår.



Tabel 2.5. Det ekstensive program for småsøer og vandhuller (0,01-0,1 ha). Oversigt over parametre, frekvens (år), antal af prøver pr. år.

Parametre	Frekvens	Antal prøver pr. år
<i>Vandkemiske og fysiske analyser:</i>		
Ledningsevne	1/6 (hvert 6. år)	1
Salinitet	1/6	1
Ilt- og temperaturprofil	1/6	1
Vandtemperatur	1/6	1
pH	1/6	1
Alkalinitet	1/6	1
Total kvælstof	1/6	1
Total fosfor	1/6	1
Klorofyl <i>a</i>	1/6	1
Farvetal	1/6	1
Sigtdybde	1/6	1
<i>Vandplanter</i>		
Dominerende art/arte	1/6	1
Artsliste	1/6	1
<i>Padder</i>	1/6	1
<i>Belastning og trusler</i>	1/6	1

### 3 Intensivt undersøgte søer

Denne del af rapporten indledes med en generel karakteristik af de 19 intensivt undersøgte søer, hvori der er lavet undersøgelser hvert år siden 1989 (figur 3.1). Karakteristikken omfatter nøgletabeller med gennemsnits-, median-, minimums- og maksimumsværdier af udvalgte variable. Herefter følger en række små afsnit, som beskriver standardindikatorerne: totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og sigtdybde samt undervandsvegetation og fiskebestand. For hver indikator beskrives den aktuelle tilstand og udvikling. Udviklingen i søernes tilstand er især vurderet på grundlag af tidsvægtede sommergennemsnit af de enkelte variable (1. maj - 31. september). Det er i år ikke prioriteret at præsentere data fra planktonundersøgelser. Dette vil blive gjort i en af de følgende årsrapporter.

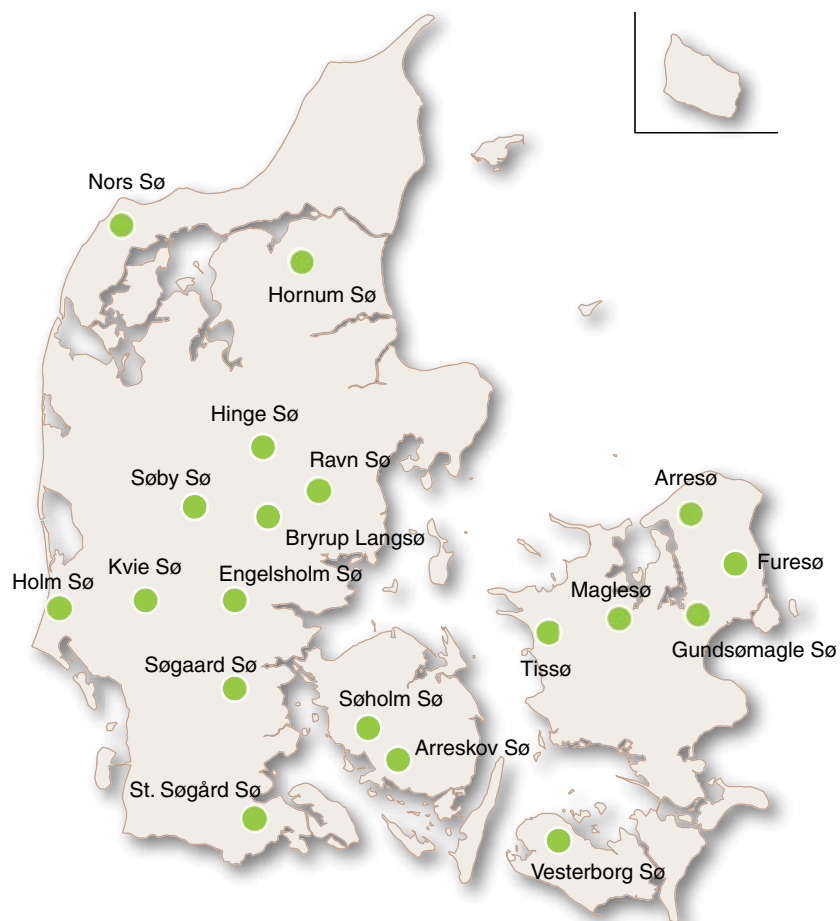
De statistiske beregninger er baseret på log-lineær regression på de udregnede middelværdier og er testet for, om der er afvigelse fra nulhypotesen, dvs. om der gennem de i alt 21 overvågningsår har været en statistisk sikker ændring. Responsvariablen er logaritmetransformeret især for at sikre varianshomogenitet. Vi har valgt at acceptere nulhypotesen på 10 % signifikansniveau, hvorfor der i flere tilfælde kun er tale om udviklingstendenser. I præsentationen er der dog opdelt i fire klasser baseret på testsandsynligheden: <10 %, <5 %, <1 % og <0,1 %. Man skal være opmærksom på, at denne metode vægter ændringer, der følger en jævn udvikling over en årrække, frem for pludselige ændringer.

#### 3.1 Generel karakteristik

Generelt dækker de 19 søer over store morfometriske forskelle, hvor f.eks. areal og hydraulisk opholdstid varierer med mere end en faktor 100. Også dybdemæssigt er der store forskelle, fra søer med en maksimumdybde på 1,8 m til Danmarks dybeste sø (Furesø) med dybder ned til 38 m.

De vandkemiske data viser, at de intensive søer omfatter de fleste danske typer af søer, fra relativt næringsfattige søer med totalfosforkoncentrationer omkring 0,01 mg P/l til næringsrige søer med fosforkoncentrationer på ca. 0,5 mg P/l som sommergennemsnit (tabel 3.1). Selvom de intensive søer altså repræsenterer et bredt spektrum af næringsstofkoncentrationer er der ikke mange egentligt næringsfattige eller meget næringsrige søer i gruppen. Der er tilsvarende forskelle om sommeren i vandets indhold af klorofyl *a* og sigtbarhed med klorofylkoncentrationer mellem 1 og 158 µg/l og middelsommer-sigtdybder mellem 0,4 og 4,7 m. Søernes alkalinitet om sommeren spænder fra -0,008 til 5,1 meq/l med overvægt af de alkaliske søer. I sommerhalvåret varierer pH-værdierne mellem 4,9 og 8,8 og dækker dermed de fleste surhedsgrader uden dog at omfatte decideret sure søer.

Figur 3.1. Geografisk placering af de 19 intensivt undersøgte søer.



Tabel 3.1. Vandkemiske forhold i de 19 intensivt undersøgte søer i 2009, baseret på års- og sommergennemsnit for de enkelte søer.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Total-P (mg P/l) år	0,083	0,069	0,012	0,323	19
Total-P (mg P/l) sommer	0,102	0,082	0,010	0,47	19
Opløst fosfat-P (mg P/l) år	0,032	0,016	0,002	0,235	19
Opløst fosfat-P (mg P/l) sommer	0,036	0,011	0,001	0,353	19
Total-N (mg N/l) år	1,75	1,74	0,42	4,8	19
Total-N (mg N/l) sommer	1,15	1,09	0,36	2,12	19
Uorganisk N (mg N/l) år	0,94	0,69	0,08	3,74	19
Uorganisk N (mg N/l) sommer	0,22	0,06	0,02	1,03	19
Sigt dybde (m) år	2,2	2,0	0,5	5,6	19
Sigt dybde (m) sommer	1,9	1,4	0,4	4,7	19
Klorofyl a (µg/l) år	33	27	2,7	134	19
Klorofyl a (µg/l) sommer	44	32	1,4	158	19
Farvetal (mg Pt/l) år	22,9	21,7	7,4	62,2	19
Farvetal (mg Pt/l) sommer	22,7	20,1	7,3	53,8	19
Alkalinitet (meq/l) år	2,21	2,32	0,001	5,33	19
Alkalinitet (meq/l) sommer	2,14	2,24	-0,008	5,14	19
pH år	7,9	8,2	5	8,4	19
pH sommer	8,0	8,3	4,9	8,8	19

## 3.2 Fosfor

Fosfor i vandmiljøet kommer primært fra landbrugs- og naturarealer, spildevand fra byer og spredt bebyggelse og i mindre omfang fra industrier og dambrug.

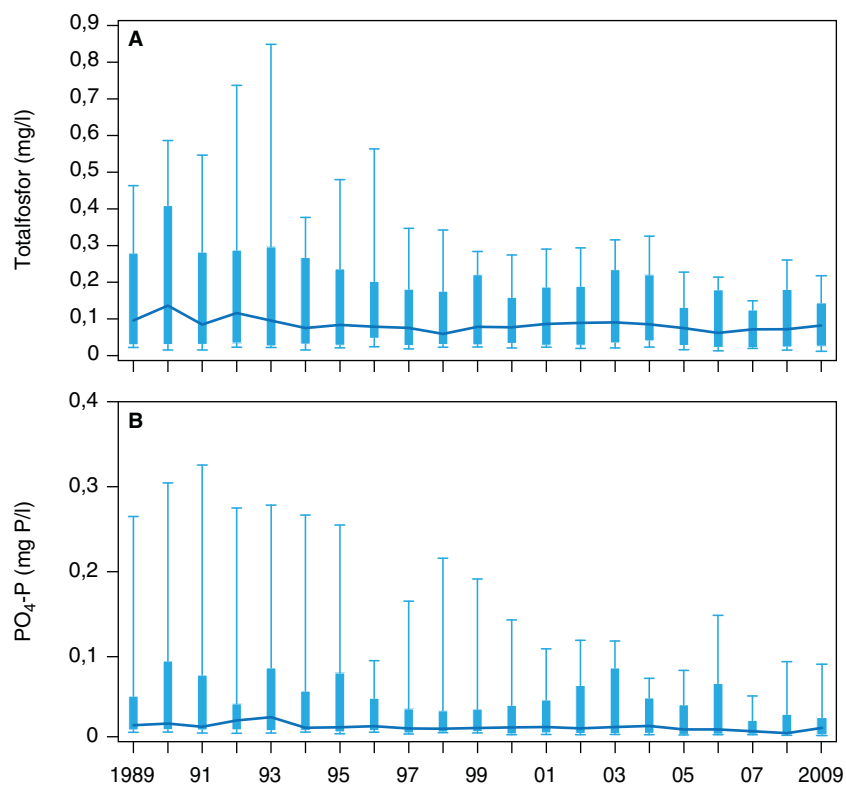
Fosfor er et plantenæringsstof, der i de fleste søer betragtes som den begrænsende faktor for algevæksten. Fosfor har altså stor betydning for vandmiljøet og mange af de biologiske forhold i søerne. Fosfor akkumuleres i søbunden, og efter en reduceret belastning eller afskæring af spildevand kan denne fosfor efterfølgende i en årrække frigives til søvandet, hvilket forsinker effekten på vandkvaliteten.

Det er i de næringsrige intensive søer, at fosforkoncentrationen er faldet mest siden 1989. Derfor påvirkes gennemsnitsværdierne forholdsvis kraftigt, mens reduktioner i medianværdierne er et udtryk for, at det generelle koncentrationsniveau, herunder også i de middelnæringsrige søer, er reduceret. I 2009 var sommergennemsnittet af fosforkoncentrationen i de 19 overvågningssøer 44 % lavere end for den første del af overvågningsperioden (1989-1998), mens sommermedianen var 14 % lavere. Sammenlignet med de seneste 10 år af overvågningsperioden var sommergennemsnittet af fosforkoncentrationen i 2009 reduceret med 10 %, mens medianen for de 19 søer var steget med 8 %.

Tabel 3.2. Koncentrationen af totalfosfor og opløst fosfor angivet som årsmiddel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-98 og 1979-2008 samt 2009 i de 19 intensivt overvågede søer, som er overvåget siden 1989. Baseret på årgennemsnit for de enkelte søer, enheden er mg P/l.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
		Årsværdier					
Total-P	1989-98	0,158	0,021	0,033	0,083	0,202	0,755
	1999-08	0,094	0,021	0,028	0,078	0,134	0,226
	2009	0,083	0,012	0,025	0,069	0,115	0,323
PO <sub>4</sub> -P	1989-98	0,063	0,006	0,010	0,029	0,055	0,387
	1999-08	0,033	0,003	0,006	0,021	0,051	0,116
	2009	0,032	0,002	0,005	0,016	0,035	0,235

Figur 3.2. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af A: totalfosfor og B: orthofosfat (mg P/l) i de 19 intensive søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Årsgennemsnittet for totalfosfor (TP) i søvandet er reduceret fra 0,158 mg P/l i perioden 1989-98 til 0,083 i 2009 og opløst fosfor fra 0,063 til 0,032 mg P/l i 2009 (tabel 3.2). Den gennemsnitlige årsværdi af totalfosfor i de intensive søers overfladevand er dermed reduceret med 47 % og opløst fosfat med 49 %. Det totale fosforniveau i de 19 søer udtrykt ved medianen er kun reduceret med 17 %. I de rene søer (25 % fraktilen) har totalfosforindholdet stort set været uændret gennem hele undersøgelsesperioden. Derimod er sket en kraftig reduktion (43 %) i TP i de mest næringsrige søer (75 % fraktil).

Indholdet af opløst fosfor (orthofosfat) i overfladevandet i 2009 viser et andet mønster end totalfosfor med størst reduktion i de reneste søer (50 %) i forhold til niveauet i 1989-98 – en 45 % reduktion i de middelnæringsrige søer og en reduktion på 36% i koncentrationen af orthofosfat i de næringsrige søer.

På enkelt søniveau er totalfosforindholdet som års- og sommermiddel mindsket signifikant i 11 af de 19 søer, hvorfra der er målinger i søvandet siden 1989 (tabel 3.3). Indholdet af orthofosfat i søvandet er reduceret i 13 af de 19 søer med lang tidsserie.

Tabel 3.3.. Udviklingen i indholdet af totalfosfor (total-P) og opløst fosfat (PO<sub>4</sub>-P) i overfladevand i de intensivt overvågede søer fra 1989 til 2009. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel		Sommermiddel	
	PO <sub>4</sub> -P	Total-P	PO <sub>4</sub> -P	Total-P
Nors Sø	----	0	----	0
Hornum Sø	---	++	--	++
Hinge Sø	----	----	----	----
Ravn Sø	0	----	----	----
Bryrup Langsø	---	0	0	0
Søby Sø	----	0	----	0
Holm Sø	----	0	----	0
Kvie Sø	0	0	0	0
Engelsholm Sø	++	----	0	----
Søgård Sø	0	----	0	----
Store Søgårdsø	----	----	---	----
Arreskov Sø	0	0	0	0
Søholm Sø	--	----	---	---
Arresø	---	----	-	----
Furesøen	----	----	----	----
Maglesø	----	----	----	--
Gundsømagle Sø	----	----	----	----
Tissø	0	0	0	0
Vesterborg Sø	----	----	-	----
I alt				
+ /+++ /++++ /++++	1	1	0	1
I alt				
- /- /- /- /----	13	11	13	11

Kun i Hornum Sø har der været en signifikant stigning i årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor.

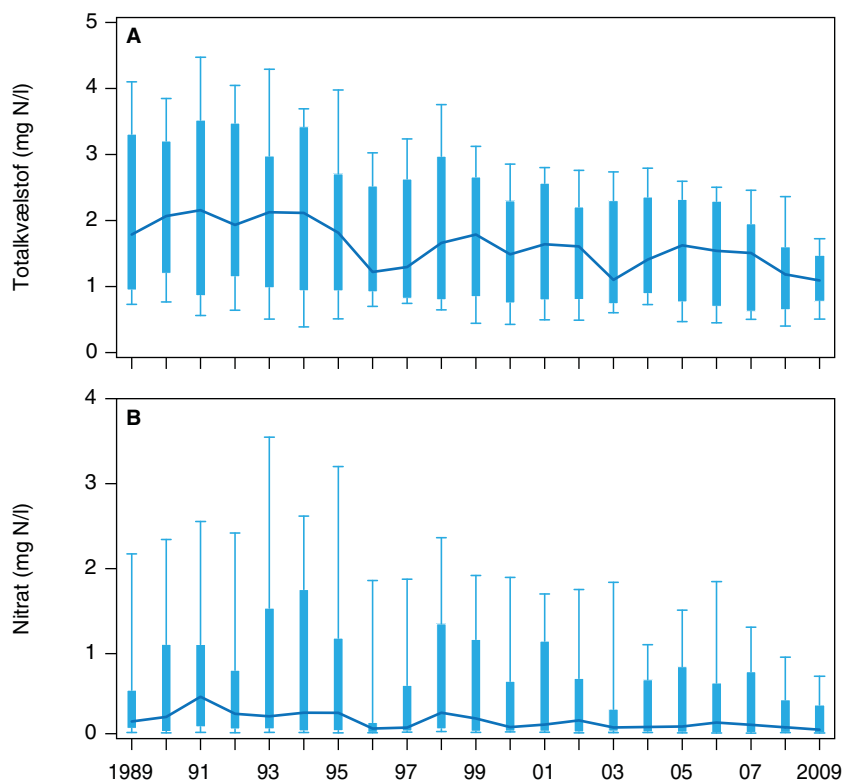
### 3.3 Kvælstof

Kvælstof i vandmiljøet skyldes primært udvaskning fra landbrugsarealer. Mindre betydende kilder er renseanlæg, industrier og dambrug.

Kvælstof er ligesom fosfor et plantenæringsstof og har betydning for algemængden i søerne, selv om fosfor i de fleste søer oftest vil være den begrænsende faktor. Der er dog undersøgelser, der peger på, at kvælstof spiller en væsentlig rolle for undervandsplanterne, og at høje kvælstofkoncentrationer kan gøre det vanskeligere at opnå klarvandede forhold (Gonzales Sagrario et al., 2005).

I søerne foregår der en naturlig kvælstoffjernelse (denitrifikation), som har betydning for, hvor meget 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.

Figur 3.3. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af A: totalkvælstof og B: nitrat (mg N/l) i de 19 intensive søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Siden 1989 er der sket en reduktion i indholdet af totalkvælstof i de intensive søer såvel på års- som på sommerniveau.

Om sommeren er der sket et fald i totalkvælstofkoncentrationen på 43 % for sommergennemsnittet og 44% for sommermedianen i 2009 i forhold til årene 1989 til 1998. Faldet var størst blandt de næringsrige søer.

Tabel 3.4. Koncentrationen af totalkvælstof angivet som årsmiddel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-98 og 1999 - 2008 samt 2009 i de 19 intensive overvågede søer, som er overvåget siden 1989. Baseret på årsgennemsnit for de enkelte søer, enheden er mg N/l.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
	Årsværdier					
Total-N 1989-98	2,79	0,46	1,02	2,33	4,24	6,28
1999-08	2,13	0,43	0,97	2,23	3,24	4,55
2009	1,75	0,42	0,94	1,74	2,22	4,80

Årsgennemsnittet for totalkvælstof er reduceret med 34 % fra et niveau på ca. 2,8 indtil 1998 til ca. 1,8 mg N/l i 2009. Ligesom for fosfor er reduktionen størst i søer med høje kvælstofkoncentrationer. Men også for kvælstofs vedkommende kan der konstateres en reduktion i de middel-næringsrige søer (medianen), som er reduceret med 25 % i 2009 i forhold til niveauet indtil 1998 (årsværdier).

Kvælstofindholdet er således reduceret mest i sommerperioden. Kvælstofkoncentrationen i søerne i vinterhalvåret er påvirket af de eksterne tilførsler fra oplandet i højere grad end om sommeren, og den større reduktion i kvælstofkoncentrationen i søvandet i sommermånedene skyldes såvel reduktionen i kvælstoftilførslerne, men også en forøget denitri-

fikation internt i søerne på grund af et generelt reduceret eutrofieringsniveau.

I de reneste søer er koncentrationen af totalkvælstof og nitrat faldet svagt siden 1989.

Tabel 3.5. Udviklingen i indholdet af totalkvælstof (total-N) og nitrat (NO<sub>3</sub>-N) i søvand i de enkelte intensivt overvågede søer fra 1989 til 2009. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel		Sommermiddel	
	NO <sub>3</sub> -N	Total-N	NO <sub>3</sub> -N	Total-N
Nors Sø	----	---	----	---
Hornum Sø	----	0	--	+
Hinge Sø	----	----	---	----
Ravn Sø	----	----	----	----
Bryrup Langsø	----	----	----	----
Søby Sø	0	0	0	0
Holm Sø	--	--	---	-
Kvie Sø	0	0	0	-
Engelsholm Sø	----	----	----	----
Søgård Sø	----	----	---	----
Store Søgårdsø	0	----	0	----
Arreskov Sø	---	0	---	0
Søholm Sø	0	--	0	--
Arresø	0	----	0	-
Furesøen	----	----	----	---
Maglesø	---	----	---	---
Gundsømagle Sø	---	----	--	----
Tissø	0	--	0	-
Vesterborg Sø	0	0	0	--
I alt +/++/+++/++++	0	0	0	1
I alt -/--/---/----	12	14	12	16

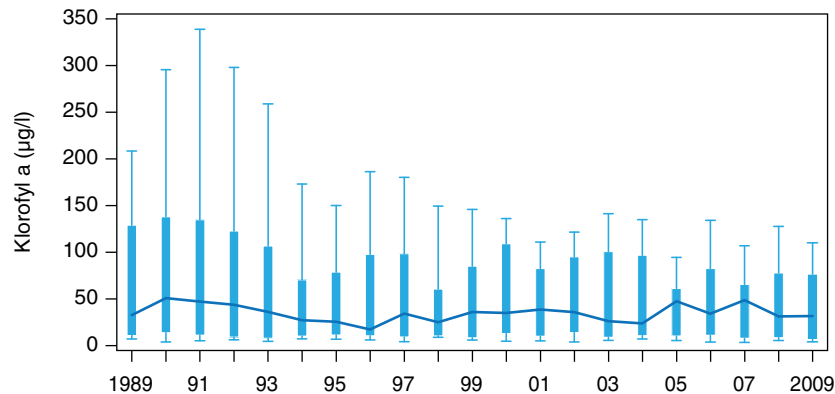
For de enkelte søer er der siden 1989 sket en signifikant reduktion i koncentrationen af totalkvælstof i 14 (årsmiddel) og 16 (sommermiddel) af de 19 søer (tabel 3.5). Indholdet af nitrat er tilsvarende reduceret i 12 søer for både års- og sommermiddel. Kun i Hornum Sø er kvælstofkoncentrationen steget (sommer).

### 3.4 Klorofyl *a*

Klorofyl *a* er det grønne pigment i fotosyntetiserende højere planter og alger og kan bruges som et indirekte udtryk for algemængden i vandet og et mål for vandkvaliteten. Klorofylindholdet varierer dog i de forskellige algearter, ligesom det kan variere med årstiden i den enkelte art.



Figur 3.4. Udviklingen i sommergennemsnit for søkoncentrationen af klorofyl *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) i de 19 intensive søer, der har været overvåget siden 1989. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



Klorofylkoncentrationen, som sommergennemsnit for de 19 søer med målinger siden 1989, varierer fra år til år, men det generelle niveau har været temmelig ensartet siden 1989, idet medianen er reduceret fra 39 til 32  $\mu\text{g/l}$  (figur 3.4).

I 2009 er søkoncentrationen af klorofyl *a* dog mindsket i forhold til perioden 1989-1998 i søerne med det højeste klorofylindhold. 75 % fraktilen er reduceret med 40 og 27 % for henholdsvis års- (tabel 3.6) og sommerværdierne. Faldet i de høje klorofylkoncentrationer har resulteret i, at klorofylgennemsnittet for sommerperioden er reduceret med 39 % fra 72  $\mu\text{g/l}$  i 1989 til 44  $\mu\text{g/l}$  i 2009.

I de enkelte søer er klorofyl *a*, årsmiddel og -sommerrmiddel, reduceret signifikant i henholdsvis 9 og 11 af de 19 søer (tabel 3.7). Klorofyl *a* indholdet er øget signifikant i tre søer: Nors Sø, Hornum Sø og Bryrup Langsø i sommerperioden og Hornum Sø, Bryrup Langsø og Søholm Sø på årsniveau.

Tabel 3.6. Søkoncentrationen af klorofyl *a* angivet som årsmiddel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-98 og 1999 - 2008 samt 2009 i de 19 intensivt overvågede søer, som er overvåget siden 1989. Baseret på årsgennemsnit for de enkelte søer, enheden er  $\mu\text{g/l}$ .

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Klorofyl <i>a</i>	1989-98	60	4,3	11,2	29,8	75,7	336,7
	1999-08	34,7	3,3	9	26,7	59,7	105,9
	2009	32,6	2,7	6,8	27,1	45,2	133,7

Tabel 3.7. Udviklingen i indholdet af klorofyl *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) og sigtddybde (meter) i søvandet i de enkelte intensivt overvågede søer fra 1989 til 2009. -/+, -/+ , ---/++++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel		Sommermiddel	
	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybde	Klorofyl <i>a</i>	Sigtddybde
Nors Sø	0	0	++	0
Hornum Sø	+++	--	++	--
Hinge Sø	----	++++	---	++++
Ravn Sø	0	+	--	0
Bryrup Langsø	+	0	+	--
Søby Sø	0	0	0	0
Holm Sø	0	0	--	0
Kvie Sø	----	++++	---	++
Engelsholm Sø	----	+++	--	+++
Søgård Sø	----	++++	----	++++
Store Søgårdsø	0	+++	0	+++
Arreskov Sø	0	+	0	0
Søholm Sø	+	0	0	++
Arresø	----	++++	----	++
Furesøen	----	+++	----	++++
Maglesø	--	++	-	+
Gundsømagle Sø	----	++++	----	++++
Tissø	0	++++	0	++++
Vesterborg Sø	----	++++	----	++++
I alt +/++/+++/++++	3	13	3	12
I alt -/--/---/----	9	1	11	2

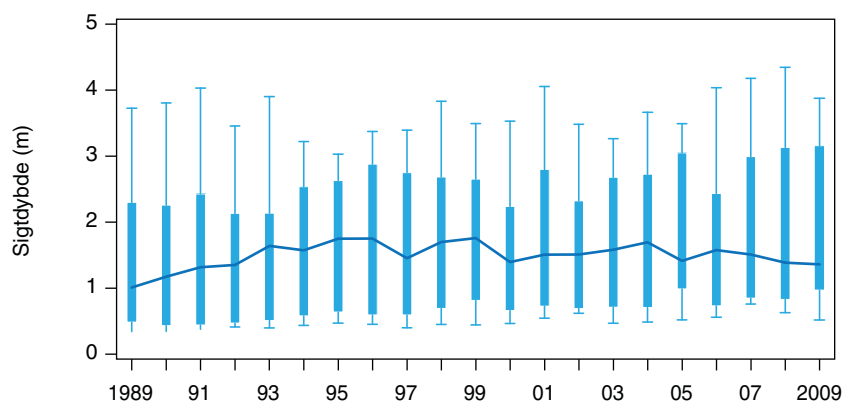
### 3.5 Sigtdybde

Sigtddybden er et udtryk for vandets klarhed eller gennemsigtighed, dvs. sigtdybden er afgørende for lysets evne til at trænge ned i søvandet og dermed også et mål for, hvor dybt egentlige undervandsplanter vil være i stand til at vokse. Sigtdybden er derfor også en væsentlig parameter i vurderingen af undervandsplanternes potentielle udbredelsesområde.

I de fleste søer er sigtdybden tillige et udtryk for algemængden og dermed tilstanden i søen. Vandets farve (f.eks. brunvandede søer) eller resuspenderet materiale fra søbunden i lavvandede søer kan dog også påvirke sigtdybden.

Sigtddybden i de 19 intensivt undersøgte søer har vist en generel stigende tendens siden 1989. De største ændringer skete i de første 10 år, hvor medianværdien blev øget fra omkring 1,0 m til 1,5 m (sommerværdier).

Figur 3.5. Udviklingen i sigtddybde i de 19 intensive søer, der har været overvåget siden 1989 ud fra sommergennemsnit. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen viser medianværdien.



De største stigninger er sket i de søer, hvor sigtddybden i forvejen var størst. I 2009 var maksimumsværdien for sommergennemsnit således 5,6 meter imod 3,7 meter i perioden 1989-1998. Generelt var sigtddybden i 2009 ca. 20-30 % større end niveauet i perioden 1989-1998 for årsværdier (tabel 3.8) og 0,5-45 % for sommerværdier. I de sidste 5 år er der dog en tendens til, at de mest uklare søer er blevet mere klarvandede, idet den nedre kvartil således er øget fra 0,8 til 1,0 m siden 2004.

Tabel 3.8. Sigtdybden angivet som årsmiddel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler (overfladevand) for perioderne 1989-98 og 1999-2008 samt 2009 i de 19 intensivt overvågede søer, som er overvåget siden 1989. Baseret på årsgennemsnit for de enkelte søer, enheden er meter.

	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier						
Sigtddybde 1989-98	1,85	0,38	0,88	1,75	3,19	3,71
1999-08	2,05	0,59	0,96	1,80	3,34	4,49
2009	2,21	0,48	1,14	1,97	3,59	5,60

Det generelt reducerede næringsstofniveau i søerne siden overvågningen af vandmiljøet startede i 1989 har således ført til øget sigtddybde. Sigtdybden er primært steget fra 1989 til 1996. Siden 1996 har der ikke været noget signifikant udvikling i den gennemsnitlige sigtddybde i de 19 intensive søer (figur 3.5).

For de enkelte søer er der sket en signifikant stigning i sigtddybdens års- og sommermiddel i henholdsvis 13 og 12 af de 19 søer (tabel 3.7). Kun i Hornum Sø (både for sommer- og årsgennemsnit) og Bryrup Langsø (sommergennemsnit) er sigtddybden blevet mindre siden 1989.

### 3.6 Undervandsplanter

Undervandsvegetationen er en væsentlig parameter for hele søens økologi. Vegetationen har afgørende betydning for blandt andet fiskesammensætning, 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 f.eks. reduceret sigtddybde eller øget algemængde/klorofylindhold og dermed en god indikator for vandkvaliteten.

I forhold til Habitatdirektivet er undervandsvegetationens artssammensætning og vegetationens udbredelse central for habitatens typebetegnelse samt dens bevaringsstatus. Undervandsplanter indgår også i Vandrammedirektivet som en af vandkvalitetsparametrene, der skal anvendes til at fastsætte den økologiske kvalitet.

Undervandsplanternes udbredelse er siden 1993/94 og frem til 2005 undersøgt én gang årligt i 12 af de tidligere 37 overvågningssøer. Fra 2005 er undervandsplanternes udbredelse kun undersøgt én gang hver andet år i den enkelte sø. I 2008 blev det intensive program yderligere reduceret med én sø (Utterslev Mose), således at der nu kun er en lang årlig tidsserie for 11 søer fra 1993/94-2009 (vist i figur 3.6, venstre del). I forbindelse med de tidligere undersøgelser før 2004 blev den enkelte sø inddelt i delområder, og dækningsgrad samt plantefyldt volumen blev bestemt dels i delområderne og dels i hele søen.

I NOVANA (2004-2009) blev undersøgelserne foretaget ved en transektundersøgelse. Der beregnes en samlet relativ plantedækningsgrad (RPA) baseret på data fra transekterne. På baggrund af plantehøjde og vanddybde i de enkelte observationspunkter beregnes et relativt plantefyldt volumen (RPV). Desuden registreres den maksimale dybde, hvori de enkelte arter er fundet (dybdegrænsen). Transektundersøgelsens samlede resultat er baseret på færre observationer end den tidligere områdeundersøgelse, men anvendelsen af transekter sikrer, at observationspunkterne er fordelt over hele søarealet. Da de samme transekter anvendes de efterfølgende år er der områder, hvor vegetationen ikke undersøges. Dette kompenseres ved at supplere undersøgelsen med observationer i områder med formodet eller udbredt vegetation med henblik på at supplere artslisten. I transektundersøgelsen indgår desuden den størst registrerede dybde for de enkelte arter (dybdegrænsen).

Tabel 3.9. Oversigtsdata for undervandsvegetationen (transektundersøgelse) i 17 intensive søer i perioden 2004-2006 og 2007-09. I de tilfælde, hvor søerne er undersøgt mere end én gang i perioden, indgår søen med et gennemsnit (Tissø og Nors Sø indgår ikke pga. ufuldstændige data).

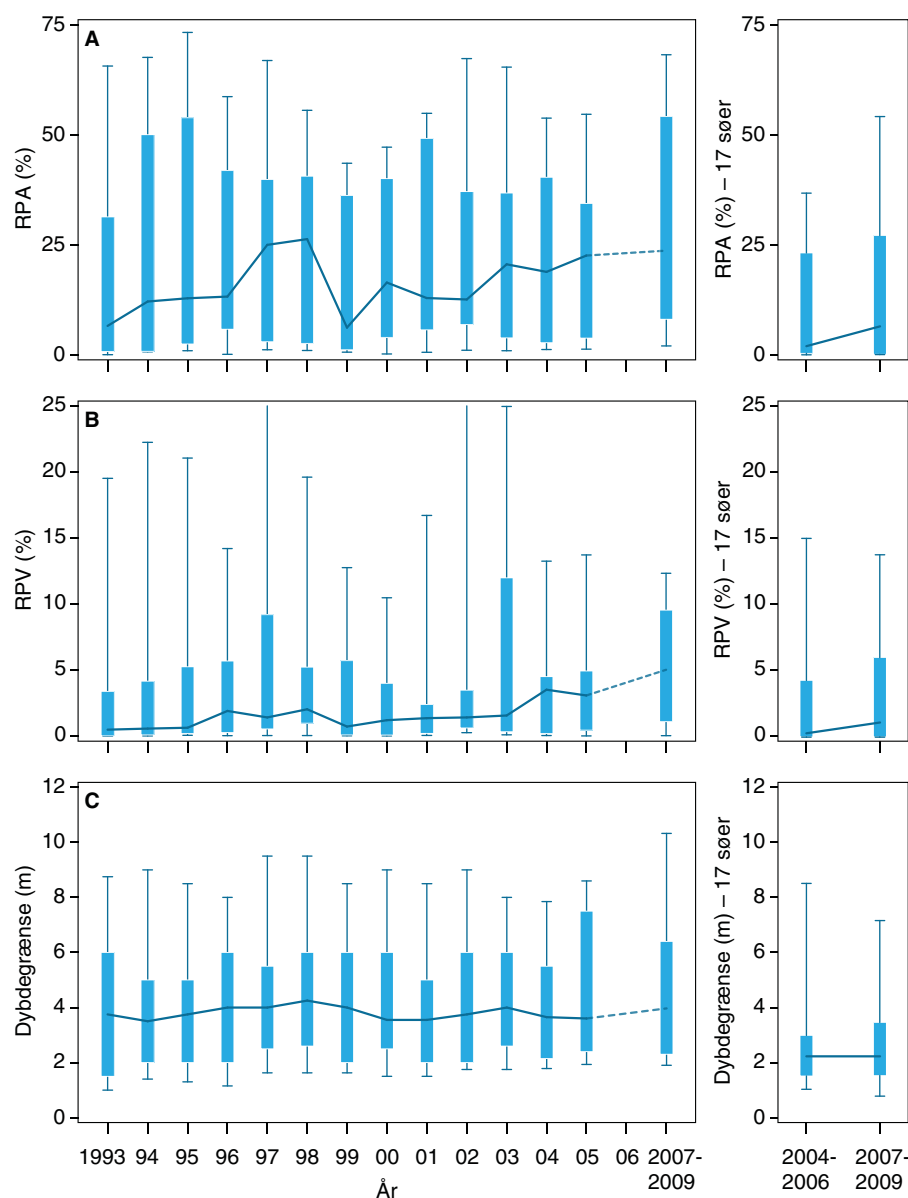
	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
<b>2004-2006</b>					
Relativt plantedækket areal (%)	13,3	1,9	0	50,7	17
Relativt plantefyldt volumen (%)	3,2	0,3	0	16,6	17
Dybdegrænse (m)	2,9	2,2	0,5	8,9	17
Artsantal	8,7	8	1	24	17
Trådalger – relativt dækket areal (%)	2,1	0,3	0	18,1	17
<b>2007-2009</b>					
Relativt plantedækket areal (%)	17,3	6,5	0	72,3	17
Relativt plantefyldt volumen (%)	3,5	1,1	0	14,8	17
Dybdegrænse (m)	3,2	2,2	0,5	13,5	17
Artsantal	9,9	9	1	27	17
Trådalger – relativt dækket areal (%)	5,2	0,2	0	34,8	17

Der er store variationer i vegetationens omfang i de intensive søer. I 2007-2009 varierede artsantallet fra 1 til 27, den maksimale dybdegrænse varierede fra 0,5 meter til 13,5 meter, og den største dækningsgrad var på 72,3 %, mens der også var søer stort set uden planter. I flertallet af søerne var der kun en lille dækningsgrad (median 6,5 %), og den maksimale dybdegrænse i halvdelen af de undersøgte søer var mindre end 2,2 meter (tabel 3.9). Sammenlignet med perioden 2004-2006 er der en svag ten-

dens til en generel stigning i undervandsplanternes udbredelse i 2007-2009, idet medianen for relativt plantedækket areal er steget fra 1,9 til 6,5 % såvel som en svag stigning i RPV ses (tabel 3.9, figur 3.6 (højre del)). Især Kvie sø, Magle sø og Furesøen har oplevet store stigninger i RPA, mens RPA især er faldet i Arreskov Sø og Hornum Sø. Dog må en median RPA på 6,5 % stadig siges at være lav. Tråldalgedækningen er relativ konstant over de 2 perioder, markante stigninger er dog sket i Arreskov Sø, Furesøen og Engelsholm Sø.

Siden vegetationsundersøgelsesernes start i 1993 er der sket en stigning i såvel relativt plantedækket areal og relativt plantedækket volumen som i vegetationens absolutte dybdegrænse i de 10 søer (eksklusiv Tissø) med en tidsserie af vegetationsundersøgelser.

Figur 3.6. Udviklingen i undervandsplanternes A: dækningsgrad (RPA), B: relativt plantefyldt volumen (RPV) og C: dybdegrænse i 10 af de 11 intensivt undersøgte søer, hvori der i perioden 1993 til 2005 er foretaget årlige vegetationsundersøgelser. Fra 2006 er frekvensen af vegetationsundersøgelserne varierende. Alle 10 søer er undersøgt 1-2 gange i perioden 2007-2009 og indgår her som et gennemsnit i sidste søjle (dog 2006 data for Nors Sø). Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Til højre i figuren ses undervandsplanternes udbredelse i 17 af de 19 intensive søer hvor transektundersøgelser er foretaget hvert andet år siden 2004. Dog måtte perioden 2004-2009 opdeles i kun 2 perioder for at inkludere flest mulige af de intensive søer. I de tilfælde hvor søen er blevet undersøgt mere end én gang i pågældende periode er gennemsnittet anvendt.



Det plantedækkede areal (RPA) steg relativt kraftigt i de undersøgte søer fra 1993 til 1998 (figur 3.6). I 1999 skete der en markant reduktion i både relativt plantedækket areal og i relativt plantedækket volumen (RPV) tilbage til det niveau, som blev registreret i 1993. Såvel RPA som RPV har siden da været stigende med få fluktuationer. RPA har næsten nået det høje niveau fra 1997 og 1998, mens RPV i 2007-2009 ikke er set højere for de 10 undersøgte søer i overvågningsperioden. I modsætning til RPA og RPV er der dog ikke sket nogen væsentlig stigning i dybdegrænsen i de undersøgte søer, omend den maksimale dybdegrænse er steget i 2007-2009 (figur 3.6).

Variationen i vegetationen i den enkelte sø fra år til år kan være forholdsvis stor. Undervandsplanterne kan brede sig i én del af søen for at blive reduceret i andre dele. De overordnede ændringer er imidlertid generelt beskedne fra år til år, og der er registreret relativt få markante ændringer i vegetationsforholdene.

Tabel 3.10. Udviklingen i undervandsplanter i 10 af de 11 overvågningssøer (Tissø ikke medtaget). Det skal bemærkes at der i perioden 1993 til 2005 er foretaget årlige undersøgelser, mens et gennemsnit af værdier for perioden 2007-2009 (Nors Sø indgår med 2006-data) - tilsvarende data i fig. 3.6 er anvendt. I 2004 overgik man fra områdeundersøgelse til transektundersøgelse. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. RPA er det relative plantedækkede areal. RPV er det relative plantefyldte volumen.

	RPA	RPV	Dybdegrænse
Søby Sø	--	-	--
Maglesø	0	0	0
Nors Sø	++	0	---
Ravn Sø	0	0	0
Søholm Sø	++	0	0
Kvie Sø	++++	++++	++++
Hornum Sø	--	--	0
Furesøen	++++	+++	+++
Hinge Sø	++	++	+++
Arreskov Sø	++	++	++
I alt +/++/+++/++++	6	4	4
I alt -/--/---/----	2	2	2

Siden 1993 er der sket signifikante stigninger i relativt plantedækket areal i 6 ud af de 10 søer og i relativt plantefyldt volumen og vandplanternes dybdegrænse i 4 søer (tabel 3.10). De generelt forbedrede miljøforhold i de intensive søer, som kan konstateres ud fra det faldende næringsstof- og klorofylniveau med de heraf følgende stigende sigtddybder, har synligt forbedret forholdene også for undervandsvegetationen.

I Kvie Sø, Furesø, Arreskov Sø og Hinge sø har der været stigende tendenser for både dækningsgraden (RPA), plantefyldt volumen (RPV) og dybdegrænse siden 1993. De 3 førstnævnte søer er gået fra relativ begrænset undervandsvegetation til en mere betydende forekomst, mens stigningen i Hinge Sø har været mere begrænset. I enkelte søer som Nors Sø og Søholm Sø har RPA været signifikant stigende, hvorimod der ikke er registreret stigninger i RPV. Trods stigning i RPA i Nors Sø har dybdegrænsen været faldende. I Hornum Sø og Søby Sø er RPA og RPV reduceret, mest udtalt for Hornum Sø, mens der ikke ses nogen

signifikante tendenser igennem de sidste 17 års påvirkninger for Magle Sø og Ravn Sø (tabel 3.10).

### 3.7 Fisk

Fiskeforekomstens størrelse og sammensætning udgør en vigtig strukturerende faktor for søers økologi. Højt prædationstryk fra de zooplanktivore fisk på det filtrerende zooplankton giver i næringsrige søer en kaskadevirkning gennem fødekæden og bevirker en uklar tilstand. Denne effekt kan modvirkes af prædationskontrol fra piscivore fisk på de zooplanktivore fisk. Færre zooplanktivore fisk mindsker både prædationstrykket på zooplankton samt næringsstof-frigivelse fra søbunden, betinget af fiskenes fødesøgning på bunden.

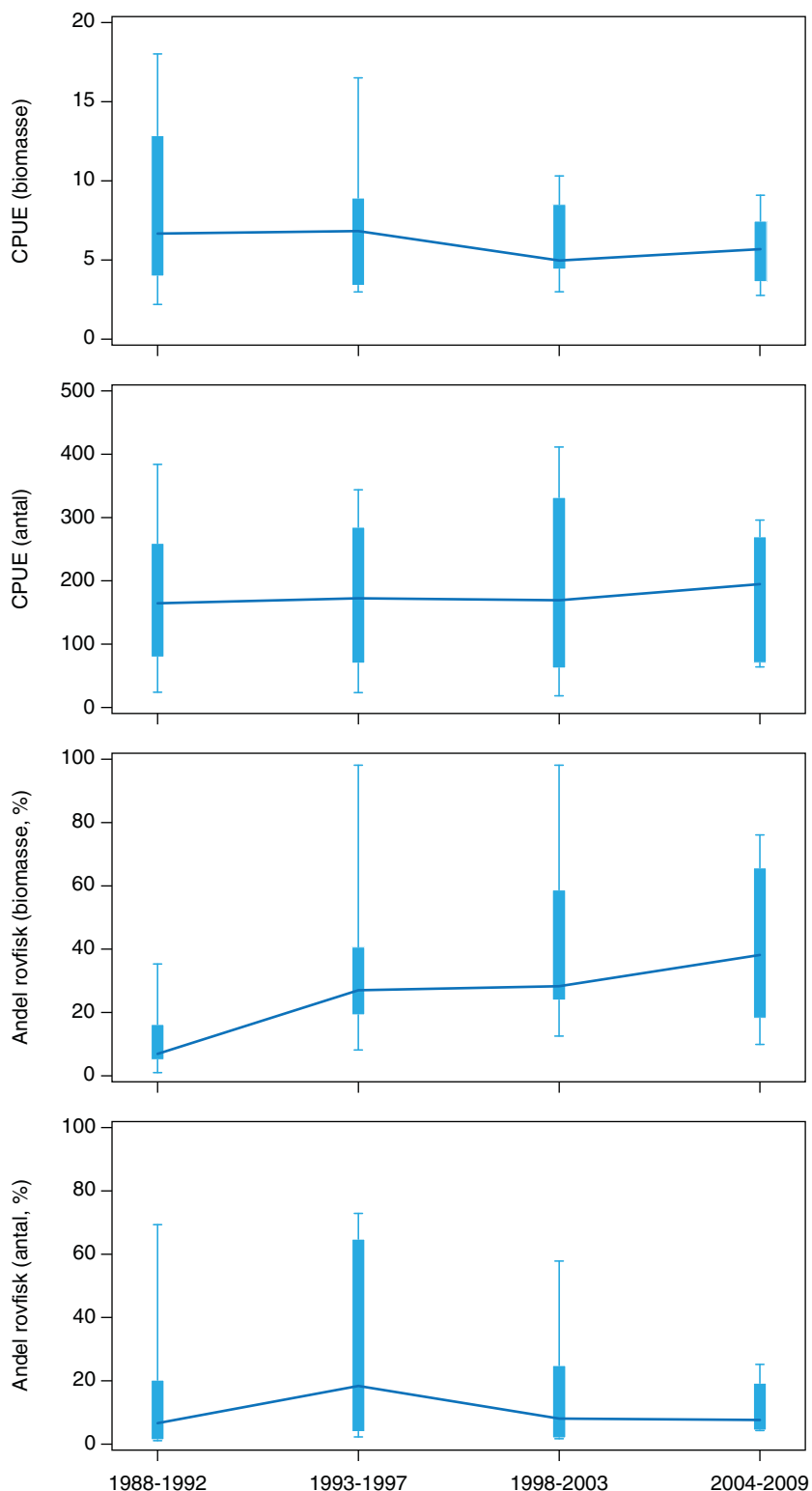
Forekomsten af fisk (antal og biomasse) er undersøgt siden 1988/89 i 15 af de 19 intensive søer. De blev undersøgt hvert 5. år i perioden 1988/89-1998 og hvert 6. år i programmet NOVA (1998-2003) og NOVANA (2004-2009). Fangsten er foretaget med biologiske oversigtsgarn, som består af synkende og flydende gællenet med 14 maskestørrelser. Nettene var af typen Lundgren i perioden 1988/89-2003 og Ny Nordisk Norm (suppleret med maskestr. 68 og 85 mm) fra 2004 og fremad. Garnsætningsproceduren er ændret fra områdeundersøgelse (fastlagte placeringer af net i cirkeludsnit af søen) i 1988/89-2003 til randomiseret placering inden for dybdezonener i 2004-2009, og metodeskift må derfor tages i betragtning ved tolkningen af data. Derudover forekommer der store år-til-år variationer, eksempelvis som følge af klimatiske forhold som varme somre med lav vindhastighed, der kan forårsage springlag med iltfrie bundforhold, og isvintre. Det bør nævnes, at alle overvågnings søer ikke er undersøgt for fisk i det samme år inden for en undersøgelsesperiode, og derfor sammenlignes med dette forbehold.

Data præsenteres her som den samlede fangst per net per 16-18 timer (Catch Per Unit Effort: CPUE) i søen, for det totale antal og den totale biomasse af fisk samt for udvalgte arter fordelt på størrelsesklasser (større og mindre end 10 cm).

#### 3.7.1 Fiskebestanden totalt set

Variationen i den totale forekomst af fisk i de 15 intensive søer (1 sø uden fisk, 3 søer udeladt pga. mangelfuld dataindberetning) er stor for alle 4 perioder. Overordnet ses ingen trend i hverken medianen for total fiskebiomasse per 16-18 timer ( $CPUE_{\text{biomasse}}$ ) eller antal fisk per 16-18 timer ( $CPUE_{\text{antal}}$ ) gennem den nu 20 år lange overvågningsperiode (figur 3.7). Det skal dog bemærkes, at de højeste og mest ekstreme biomasser blev registreret i de to første perioder fra 1988 til 1997. De efterfølgende to undersøgelsesperioder viser en væsentlig reduktion i de ekstreme biomasser. Mønsteret svarer til det der ses for total fosfor og total kvælstof, hvor der ligeledes blev registreret en reduktion i de mest ekstreme koncentrationer i starten af overvågningsperioden.

Figur 3.7. Total fiskebiomasse per 16-18 timer ( $CPUE_{\text{biomasse}}$ ), total antal fisk per 16-18 timer ( $CPUE_{\text{antal}}$ ) samt rovfiskeandelen i biomasse og antal i 15 intensive søer, hver repræsenteret minimum 1 gang i hver periode (hvis flere undersøgelser i en periode indgår et gennemsnit). I enkelte tilfælde er en fiskeundersøgelse dog blevet rykket 1-3 år i figuren, for at søen kan repræsenteres i alle 4 perioder. Linjen forbinder medianer, bokse viser 25 og 75 % fraktiler, lodrette linjer 10 og 90 % fraktiler



I overensstemmelse med, at der ikke ses generelle ændringer i fisketætheder gennem de fire perioder, ses på sø-niveau kun 4 signifikante ændringer i  $CPUE_{\text{biomasse}}$  (tabel 3.11), hvoraf Engelsholm Sø er biomanipuleret med opfiskning (det bør også bemærkes, at 3 søer kun indgår med 3 værdier, signifikans skal derfor tages med kraftigt forbehold). Derimod ses en markant nedgang i fiskebiomassen i søer med høj  $CPUE_{\text{biomasse}}$  i den første del af perioden (bl.a. Store Søgård Sø, Arresø og Engelsholm Sø), illustreret ved en reduktion af 75 % fraktilen fra 12,8 kg per 16-18 ti-



mer i perioden 1988/89-1992 til 7,4 kg per 16-18 timer i den seneste 6-årige periode (figur 3.7). For CPUE<sub>antal</sub> ses ingen generelle tendenser de sidste 20 år, ej heller på sø-niveau (tabel 3.11).

Andelen af rovfisk, her defineret som aborre  $\geq 10$  cm samt gedde, viser en generelt stigende tendens set i relation til totalbiomassen, hvor medianen i perioden 1988/89-1992 var 7 % sammenlignet med 38 % i den seneste periode. Antalsmæssigt ses ingen nævneværdige ændringer i andelen af rovfiskeforekomsten gennem overvågningsperioden (figur 3.7). Dette antyder, at det relative antal af rovfisk er uændret, men at rovfiskebestandene består af større fisk, og dermed potentielt mere effektivt præderende rovfisk, i den seneste periode relativt til perioden 1988/89-1992. På sø-niveau viste 3 søer en signifikant stigning i rovfiskeandelen på vægtbasis, heraf er opfiskning foretaget i 2 af de 3 søer. Kun én sø viste en signifikant stigning i andel af rovfisk antalsmæssigt, mens 1 sø viste signifikant fald i andelen (tabel 3.11).

Tabel 3.11. Udviklingen i total fiskebiomasse per 16-18 timer (CPUE<sub>biomasse</sub>), total antal fisk per 16-18 timer (CPUE<sub>antal</sub>) samt rovfiskeandelen (aborre  $\geq 10$  cm og gedde) i biomasse (%Rovfisk<sub>biomasse</sub>) og antal (%Rovfisk<sub>antal</sub>) i 18 af de 19 intensivt overvågede søer fra 1989 til 2009 med fiskeundersøgelser. N angiver antal år med fiskeundersøgelser, der indgår i testen.

-/+, --/++, ---/++++, ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

\*Søen har undergået biomanipulation i form af opfiskning

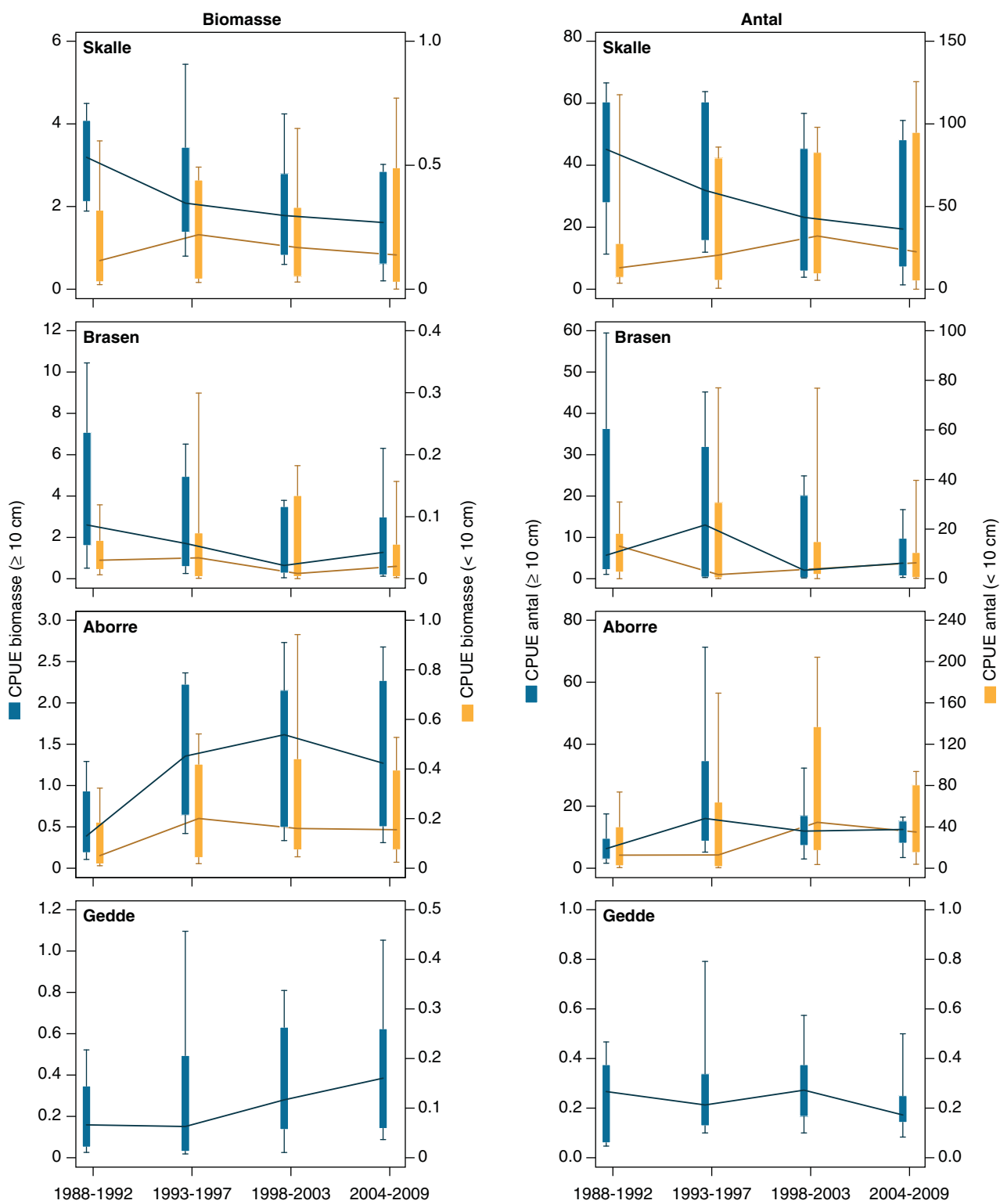
	CPUE <sub>biomasse</sub>	CPUE <sub>antal</sub>	%Rovfisk <sub>biomasse</sub>	%Rovfisk <sub>antal</sub>	N
Nors Sø	0	0	+	--	4
Hornum Sø	0	0	0	0	3
Hinge Sø	0	0	0	0	5
Ravn Sø	0	0	0	0	4
Bryrup Langsø	0	0	0	0	5
Søby Sø	++	0	0	0	4
Kvie Sø	0	0	0	0	4
*Engelsholm Sø	---	0	0	++	5
Søgård Sø	0	0	0	0	4
Store Søgårdsø	--	0	0	0	4
*Arreskov Sø	0	0	++	0	12
Søholm Sø	0	0	0	0	4
Arresø	0	0	0	0	4
*Furesøen	0	0	+	0	5
Magle Sø	++	0	0	0	3
Gundsømagle Sø	0	0	0	0	4
Tissø	0	0	0	0	3
Vesterborg Sø	0	0	0	0	4
I alt					
+ / ++ / +++ / ++++	2	0	3	1	
I alt					
- / -- / --- / ----	2	0	0	1	

### 3.7.2 Ændringer i udvalgte fiskearters forekomst

I alt 22 fiskearter (eksklusive hybrider) er registreret i de 15 undersøgte intensive søer med minimum 4 fiskeundersøgelser i perioden 1988-2009. De fleste arter er registreret i hver af undersøgelsesperioderne. Aborre, skalle og gedde er fundet i flest af de intensive søer, og den gennemsnitlige fangsthypighed (CPUE<sub>antal</sub>) samt biomasse (CPUE<sub>biomasse</sub>) per art i søerne 1988/89-2009 er også størst for skalle, aborre og brasen (tabel 3.12). Regnløje har desuden en massiv antalsmæssig forekomst i Gundsømagle Sø, hvilket giver den høje værdi i tabel 3.12.

Tabel 3.12. Arter registreret i de 15 intensive søer 1988-2009. Antal perioder angiver, i hvor mange af de 4 fangstperioder den enkelte art er fundet, Antal søer: det gennemsnitlige antal søer arten er fundet i indenfor de 4 fangstperioder (1988/89-1992; 1993-1997; 1998-2003; 2004-2009), CPUE<sub>biomasse</sub> og CPUE<sub>anta</sub> angiver hhv. gennemsnitlig biomasse og antal per art per 16-18 timer for de 15 søer i de 4 fangstperioder.

Art	Repræsenteret i			
	antal perioder	Antal søer	CPUE <sub>biomasse</sub>	CPUE <sub>anta</sub>
Aborre	4	14,8	1,76	68,72
Skalle	4	13,8	4,11	97,70
Gedde	4	12,8	0,44	0,34
Rudskalle	4	11,3	0,18	1,50
Brasen	4	10,0	2,71	26,48
Hork	4	10,0	0,13	22,08
Sandart	4	4,8	0,71	5,18
Grundling	4	3,3	0,01	0,61
Flire	4	3,3	0,50	6,22
Løje	4	3,3	0,12	6,41
Karuds	4	2,8	0,94	1,16
Suder	4	2,8	0,76	0,66
Ål	3	2,3	0,01	0,04
Regnløje	4	2,3	0,16	78,40
Smelt	4	2,0	0,07	11,10
Trepigget hundestejle	4	2,0	0,00	0,32
Ferskvandskvabbe	4	1,3	0,04	0,06
Ørred	1	1,0	0,05	0,03
Regnbueørred	2	1,0	0,27	0,52
Helt	4	1,0	0,56	2,21
Heltling	4	1,0	0,04	0,27
Karpe	1	1,0	0,19	0,04



Figur 3.8. Total biomasse per 16-18 timer ( $CPUE_{\text{biomasse}}$ ) og total antal per 16-18 timer ( $CPUE_{\text{antal}}$ ) for de 4 hyppigste fiskearter opdelt i fisk større (blå søjler) og mindre end 10 cm (orange søjler) set over perioden 1988-2004 i 15 intensive søer, hver repræsenteret minimum 1 gang i hver periode (hvis flere undersøgelser i en periode indgår et gennemsnit). I enkelte tilfælde er en fiskeundersøgelse dog blevet rykket 1-3 år i figuren, for at søen kan repræsenteres i alle 4 perioder. Linjen forbinder medianer, bokse viser 25 og 75 % fraktiler, lodrette linjer 10 og 90% fraktiler.

Den mest markante ændring ses for biomassen af aborre  $\geq 10$  cm, hvis median mere end tredobles fra 1988/89-1992 til perioden efter, hvorefter medianen stabiliseres omkring dette niveau. Også antallet af aborre  $\geq 10$  cm fordobles (medianen) gennem perioden. Skaller og til dels brasen  $\geq 10$  cm viser ændringer fortrinsvis først i undersøgelsesperioden. For både skalle og brasen  $\geq 10$  cm halveres medianen for  $CPUE_{\text{biomasse}}$  og  $CPUE_{\text{antal}}$  over hele overvågningsperioden. Gedde viser, som aborre, en tendens til øget  $CPUE_{\text{biomasse}}$ , men til forskel fra aborren specielt i den sidste del af overvågningsperioden, hvor medianen er fordoblet fra niveauet i 1988/89-1992. Antalsmæssigt følger arterne tendenserne for biomassen, med undtagelse af gedde, som stort set ikke viser ændringer i antal gennem overvågningsperioden. For geddens vedkommende er data baseret på få individer.

I modsætning til forekomsten af fisk  $\geq 10$  cm ses ikke de store ændringer i forekomsten af fisk  $< 10$  cm. Variationen er stor – og kun for aborre ses en tendens til såvel stigende biomasse som stigende antal gennem overvågningsperioden. Tendensen er dog forskudt i forhold til tendensen for de store aborrer. For små skaller er der ligeledes en stigende tendens.

Samlet set viser resultaterne fra fiskeundersøgelserne en tendens til et fald i både antal og biomasse af de større zooplanktivore fiskearter som skalle og brasen, hvilket afspejler det faldende næringsstofindhold, som også er set. Ydermere ser det ud til, at biomasse og antal (kun aborre) af rovfisk har været stigende gennem undersøgelsesperioden, hvilket indikerer øget potentiale for rovfiskekontrol af zooplanktivore fisk, også understøttet af den generelle øgede biomasse-mæssige rovfiskeprocent gennem perioden (figur 3.8). Omvendt ses dog også udvikling i retning af øget antal af små zooplanktivore fisk som skalle og aborre, hvilket trækker i modsat retning. Hertil må nævnes, at biomanipulation i tre af de undersøgte intensive søer sandsynligvis har bidraget til den positive 'generelle' udvikling i fiskebestanden i overvågningsøerne, som derfor ikke alene kan tilskrives reduktion i næringsbelastning. Omvendt kan biomanipulation i to søer ikke ændre på medianværdierne, hvorfor der kan konstateres en svag generel forbedring i fiskesammensætningen i de undersøgte søer.

### **3.8 Næringsstofkilder og -balancer**

Ud af de 19 intensivt overvågede søer er der opstillet massebalancer for alle undersøgelsesår siden 1990 på 13 søer. Dette afsnits analyser af vand- og stofbalancer er foretaget på disse 13 søer.

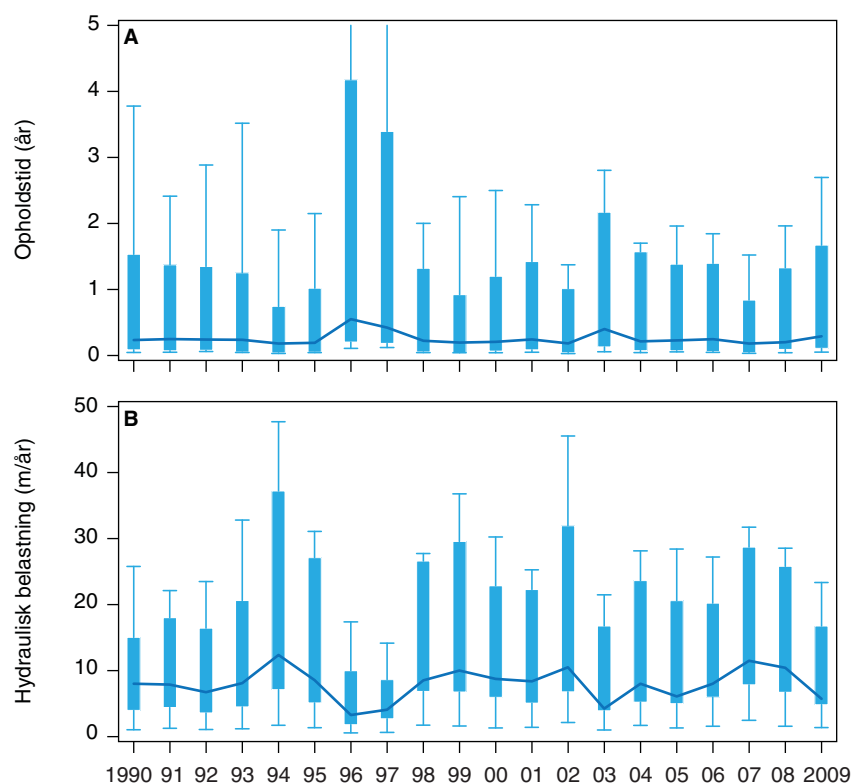
#### **3.8.1 Vandbalancer**

Etableringen af nøjagtige/troværdige vandbalancer er en vigtig forudsætning for at kunne lave de rigtige massebalanceberegninger af fosfor og kvælstof. Generelt varierer vandtilførslen betydeligt fra år til, hvilket også påvirker tilførslen af næringsstoffer.

Mest markant i overvågningsperioden siden 1990 har været to tørre år i 1996 og 1997. Dette gav tilsvarende anledning til en betydeligt længere opholdstid i søerne (figur 3.9). Efter en stigning i vandtilførslen i årene 2003-2007 er der siden sket et fald. I perioderne 1990-1998 og 1999-2008 var medi-

anen for den hydrauliske belastning henholdsvis 7,2 og 8,1 m/år. I 2009 var medianen 5,7 m/år. Medianen for vandets gennemsnitlige opholdstid i søerne var i 2009 0,3 år, og dermed en anelse højere end i perioderne 1990-1998 og 1999-2008.

Figur 3.9. Vandbalancer for de intensivt overvågede søer 1990-2009. A: Opholdstid (år), B: Hydraulisk belastning (m/år). n=13 Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.



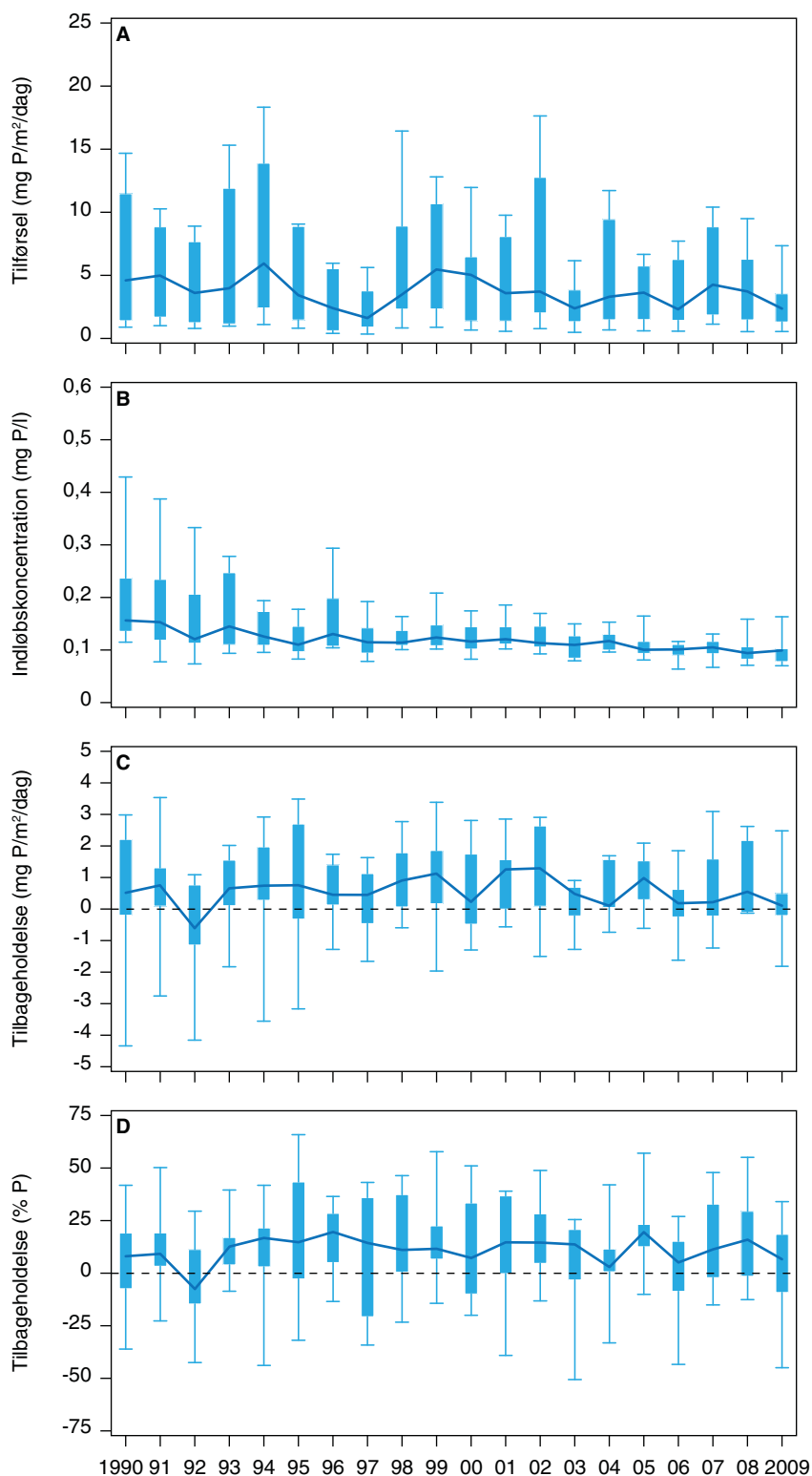
Der er stor forskel i vandets opholdstid i de enkelte søer fra et minimum på ca. 18 dage til et maksimum i 2009 på 15,9 år. 75 % (9 søer) har en opholdstid på 1,7 år eller mindre.

### 3.8.2 Fosforbalancer

Vandtilførslen har en væsentlig betydning for den absolutte tilførsel af fosfor, hvilket er illustreret af de to tørre år 1996 og 1997, hvor der var en meget lille tilførsel af fosfor (figur 3.10). Derimod var fosfortilførslen høj i de våde år 1994, 1999 og 2002.

Figur 3.10. Fosforudviklingen i de intensivt overvågede søer med massebalancer, n=13 i perioden 1990 til 2009.

A: Fosfortilførsel (mg P/m<sup>2</sup>/dag),  
 B: Indløbskoncentration (mg P/l),  
 C: Fosfortilbageholdelsen (mg/P m<sup>2</sup>/dag),  
 D: Fosfortilbageholdelse i % af tilførslen. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier.



Den vandføringsvægtede fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, er reduceret betragteligt (figur 3.10) fra et gennemsnit omkring 0,17 mg P/l i perioden 1990-1999 til 0,097 mg P/l i 2009. Som for søkoncentrationens vedkommende er det primært de største fosforkoncentrationer, der er reduceret, men medianen for indløbskoncentrationen er dog faldet med 22 % fra 0,125 mg P/l til 0,097 mg P/l (tabel 3.13). Der har været en tilsvarende ændring i tilførslen af fosfor i absolutte mængder, hvor

tilførslen i 2009 var 3,5 mg P m<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup> sammenlignet med en gennemsnitlig tilførsel af fosfor på 7 mg P m<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup> i 1990-1999 (tabel 3.13).

Som nævnt vil tilførslen i vidt omfang afhænge af den vandmængde, der tilføres, og altså om året er nedbørsrigt eller ej. På figur 3.10A ses, at der i de nedbørsrige år 1994, 2002 og til dels også 2007 og 2008 har været en relativ stor fosfortilførsel.

Reduktionen i fosforkoncentrationen i indløb til søerne skyldes primært reducerede punktkildetilførsler. Reduktioner i fosforkoncentrationen i udløbet er dels et resultat af den mindre indløbskoncentration, men også af ændringer i fosfortilbageholdelsen i søerne. Siden 1989 har søerne med en tidligere høj belastning aflastet/frigivet en stor del af den ophobede fosforpulje. Dette kan aflæses i den relative store reduktion, der er sket i de højeste fosforkoncentrationer i udløbene (tabel 3.13). Det store fald i de 25 % mest belastede søer resulterer i, at gennemsnitskoncentrationen i udløbene er faldet med hele 53 % fra 1990-1999 frem til 2009.

Tabel 3.13. Totalfosforkoncentration i indløb og afløb (mg P l<sup>-1</sup>) samt fosfortilførslen i mg P m<sup>-2</sup> dag<sup>-1</sup> i de 13 intensivt overvågede søer med stofbalancer fra 1990 til 2009 med angivelse af middel-, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1990-1999 og 2000-2008 og 2009. Årsværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.	
Indløb	1990-99	0,174	0,087	0,116	0,125	0,179	0,514	
	Total-P konc.	2000-08	0,112	0,085	0,093	0,107	0,113	0,162
		2009	0,097	0,045	0,076	0,097	0,101	0,179
Indløb	1990-99	6,99	0,67	1,40	3,49	9,38	29,17	
	Total-P mængde	2000-08	5,1	0,39	1,49	3,27	7,59	15,67
		2009	3,47	0,21	1,25	2,31	3,49	13,01
Udløb	1990-99	0,148	0,038	0,070	0,1	0,181	0,481	
	Total-P konc.	2000-08	0,089	0,03	0,069	0,085	0,099	0,165
		2009	0,078	0,033	0,060	0,066	0,076	0,178

Figur 3.10 C illustrerer, at det store fald i aflastning i søer med høje til- og afløbskoncentrationer, er sket i perioden 1990-1999, mens der kun er sket små reduktioner i ligevægtsforholdene i de senere år. I søer med lav belastning har udviklingen været mere jævn, og her er der også sket et relativt stort fald i udløbskoncentrationen i de senere år.

Tabel 3.14. Fosforretention (mg P/m<sup>2</sup>/d) og (% af tilførsel) i de 13 intensivt overvågede søer med stofbalancer fra 1990 til 2009 med angivelse af middel-, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1990-1999 og 2000-2008 og 2009. Årsværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Total-P ret. (mg P/m <sup>2</sup> /d)	1990-99	0,407	-2,280	-0,082	0,187	1,753	2,168
	2000-08	0,557	-0,352	0,084	0,294	1,167	1,662
	2009	0,215	-2,702	-0,225	0,091	0,479	4,098
Total-P ret. (% af tilførsel)	1990-99	8	-30	-0,2	6	18	42
	2000-08	9	-19	-1	7	16	45
	2009	3	-48	-9	6	18	67

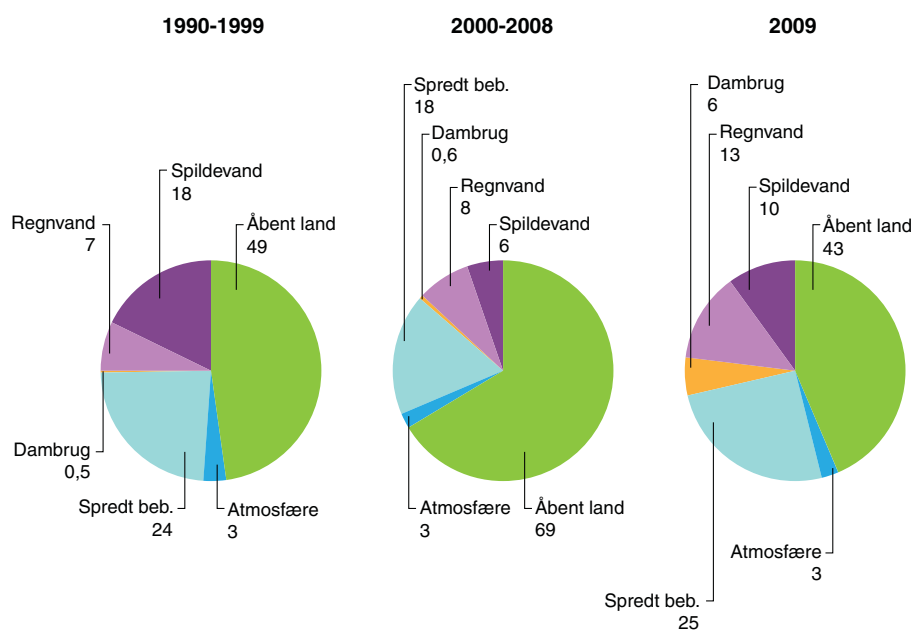
Såvel den absolutte som den relative tilbageholdelse af fosfor i søerne er beskeden i en del søer (figur 3.10 C og D). Medianen for fosfortilbageholdelsen har generelt ikke ændret sig nævneværdigt i overvågningsperioden. Dog var medianen for fosforretentionen i 2009 noget lavere end for overvågningsperioden som helhed (figur 3.10C). Generelt frigives

tidligere ophobet fosfor i sedimentet stadig og påvirker tilbageholdelsen i søerne.

### 3.8.3 Fosforkilder

Ud af de 19 intensive overvågningssøer er der sammenlignelige data for kildeopsplitning siden 1990 (dog ikke fra 2006 og 2007) i 10 søer. Igennem overvågningsperioden siden 1990 er der sket betydelige ændringer i den relative fordeling af fosforkilderne til søerne (figur 3.11). Den samlede tilførsel til søerne er faldet markant fordi bidraget fra spildevand totalt set er reduceret. Dette indebærer at bidraget fra det åbne land er øget fra 49 % i perioden 1990-99 til at udgøre 69 % af den samlede fosforbelastning fra 2000 til 2008. I 2009 var åbent land bidraget ca. 43 %, hvilket illustrerer, at de enkelte kilders bidrag til næringsstofbelastningen varierer fra år til år afhængigt af blandt andet mængden af nedbør og afstrømningens størrelse. Den spredte bebyggelses andel af den samlede fosforbelastning til de 10 søer faldt fra perioden 1990-99 fra 24 % til 18 % i perioden 2000-2008, men var i 2009 igen på niveauet i begyndelsen af overvågningsperioden, nemlig 25%. Fra dambrugene er der sket en markant stigning i bidragene (fra <1 % til 6 %), hvilket hovedsagelig skyldes en stigning i tilførslen fra 0,07 t P/år til 0,35 t P/år i en enkelt sø (Bryrup Langsø).

Figur 3.11. Den procentuelle kildefordeling for fosfortilførslen til 10 af overvågningssøerne med stoftilførselsmålinger i perioden 1990-99 (venstre), 2000-2005 + 2008 (i midten) og for 2009 (højre). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling.



### 3.8.4 Kvælstofbalancer

Tilførslen af kvælstof til søerne afspejler i endnu højere grad end fosfor forskelle i vandafstrømningen fra år til år. De to tørre år i 1996 og 1997 er således meget markante i udviklingen i tilførslen af kvælstof siden 1990 (figur 3.12).

Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof har været faldende i perioden 1990 til 2009 (figur 3.12B), hvor den gennemsnitlige kvælstofkoncentration i indløbsvandet er reduceret med ca. 30 % til 5,6 mg N/l. Faldet i indløbskoncentrationen er ikke helt så tydeligt i den samlede kvælstoftilførsel (figur 3.12A), men i 2009 har der dog været tale om et fald på 43 % i forhold til niveauet for perioden 1990-1999.



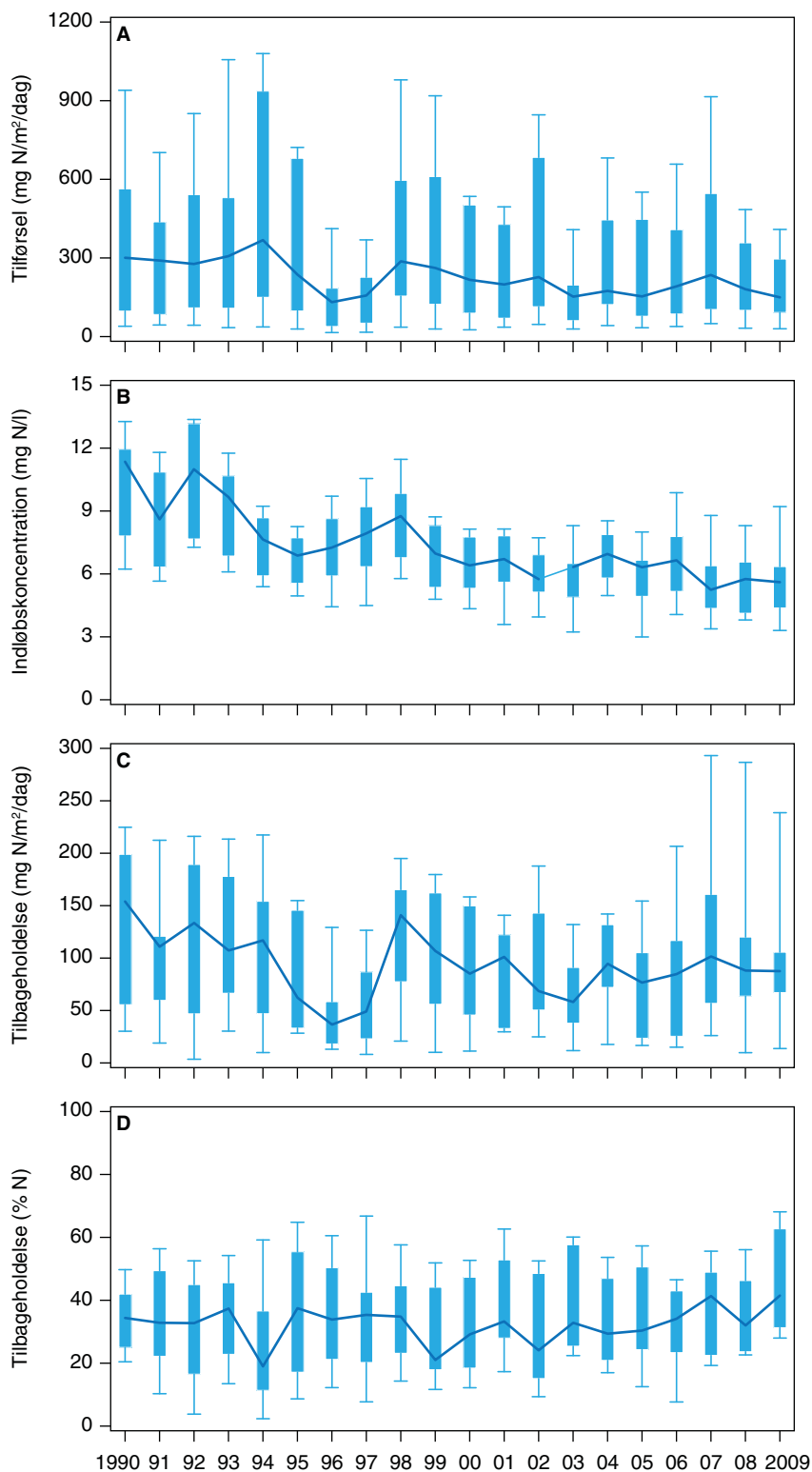
Tabel 3.15. Totalkvælstofkoncentration i indløb og udløb ( $\text{mg N l}^{-1}$ ) samt kvælstoftilførslen i  $\text{mg N m}^{-2} \text{dag}^{-1}$  i de 13 intensivt overvågede søer med stofbalancer fra 1990 til 2009 med angivelse af middel-, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1990-99 og 2000-2008 og 2009. Årsværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Indløb	1990-99	8,01	2,47	6,55	8,94	9,65	10,46
Total-N konc.	2000-08	6,03	2,24	4,96	5,86	7,45	9,21
( $\text{mg N l}^{-1}$ )	2009	5,62	2,3	4,31	5,53	6,28	10,24
Indløb	1990-99	349	9	98	236	561	887
Total-N mængde	2000-08	285	8	88	177	504	777
( $\text{mg N m}^{-2} \text{dag}^{-1}$ )	2009	198	6	88	146	293	583
Udløb	1990-99	4,15	0,84	2,50	3,98	5,72	8,08
Total-N konc.	2000-08	3,14	0,72	2,23	2,77	3,66	7,27
( $\text{mg N l}^{-1}$ )	2009	2,54	0,50	1,79	2,04	2,69	7,16

Kvælstoftilbageholdelsen varierer fra år til år. Den absolutte kvælstoftilbageholdelse afspejler den variation, der er i kvælstoftilførslen, således at der i absolutte mængder tilbageholdes mindre kvælstof i de år, hvor der også tilføres mindre mængder.

Figur 3.12. Kvælstofudviklingen i de intensivt overvågede søer med massebalancer i perioden 1990 til 2009, (n=13).

A: Kvælstoftilførsel ( $\text{mg N m}^{-2} \text{dag}^{-1}$ ), B: Indløbskoncentration ( $\text{mg N l}^{-1}$ ), C: Kvælstoftilbageholdelse ( $\text{mg N m}^{-2} \text{dag}^{-1}$ ), D: Kvælstoftilbageholdelse i % af tilførslen. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjerne forbinder medianværdier



Den relative kvælstoftilbageholdelse har i de seneste år været relativt høj i forhold til undersøgelsesår med tilsvarende høj hydraulisk belastning som eksempelvis 1994. I 1994 var median og gennemsnit for den procentuelle kvælstoftilbageholdelse henholdsvis 18 og 15 %, hvorimod den relative kvælstoftilbageholdelse i 2008, hvor den hydrauliske belastning også var høj, var 34 % (median) og 36 % (gennemsnit) (tabel 3.16). Årsagen til den forøgede kvælstofretention i forhold til tilførslerne skal sandsynligvis findes internt i søerne som en følge af ændrede produktionsforhold.

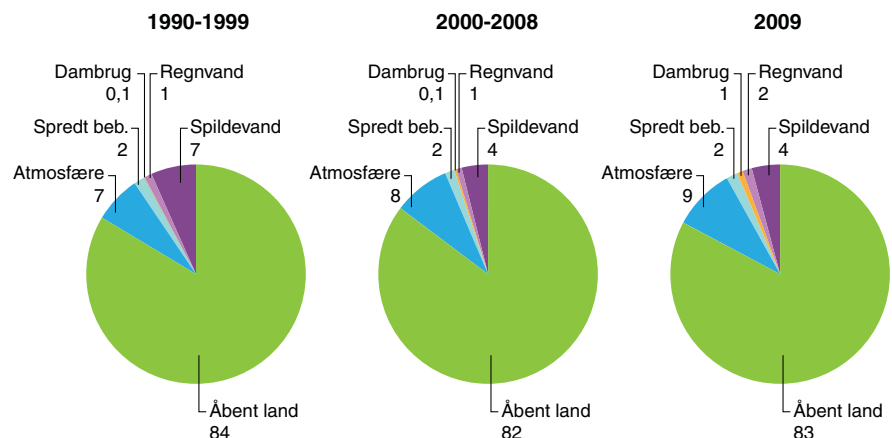
Tabel 3.16. Kvælstofretention (mg N/m<sup>2</sup>/d) og (% af tilførsel) i de 13 intensivt overvågede søer med stofbalancer fra 1990 til 2009 med angivelse af middel-, median, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1990-1999 og 2000-2008 og 2009. Årsværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Total-N ret. (mg N/m <sup>2</sup> /d)	1990-99	105	5	55	113	150	261
	2000-08	100	6	46	83	130	280
	2009	99	6	66	87	105	289
Total-N ret. (% af tilførsel)	1990-99	33	14	17	30	44	63
	2000-08	35	15	25	30	45	70
	2009	45	20	31	41	63	79

### 3.8.5 Kvælstofkilder

Kvælstofbelastningen fra det åbne land udgjorde i 2009 ca. 83 % af den totale tilførsel (figur 3.13) i de 10 søer med kildeopsplitning. Trods tæt på en halvering af den samlede tilførsel har andelen fra det åbne land været forholdsvis konstant siden 1990. Det atmosfæriske bidrag er den næststørste kilde med en andel på 7-9 % og dermed svagt stigende siden 1990. Spildevand, regnvandsbetingede tilledninger og spredt bebyggelse er som gennemsnit mindre væsentlige kilder til kvælstoftilførslen til søerne. Til og med 2008 udgjorde dambrugsbidraget også kun en mindre del af kvælstoftilførslen (<0,1 %), men som for fosfortilførslen er der sket en stigning i kvælstoftilførslen til Bryrup Langsø (fra 0,7 til 4,4 t N/år), der bevirker, at dambrugsbidraget i 2009 er øget til 0,7 %. Det kan noteres, at kvælstofbidraget fra spildevand er halveret fra ca. 7 til ca. 4 % i overvågningsperioden siden 1990 i de 10 søer.

Figur 3.13. Den procentuelle kildefordeling for kvælstoftilførslen til 10 af overvågnings søerne med stoftilførselsmålinger i perioden 1990-99 (venstre), 2000-2005 + 2008 (midten) og for 2009 (højre). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procent-fordeling.



## 4 De ekstensivt undersøgte søer

NOVANA-programmet fra 2004 til 2009 omfattede i alt 771 ekstensivt undersøgte søer, heraf 209 søer større end 5 hektar (ekstensiv 1 søer), 279 søer mellem 0,1 og 5 ha (ekstensiv 2 søer) og 283 søer mellem 0,01 og 0,1 ha (ekstensiv 3 søer). Ekstensiv 1 søerne er undersøgt i en 3-årig periode, mens ekstensiv 2 og 3 søerne er undersøgt en gang i løbet af en 6-årig periode. Eftersom vi nu er i afslutningen af denne periode, er der i år samlet op på tilstand og udvikling i de ekstensive søer.

Omfanget af undersøgelsesprogrammet reduceres i takt med søstørrelse. Dette betyder, at værdierne fra de mindre søer er bestemt med en betydeligt større usikkerhed end de 19 intensivt undersøgte søer og som sådan må tolkes med større forsigtighed.

### 4.1 Ekstensiv 1 søer

#### 4.1.1 Generel tilstand

I tabel 4.1 er der givet en oversigt over de undersøgte ekstensiv 1 søer og deres vandkemiske og biologiske tilstand. Søernes geografiske placering er vist i fig. 4.1. I alt omfattede programmet 209 søer, hvoraf 192 er undersøgt 2 gange i perioden 2004-2009. Ekstensiv 1 søernes areal spænder fra en nedre arealgrænse på 4 ha op til 2140 ha. Der er flest lavvandede søer (median for middeldybde er 1,6 meter og gennemsnittet 2,4 meter), men dog også dybe søer med en maksimaldybde på op til 31 meter.

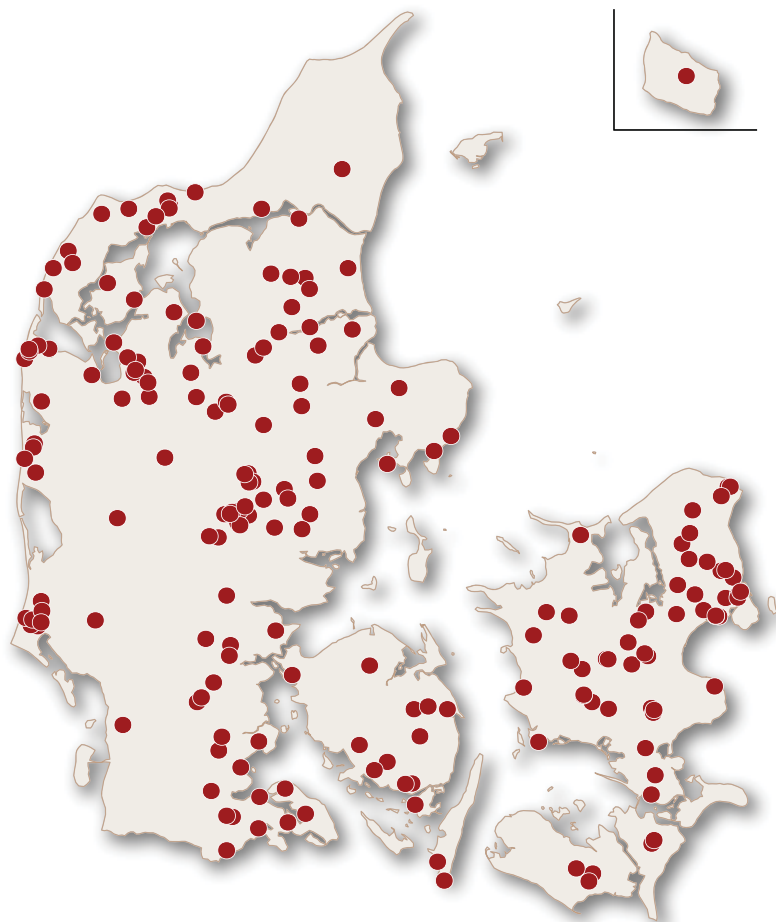
Tabel 4.1. Oversigt over data fra de ekstensiv 1 undersøgte søer (sommerværdier) fra 2004 til 2009. <sup>1)</sup>gedde+aborre>10 cm

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer*
Oplandsareal (km <sup>2</sup> )	44	7,14	0,1	969	167
Søareal (ha)	88	17	4	2140	184
Middeldybde (m)	2,4	1,6	0,2	13,4	179
Maksimumsdybde (m)	4,96	2,9	0,3	31	182
Total-P (mg P/l)	0,188	0,097	0,007	4,24	201
Total-N (mg N/l)	1,49	1,22	0,24	5,54	201
Sigt dybde (m)	1,4	0,98	0,2	8	202
Klorofyl <i>a</i> (µg/l)	51,9	32,5	1,5	371,8	201
Alkalinitet (meq/l)	2,32	2,39	-0,07	5,34	201
pH	8,3	8,4	4,4	9,7	199
Farvetal (mg Pt/l)	44,5	24,9	1,4	464,0	201
Relativt plantedækket areal (%)	18	6	0	91	203
Relativt plantedækket volumen (%)	7	1	0	79	203
Antal arter af undervandsplanter	8	6	1	43	179
Fisk CPUE (antal/net)	142	104	6,67	690	106
Fisk CPUE biomasse (kg/net)	5,14	4,42	0,06	25,4	106
Andel af rovfisk <sup>1)</sup> biomasse %	32	24,8	0	97,6	106
Andel af rovfisk <sup>1)</sup> antal %	15,7	8,7	0	90,9	106

\*Antal søer indberettet til DMU

Søerne spænder fra næringsfattige søer med stor plantedækning og mange forskellige arter til hypereutrofe søer uden undervandsplanter eller med få undervandsarter og lavt plantedække. Dog er de fleste ekstensiv 1 søer relativt næringsrige (totalfosfor sommermedian på 0,097 mg P/l) med lille sigtdybde (median på 1 meter), et relativt højt klorofylniveau i sommerperioden (median på 33 µg/l) og en relativ lav plantedækningsgrad (median på 6 %) (tabel 4.1). Der er dog også næringsfattige søer (minimumsværdi for totalfosfor på 0,007 mg P/l) såvel som meget næringsrige søer i programmet (maksimum 4,24 mg P/l), som resulterer i, at sommergennemsnittet for totalfosfor er 0,188 mg P/l og sigtdybden 1,4 meter for den samlede gruppe af ekstensiv 1 søer.

Figur 4.1. Geografisk placering af ekstensiv 1 søerne.



#### 4.1.2 Ændringer i ekstensiv 1 søerne

Med afslutningen af NOVANA perioden fra 2004 til 2009 er 192 af de i alt 209 ekstensiv 1 søer undersøgt to gange. Ikke alle søer er undersøgt med en tre-årig frekvens og ikke alle parametre er inddraget i alle undersøgelser.

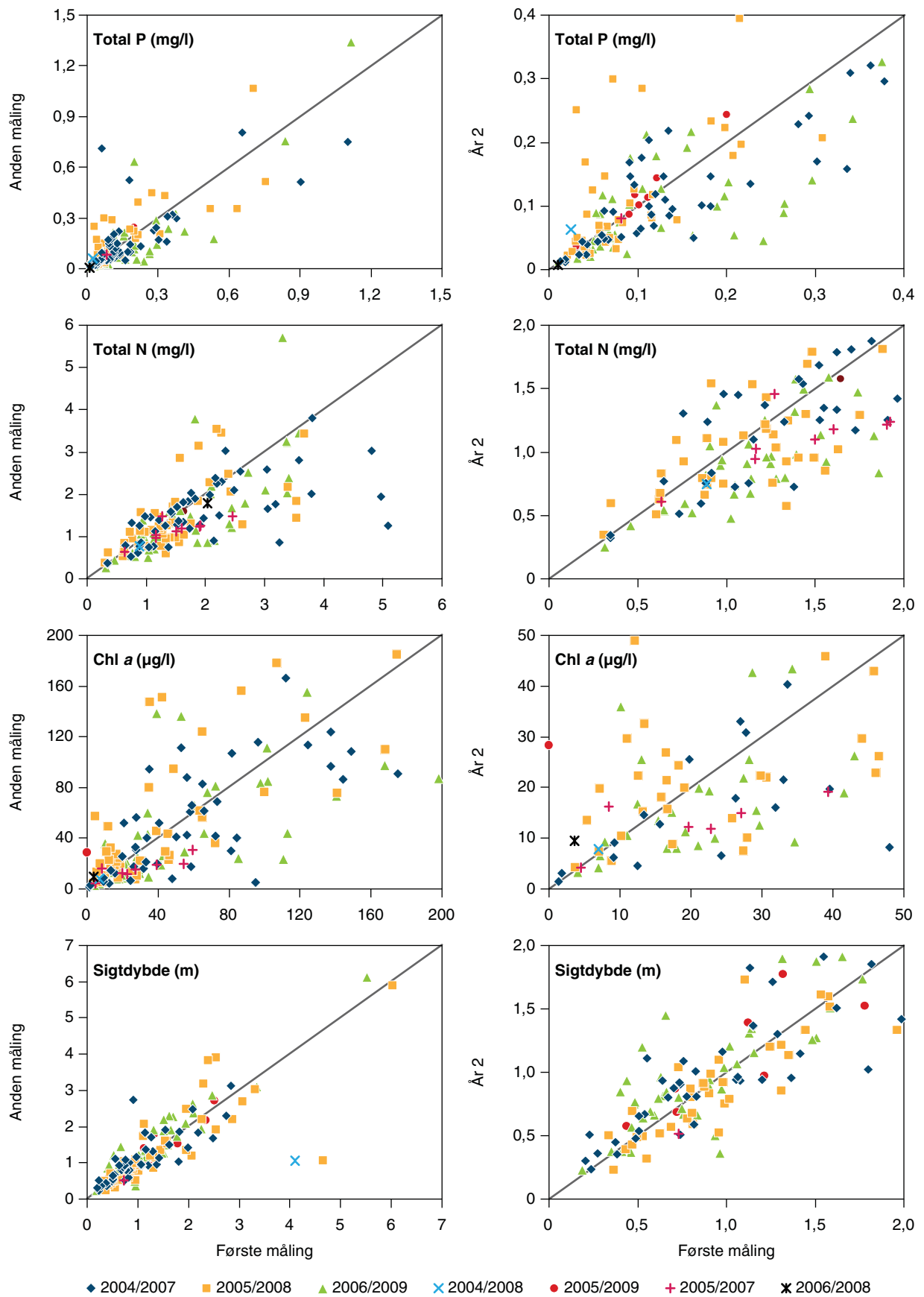
Dette afsnit omhandler udvalgte nøglevariable, som er målt to gange i den enkelte sø, og der er foretaget en sammenligning af værdierne for de to år. Der er således sammenlignet data for de delmængder af søer, der er undersøgt i henholdsvis 2004 og 2007, 2005 og 2008 samt i 2006 og 2009. Resultaterne er afbildet i figur 4.2 og figur 4.3 som xy-scatter plot, hvor det andet års målinger er vist som funktion af det første års målinger. Højre kolonne i figuren viser forstørrede udsnit af de enkelte figurer.

For hver variabel, som er undersøgt med tre års mellemrum er der foretaget en parret t-test ( $p < 0,05$ ) for hver 3-års periode til vurdering af en signifikant forskel mellem første og anden undersøgelse. Endvidere er det testet, om der er forskel, når alle søerne betragtes som en helhed (tabel 4.2).

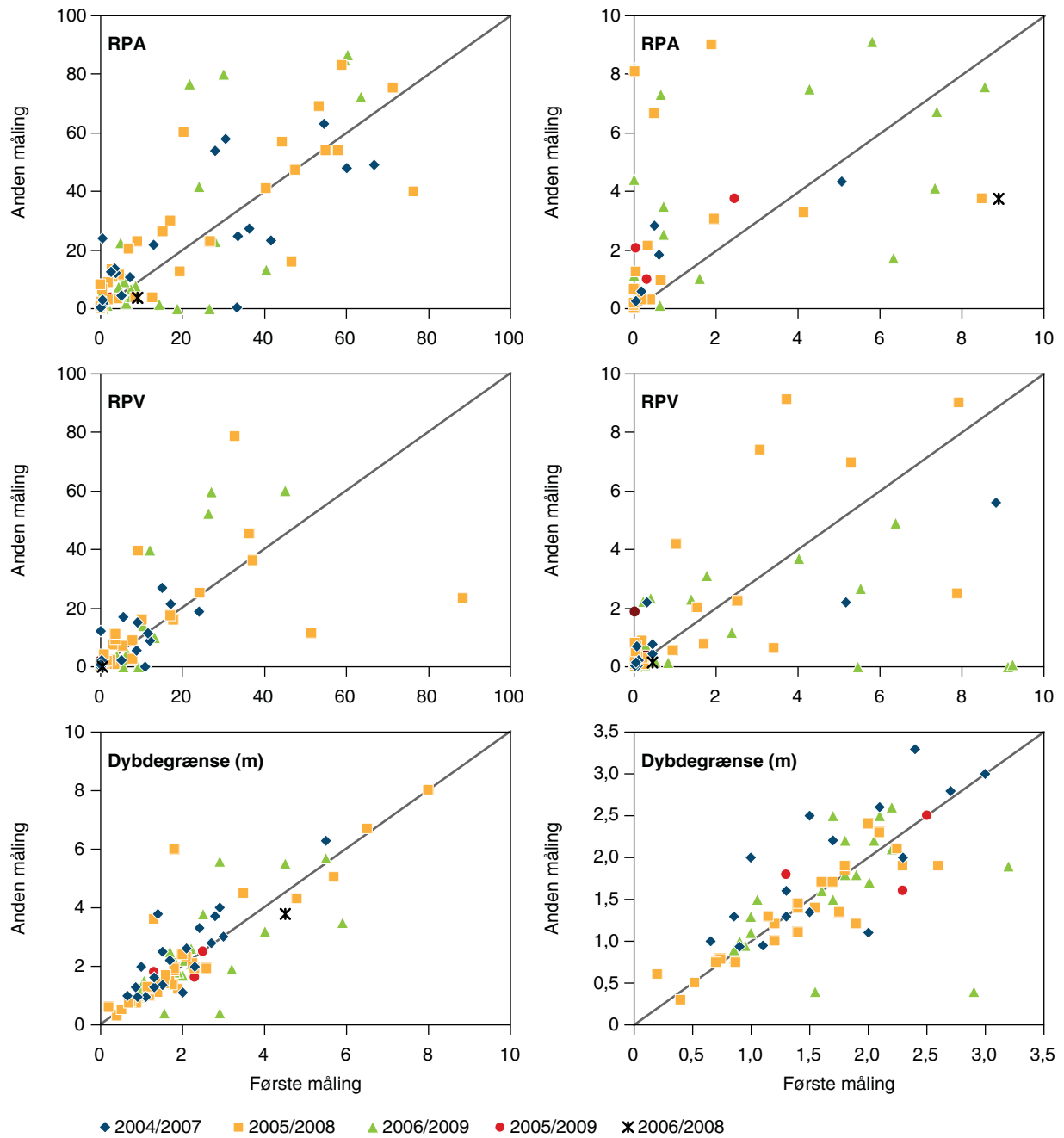
Disse analyser viser at der generelt er sket et signifikant fald i kvælstofkoncentrationen i de søer, der er undersøgt i henholdsvis 2004 og 2007 samt i 2006 og 2009. Det samme gælder, hvis man ser samlet på søerne over den 6-årige periode. Derudover er der sket en stigning i sigtddybden i søerne som helhed samt i søer, der er undersøgt i 2006 og 2009. Endelig er der sket en stigning i undervandsplanternes dybdegrænse fra 2004 til 2007. De øvrige målte parametre er uændrede.

Parametre med signifikante ændringer er vist på figur 4.4-4.7 som forholdet mellem det andet og det første års målinger pr. sø. I søer målt i 2004 og 2007 samt i 2006 og 2009, er kvælstofkoncentrationen faldet i hhv. 31 ud af 49 søer og 43 af 51 søer. Ændringerne i kvælstofkoncentrationerne afspejler sig i resultaterne for de intensive søer, hvor sommergennemsnittet har været faldende siden 2005 (figur 3.3). Sigtddybden er fra 2006 til 2009 steget i 35 ud af 50 søer mens dybdegrænsen for undervandsplanterne er øget i 14 af 20 søer fra 2004 til 2007.

Variationer i kemiske parametre fra år til år kan blandt andet tilskrives ændringer i klimaforholdene de enkelte år. Både den gennemsnitlige årlige nedbør og den gennemsnitlige afstrømning faldt fra 2004 til de laveste værdier i perioden i 2005. Herefter skete der en stigning frem til 2007, som udviste de højeste værdier i perioden og derefter et fald igen indtil 2009 (figur 8.1). På figur 4.2 ses det, at der i perioden 2005-2008 sker en stigning i fosforkoncentrationen i halvdelen af søerne, i samme periode falder sigtddybden samtidig med at klorofylkoncentrationen stiger i mere end halvdelen af søerne. Den stigende nedbør i denne periode er sandsynligvis en medvirkende årsag til disse ændringer, ligesom faldet i nedbør og afstrømning delvist kan forklare faldet i kvælstofkoncentrationen og stigningen i sigtddybden fra 2006 til 2009.



Figur 4.2. Sammenligning af kemiske nøglevariable (sommergennemsnit) samt sigtdybde målt med 2-4 års mellemrum i den enkelte sø. Til højre vises forstørrelse af de laveste værdier.

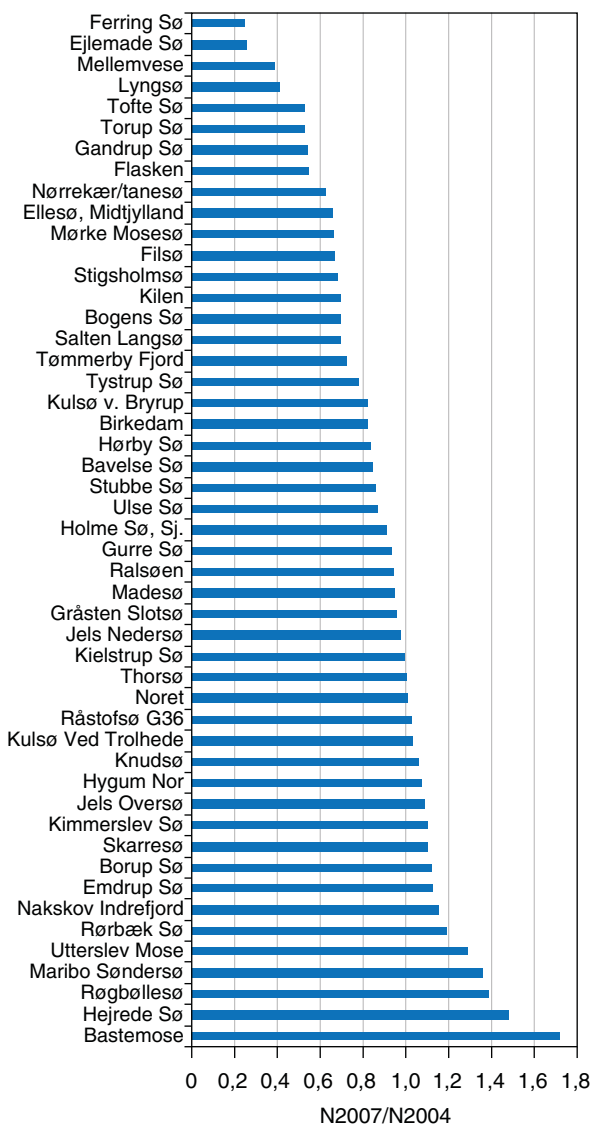


Figur 4.3. Sammenligning af undervandsvegetation (relativ plantedækket areal, RPA), relativ plantedækket volumen, RPV) samt dybdegrænse målt med 2-4 års mellemrum i hver sø. Til højre vises forstørrelse af de laveste værdier.

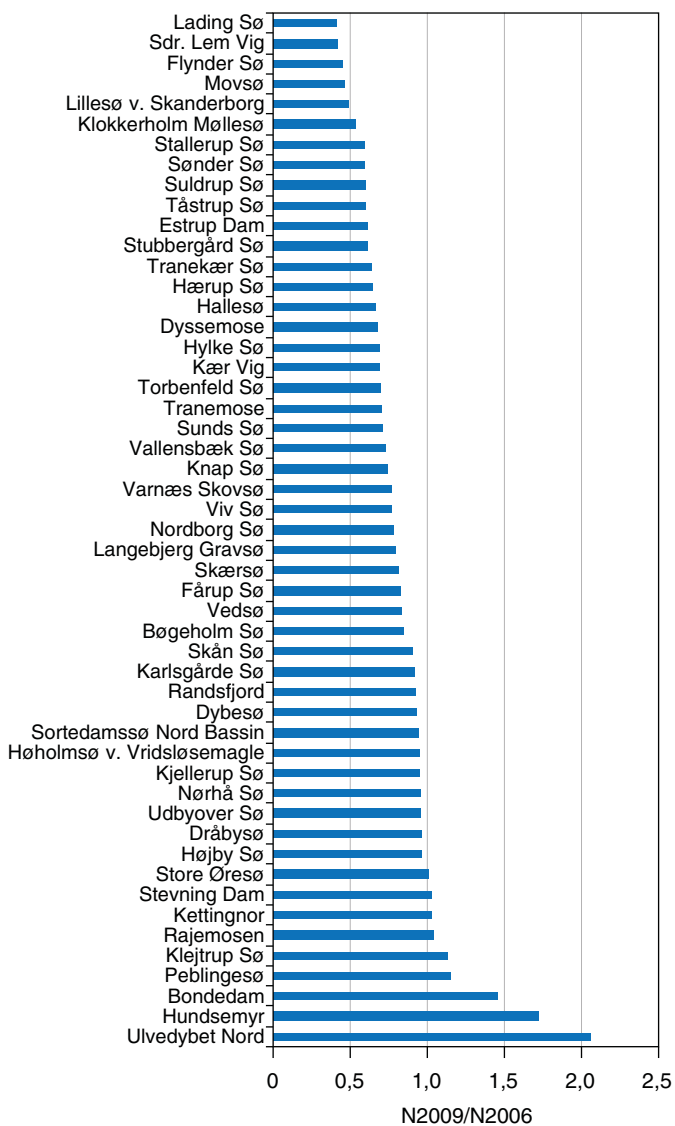
Tabel 4.2. Ændring i nøglevariable med 3 års mellemrum for de 3 specifikke perioder samt for perioden som helhed. (-) signifikant fald (0) ingen ændring (+) signifikant stigning. Parret t-test ( $p < 0,05$ ).

	Alle	2004/2007	2005/2008	2006/2009
Total-P	0	0	0	0
Total-N	-	-	0	-
Klorofyl a	0	0	0	0
Sigt dybde	+	0	0	+
RPA	0	0	0	0
RPV	0	0	0	0
Dybdegrænse	0	+	0	0

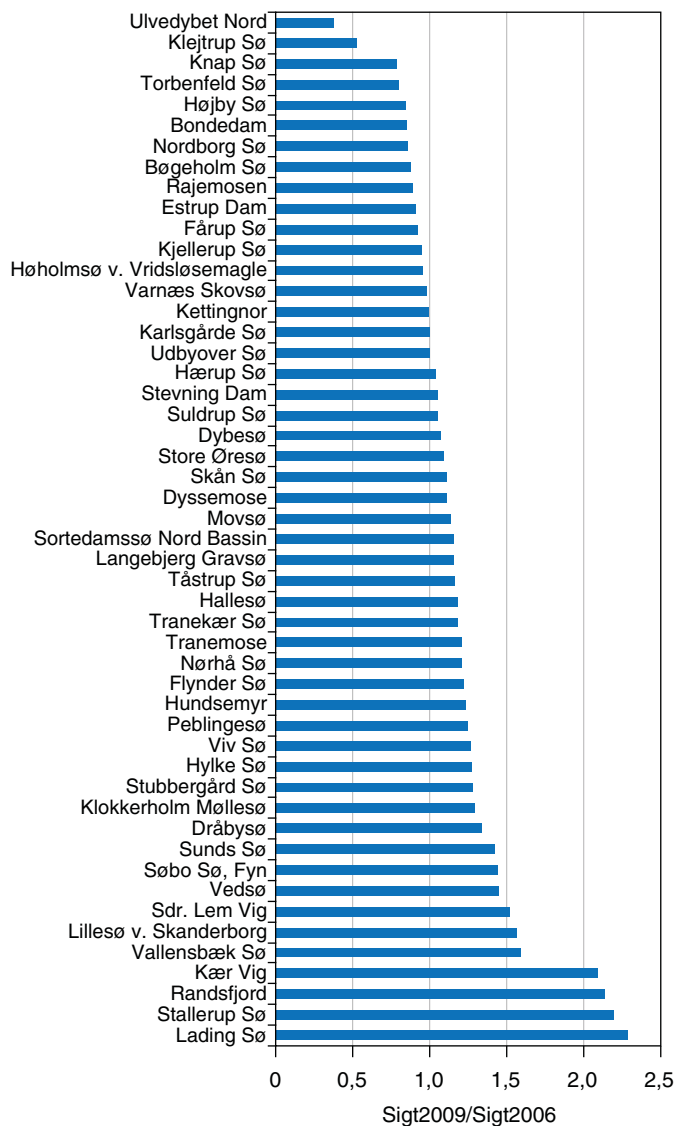




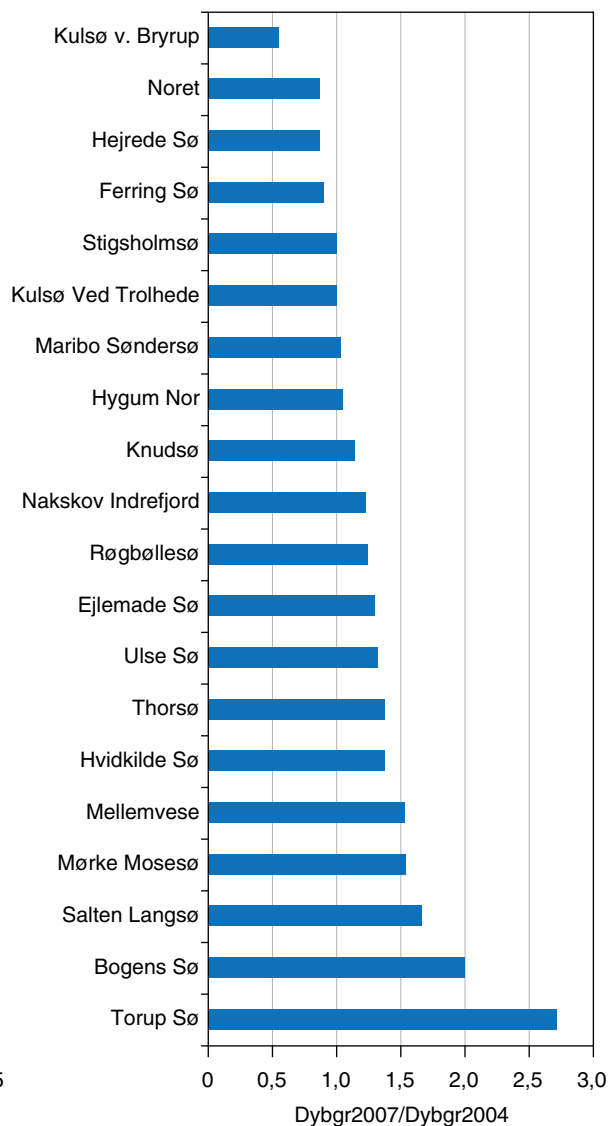
Figur 4.4. Ratioer mellem kvælstofkoncentrationer (sommeregnensnit) i søer undersøgt i 2004 og 2007 (N2007/N2004). En ratio <1 betyder, at der er sket en reduktion i kvælstofkoncentrationen.



Figur 4.5. Ratioer mellem kvælstofkoncentrationer (sommeregnensnit) i søer undersøgt i 2006 og 2009 (N2009/N2006). En ratio <1 betyder, at der er sket en reduktion i kvælstofkoncentrationen.



Figur 4.6. Ratioer mellem sigtdybder (sommergennemsnit) i søer undersøgt i 2006 og 2009 (sigt2009/sigt2006). En ratio <1 betyder, at der er sket en reduktion i sigtdybden..



Figur 4.7. Ratio mellem undervandsvegetationens dybdegrænser i søer undersøgt i 2004 og 2007 (dybgr2007/dybgr2004). En ratio >1 betyder, at der er sket en stigning mellem de to målinger.

## 4.2 Ekstensiv 2 søer (0,1-5 hektar)

I det følgende er præsenteret data fra de ekstensiv 2 søer, som er blevet undersøgt i perioden 2004 – 2009. Undersøgelsesfrekvensen for ekstensiv 2 søerne følger en 6-årig turnus og er dermed nu fuldt repræsenteret.

Ekstensiv 2 søerne er defineret ud fra arealgruppen 0,1-5 ha, men dybdemæssigt er der både lavvandede søer med middeldybde på mindre end 1 meter til dybere søer med middeldybder større end 7 meter og en maksimal dybde på 18,5 meter (tabel 4.3).

Generelt er næringsstofniveauet højt, men variationen er også stor i denne gruppe fra næringsfattige søer med et totalfosforniveau mindre end 0,01 mg P/l til meget næringsrige søer med et totalfosforindhold på 10-15 mg P/l. Dette giver sig også udslag i meget store variationer i klorofylværdierne samt graden af dækningen af undervandsplanter.

Tabel 4.3. Oversigt over data fra de ekstensiv 2 undersøgte søer (sommerværdier) fra 2004 til 2009.

	Gns.	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km <sup>2</sup> )	4,95	0,30	0,0001	117	144
Søareal (ha)	1,7	1	0,06	7	157
Middeldybde (m)	1,3	1,0	0,03	7,8	149
Maksimumsdybde (m)	2,5	1,8	0,15	18,5	157
Total-P (mg P/l) sommer	0,393	0,153	0,006	15,48	273
Total-N (mg N/l) sommer	2,38	1,58	0,36	39,48	273
Sigt dybde (m) sommer	1,0	0,9	0,1	3,8	273
Klorofyl a (µg/l) sommer	83	36	1	2740	273
Alkalinitet (meq/l) sommer	2,39	2,40	-0,05	7,86	271
pH sommer	7,5	7,8	4,1	9,8	259
Farvetal (mg Pt/l)	92,9	57,0	5,2	733,3	203
Relativt plantedækket areal (%)	22	4	0	98	191
Relativt plantedækket volumen (%)	14	1	0	98	191
Antal arter af undervandsplanter	3	3	1	17	145

Alt i alt er der meget store variationer i ekstensiv 2 søerne, fra næringsfattige søer med mange undervandsplanter og høj dækningsgrad (op til ca. 100 %) til hypertrofe søer med ekstreme næringsstofkoncentrationer uden undervandsvegetation. Det skal bemærkes, at det samlede antal søer varierer for de forskellige parametre.

### 4.3 Ekstensiv 3 søer (<0,1 hektar)

I dette afsnit præsenteres data fra de ekstensiv 3 søer, som er blevet undersøgt i perioden 2004 – 2009. Undersøgelsesfrekvensen for ekstensiv 3 søerne følger en 6-årig turnus og er derfor som for ekstensiv 2 søerne nu fuldt repræsenteret. Det skal bemærkes, at der ikke er foretaget undersøgelser i ekstensiv 3 søer i 2009.

Morfometrisk varierer ekstensiv 3 søerne ikke så meget som ekstensiv 1 og 2 søerne, fordi det totale størrelsesspænd inden for søkategorien kun varierer med en faktor 10 (0,01 – 0,1 ha). Det meget lille areal har også indflydelse på maksimumdybden. Ligesom for ekstensiv 2 søernes vedkommende registreres der ekstreme vandkemiske koncentrationer i vandhullerne.

Tabel 4.4. Oversigt over data fra de ekstensiv 3 undersøgte søer fra 2004 til 2009.

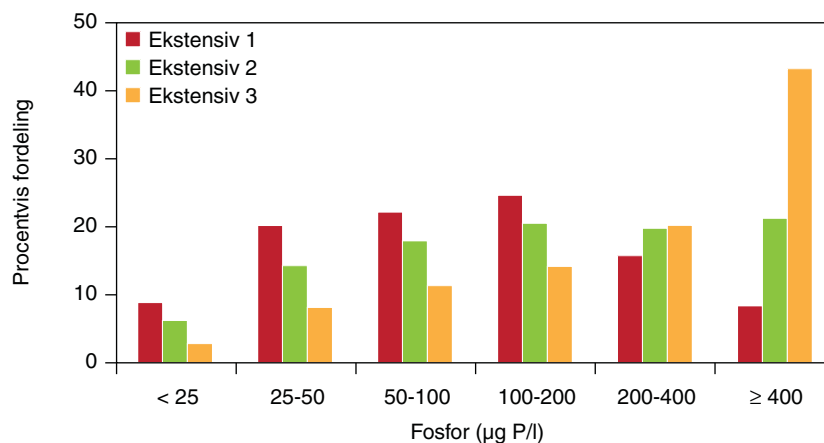
	Gns	Median	Min.	Maks.	Antal søer
Oplandsareal (km <sup>2</sup> )	0,132	0,036	0,0005	2,972	95
Søareal (ha)	0,05	0,04	0,01	0,1	149
Middeldybde (m)	0,6	0,5	0,05	2,5	72
Maksimumsdybde (m)	1,0	0,8	0,2	3,6	36
Total-P (mg P/l) sommer	0,790	0,300	0,005	9,6	281
Total-N (mg N/l) sommer	3,09	2,05	0,02	42,0	281
Klorofyl a (µg/l) sommer	94	25	0,2	3200	277
Sigt dybde (m) sommer	0,6	0,5	0,05	2	160
Alkalinitet (meq/l) sommer	3,00	2,90	-0,04	10,5	280
pH sommer	7,4	7,5	3,2	9,85	262
Farvetal (mg Pt/l)	113,6	74,0	2,9	630,0	172
Antal arter af undervandsplanter	2	2	1	9	163

Generelt er næringsstofniveauet i ekstensiv 3 søerne højere end i de øvrige søgrupper. Variationen er stor med både næringsfattige og meget næringsrige småsøer. Til forskel fra de større søer er der dog relativt få næringsfattige søer blandt ekstensiv 3 søerne. Således er totalfosformedianen for gruppen 0,300 mg P/l og medianen for antal arter af undervandsplanter kun på 2 arter (tabel 4.4).

#### 4.4 Sammenligning af de ekstensive søer

Ekstensiv 1, 2 og 3 søerne er som nævnt inddelt efter størrelse. En række biologiske og kemiske forhold ud over størrelsen adskiller de tre grupper (Søndergaard et al., 2002). I det følgende vil fordelingen af de tre grupper af søer blive præsenteret for indikatorerne totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a* og planteforekomst.

Figur 4.8. Den procentvise fordeling af ekstensiv 1, 2 og 3 søer på fosforgrupper (µg/l) (sommergennemsnit grupperet på geometrisk skala).



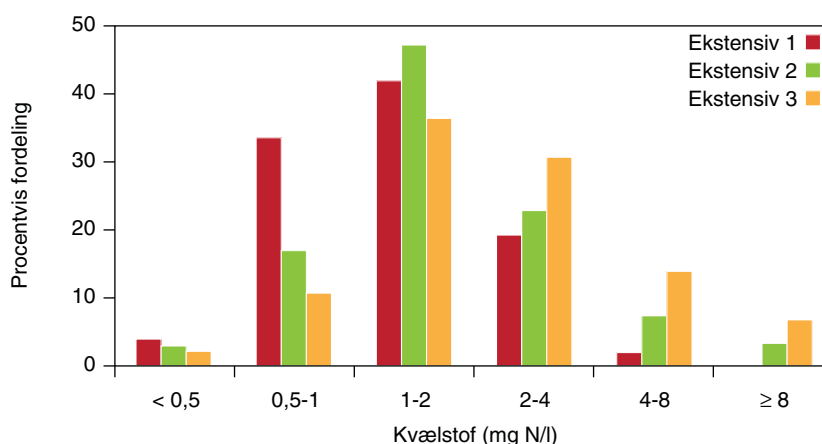
Figur 4.8 viser fordelingen af ekstensiv 1, 2 og 3 søer i forhold til den gennemsnitlige sommerkoncentration af totalfosfor.

Sammenlignes de forskellige størrelsesgrupper af søer er der en overvægt af store søer med relativt lave fosforkoncentrationer – 29 % af ekstensiv 1 søerne har en gennemsnitlig fosforkoncentration i sommermånederne mindre end 0,05 mg P/l. Halvdelen af ekstensiv 1 søerne (51 %), men kun 38 og 22 % af hhv. ekstensiv 2 og 3 søerne har en gennemsnitlig

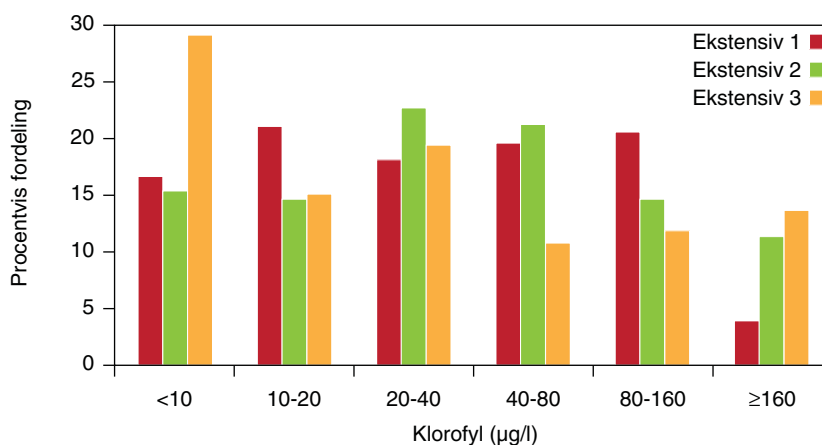
sommerkoncentration mindre end 0,1 mg P/l. Der er med andre ord væsentlig flere mindre søer som er belastet af relativt høje fosforkoncentrationer end i gruppen af store søer. Omvendt har ca. hver fjerde af de store ekstensiv 1 søer (24 %) fortsat en gennemsnitlig fosforkoncentration i sommermånederne på mere end 0,2 mg P/l. Høje fosforkoncentrationer større end 0,2 mg P/l findes i 41 % af ekstensiv 2 søerne og i 63 % af ekstensiv 3 søerne.

Fosorniveauet i søerne er altså generelt højere desto mindre søerne er, men der er fortsat relativt mange større søer med høje fosorniveauer. Billedet er velkendt og har ikke ændret sig væsentligt i de seneste år. I relation til den indbyrdes fordeling blandt overvågningsprogrammets søer blev det i NOVANA-programmets sørapport fra 2004 (Lauridsen et al., 2005) tillige påvist, at de intensive søer generelt er mere næringsfattige end de ekstensiv 1 undersøgte søer.

Figur 4.9.. Den procentvise fordeling af ekstensiv 1, 2 og 3 søer i forhold til kvælstofindhold (mg/l) (sommergennemsnit grupperet på geometrisk skala).



Figur 4.10. Den procentvise fordeling af ekstensiv 1, 2 og 3 søer i forhold til klorofylindhold (µg/l) (sommergennemsnit grupperet på geometrisk skala).



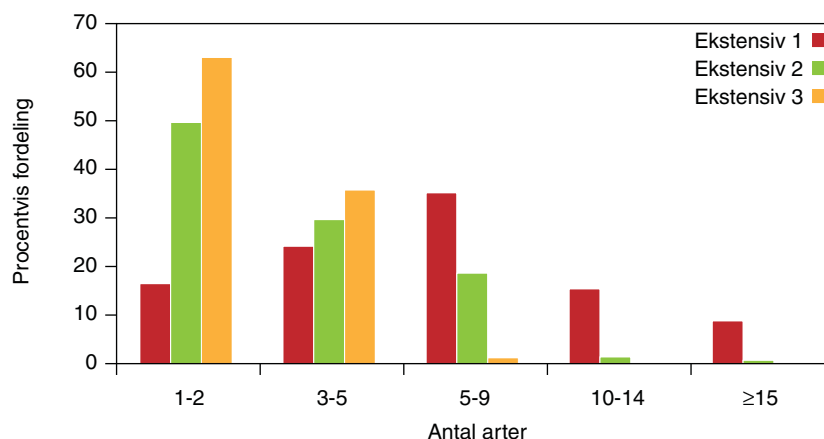
De mindre søer har tilsvarende generelt et højere kvælstofindhold end de større søer. Kvælstofkoncentrationer større end 4 mg N/l er således stort set kun registreret i dels ekstensiv 2 søerne, men specielt blandt ekstensiv 3 søerne. Lave kvælstofkoncentrationer mindre end 1 mg N/l forekommer primært i de større søer. Af figur 4.9 fremgår det dog, at der generelt er meget få søer, uanset størrelse, med sommergennemsnit af kvælstof mindre end 0,5 mg N/l (4, 3 og 2 % af ekstensiv 1, -2 og -3 søerne).

Indholdet af klorofyl *a* afspejler i vid udstrækning næringsstofindholdet i søvandet, således at klorofylkoncentrationen stiger i takt med næringsstofkoncentrationen op til et vist niveau. Der er flest ekstensiv 1 og 2 søer i klorofylgrupperne 40-80 og 80-160 µg/l og tillige en høj andel i gruppen 20-40 µg/l (figur 4.10), hvilket stemmer fint overens med, at 63 % af ekstensiv 1 søerne har en gennemsnitlig fosforkoncentration i sommerperioden mellem 50 og 400 µg P/l. Generelt kan det dog konstateres, at variationen i klorofylkoncentrationen i de ekstensive søer er større end den variation der forekommer i indholdet af fosfor og kvælstof. Blandt ekstensiv 3 søerne har ca. 29 % et klorofylindhold mindre end 10 µg/l, som altså ikke afspejler en tilsvarende høj andel af lave fosfor- og kvælstofkoncentrationer. Årsagen hertil er blandt andet, at der er andre forhold, som påvirker klorofylindholdet i småsøer og vandhuller, og som kan resultere i, at søer med høje næringsstofkoncentrationer kan have lave klorofylkoncentrationer. Eksempelvis vil mange af ekstensiv 3 søerne være uden fisk og derfor potentielt have en høj dyreplanktonbiomasse.

Andelen af søer hvori der forekommer undervandsplanter er højest i de større søer med hhv. 85 % og 74 % i ekstensiv 1 og 2 søerne, hvorimod 60 % af ekstensiv 3 søerne har undervandsvegetation. Dette billede er i takt med det højere næringsstofniveau i ekstensiv 3 søerne samt at en del af disse er brunvandede.

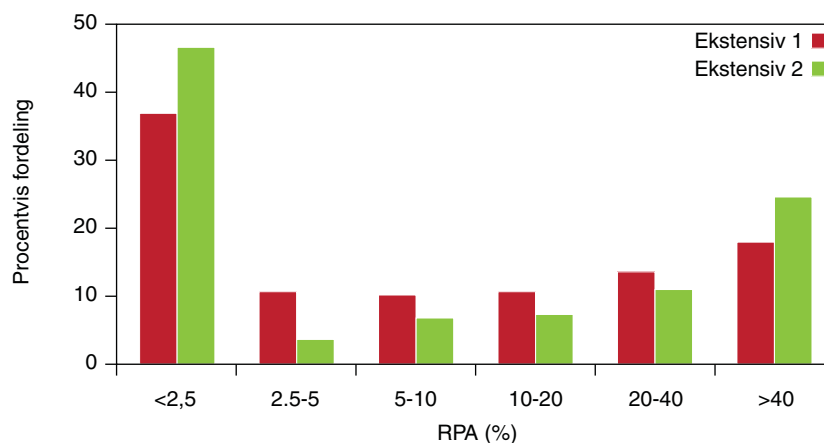
I næsten 60 % af ekstensiv 1 søerne med undervandsvegetation findes mellem 3 og 9 arter af vandplanter. Der er 16 % af søerne som har få (1-2) arter og 9 % har flere end 15 arter af undervandsplanter. I næsten 80 % af ekstensiv 2 søerne med undervandsvegetation findes kun op til 5 arter, mens 63 % af ekstensiv 3 søerne med undervandsvegetation maksimalt har 2 forskellige vandplantearter (figur 4.11).

Figur 4.11. Den procentvise fordeling af ekstensiv 1, 2 og 3 søer i forhold til antal arter af undervandsplanter.



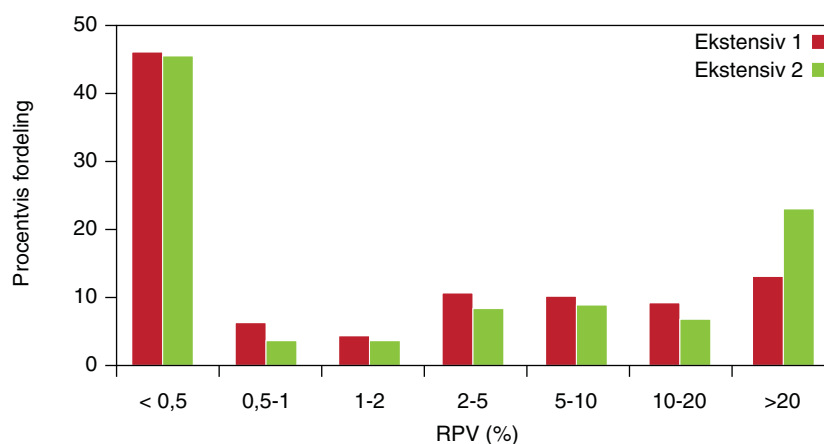
Det relativt plantedækkede areal (RPA) er mindre end 2,5 % i 37 og 47 procent af hhv. ekstensiv 1 og ekstensiv 2 søerne. Den næststørste gruppe er søer med mere end 40 % dækningsgrad, som udgør hhv. 18 og 25 % af ekstensiv 1 og ekstensiv 2 søerne (figur 4.12). Der er altså både mange søer med meget lav plantedække og ret mange med søer med relativ høj dækningsgrad.

Figur 4.12.. Den procentvise fordeling af ekstensiv 1, 2 og 3 søer i forhold til det relative plantedækkede areal.



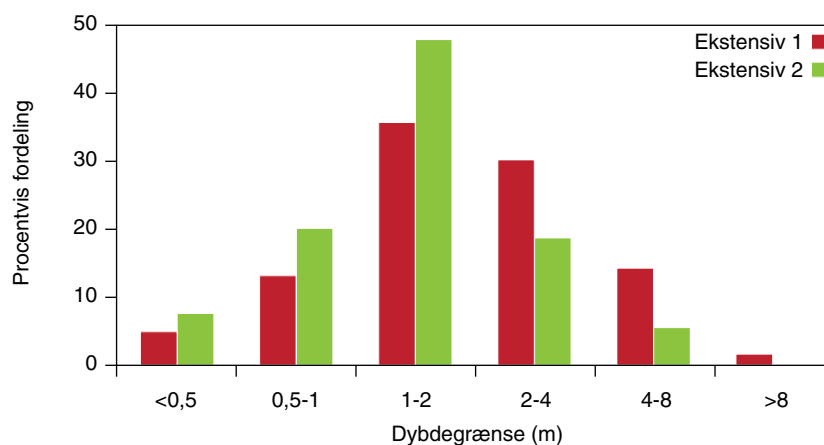
Det samme mønster som for RPA viser sig for det relative plantefyldte volumen (RPV) i både ekstensiv 1 og ekstensiv 2 søerne, hvor næsten 50 % af søerne har under 0,5 % RPV og hhv. 13 og 23 % af søerne har RPV på over 20 % (figur 4.13).

Figur 4.13. Den procentvise fordeling af ekstensiv 1 og 2 søer i forhold til det relative plantefyldte volumen.



Plottet af vandplanternes maksimale dybdegrænse viser, med de valgte dybdegrænser, en normalfordeling for både ekstensiv 1 og ekstensiv 2 søerne med maksimum i intervallet 1-2 m for hhv. 36 og 48 % af søerne (figur 4.14). Kurven for ekstensiv 1 søerne er skæv til højre, dvs. flere søer med stor dybdegrænse i forhold til søer med lav dybdegrænse, hvorimod ekstensiv 2 søerne ser der ud til at have en lille overvægt af søer med lav dybdegrænse for vandplanterne. I sammenligningen må der dog tages højde for, at ekstensiv 2 søer med arealer under 5 ha generelt også vil have en mindre vanddybde end ekstensiv 1 søerne og derfor evt. flere tilfælde, hvor undervandsplanternes dybdegrænse vil svare til søens maksimumsdybde.

Figur 4.14. Den procentvise fordeling af ekstensiv 1 og 2 søer i forhold til maksimal plantedybdegrænse.



## 4.5 Søtyper blandt småsøer og vandhuller

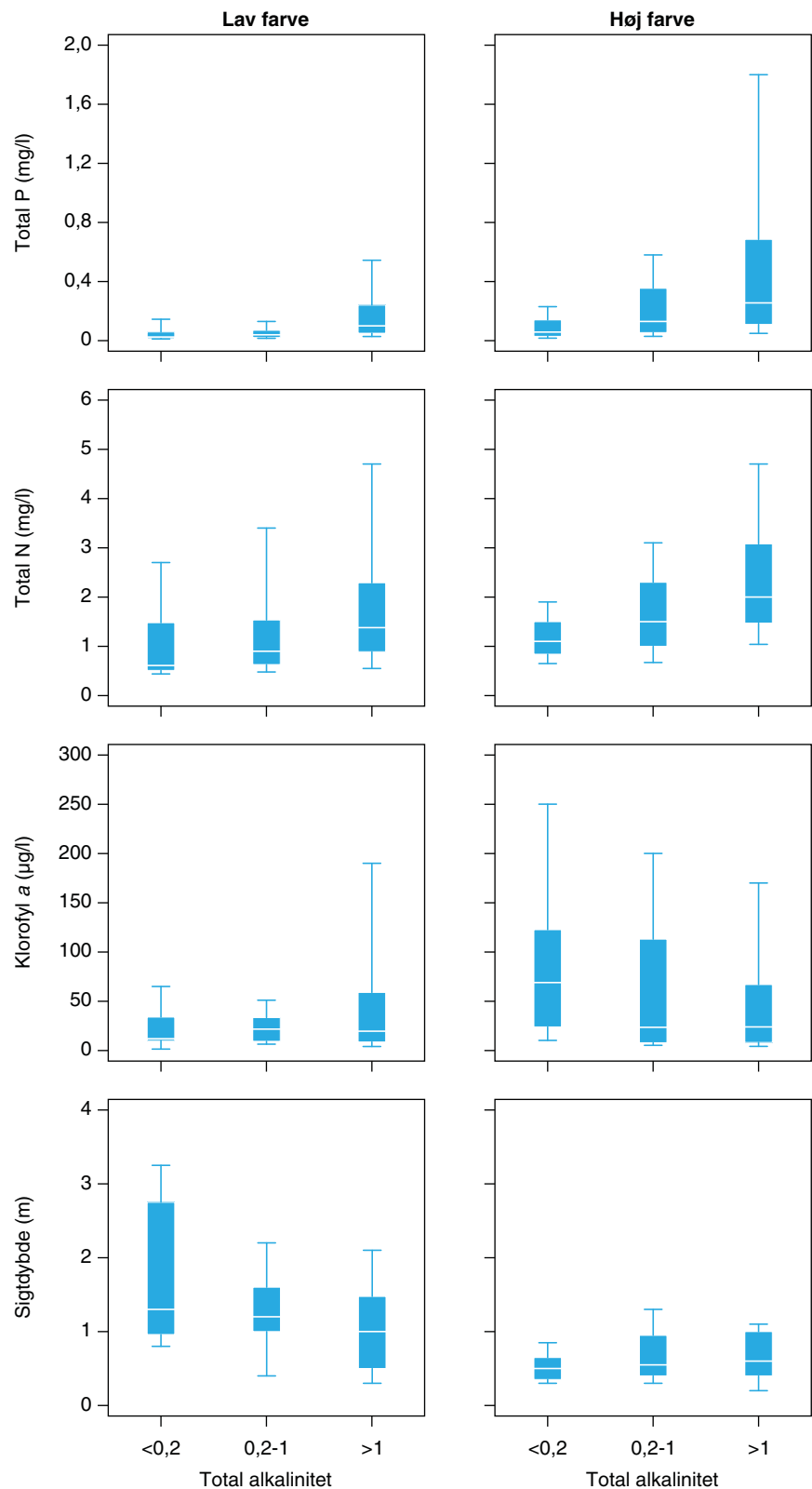
Typologien for de danske søer relaterer sig i øjeblikket især til implementeringen af EU's Vandrammedirektiv, og omfatter først og fremmest søer over 5 ha. I dette afsnit beskrives søerne under 5 ha (ekstensiv 2 og 3) efter samme typologi, dvs. efter vanddybde (med middeldybde over eller under 3 m), alkalinitet (<0,2 meq/l, 0,2-1 meq/l og >1 meq/l) og farvetal (lav <60 mg Pt/l og høj >60 mg Pt/l), for at se, om nogle af erfaringerne fra de større søer kan overføres til de mindre søer.

### 4.5.1 Vandkemiske variable

Både indholdet af totalfosfor og totalkvælstof er som nævnt tidligere vist generelt at være højt i de mindre søer sammenlignet med de større søer, men endvidere højest i søerne med højt farvetal og høj alkalinitet (Fig. 4.15). Sammenhængen med alkalinitet skyldes, at de kalkfattige søer især findes i sandede og næringsfattige områder. De højere indhold af især fosfor i de brunvandede søer kan hænge sammen med, at det opløste organiske stof også indeholder fosforforbindelser.

Indholdet af klorofyl *a* varierer kun lidt i forhold til forskellig alkalinitet og dermed ser det generelt højere næringsstofindhold i de kalkrige søer ikke ud til at komme til udtryk i højere mængde af klorofyl *a*. Faktisk er der en tendens til at de mest kalkfattige søer blandt de dybe søer har det højeste klorofylindhold. Som vist i andre undersøgelser hænger det sammen med at indholdet af klorofyl *a* i de mindre søer også styres af en række andre faktorer end næringsstofindhold (Søndergaard et al., 2002).





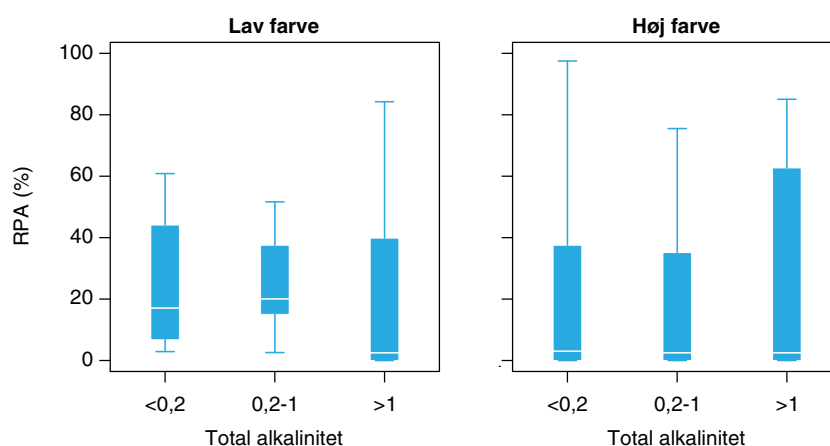
Figur 4.15. Vandkemiske variable i søerne mindre end 5 ha inddelt efter farvetal og alkalinitet. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler.

På trods af det højere farvetal og det mere uklare vand er klorofylindholdet generelt lidt højere i de brunvandede søer end i de klarvandede søer, hvilket kan hænge sammen med det højere næringsstofindhold. Dominansen af brunvandede søer blandt de helt små vandhuller, der samtidigt også ofte er de mest næringsrige søer, kan også være med at tilpåvirke det generelle billede.

Sigtdybden er som forventeligt lavest i de brunvandede søer, hvor kun få søer har en sigt dybde over 1 m. I søerne med lavt farvetal er der en tendens til højere sigt dybde i de mest lavalkaline søer, hvilket igen skal ses i forhold til disse søers lavere næringsstofindhold. Sigtdybde data fra småsøerne skal dog tages med forbehold, fordi den maksimale vanddybde ofte vil være lille, og sigt dybden vil nå bunden i de klarvandede søer.

#### 4.5.2 Undervandsplanter

Undervandsplanternes dækningsgrad varierer meget blandt småsøerne og det er vanskeligt at se væsentlige forskelle i forhold til alkalinitet og farvetal (figur 4.16). Der er for de klarvandede søer en tendens til lavere dækningsgrad i de mest kalkrige søer, hvor medianværdien kun er på 2,5 %, hvilket igen kan ses i forhold, at disse også generelt har et højere næringsstofindhold.



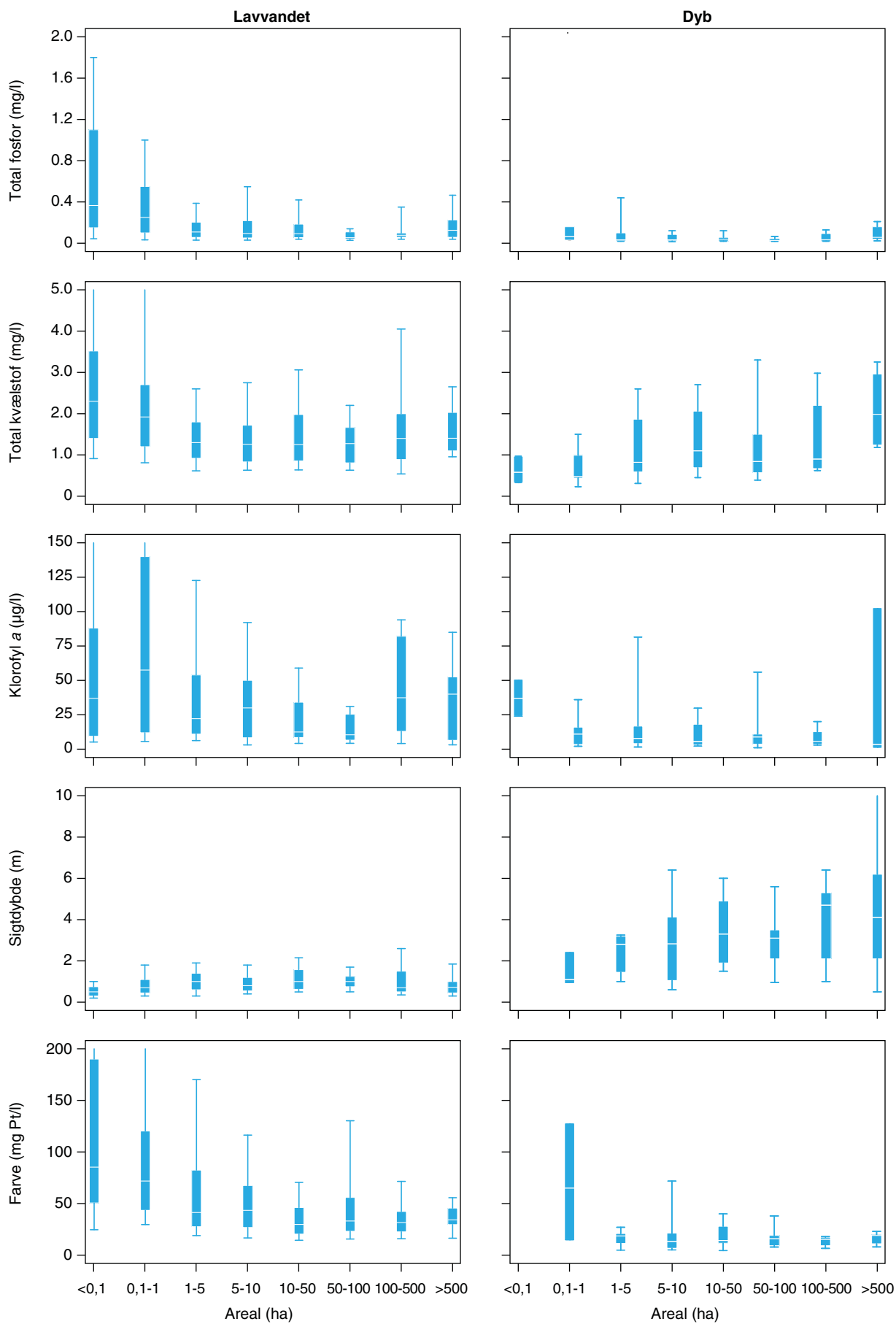
Figur 4.16. Undervandsplanternes dybdegrænse i søerne mindre end 5 ha inddelt efter farvetal og alkalinitet. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler.

### 4.6 Søer langs en størrelsesgradient

I dette afsnit ser vi på tilstanden i søer langs en størrelsesgradient fra de helt små vandhuller mellem 0,01 og 0,1 ha til de store søer over 1000 ha. I denne præsentation er der anvendt 8 størrelseskategorier inddelt i henholdsvis dybe og lavvandede søer. Antallet af dybe søer (middeldybde >3 m) blandt søerne mindre end 5 ha er dog begrænset, så derfor er billedet for denne søtype mere usikkert. Der er kun medtaget data fra de ekstensivt undersøgte søer, og eftersom disse er udvalgt tilfældigt, skulle det give et nogenlunde dækkende billede af de danske søers tilstand, selvom der relativt set kun er få data fra de mindre søer. Sammenligninger langs en størrelsesgradient er tidligere foretaget på danske søer i Søndergaard et al. (2002, 2005), men med NOVANA-undersøgelserne er datamaterialet nu blevet væsentlig mere omfattende og også mere sammenlignelig, hvad angår metoder.

#### 4.6.1 Vandkemiske variable

Næringsstofindhold illustrerer tidligere sete forskelle langs en størrelsesgradient, hvor de mindste danske søer er væsentlig mere næringsrige, hvad angår både totalfosfor og totalkvælstof (figur 4.17).



Figur 4.17. Vandkemiske variable i de ekstensivt undersøgte søer, opdelt i lavvandede (middeldybde  $\leq 3$  m) og dybe søer (middeldybde  $>3$  m), langs en størrelsesgradient. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler.

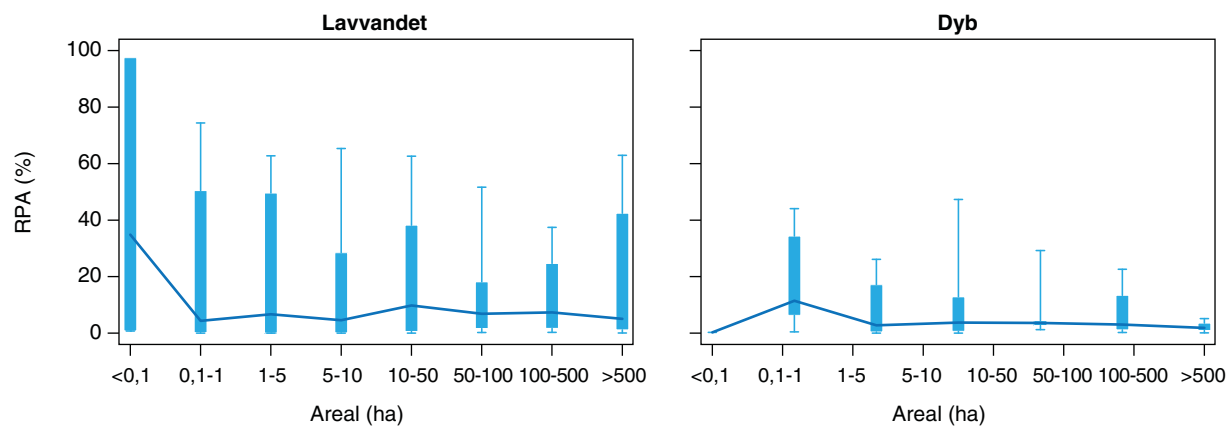
Grænsen ser ud til at gå omkring 1 ha, således at søerne over 1 ha næringsstofmæssigt ligner hinanden. Der er dog en klar tendens til, at totalkvælstofindholdet stiger med øget søareal, hvilket kan hænge sammen med, at de større søer er mere gennemstrømmede og har en mere konstant tilførsel af kvælstof fra oplandet. Mange af de mindre søer er derimod uden egentlige tilløb, og her afgasses tilført kvælstof hurtigere.

Klorofylindholdet afspejler variationen i næringsstofindholdet, dog således at de mindste søer (0,01-0,1 ha) generelt har et lidt mindre klorofylindhold. Som omtalt tidligere hænger dette sammen med, at andre forhold end næringsstofindhold også spiller ind i disse små søer, blandt andet betinget af, at de som regel er helt uden fisk. Klorofylindholdet er i alle størrelseskategorier lavere i de dybe søer end i de lavvandede søer. Igen afspejler dette det generelt lavere fosforindhold i de dybe søer. For de lavvandede søer er de laveste klorofylkoncentrationer generelt registreret i størrelseskategorien fra 50-100 ha. Dette kan skyldes tilfældigheder i materialet, men falder sammen med, at det også er her nogle af de laveste fosforkoncentrationer findes.

Som en parallel til klorofylindholdet er sigtddybden højest i de dybe søer, hvor sigtddybden samtidigt ser ud til at øges lidt med søstørrelse. Sidstnævnte kan hænge sammen med, at vanddybden generelt er større i de større søer, og at sigtddybden dermed er mindre påvirket af sedimentophvirvling i blæsende perioder. Sigtddybden er altid lav i de mindste søer, fordi næsten alle disse søer har et højt farvetal, og fordi sigtddybden ikke kan overstige søens maksimumsdybde. Omkring 75 % af vandhullerne (0,01-0,1 ha) har et farvetal over 50 mg Pt/l og vil derfor være mere eller mindre brunvandede. Blandt søerne over 5 ha vil der fortsat være omkring 10 % eller mere, som ville blive karakteriseret som værende brunvandede. Dette stemmer godt overens med den andel, der tidligere er estimeret ved fastsættelsen af danske søtyper i forbindelse med Vandrammedirektivets implementering (Søndergaard et al., 2003).

#### 4.6.2 Undervandsplanter

Undervandsplanternes dækningsgrad varierer meget inden for de forskellige størrelseskategorier af søer (figur 4.18). Størst er variationen i de lavvandede søer, hvor mere end 50 % af arealet kan være dækket af undervandsplanter, mens dækningsgraden sjældent overstiger 20 % af det samlede søareal i de dybe søer. I de dybe søer falder andelen af søer med relativ høj dækningsgrad med søstørrelse, fordi andelen af lavvandede områder, som kan koloniseres også falder med søstørrelse og de generelt dybere søer. I de lavvandede søer er der kun ringe ændringer langs en størrelsesgradient, bortset fra de helt små søer (0,01-0,1 ha), hvor dækningsgraden er ekstremt varierende, og halvdelen har en dækningsgrad over 35 %. Variationen i dækningsgraden er også stor blandt søerne med arealer fra 0,1-1 ha og fra 1-5 ha, og her vil halvdelen af søerne variere mellem 0 og 50 % dækningsgrad.



Figur 4.18. Undervandsplanternes dækningsgrad i de ekstensive søer, opdelt i lavvandede (middeldybde  $\leq 3$  m) og dybe søer (middeldybde  $>3$  m, langs en størrelsesgradient.

## 5 Padder

I forbindelse med NOVANA programmet blev der foretaget paddeundersøgelser i tilfældigt udvalgte vandhuller/små søer i 2005 og 2006. Vandhullernes arealer varierede mellem 0,01 og 0,1 ha. Det var undersøgelsens formål at beskrive forekomsten af frøer, tudser og salamandre, at kvantificere de brune frøer samt foretage en semikvantitativ opgørelse af de øvrige padder, med undtagelse af løgfrø, som kun skulle registreres som til stede/nej til stede. Klokkefrø blev ikke registreret, da denne art undersøges i forbindelse med artsovervågningen under Fagdatacenter for Biodiversitet.

Det var oprindeligt tænkt, at padderne skulle undersøges én gang i alle ekstensiv-3 søerne gennem den 6-årige NOVANA periode (2004-2009). Undersøgelsen blev imidlertid taget ud af NOVANA programmet efter de første års undersøgelser, hvilket betyder, at kun ca. en tredjedel af ekstensiv-3 søerne reelt er blevet undersøgt indenfor perioden.

### 5.1 Tidspunkt og metode

I det enkelte vandhul blev padderne undersøgt ved op til 3 besøg i perioden april-juli, hvorved det bedst muligt sikres at alle tilstedeværende arter/taxa registreres. Årsagen hertil er at undersøgelsen af den enkelte art er livsstadieafhængig, det er således ikke optimalt at undersøge for alle arter/grupper, når de f.eks. er på æg-, larve- eller voksenstadium. Eksempelvis undersøges brune frøer ved optælling af ægklumper, mens tudser opgøres på baggrund af kvæk og vandsalamander på baggrund af larvefangst (tabel 5.1). Ligeledes varierer undersøgelsestidspunktet på døgnet; kvæk registreres om natten, mens ægklumper og larver registreres om dagen (tabel 5.1).

Grundet klimaforskelle mellem de enkelte landsdele forekommer padderne 2-3 uger tidligere i den sydøstlige del af landet sammenlignet med den nordvestlige del.

Tabel 5.1. Oversigt over arter, registreringstidspunkt på hhv. året og dagen samt registreringsmetodik.

Art	Måned	Tid på dagen	Metode
Brune frøer	april	dag	ægklumper
Skrubtudse	april	dag	kvæk
Grønbroget tudse	ult. april - ult. maj	aften/nat	kvæk
Strandtudse	ult. april – ult. maj	aften/nat	kvæk
Løvfrø	medio maj - primo juni	aften/nat	Kvæk
Grønne frøer	ult. maj – ult. juni	aften/nat	Kvæk
Løgfrø	ult. juni	dag	ketsje haletudser
Salamandre	ult. juni - medio juli	dag (morgen)	ketsje larver
Haletudser*	ult. juni - medio juli	dag	ketsje

\*: gælder alle arter/grupper undtagen salamandre

På baggrund af antal ægklumper, kvæk og haletudser/larver kvantificeres padderne. Antal hunner af brune frøer er direkte relateret til antal ægklumper, antal hanner af tudser og grønne frøer er direkte relateret til kvækregistreringen, mens haletudser og larver anvendes til en semi-kvantitativ opgørelse af frøer og salamandere.

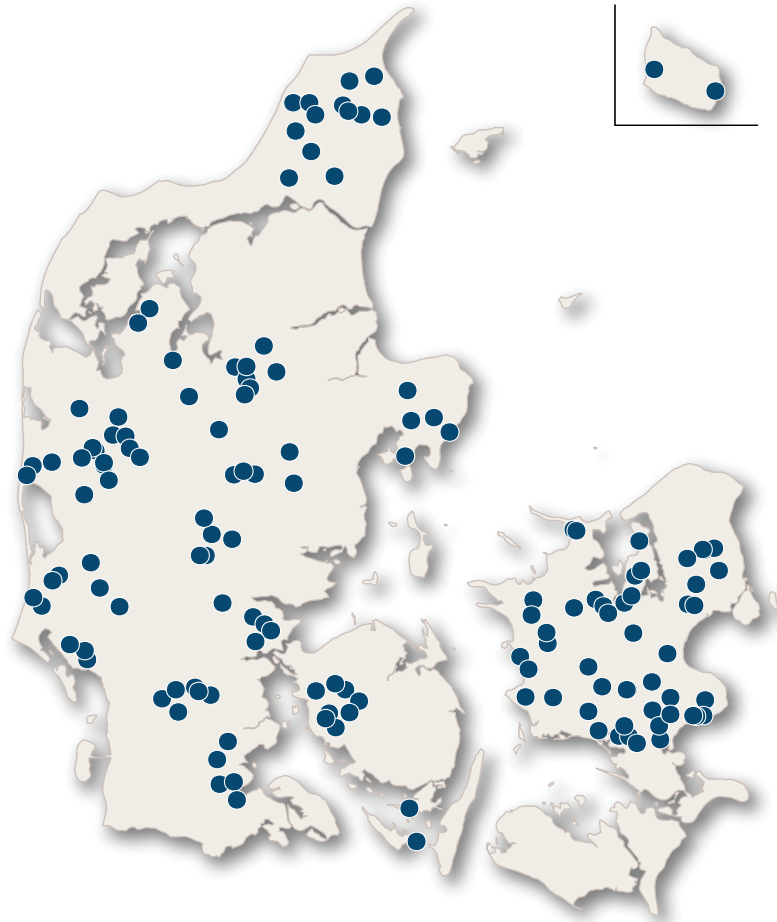
## 5.2 Arternes forekomst og udbredelse

Nogle arter som f.eks. strandtudse, skrubtudse og salamandre udbredt over hele landet, mens en del arter, f.eks. Spidssnudet frø, springfrø og grønne frøer kun er udbredt i dele af landet (tabel 5.2). Forekomsten er afhængig af tilgængeligheden af ynglehabitater samt geografiske barrierer, som kan forhindre en spredning til givne lokaliteter.

Tabel 5.2. Padders ynglehabitat og udbredelse.

Art	Ynglehabitat	Udbredelse
Spidssnudet frø	Vand- og mosehuller, ofte lysåbne og næringsfattige	Hele landet minus Bornholm
Butsnudet frø	Vand- og mosehuller, ofte lysåbne og næringsrige	Hele landet minus Langeland, Lolland-Falster og Bornholm
Springfrø	Vand- og mosehuller nær løvskov, ofte lysåbne	Hele landet minus Jylland plus Endelave
Strandtudse	Lavvandede, lysåbne, udtørrende vandhuller	Hele landet
Grønbrogget tudse	Lysåbne, i bredzonen vegetationsfattige vandhuller	Hele landet minus Jylland plus Samsø (er gået tilbage)
Skrubtudse	Mange typer vandhuller og søer	Hele landet (alm.)
Løvfrø	Lysåbne ofte lavvandede vandhuller med rent vand og rig undervands- samt flydebladsvegetation	SØ-lige del af landet
Løgrø	Lysåbne, vegetationsrige ofte dybere (> 1,5m) vandhuller med rent vand	Hele landet minus Fyn
Grønne frøer	Lysåbne, ofte vegetationsrige og dybe vandhuller	Østdanmark og enkelte steder i Jylland
Stor vandsalamander	Lysåbne, ofte vegetationsrige, rene vandhuller	Hele landet
Lille vandsalamander	Lysåbne, ofte vegetationsrige vandhuller	Hele landet
Bjergsalamander	Små vandhuller nær løvskov	Sydøstlige Sønderjylland

I alt er 145 vandhuller fordelt ud over det meste af Danmark blevet undersøgt som en del af NOVANA programmet i 2005/2006 (figur 5.1a). De hyppigst forekommende arter i programmet er de brune frøer, som i alt blev registreret i 69 ud af de 145 undersøgte vandhuller. Heraf blev den butsnudede frø registreret "sikkert" i 31 vandhuller fordelt over hele landet minus Bornholm, og var den mest udbredte af de brune frøer, hvilket også hænger sammen med, at det er den mest almindelige brune frøart i Danmark. Der var ikke noget geografisk mønster i tætheden af arten. Såvel lave som høje tætheder blev registreret over hele landet (figur 5.2). Dvs. tætheden må formodes at være afhængig af lokalitetens beskaffenhed frem for fysiske eller geografiske barrierer. Spidssnudet frø blev registreret i 19 vandhuller primært fordelt på Sjælland og Midtjylland (tabel 5.3). Den mindre udbredelse af spidssnudet frø i forhold til butsnudet frø kan hænges sammen med, at spidssnudet frø trives bedst, hvor der er udbredte engområder eller moseområder i tilknytning til vandhullet. Desuden foretrækker den mere næringsfattige og svagt sure vandhuller, hvilket også reducerer udbredelsesmulighederne.



Figur 5.1. Placering af 145 vandhuller som blev undersøgt for padder i 2005-2006.

Tabel 5.3. Paddeart og forekomst i de 145 undersøgte vandhuller.

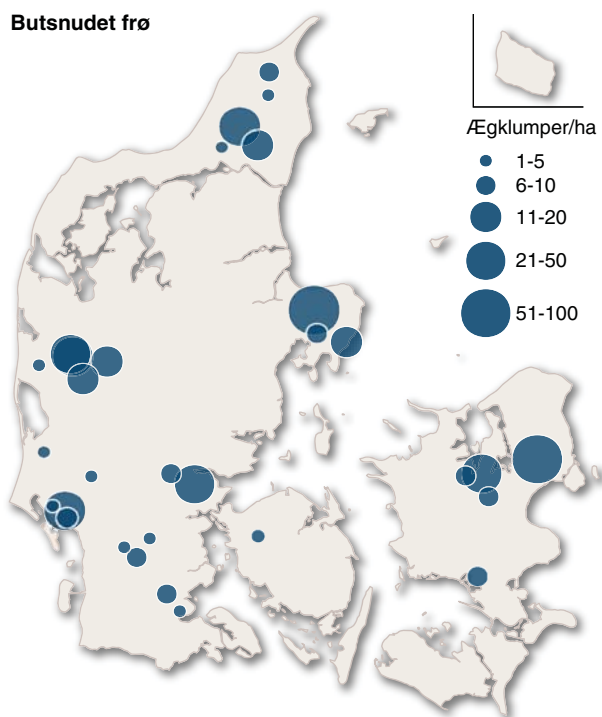
Art	Antal vandhuller
Brune frøer	69
Lille vandsalamander	35
Butsnudet frø	31
Skrubtudse	31
Spidssnudet frø	19
Stor vandsalamander	15
Springfrø	9
Grøn frø	9
Løgfrø	4
Løvfrø	2
Grønbroget tudse	1
Grønne frøer	1
Klokkefrø	0
Latterfrø	0
Strandtudse	0
Bjergsalamander	0



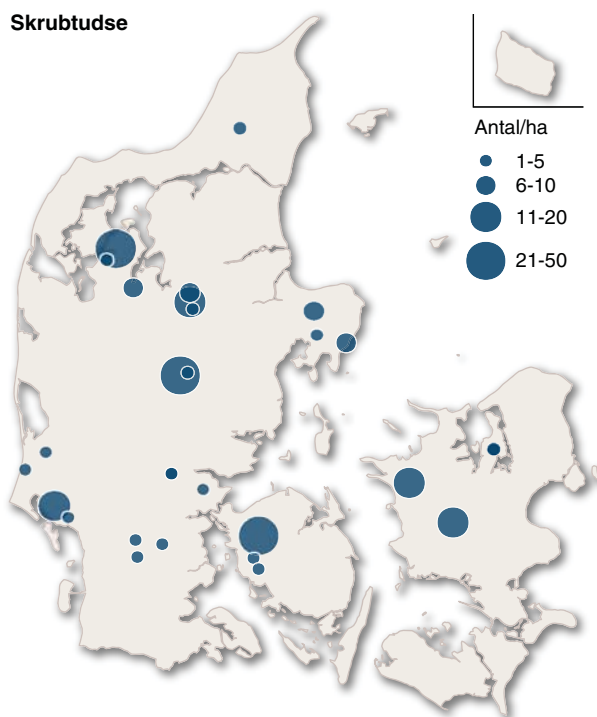
Springfrø, som også tilhører de brune frøer, og grøn frø blev begge registreret i 9 vandhuller. Springfrøen blev primært registreret på det sydlige Sjælland samt i to vandhuller på Sydfyn, hvilket er i overensstemmelse med tidligere registreringer. Den blev ikke registreret på Bornholm, selvom arten er den eneste forekommende brune frø på øen. Springfrøen er ligesom spidssnudet frø truet af afvanding, da den foretrækker vandhuller med tilhørende moseområder. Arten kan dog vandre over endog store afstande, op til 10 km, hvilket er til artens fordel. Grøn frø blev også primært fundet i den sydøstlige del af Sjælland samt i et vandhul på Bornholm. Dette er i overensstemmelse med den allerede kendte udbredelse. Grøn frø foretrækker renere vand og meget lysåbne varme vandhuller, hvorfor den i høj grad er afhængig af bredområdets beskaffenhed og trues af tilgroende breder. Løgfrø blev fundet i alt i 4 vandhuller, hhv 2 i Nordjylland og 2 i Sydjylland. Dette hænger sammen med, at arten, i Danmark, ligger lige omkring sin nordlige udbredelse, hvorfor den kun er sporadisk udbredt, til gengæld over hele landet. Arten har tidligere været meget mere udbredt end i dag og må forventes at kunne brede sig betydeligt, forudsat at forholdene blev forbedret. Specielt en evt. fremtidig temperaturstigning må formodes at kunne være med til at øge udbredelsen, da løgfrø, ligesom grøn frø, foretrækker varme vandhuller. Løvfrø blev fundet i et enkelt vandhul på Bornholm og et enkelt i Sydjylland (tabel 5.3). Klokkefrø og latterfrø, som begge er fåtallige i Danmark, blev ikke fundet i forbindelse med undersøgelserne.

Skrubtudsen blev registreret i 31 vandhuller fordelt over hele landet minus Bornholm og var dermed den hyppigst og næsten eneste forekommende tudseart, idet kun grønbroget tudse blev registreret i et enkelt vandhul på Sydfyn. Der var ikke noget entydigt mønster i skrubtudsens tæthedsfordeling, dog blev de højeste tætheder registreret i Midtjylland, men datamaterialet er meget begrænset (figur 5.2b). Skrubtudsen lever ofte i de lidt større vandhuller; også hvor der er fisk, og altså ikke nødvendigvis i de samme vandhuller som f.eks. brune frøer, der kan udkonkurrere skrubtudsen. Salamander kan også bidrage til udkonkurrering af skrubtudsen i mindre vandhuller, idet salamander spiser tudsens larver. Strandtudse blev ikke registreret.

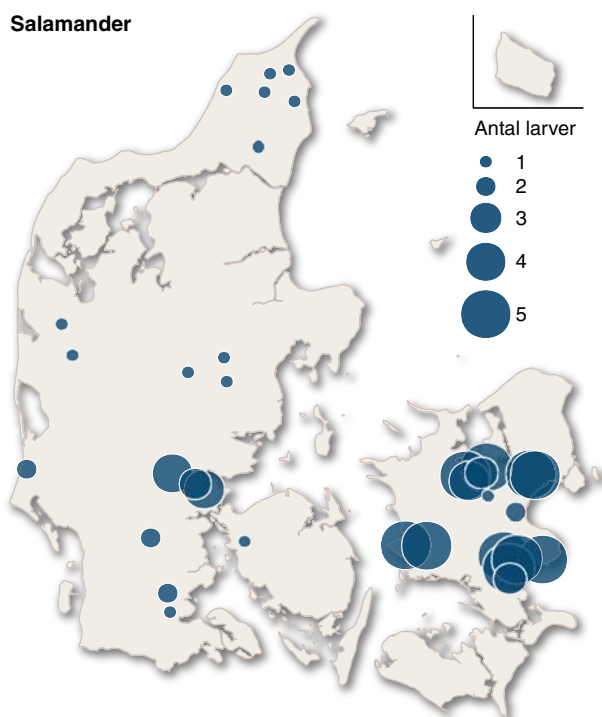
### Butsnudet frø



### Skrubtudse



### Salamander



Figur 5.2. . Fordeling og tæthed af Butsnudet frø, Skrubtudse og Lille vandsalamander. For Butsnudet frø vises tætheden som antal ægklumper, svarende til antal voksne hunner. For Skrubtudsen vises antal voksne baseret på kvækkende hanner og antal ægklumper og for Lille vandsalamander vises tætheden som antal larver pr. ketsjertræk, hvor 1 = 1, 2 = 1-10, 3 = 10-100, 4 = 100-1000 og 5 = >1000 larver pr. træk.

Der blev i alt registreret salamander i 45 vandhuller fordelt over hele landet. Lille vandsalamander var den klart hyppigst forekommende art fundet i 35 vandhuller. For lille vandsalamanders vedkommende var der et tydeligt mønster i den geografiske tæthedsfordeling. De største tætheder blev registreret på Sjælland og i området mellem Vejle og Kolding; i alle andre undersøgte områder var tætheden markant lavere (figur 5.2c). Den store tæthed på Sjælland kan hænge sammen med den "gode" jord, som er karakteristisk for artens foretrukne levesteder, hvorimod den kun er ringe udbredt i områder med "ringe" næringsfattig jord. Lille vandsalamander tolererer således mere næringsrige forhold end mange af de øvrige paddearter. Stor vandsalamander blev fundet i 15 vandhuller og i modsætning til lille vandsalamander, blev den ikke fundet i Nordjylland. Stor vandsalamander kræver mere rent vand end lille vandsalamander, hvilket kan forklare den mindre udbredelse. Det er dog også afgørende, at vandhullet er meget lysåbent. Bjergsalamander, som kun er kendt fra det sydøstlige Jylland blev ikke registreret i de undersøgte vandhuller, og vi kan ikke med sikkerhed sige, hvorvidt vi i undersøgelsen har været inden for artens udbredelsesområde.

Geografiske forskelle i udbredelse betyder, at forekomsten af en art ikke direkte kan relateres til f.eks. miljøvariable på landsplan, men kun inden for artens geografiske udbredelsesområde eller i søer, hvor den enkelte art aktuelt er registreret.

### 5.3 Forekomst i relation til miljøvariable

En CCA analyse, hvor forekomsten (til stede/ej til stede) af de enkelte paddearter vurderes i forhold til målte miljøvariable (totalfosfor, totalkvælstof, klorofyl *a*, total alkalinitet), viser ikke et entydigt mønster i grupperingen af søer. Der blev kun registreret en svag signifikant sammenhæng til alkalinitet med en samlet forklaringsprocent på 6,7 %, hvilket antyder, at andre parametre er væsentlige for forekomsten.

I det følgende er de tre hyppigst forekommende arter, butsnudet frø, lille vandsalamander og skrubtudse, vurderet i forhold til målte miljøvariable: total fosfor, total kvælstof og klorofylkoncentration.

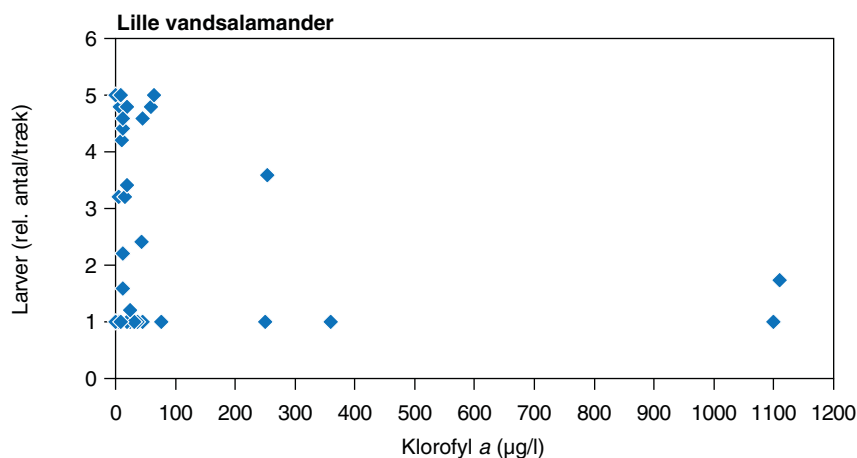
For alle tre arter vedkommende gælder, at der ikke var signifikante sammenhænge med hverken næringsstofniveau eller klorofyl niveauet i vandhullerne. Dvs. de hyppigst forekommende arter fandtes i såvel rene som hypereutrofe vandhuller. Totalfosfor koncentrationen i vandhullerne svinger f.eks. fra minimum 0,013-0,031 til maksimum 2-3,4 mg TP/liter, afhængig af hvilken af de tre arter, der betragtes (tabel 5.4). Totalkvælstof varierer tilsvarende meget i vandhullerne, fra minimum 0,37-0,73 til maksimum 4,1-12 mg TN/liter afhængig af den enkelte art, og samme mønster er gældende for klorofyl (tabel 5.3). For lille vandsalamanders vedkommende var der dog tendens til, at den foretrækker klart vand, idet kun 7 vandhuller havde klorofylniveauer over 0,05 mg/liter (figur 5.3). Dette hænger godt sammen med, at arten foretrækker klart vand, på trods af den foretrækker områder med såkaldt "god" jord, hvilket betyder naturlig næringsrig jord uden nødvendigvis at være næringsberiget.

På ovennævnte baggrund kan den enkelte paddeart ikke siges at være direkte påvirket af en enkelt af de målte variable. Vi må derfor antage, at andre biologiske forhold må forventes at påvirke forekomsten, f.eks. andehold, tilstedeværelse af fisk og ikke mindst de omgivende arealer; eksempelvis om der er tale om dyrkede marker, skov, fysiske forhindringer samt om vandhulsbredden er tilgroet eller lysåben, hvilket flere af arterne er meget følsomme overfor. Herudover kan en væsentlig faktor også være spredningspotentialt. Uanset om forholdene i det enkelte vandhul forbedres, vil flere af arterne stadig være begrænset i udbredelsen pga. artens maksimale bevægelses radius fra de aktuelle levesteder. Dvs. tætheden af vandhuller pr. arealenhed kan være afgørende for forbedrede forhold.

Tabel 5.4. Sommergennemsnit-, minimum- og maksimumværdier for totalfosfor (Total-P), totalkvælstof (Total-N) og klorofyl *a* i vandhullerne, hvor hhv. butsnudet frø, skrubtudse og lille vandsalamander blev registreret. Desuden er vist korrelationskoefficienter og P-værdier for pearson korrelationer mellem paddetæthed og de målte miljøvariable.

Art	Variabel	Gennemsnit	Minimum	Maksimum	Korrelation	P-værdi
Butsnudet frø	Total-P	0,523	0,022	2,00	0,074	0,681
	Total-N	2,825	0,440	12,00	-0,117	0,515
	Klorofyl <i>a</i>	117,8	2,9	1110	-0,102	0,574
Skrubtudse	Total-P	0,400	0,031	2,380	-0,014	0,924
	Total-N	2,089	0,730	4,100	0,157	0,293
	Klorofyl <i>a</i>	116,9	7,0	434,0	-0,030	0,84
Lille vandsalamander	Total-P	0,672	0,013	3,400	0,339	0,04
	Total-N	2,980	0,370	12,00	0,163	0,343
	Klorofyl <i>a</i>	96,0	3,0	1110,0	-0,225	0,183

Figur 5.3. Tæthed af lille vandsalamander registreret som antal larver pr. ketsjertræk i danske vandhuller relateret til klorofylkoncentration målt i august måned. Tæthedsvurderingen er semikvantitativ hvor 1=1, 2= 1-10, 3=10-100, 4=101-1000, 5=>1000.



## 6 Flydebladsplanter

### 6.1 Flydebladsplanter (søer >0,1 ha)

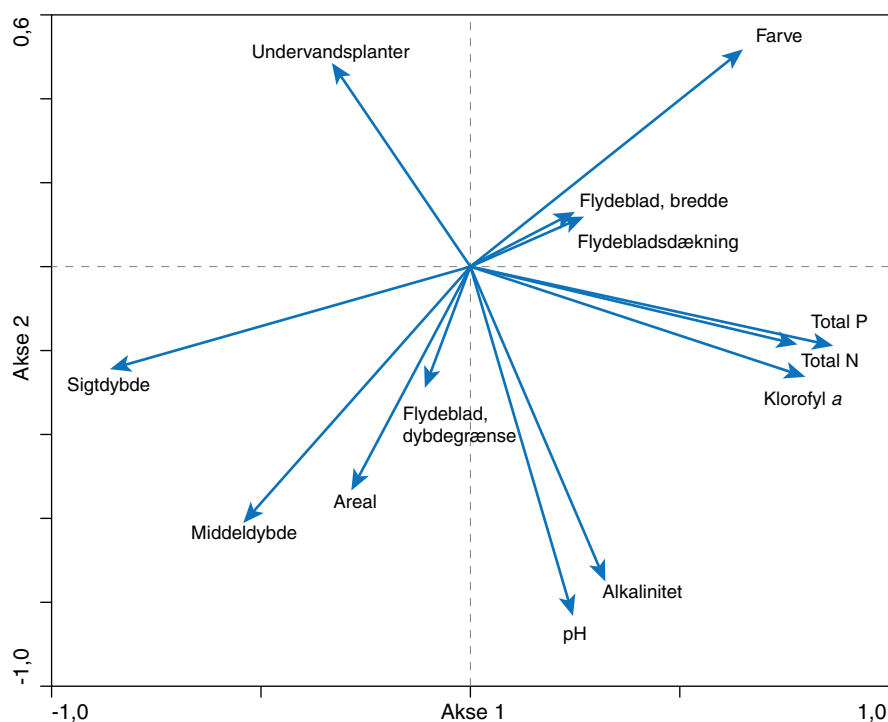
I NOVANA-overvågningsperioden (2004-2009) er der i alt indrapporteret arts- og udbredelses data for flydebladsplanter for 472 sø-år fordelt på i alt 354 søer (21 intensive, 141 ekstensiv 1 og 125 ekstensiv 2 søer, 48 Devano-søer samt 19 regionale tilsyn). Totalt indgår 59 dybe søer (middeldybde >3m) og 92 sø-år i denne fremstilling. I størstedelen af de følgende analyser opdeles søerne i lavvandede og dybe søer, idet udbredelsespotentialer ofte er større i lavvandede end i dybe søer.

Som et estimat for forekomsten af flydebladsplanter i søerne er anvendt den gennemsnitlige dækningsgrad for alle bredpunkter, der er undersøgt for flydebladsvegetation. Værdien giver således et billede af dækningen i bredzonen. Den gennemsnitlige bredde af flydebladsbæltet for søerne er tæt positivt korreleret med den gennemsnitlige dækning i bredzonen (person  $r=0,40$   $p<0,0001$ ,  $n=347$ ).

Tendenserne for forekomsten af flydebladsvegetation (gennemsnitlig dækning og bredde af flydebladsvegetationen i de undersøgte bredpunkter) set i relation til de målte parametre i de undersøgte søer analyseres med en multivariat PCA-analyse. I denne type analyse afspejles den indbyrdes relation mellem de indgående parametre, idet vinklen mellem disse approksimerer korrelationen mellem parametrene. En ret vinkel indikerer en lav grad af korrelation mellem parametrene. Længden af pilene indikerer hvor høj grad de enkelte parametre forklarer variationen i plottet.

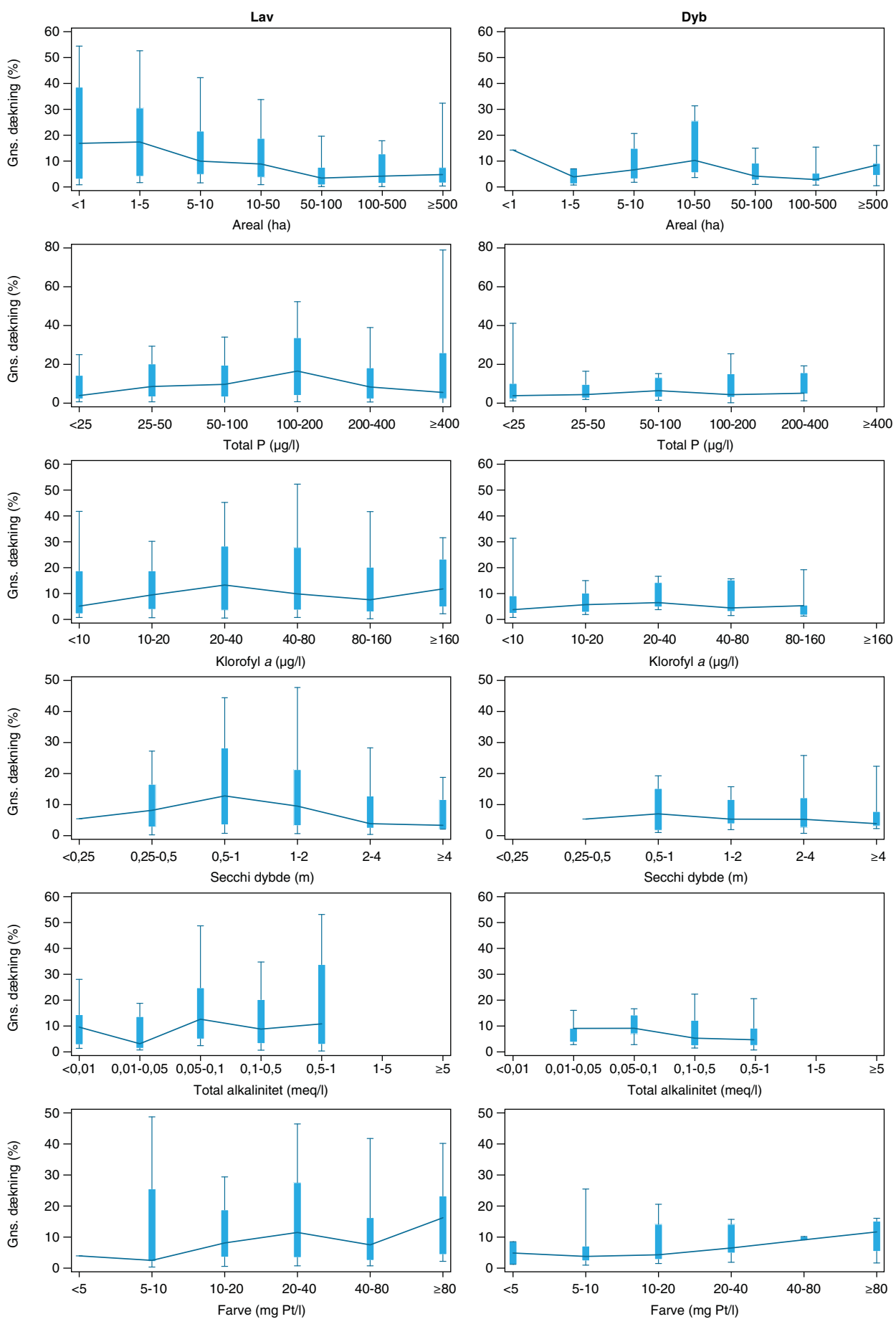
PCA-analysen indikerer, at den største forekomst af flydebladsvegetation typisk findes i relativt små, lavvandede søer, idet flydebladsvegetation (bredde og dækning) er modsatrettede variabler areal og middeldybde. Derudover er flydebladsvegetation korreleret med højt næringsniveau og/eller farve (relativ lille vinkel mellem pilene) samt lav sigtdybde (pil modsatrettet næringsparametrenes retning). Næringsgradienten er af størst betydning for de undersøgte søers indbyrdes relation, idet den relaterer til 1. akse som altid forklarer den største andel af variationen i plottet (her 30 %). Næringsgradienten er også den faktor, der har størst betydning for forekomsten af flydebladsvegetation, mens undervandsvegetation samt alkalinitet og pH, som alle relaterer mere til 2.aksen, har relativ mindre betydning (forklarer 21% af variationen). Plottet indikerer desuden, at flydebladsforekomst i bredzonen set i relation til alkalinitet og pH har en lav grad af lineær korrelation og at høj flydebladsforekomst kan forekomme både ved høje og lave værdier af alkalinitet og pH. Dette forhold gør sig ligeledes gældende for dækning af undervandsvegetation. Dybdegrænsen af flydebladsplanterne er tæt korreleret med areal og middeldybde af søen og synes at være mere relateret til morfometri end sigtdybde og næringsstofforhold. Opdeles søerne i lavvandede og dybe søer er relationerne parametrene imellem omvendt de samme, som i figur 6.1; kun forklaringsprocenterne afviger en smule (lavere for dybe søer).

Figur 6.1. Standardiseret PCA plot af indikatorer for flydebladsforekomst (gennemsnitlig dækning og bredde i bredzonen af søen) samt målte miljøvariable. Relativ undervandsplantedækket sø areal er kvadratrodstransformeret. Øvrige variable er logtransformerede (alkalinitet +0,1) med undtagelse af flydebladsdækning og -bredde i bredzonen, dybdegrænse samt pH. Akse 1 og 2 forklarer henholdsvis 30 % og 21 % af variationen. I alt 235 søer indgår i analysen. Er søen undersøgt flere gange indgår kun den seneste undersøgelse.



Ser man på de enkelte parametre understøttes mønstret i PCA-analysen. De mindre søer viser en tydelig tendens til at have en højere dækningsgrad af flydebladsvegetation i bredzonen end de større søer (figur 6.2). Dette gør sig især gældende for de lavvandede søer (middeldybde  $\leq 3$  m), mens der i dybere søer er tendens til højere gennemsnitlig dækning i bredzonen i søer mellem 10-50 ha. Generelt for både dybe og lavvandede søer er den gennemsnitlige dækningsgrad i bredzonen lavest i de mindre næringsrige søer, idet medianen for både lavvandede og dybe søer er lavest ved total fosfor  $< 25 \mu\text{g/l}$ , klorofyl  $a < 10 \mu\text{g/l}$ , total kvælstof  $< 50 \mu\text{g/l}$  og for lavvandede søer en sigtdybde på mere end 2 m. For klorofyl  $a$  ses dog en stor variation i den gennemsnitlige dækningsgrad i bredzonen, specielt for de lavvandede søer, hvilket kan skyldes en høj grad af flydebladsforekomst i brunvandede søer (figur 6.2). Brunvandede søer med højt humus-indhold har ofte også en lav alkalinitet. I overensstemmelse med dette ses også en relativ høj median for den gennemsnitlige dækningsgrad i bredzonen ved lav alkalinitet (figur 6.1).

Flydebladsplanter kan have konkurrencemæssige fordele i både næringsrige og næringsfattige farvede søer, idet flydebladsplanterne ikke er begrænset af lysnedtrængning som de submerse planter. I brune søer er de dog lysbegrænsede indtil de når overfladen. Den højere dækningsgrad af flydebladsplanter i bredzonen i de mindre søer hænger sandsynligvis sammen med en lavere vanddybde, højere nærings- og klorofyl  $a$  indhold samt i nogle tilfælde højere andel af humusstoffer (farvede søer).



Figur 6.2 Den gennemsnitlige flydebladsdækning (%) i bredzonen set i relation til morfometriske og vandkemiske parametre for lavvandede (middeldybde  $\leq 3$  m) til venstre og dybe (middeldybde  $> 3$  m) til højre. Søjlerner viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen forbinder medianværdier.

## 6.2 Flydebladsarter og deres hyppighed (søer >0,1 ha)

Der er i alt registreret 11 flydebladsplantearter (inklusive flydebladsformer af undervandsarter) i de 349 søer med registreret flydebladsvegetation. Generelt er diversiteten af flydebladsarter lav i søerne, idet der kun er registreret 3 eller flere flydebladsarter i ca.1/3 af søerne (tabel 6.1).

Tabel 6.1. Fordelingen af antal arter i de 349 søer med registreret flydebladsvegetation. Kun den seneste undersøgelse i optællingen indgår i optællingen, i fald en sø er blevet undersøgt flere gange.

Antal arter	Antal søer >0,1 ha
1	128
2	112
3	57
4	27
5	11
6	7
7	7

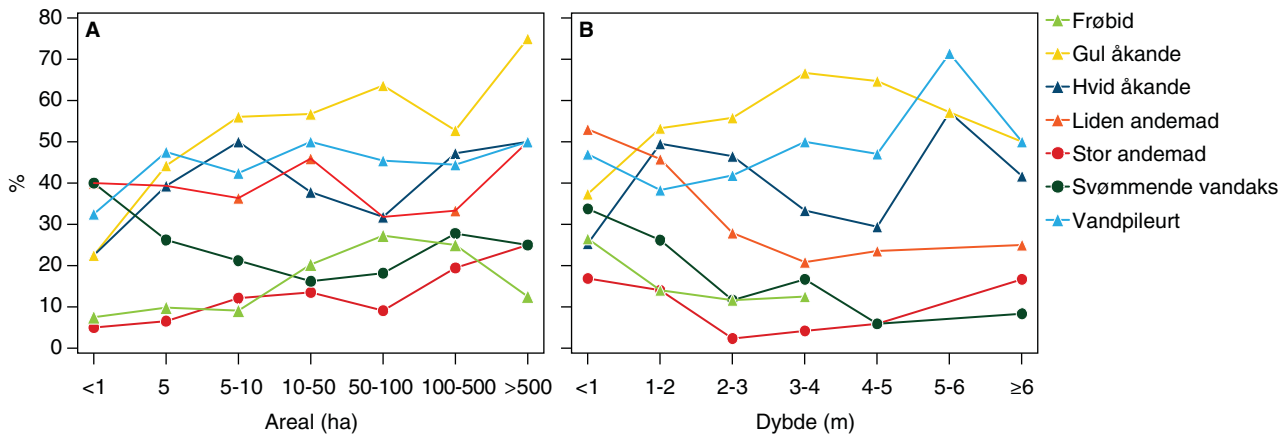
De 2 altdominerende arter er liden andemad, som er fundet i 215 søer og den meget anderledes flydebladsplante gul åkande som er fundet i 201 søer. Herefter følger middelhyppe arter som svømmende vandaks, stor andemad og hvid åkande (tabel 6.2).

Tabel 6.2. Hyppigheden af de 11 registrerede flydebladsarter i de 349 søer med registreret flydebladsvegetation. Kun den seneste undersøgelse i optællingen indgår i optællingen, i fald en sø er blevet undersøgt flere gange.

Art	Antal søer
Liden andemad <i>Lemna minor</i>	215
Gul åkande <i>Nuphar lutea</i>	201
Svømmende vandaks <i>Potamogeton natans</i>	107
Stor andemad <i>Spirodela polyrhiza</i>	74
Hvid åkande <i>Nymphaea alba</i>	64
Vandpileurt <i>Polygonum amphibium</i>	49
Vandnavle <i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	48
Korsandemad <i>Lemna trisulca</i>	20
Frøbid <i>Hydrocotyle vulgaris</i>	9
Tyk andemad <i>Lemna gibba</i>	3
Rust-vandaks <i>Potamogeton alpinus</i>	2

Den hyppigst forekomne art i næsten alle søarealkategorier og dybdeintervaller, på nær for søer mindre en 0,01 ha og middeldybde mindre end 1 m, er gul åkande eller vandpileurt. Der ses en tydelig tendens til at disse 2 arter specielt findes i dybere søer. Derimod findes svømmende vandaks hyppigst i de mindre og lavvandede søer (figur 6.3), hvor de udgør en høj procentuel forekomst blandt arter registreret i disse søer. Ligeledes forholder det sig for liden og stor andemad, som fortrinsvis er registreret i lavvandede søer. Den mere hyppige liden andemad findes stort set lige hyppigt i alle arealintervaller, mens der ses en tendens til relativt flere registreringer i de større søer for stor andemad (figur 6.3). Frøbid forekommer hyppigst i søer mellem 10 og 500 ha og er ikke registreret i søer med middeldybde over 4 m.



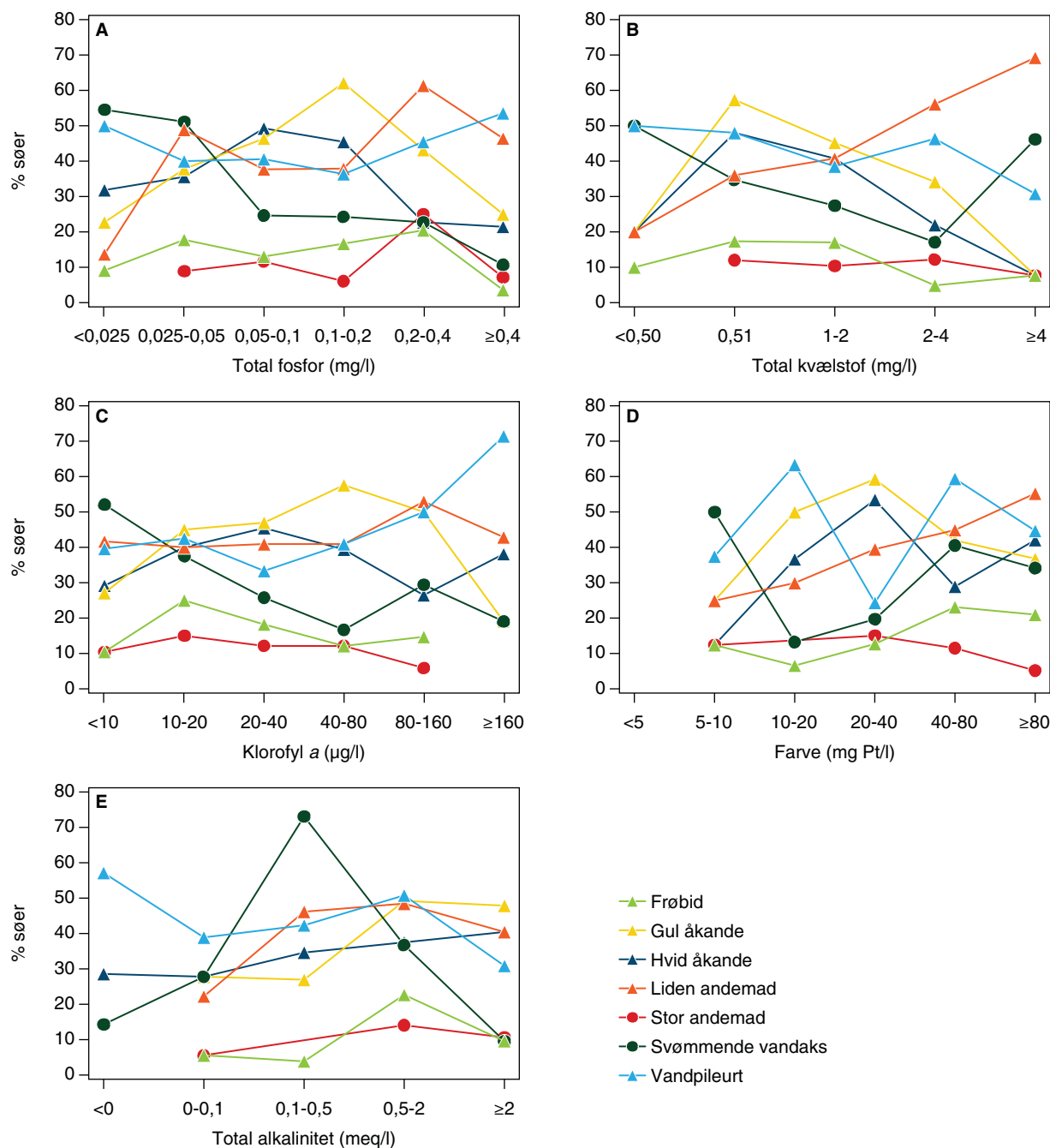


Figur 6.3. Den procentvise artsfordeling for de 7 hyppigste flydebladsarter set i relation til søareal og middeldybe. (Y-aksen angiver andelen af søer hvori den pågældende art er registreret)

I det følgende behandles arternes forekomst i relation til vandkemiske parametre. Kun lavvandede søer indgår, da datagrundlaget for selvstændig analyse af de dybe søer ikke er mulig pga. begrænset data-mængde.

Liden andemad er nok den art der viser de største ændringer i forekomst langs vandkemiske gradienter. Andelen af søer, hvor denne art er registreret, stiger markant med totalfosfor, totalkvælstof samt farvetal, hvorimod klorofyl *a* ikke ser ud til at have nogen større betydning. Liden andemad er ikke registreret i søer med alkalinitet <0.1 meq/l. Lidt overraskende ser det også ud til at liden andemad findes i en stor andel af lavvandede søer med en dækning af undervandsplanter på mere end 75% af søarealet. Næsten det omvendte forløb ses hos svømmende vandaks, hvis hyppighed aftager med øget niveau af total fosfor, total kvælstof (på nær højeste niveau) og klorofyl *a*. Samstemmende hermed er svømmende vandaks fundet i relativt få lavvandede søer med lav dækning af undervandsplanter, men dog også i søer med meget høj dækning. Desuden findes arten i en stor andel af lavvandede søer med alkalinitet mellem 0,1-0,5 meq l<sup>-1</sup> og både i søer med højt og lavt farvetal (figur 6.4).

Gul og hvid åkande følger nogenlunde samme mønster langs de vandkemiske gradienter. I lavvandede søer findes de hyppigst i søer med intermediære totalfosfor, totalkvælstof og klorofyl *a* koncentrationer samt farvetal. Gul åkande forekommer i ca. 75 % af søerne med relativ lav dækning af undervandsplanter (<25%), men ses dog også i søer med over 75% undervandsplantedækning (dog kun 14 søer i denne gruppe). Frøbid ser ud til ikke at forefindes i så stor andel af de meget næringsrige, lavvandede søer, men er til gengæld fundet i del af søerne med højt farvetal (21-23 %). Stor andemad er ikke registreret i de helt næringsfattige lavvandede søer og har lidt lavere forekomst i søer med højt farvetal. Både frøbid og stor andemad er registreret med størst hyppighed i søer med relativt meget undervandsvegetation. Resultaterne for frøbid og stor andemad skal dog tages med forbehold grundet relativ begrænset antal registreringer.



Figur 6.4. Den procentvise artsfordeling for de 7 hyppigste flydebladsarter set i relation til vandkemiske parametre. (Y-aksen angiver andelen af søer hvori den pågældende art er registreret).

### 6.3 Flydebladsplanter i småsøer (<0,1 ha)

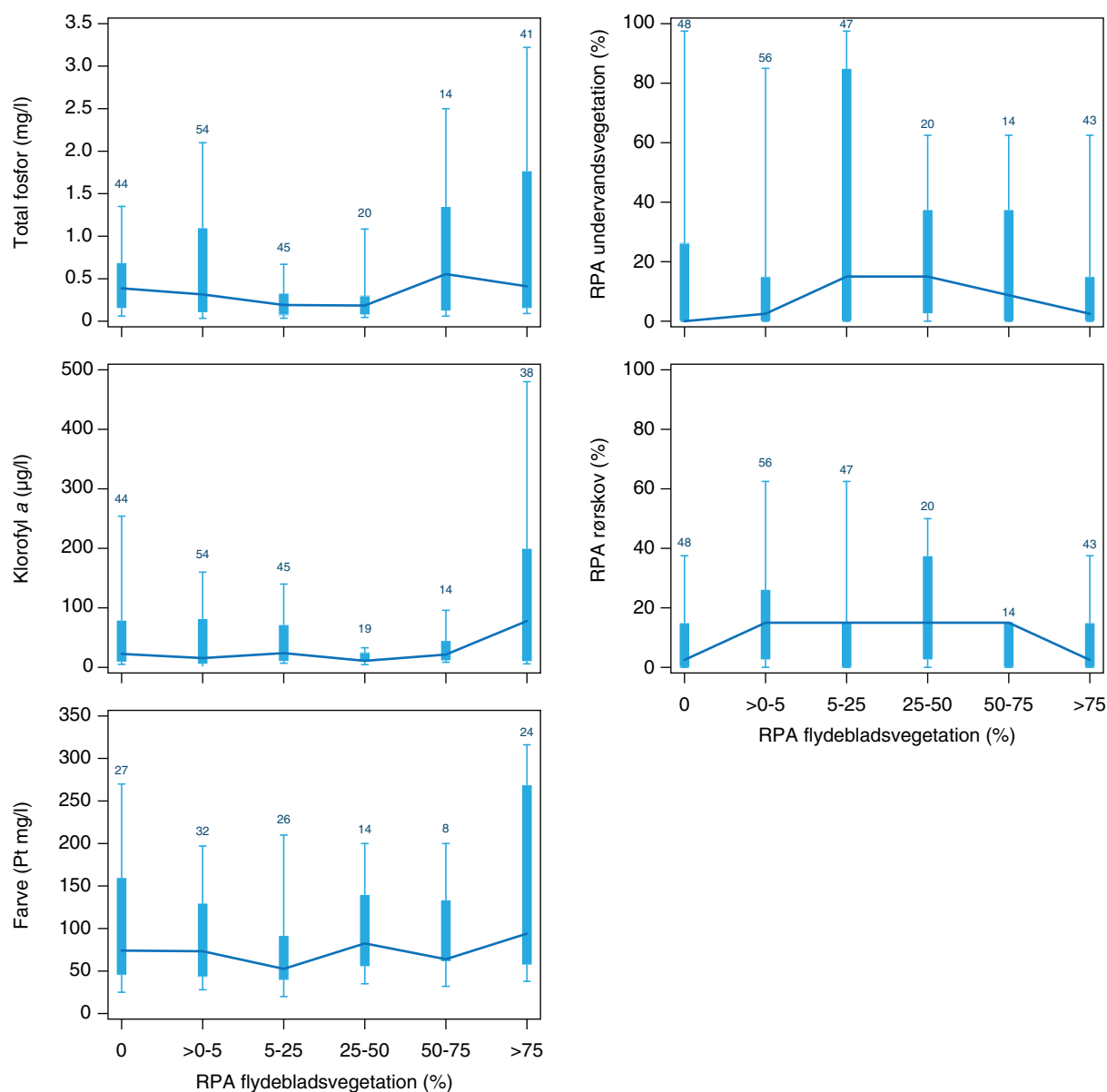
Flydebladsplanternes dækkede areal (RPA) er i NOVANA-programmet (2004-2009) blevet vurderet i 228 småsøer (0,01-0,1 ha). Heri er ligeledes foretaget et skøn af den arealmæssige dækning af rørskov og undervandsplanter. Da metoden til vurdering af plantedækningsgrader er markant forskellig fra den foretaget i søerne større end 0,1 ha, kan data ikke umiddelbart sammenlignes og behandles derfor her separat.

Flydebladernes dækningsgrad er positivt relateret til total fosfor og klorofyl *a* i søerne (tabel 6.3) dog ses denne sammenhæng først for relativt høje dækningsgrader (figur 6.5). I modsætning til flydebladsplanterne er undervandsplanterne negativt relateret til total fosfor og derudover positivt relateret til sigtdybden. For de øvrige vandkemiske variable i tabel 6.3 ses ingen tydelige tendenser, dog er 75 % fraktilen for farvetallet høj (269 mg Pt/l) i søer med flydebladsdækning større end 75 % (figur 6.5). For rørskovsvegetationen synes ingen tendens til relation med næringsstoffer, men derimod til højere dækning ved lave middel-vanddybder.

Tabel 6.3. Person korrelationer mellem % relativt plantedækket areal (RPA) for hhv. flydebladsplanter, undervandsplanter samt rørskov med morfometriske og vandkemiske parametre samt mellem plantetyperne. Værdien af RPA indgår som midpoint mellem intervallerne: 0, 0-5%, 5-25%, 25-50%, 50-75%, 75-95%, 95-100 %. Hvor værdier er fremhævet med fed er relationerne signifikante.

		RPA flydeblade	RPA undervandsplanter	RPA rørskov	Range
Søareal (m <sup>2</sup> )	r	-0,1020	<b>0,1634</b>	-0,07705	10-1000
	p	0,1245	<b>0,0129</b>	0,2455	
	n	228	231	229	
Middel vanddybde (m)	r	-0,10743	0,1071	<b>-0,2922</b>	0,01-3
	p	0,1907	0,1919	<b>0,0003</b>	
	n	150	150	150	
Total P (mg l <sup>-1</sup> )	r	<b>0,2054</b>	<b>-0,2092</b>	-0,01985	0,005-8,6
	p	<b>0,0023</b>	<b>0,0018</b>	0,7707	
	n	218	220	218	
Total N (mg l <sup>-1</sup> )	r	0,1036	<b>-0,1686</b>	0,02815	0,019-42
	p	0,1273	<b>0,0123</b>	0,6794	
	n	218	220	218	
Klorofyl <i>a</i> (ug l <sup>-1</sup> )	r	<b>0,1690</b>	-0,0767	0,00465	0,150-3200,0
	p	<b>0,0133</b>	0,2615	0,9461	
	n	214	216	214	
Sigt (m)	r	-0,0291	<b>0,3069</b>	-0,04744	0,05-2,0
	p	0,7471	<b>0,0005</b>	0,5993	
	n	125	125	125	
pH	r	-0,1261	0,1077	-0,03878	3,2-9,9
	p	0,0745	0,1261	0,5846	
	n	201	203	201	
Alkalinitet (nmol l <sup>-1</sup> )	r	-0,0250	-0,0421	-0,01112	-0,038-10,50
	p	0,7139	0,5355	0,8706	
	n	217	219	217	
Farvetal (Pt mg l <sup>-1</sup> )	r	0,0914	0,1075	-0,06009	3,4-630
	p	0,2993	0,2215	0,4954	
	n	131	131	131	
Konduktivitet (mS m <sup>-1</sup> )	r	-0,0479	0,0652	0,01249	0,47-2300
	p	0,5391	0,3996	0,8727	
	n	167	169	167	
RPA flydeblade (%)	r	1	-0,0896	-0,0187	0-100
	p		0,1778	0,7788	
	n	228	228	228	
RPA undervandsplanter (%)	r	-0,0896	1	-0,0569	0-100
	p	0,1788		0,3918	
	n	228	231	229	
RPA rørskov (%)	r	-0,0187	-0,0569	1	0-100
	p	0,7788	0,3918		
	n	228	229	229	

For plantetyperne indbyrdes ses ingen signifikant (lineær) relation mellem dækningsgrader (tabel 6.5). Generelt er der stor variation i alle målte parametre inden for intervallerne af flydebladsdækning, hvilket betyder at klare, entydige tendenser ikke ses. Det er værd at fremhæve, at søer med den højeste dækning af flydebladsplanter også er de søer med maksimale værdier for total fosfor, klorofyl *a* og farvetal, mens undervandsvegetationen og rørskovdækning er relativ lav (figur 6.3). Sidstnævnte gør sig dog også gældende i søer med lav flydebladsdækning (>0 og <5 %) for undervandsplanterne, men igen er variationen meget stor. I søer med intermediær flydebladsdækning (5-25 %) ses de højeste dækningsgrader af undervandsplanter (figur 6.5) og også de største sigtgybder.



Figur 6.5. Udvalgte vandkemiske parametre samt plantedækket søareal (RPA) af undervandsvegetation og rørskov set i relation til flydebladsdækket søareal. Søjlerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linjen forbinder medianværdier, antal søer er angivet over søjlerne.

## 7 Miljøfremmede stoffer og tungmetaller i søsediment

For at opfylde forpligtelser i Vandrammedirektivet med hensyn til overvågning af miljøfremmede stoffer blev der i 2008 iværksat en undersøgelse af udvalgte stoffer i 25 danske søer. Tidligere undersøgelser af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i søernes vandfase viser, at en stor del af stofferne findes, men forekommer i meget lave koncentrationer (Jensen et al., 2004). Derfor blev det besluttet i stedet at undersøge søernes sediment én gang i perioden 2004-2009.

Formålet er at afklare, om stofferne findes i danske søer. Derudover skal overvågningen af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i sedimentet give mulighed for at vurdere de langsigtede udviklingstendenser og for at overholde af miljømål jfr. Vandrammedirektivet. Med et års målinger er det selvsagt ikke muligt at vurdere udviklingstendensen, og der er endnu ikke fastsat kvalitetsstandarder for ferskvandssediment hverken på nationalt eller EU-niveau. Kvalitetsstandarder (grænser for forurenende stoffer, som ikke må overskrides) forventes at blive udarbejdet med henblik på beskyttelse af mennesker og miljø.

Der er foretaget en lignende screening af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i udvalgte danske vandløb (Wiberg-Larsen et al., 2010).

Stofferne blev valgt på grundlag af Vandrammedirektivets prioriterede stoffer (Miljøministeriet, 2010) suppleret med stoffer, der på baggrund af resultater fra overvågning og screeningsundersøgelser, vurderes relevante.

For at sikre en bred dækning af større danske søer med forskellig belastning er det valgt at undersøge søer, der har været intensivt undersøgt i NOVANA perioden, suppleret med andre søer, hvor der også foreligger viden om den kemiske og økologiske tilstand.

Prøverne blev udtaget med kajakrør. De øverste fem cm sediment fra i alt seks sediment søjler blev puljet til i alt to prøver. Prøverne blev taget i forbindelse med den ordinære prøvetagning i oktober-november og analyseret af virksomheden ALS Scandinavia. Stofferne er omfattet af følgende grupper:

- Pesticider
- Tungmetaller
- Polyaromatiske Hydrocarboner (PAH'er)
- Blødgørere (phtalater, DEHA)
- Phenoler
- Bromerede flammehæmmere
- Chlorerede kulbrinter
- Organotinforbindelser
- Perflourede forbindelser.

Fortolkning af resultaterne, herunder forudsigelse af stoffernes eventuelle skadelige effekter på organismer i sedimentet, er vanskelig. De enkelte stoffer har meget forskellige kemiske egenskaber og dermed forskellige effekter på levende organismer i vandmiljøet. For at fastsætte effektkoncentrationer af potentielt toksiske stoffer i vandmiljøet, anvender man normalt LC- eller EC-koncentrationer (Lethal Concentration og Effect Concentration), som er udviklet på organismer, der lever i de frie vandmasser. Resultater herfra kan ikke umiddelbart anvendes ved forudsigelse af effekter af stoffer i sedimentet, idet stoffernes tilgængelighed for de sedimentlevende organismer er anderledes. Tilgængeligheden afhænger også af selve sedimentets sammensætning, herunder hvilke forbindelser stofferne indgår i samt dets indhold af organisk materiale. En del af de undersøgte stoffer binder sig til organisk materiale i sedimentet. Derfor vil der, sammen med resultaterne af koncentrationsmålingerne være angivet det procentvise glødetab af tørstofindholdet.

Vurdering af resultaterne sker derfor bl.a. på baggrund af søernes belastning i forhold til hinanden indenfor de enkelte stofgrupper. Derudover er der i forbindelse med EU's arbejde med udvikling af miljømæssige kvalitetsstandarder udarbejdet effektkoncentrationer i sediment for nogle af stofferne, og for andre findes der effektkoncentrationer i litteraturen. Til sammenligning med de fundne koncentrationer er nogle af disse medtaget i det følgende, men skal tages med stort forbehold, da de ofte er baseret på laboratorieforsøg med andre organismer og andre miljøforhold, end der findes i danske søer.

## **7.1 Pesticider**

Ingen af de undersøgte pesticider blev fundet i koncentrationer, der overstiger detektionsgrænsen og behandles derfor ikke nærmere

Tabel 7.1. Oversigt over de analyserede pesticider i søsediment. Ingen af stofferne blev fundet i koncentrationer, der overstiger detektionsgrænsen.

	atrazin	desetylatrazin	desisopropylatrazin	simazin	diuron	isoproturon	Glødetab % af TS
Arreskov Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	37,6
Bagsværd Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	39,2
Bryrup Langsø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	32,3
Byn Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	29
Gundsømagle Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	21,9
Hinge Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	18,8
Holm Sø	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	60,9
Hornum Sø	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	35,8
Langå Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	38,9
Lemvig Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	12,3
Lund Fjord	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	3
Maglesø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	20,5
Nors Sø	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	29,5
Pensylvanien Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	35
Rosenlund Sø	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	10,9
St. Søgård Sø	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	22,6
Søby Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	30,6
Søgård Sø	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	<0,0100	17,7
Søholm Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	19,5
Viborg Søndersø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	34,5
Tebstrup Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,100	<0,0100	<0,0100	22,4
Tuel Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	16
Tystrup Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	12,8
Vesterborg Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	13,7
Vomme Sø	<0,0100	<0,010	<0,010	<0,0100	<0,0100	<0,0100	18,9

## 7.2 Tungmetaller

Alle tungmetaller er fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen i alle søer, bort set fra kviksølv, hvor koncentrationen var under detektionsgrænsen i Lund Fjord, Vomme Sø og Vesterborg Sø (tabel 7.2).

Zink er det tungmetal, blev fundet i den højeste koncentration i alle søer (16,3-1590 mg/g TS). Bly, nikkel, kobber og krom blev i mange tilfælde fundet på et ret ensartet niveau og i de næsthøjeste koncentrationer i mange af søerne. Viborg Søndersø, Hornum Sø, Holm Sø, Bagsværd Sø, Pensylvanien Sø, Nors Sø, Maglesø, Hinge Sø og Søby Sø falder udenfor dette mønster, idet blykoncentrationerne var ret høje (25-205 mg/kg).i forhold til de andre metaller i den enkelte sø. I Hinge, Søby Sø og Søgård Sø var nikkelkoncentrationerne blandt de højeste (38-53 mg/kg), hvilket også var tilfældet for Byn Sø (178 mg/kg). I enkelte tilfælde (Hinge Sø og Byn Sø) sås høje koncentrationer af arsen (108-110 mg/kg), og i Viborg Søndersø, Bagsværd Sø, Langå Sø, Bryrup Langsø og Pensylvanien var kobberkoncentrationerne relativt høje (36-119 mg/kg).

Resten af tungmetallerne blev fundet i forholdsvis lave koncentrationer.

Det skal bemærkes, at lithiumkoncentrationen er målt med henblik på normalisering af sedimentet, hvor man udnytter, at lithiumkoncentrationen normalt er korreleret med lerfraktionen, og at indholdet er tæt på nul i sandfraktionen (referencer i Ærtebjerg et al., 2004).

Tabel 7.2. Forekomst af tungmetaller i søsediment. Alle stoffkoncentrationer er angivet i mg/kg tørstof. Rød: koncentration  $\geq$  3. kvartilen af det enkelte stof. Pink: 3.kvartil>koncentration>=median. Rosa: værdier der er median>koncentration>=1. kvartilen. Hvid: koncentration <1. kvartilen. PNEC (Predicted no effect concentration)= under hvilken det ikke er sandsynligt at observere nogen effekt. PEC (Consensus based probable effect concentration) = herover er det sandsynligt at observere skadelige effekter. Av=added value (baggrundskoncentration er fratrukket).

	As	Cd	Cr	Cu	Li	Ni	Pb	Zn	Hg	Glødetab % af TS
Lund Fjord	1,77	0,0295	5,29	2,54	2,86	3,88	4,12	16,3	<0,04	3
Vomme Sø	1,95	0,318	8,05	10,3	5,47	7,4	11,6	40,6	<0,04	18,9
Vesterborg Sø	2,11	0,29	5,7	10,6	3,94	5,77	8,47	36,8	<0,04	13,7
Nors Sø	5,01	0,823	9,73	8,93	4,97	9,14	24,8	71,6	0,0455	29,5
Maglesø	2,63	0,606	9,7	9,48	6,13	8,49	33,7	69,6	0,0855	20,5
Tuel Sø	3,84	0,503	8,21	24	3,64	8,21	19	86,2	0,0895	16
Arreskov Sø	8,86	0,46	10,2	10,9	7,42	11,2	18,4	56,3	0,0469	37,6
Søholm Sø	2,74	0,565	11,5	16,6	6,79	12	20,7	68,8	0,0602	19,5
Tebstrup Sø	8,98	0,333	13,1	17,7	8,04	13	14,3	96,6	0,0629	22,4
Gundsømagle Sø	4,99	0,691	15,2	23,5	6,43	19,5	21,6	147	0,108	21,9
St. Søgård Sø	3,46	0,717	30,7	23,3	19,2	22,9	29,1	163	0,0964	22,6
Rosenlund Sø	8,4	0,477	31,7	31,4	17	27,3	26,5	184	0,0452	10,9
Hornum Sø	10,7	1,35	14,1	23,5	6,52	8,48	111	141	0,136	35,8
Hinge Sø	108	0,855	19	11,3	5,93	52,5	42,6	294	0,0844	18,8
Lemvig Sø	5,9	0,642	39,3	28,3	27,3	24,3	29,2	197	0,1	12,3
Søby Sø	14,1	0,789	11,2	13,4	3,55	38,3	44,2	335	0,0914	30,6
Holm Sø	15,7	1,85	17,9	17,1	3,14	9,69	96,9	143	0,201	60,9
Bagsværd Sø	6,68	0,613	12,4	36,2	7,16	11,7	85,6	230	0,254	39,2
Pensylvanien Sø	7,63	0,969	13,8	39,5	7,11	13	75,3	224	0,358	35
Tystrup Sø	23,2	0,942	17,2	23,5	11,1	11,7	32,2	162	0,111	12,8
Byn Sø	110	5,94	22	21,3	6,18	178	18,3	657	0,131	29
Søgård Sø	4,39	1,23	29,8	30,3	22,6	41,8	20,6	172	0,124	17,7
Langå Sø	10,6	0,415	27,5	36,8	16,7	27,8	42,8	175	0,111	38,9
Bryrup Langsø	9,13	1,56	23,8	37,1	9,3	37,7	37,4	232	0,113	32,3
Viborg Søndersø	11,5	2,7	45,9	119	9,96	23	205	1590	3,13	34,5
Median	7,63	0,691	14,1	23,3	6,79	13	29,1	162	0,104	
Minimum	1,77	0,0295	5,29	2,54	2,86	3,88	4,12	16,3	0,0452	
Maximum	110	5,94	45,9	119	27,3	178	205	1590	3,13	
PNEC		0,32-4,3 <sup>1,2</sup>						49 (av) <sup>1</sup>		
PEC (MacDonald et al., 2000)	33	4,98	111	149		48,6	128	459	1,06	

<sup>1</sup> [http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/ADDENDUM/cdmetal\\_cdoxide\\_add\\_303.pdf](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/ADDENDUM/cdmetal_cdoxide_add_303.pdf)

<sup>2</sup> [http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working\\_groups/advisory\\_substances/eqs\\_fraunhofer\\_report/factsheets\\_finallydraft/cadmiumeqsdatasheet2nddr/ EN 1.0 &a=d](http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working_groups/advisory_substances/eqs_fraunhofer_report/factsheets_finallydraft/cadmiumeqsdatasheet2nddr/ EN 1.0 &a=d)

Stoffkoncentrationerne overstiger kun i få tilfælde PEC (Probable Effect Concentration). Dette var tilfældet i Hinge Sø (arsen og nikkel), Byn Sø (arsen, cadmium, nikkel og zink) og i Viborg Søndersø (bly, zink og kviksølv). Det må formodes, at disse søer er blandt de kraftigst belastede, når det gælder tungmetaller.

I mange af søerne blev der fundet stoffkoncentrationer på et niveau mellem de fundne PNEC og PEC. Heraf kan nævnes Bryrup Langsø, Langå Sø, Holm Sø, Bagsværd Sø og Hornum Sø, hvor 4-5 stoffer var i dette koncentrationsinterval.



### 7.3 Polyaromatiske kulbrinter (PAH'er)

Blandt PAH'erne, er dimethyl naphthalenerne generelt den hyppigst fundne gruppe (0,028-4,2 mg/kg). De blev fundet 23 af de 25 undersøgte søer og i de højeste koncentrationer i 12 af søerne. Benz(b+j+k)-fluoranthen blev påvist i alle de undersøgte søer i de højeste koncentrationer blandt PAH'erne i 11 søer (0,085-2,2 mg/kg TS).

Af andre stoffer med stor fundhyppighed kan nævnes indeno(123cd)pyren, fluoranthen, pyren, benzo(ghi)perylene, perylen, 3,6-dimethylphenanthren og trimethyl naphthalener, som alle blev fundet med en median på omkring 0,1 mg/kg tørstof. Bortset fra de to sidstnævnte forekom stofferne i alle søer over detektionsgrænsen. 3,6-dimethylphenanthren og trimethyl naphthalener blev fundet i alle søer, bortset fra en. Perylen blev fundet i højest koncentration i 2 af søerne og 3,6-dimethylphenanthren i en af søerne.

Det har umiddelbart ikke været muligt at finde PNEC-værdier for alle stofferne. Antracen, benz(b+j+k)-fluoranthen, dibenz(a,h)-anthracen, benzo(ghi)-perylene, benz(a)-antracen og indeno(123cd)pyren blev i Viborg Sønder sø og Pensylvanien Sø fundet i koncentrationer, der oversteg de fundne PNEC-værdier. Fluoranthen blev også fundet i højere koncentration end PNEC i Viborg Sønder sø og Pensylvanien Sø, men også i Hornum Sø, Langå Sø, Gundsømagle Sø, Bryrup Langsø, Tystrup Sø og Bagsværd Sø.

De hyppigste overskridelser af de fundne PNEC-værdier blev fundet i Viborg Sønder sø og Pensylvanien Sø. Ud over ovennævnte stoffer blev der i de to søer fundet højeste koncentrationer af henholdsvis 13 og 8 af de analyserede PAH'er.

Tabel 7.3. Forekomst af Polyaromatiske hydrocarboner (PAH'er) i søsediment. Alle stofkoncentrationer er angivet i mg/kg tørstof. Se endvidere forklaring til tabel 7.2..

	Nafthalen	Acenafthylen	Acenafthen	Fuoren	Phenanthren	Antracen	Fluoranthen	Pyren	enz(a)-antracen	Glødetab % af ITS
Lund fjord	0,0048	<0,0020	<0,0020	<0,0020	0,0065	<0,0020	0,023	0,018	0,0091	3
Nors Sø	0,0087	0,0059	<0,0020	<0,0020	0,021	0,0058	0,07	0,056	0,025	18,8
Arreskov Sø	0,023	0,004	0,0027	0,0072	0,019	0,0051	0,051	0,037	0,02	37,6
Byn Sø	0,015	0,0038	0,0044	0,0051	0,019	0,0057	0,06	0,048	0,023	29
Maglesø	0,025	0,0078	0,0026	0,0079	0,055	0,0098	0,11	0,1	0,034	10,9
Vomme Sø	0,017	0,0055	<0,0020	0,0085	0,056	0,0067	0,069	0,056	0,033	29,5
Lemvig Sø	0,019	0,0086	0,0021	0,0034	0,04	0,011	0,095	0,085	0,038	12,3
Søholm Sø	0,01	0,0056	0,0026	0,0089	0,047	0,0088	0,1	0,07	0,037	20,5
Hinge Sø	0,012	0,0092	0,0031	0,0092	0,026	0,0089	0,072	0,057	0,026	16
Tuel Sø	0,0084	0,0096	0,0039	0,015	0,045	0,014	0,088	0,067	0,032	18,9
Rosenlund Sø	0,028	0,0072	0,0024	0,0063	0,036	0,0094	0,11	0,086	0,044	22,6
Tebstrup Sø	0,013	0,011	0,005	0,0085	0,057	0,016	0,12	0,1	0,057	13,7
Holm Sø	0,022	0,02	0,0033	0,0056	0,047	0,018	0,15	0,14	0,073	12,8
Søby Sø	0,064	0,0058	0,0058	0,018	0,053	0,011	0,13	0,085	0,039	30,6
Søgård Sø	0,022	0,012	0,0037	0,0075	0,046	0,014	0,18	0,15	0,072	17,7
St. Søgård Sø	0,23	0,011	0,014	0,01	0,053	0,015	0,11	0,081	0,04	19,5
Vesterborg Sø	0,045	0,017	0,0027	0,0067	0,06	0,02	0,14	0,11	0,048	22,4
Hornum Sø	0,051	0,017	0,0069	0,012	0,093	0,02	0,28	0,2	0,11	35,8
Langå Sø	0,062	0,034	0,0072	0,024	0,084	0,038	0,18	0,16	0,092	21,9
Gundsømagle Sø	0,071	0,025	0,011	0,021	0,14	0,026	0,22	0,18	0,075	38,9
Bryrup Langsø	0,068	0,028	0,0062	0,013	0,072	0,034	0,26	0,21	0,12	32,3
Tystrup Sø	0,082	0,012	0,012	0,024	0,1	0,014	0,23	0,15	0,066	60,9
Bagsværd Sø	0,085	0,056	0,0055	0,026	0,15	0,13	0,52	0,43	0,26	39,2
Pensylvanien Sø	0,047	0,12	0,041	0,065	0,46	0,24	1,7	1,5	0,99	35
Viborg Søndersø	0,27	0,28	0,074	0,17	0,68	0,51	1,6	1,3	0,96	34,5
Median	0,025	0,011	0,0047	0,0092	0,053	0,014	0,12	0,1	0,033	
Minimum	0,0048	0,0038	0,0021	0,0034	0,0065	0,0051	0,023	0,018	0,0091	
Maximum	0,27	0,28	0,074	0,17	0,68	0,51	1,7	1,5	0,99	
PNEC	2,9 <sup>3</sup>	0,34 <sup>3</sup>	1,6 <sup>3</sup>	2,56 <sup>3</sup>	5 <sup>3</sup>	0,178 <sup>4</sup>	0,173 <sup>5</sup>	2,8 <sup>3</sup>	0,6 <sup>3</sup>	

Tabel 7.3 fortsat	Krysen	Benz(b+j+k)- fluoranthen	Benz(a)- pyren	Dibenz(a,h)- anthracen	Benzo(ghi)- perylene	Indeno- (123cd)pyren	1-methyl- naphthalen	2-methyl- naphthalen	Benzo(e)- pyren	Glødetab % af TS
Lund fjord	0,0097	0,085	0,01	0,004	0,013	0,019	<0,0020	<0,0020	0,0068	3
Nors Sø	0,025	0,092	0,029	0,014	0,04	0,052	<0,0020	0,0022	0,03	18,8
Arreskov Sø	0,025	0,097	0,026	0,019	0,055	0,076	0,0063	0,0063	0,031	37,6
Byn Sø	0,024	0,096	0,031	0,026	0,073	0,083	0,0048	0,0074	0,026	29
Maglesø	0,036	0,26	0,036	0,013	0,038	0,043	0,0034	0,005	0,038	10,9
Vomme Sø	0,036	0,82	0,045	0,038	0,13	0,15	0,0032	0,0052	0,032	29,5
Lemvig Sø	0,045	0,14	0,049	0,016	0,084	0,081	0,0035	0,0053	0,05	12,3
Søholm Sø	0,053	0,25	0,061	0,027	0,13	0,16	0,0044	0,0037	0,087	20,5
Hinge Sø	0,034	0,11	0,035	0,022	0,074	0,083	0,0087	0,012	0,035	16
Tuel Sø	0,037	0,13	0,069	0,024	0,078	0,09	0,0058	0,0091	0,045	18,9
Rosenlund Sø	0,063	0,22	0,065	0,034	0,11	0,14	0,0057	0,0082	0,072	22,6
Tebstrup Sø	0,052	0,16	0,068	0,027	0,083	0,09	0,0074	0,0049	0,056	13,7
Holm Sø	0,075	0,26	0,099	0,036	0,16	0,18	0,0053	0,006	0,1	12,8
Søby Sø	0,042	0,29	0,054	0,059	0,16	0,18	0,011	0,021	0,076	30,6
Søgård Sø	0,085	0,25	0,092	0,036	0,011	0,13	0,0055	0,0055	0,083	17,7
St. Søgård Sø	0,049	0,18	0,052	0,027	0,11	0,13	0,056	0,11	0,057	19,5
Vesterborg Sø	0,062	0,17	0,059	0,043	0,11	0,12	0,011	0,0067	0,061	22,4
Hornum Sø	0,21	1,8	0,097	0,12	0,39	0,52	0,014	0,018	0,13	35,8
Langå Sø	0,079	0,31	0,12	0,07	0,17	0,23	0,012	0,013	0,077	21,9
Gundsømagle Sø	0,089	0,28	0,095	0,085	0,21	0,29	0,15	0,014	0,072	38,9
Bryrup Langsø	0,11	0,36	0,2	0,087	0,33	0,36	0,015	0,022	0,17	32,3
Tystrup Sø	0,16	0,53	0,098	0,077	0,19	0,23	0,023	0,029	0,17	60,9
Bagsværd Sø	0,25	0,79	0,35	0,19	0,44	0,6	0,011	0,015	0,18	39,2
Pensylvanien Sø	0,88	2,1	0,99	0,49	1,4	1,8	0,02	0,034	0,62	35
Viborg Søndersø	0,83	2,2	0,85	0,48	1,5	1,9	0,085	0,12	0,61	34,5
Median	0,053	0,25	0,065	0,036	0,11	0,14	0,0087	0,00865	0,072	
Minimum	0,0097	0,085	0,01	0,004	0,011	0,019	0,0032	0,0022	0,0068	
Maximum	0,88	2,2	0,99	0,49	1,5	1,9	0,15	0,12	0,62	
PNEC	2,79 <sup>3</sup>	1,38 <sup>3</sup>	2,5 <sup>6</sup>	0,27 <sup>3</sup>	0,84 <sup>3</sup>	0,63 <sup>3</sup>	-	-	-	

Tabel 7.3 fortsat	Benz(a)fluoren	1-methylpyren	Perylen	Dimethyl naphthalener	Trimethyl naphthalener	Dibenzotiofen	3,6-dimethylphenanthren	2-methylphenanthren	Methylidibenzothiophener	Methylphenanthrener	Glødetab % af TS
Lund fjord	0,0035	<0,0020	0,0066	<0,020	<0,020	<0,0020	<0,020	<0,0020	<0,020	<0,020	3
Nors Sø	0,0085	0,0037	0,13	0,032	0,025	<0,0020	0,16	0,0044	<0,020	<0,020	18,8
Arreskov Sø	0,008	0,0035	0,027	0,24	0,073	<0,0020	0,039	0,0037	0,026	0,037	37,6
Byn Sø	0,0071	0,0032	0,092	0,028	0,041	<0,0020	0,041	0,0031	0,025	<0,020	29
Maglesø	0,0095	0,006	0,084	<0,020	0,031	0,0023	0,053	0,0048	<0,020	0,028	10,9
Vomme Sø	0,011	0,0038	0,064	0,63	0,074	<0,0020	0,072	<0,010	<0,020	<0,10	29,5
Lemvig Sø	0,012	0,0068	0,05	0,07	0,087	0,0027	0,093	0,0097	<0,020	0,05	12,3
Søholm Sø	0,017	0,0049	0,11	0,29	0,044	0,0025	0,052	0,0041	<0,020	0,055	20,5
Hinge Sø	0,014	0,0051	0,022	2,1	0,18	<0,0020	0,11	0,011	<0,020	0,11	16
Tuel Sø	0,016	0,005	0,059	0,91	0,29	0,0025	0,084	0,0048	<0,020	0,066	18,9
Rosenlund Sø	0,018	0,0077	0,21	0,061	0,081	0,0024	0,054	0,0073	<0,020	0,036	22,6
Tebstrup Sø	0,018	0,0073	0,033	0,5	0,097	<0,0020	0,068	0,0079	<0,020	0,072	13,7
Holm Sø	0,017	0,01	0,047	0,033	0,064	0,0035	0,067	0,00001	<0,020	0,043	12,8
Søby Sø	0,012	0,0046	0,17	0,065	0,12	0,0074	0,078	0,008	<0,040	0,033	30,6
Søgård Sø	0,027	0,011	0,15	0,035	0,078	0,0031	0,077	0,01	<0,020	0,047	17,7
St. Søgård Sø	0,017	0,0061	0,042	0,4	0,12	<0,0020	0,061	0,016	<0,020	0,068	19,5
Vesterborg Sø	0,018	0,009	0,029	1,3	0,3	0,0038	0,14	0,016	<0,020	0,2	22,4
Hornum Sø	0,063	0,011	0,67	0,15	0,077	0,0069	0,1	0,014	<0,020	0,097	35,8
Langå Sø	0,024	0,0094	0,072	1,7	0,25	0,014	0,21	0,0089	0,026	0,14	21,9
Gundsømagle Sø	0,025	0,0096	0,035	4,2	0,26	0,005	0,17	0,011	<0,020	0,22	38,9
Bryrup Langsø	0,033	0,015	0,42	0,11	0,14	0,0047	0,11	0,014	<0,020	0,099	32,3
Tystrup Sø	0,053	0,0096	1,4	0,68	0,16	0,01	0,14	0,013	<0,020	0,17	60,9
Bagsværd Sø	0,062	0,021	0,29	2	0,25	0,0092	0,32	0,019	<0,040	0,29	39,2
Pensylvanien Sø	0,3	0,15	0,29	2,8	0,36	0,033	1,1	0,1	<0,070	0,6	35
Viborg Sønderø	0,3	0,12	0,36	1,2	0,78	0,09	1,1	0,15	0,14	0,82	34,5
Median	0,017	0,0075	0,084	0,4	0,1085	0,0047	0,0885	0,0097	0,026	0,072	
Minimum	0,0035	0,0032	0,0066	0,028	0,025	0,0023	0,039	0,00001	0,025	0,028	
Maximum	0,3	0,15	1,4	4,2	0,78	0,09	1,1	0,15	0,14	0,82	
PNEC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

<sup>3</sup>[http://echa.europa.eu/doc/trd\\_substances/pitch\\_coal\\_tar\\_high\\_temp/rar/trd\\_rar\\_env\\_netherlands\\_pitch.pdf](http://echa.europa.eu/doc/trd_substances/pitch_coal_tar_high_temp/rar/trd_rar_env_netherlands_pitch.pdf)

<sup>4</sup>[http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working\\_groups/advisory\\_substances/eqs\\_fraunhofer\\_report/factsheets\\_finaldraft/antraceneeqsdatasheet2n/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working_groups/advisory_substances/eqs_fraunhofer_report/factsheets_finaldraft/antraceneeqsdatasheet2n/_EN_1.0_&a=d)

<sup>5</sup>[http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working\\_groups/advisory\\_substances/eqs\\_fraunhofer\\_report/factsheets\\_finaldraft/fluorantheneeqsdatasheet/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working_groups/advisory_substances/eqs_fraunhofer_report/factsheets_finaldraft/fluorantheneeqsdatasheet/_EN_1.0_&a=d)

<sup>6</sup>[http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working\\_groups/advisory\\_substances/eqs\\_fraunhofer\\_report/factsheets\\_finaldraft/eqsdatasheet2nddraftfebr/\\_EN\\_1.0\\_&a=d](http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working_groups/advisory_substances/eqs_fraunhofer_report/factsheets_finaldraft/eqsdatasheet2nddraftfebr/_EN_1.0_&a=d)

## 7.4 Blødgørere (phtalater, DEHA)

Tabel 7.4. Forekomst af blødgørere i søsediment. Alle stofkoncentrationer er angivet i mg/kg tørstof. Se endvidere tabeltekst til tabel 7.2.

	Diethyl-phthalat	Di-(2-ethylhexyl)-phthalat (DEHP)	Butylbenzyl-phthalat	Diisononyl-phthalater (DINP)	Di-n-octyl-phthalat	Dibutyl-phthalat	Glødetab % af TS
Lund fjord	<0,050	<0,050	<0,050	<1,0	<0,050	<0,050	3
Tystrup Sø	<0,10	0,15	<<0,1	2	<0,10	<0,10	12,8
Vomme Sø	<0,10	<0,10	<0,10	2,5	<0,10	<0,10	18,9
Hinge Sø	<0,10	<0,10	<0,10	2,5	<0,10	<0,10	18,8
Byn Sø	<0,10	0,22	<0,10	1,5	<0,10	<0,10	29
Nors Sø	<0,10	0,23	<0,10	1,3	<0,10	<0,10	29,5
Bryrup Langsø	<0,10	<0,20	<0,10	2,8	<0,10	<0,10	32,3
Hornum Sø	<0,10	0,12	0,45	<1,0	<0,10	<0,50	35,8
Søgård Sø	<0,10	0,13	<0,10	3,9	<0,10	<0,10	17,7
Tuel Sø	<0,10	0,16	<0,10	4,6	<0,10	<0,10	16
Vesterborg Sø	<0,10	0,17	<0,10	2,6	<0,10	<0,10	13,7
Rosenlund Sø	<0,050	0,3	<0,050	1,1	<0,050	<0,25	10,9
Tebstrup Sø	<0,10	0,17	<0,10	4,5	<0,10	<0,10	22,4
St. Søgård Sø	<0,10	0,23	<0,10	3,7	<0,10	<0,10	22,6
Søby Sø	<0,10	0,26	<0,10	4,5	<0,10	<0,10	30,6
Arreskov Sø	<0,10	0,32		2,4	<0,10	<0,10	37,6
Holm Sø	<0,10	0,3	<0,10	3,3	<0,10	<0,10	60,9
Pensylvanien Sø	<0,10	0,37	<0,10	1,4	<0,10	<0,10	35
Langå Sø	<0,10	0,39	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	38,9
Gundsømagle Sø	<0,10	0,4	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	21,9
Søholm Sø	<0,10	0,28	<0,10	5,1	<0,10	<0,10	19,5
Lemvig Sø	<0,10	0,43	<0,10	3,6	<0,10	<0,10	12,3
Møglesø	<0,10	0,3	0,1	2,9	<0,10	<0,10	20,5
Bagsværd Sø	<0,10	0,98	<0,10	1,9	<0,10	0,11	39,2
Viborg Søndersø	<0,10	2,2	<0,10	2,2	<0,10	0,32	34,5
Median	-	0,28	-	2,6	-	-	
Minimum		0,12	0,1	1,1		0,11	
Maximum		2,2	0,45	5,1		0,32	
PNEC		100	1,72 <sup>7</sup>	Risiko usandsylik <sup>8</sup>		3,1 <sup>9</sup>	

<sup>7</sup>[http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/SUMMARY/benzylbutylphthalatesum318.pdf](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/SUMMARY/benzylbutylphthalatesum318.pdf)

<sup>8</sup>[http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/SUMMARY/dinpsum046.pdf](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/documents/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/SUMMARY/dinpsum046.pdf)

<sup>9</sup><http://www.dbp-facts.com/upload/documents/document30.pdf>

## 7.5 Phenoler

Som det fremgår af tabel 7.4, blev octylphenol, nonylphenol og bisphenol A, som de eneste stoffer i gruppen af phenoler fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen. Det skal bemærkes, at der i Søholm og Holm Sø var for lidt materiale til at gennemføre analyse for nonylphenol. Bisphenol A er kun fundet i en af søerne. Nonylphenol er det stof, der blev fundet i de højeste koncentrationer (0,03-4,2 mg/kg). I 22 af søerne blev der fundet koncentrationer af dette stof, der ligger over den fundne PNEC værdi.

Tabel 7.5. Forekomst af phenoler i søsediment. Alle stofkoncentrationer er angivet i mg/kg tørstof. Se endvidere tabeltekst til tabel 7.2.

	Nonylphenol- monoethoxylat	Nonylphenol- diethoxylat	Octylphenol	Bisphenol A	Pentachlorphenol	Nonylphenol	Glødetab % af TS
Søholm Sø	<0,10	<0,10	for lidt mat.	<0,050	<0,010	for lidt mat.	19,5
Holm Sø	<0,10	<0,10	for lidt mat.	<0,050	<0,010	for lidt mat.	60,9
Tebstrup Sø	<0,10	<0,10	0,0032	<0,050	<0,020	0,03	22,4
Vesterborg Sø	<0,10	<0,10	0,003	<0,050	<0,020	0,11	13,7
Rosenlund Sø	<0,10	<0,10	<0,050	<0,050	<0,010	0,45	10,9
Vomme Sø	<0,10	<0,10	<0,0010	<0,050	<0,010	0,15	18,9
Lund Fjord	<0,10	<0,10	<0,0010	<0,050	<0,010	0,15	3
Hinge Sø	<0,10	<0,10	0,0042	<0,050	<0,020	0,073	18,8
Maglesø	<0,10	<0,10	0,0032	<0,050	<0,020	0,15	20,5
Tuel Sø	<0,10	<0,10	0,0038	<0,050	<0,020	0,18	16
Søgård Sø	<0,10	<0,10	0,0031	<0,050	<0,010	0,99	17,7
St. Søgård Sø	<0,10	<0,10	0,003	<0,050	<0,010	0,72	22,6
Tystrup Sø	<0,10	<0,10	0,088	<0,050	<0,020	0,079	12,8
Arreskov Sø	<0,10	<0,10	0,0049	<0,050	<0,010	0,39	37,6
Lemvig Sø	<0,10	<0,10	0,0037	<0,050	<0,020	0,57	12,3
Pensylvanien Sø	<0,10	<0,10	0,0075	<0,050	<0,020	0,29	35
Bagsværd Sø_	<0,10	<0,10	0,0041	<0,050	<0,020	0,64	39,2
Hornum Sø	<0,10	<0,10	0,0039	<0,050	<0,010	1,9	35,8
Nors Sø	<0,10	<0,10	0,0033	<0,050	<0,020	4,2	29,5
Gundsømagle Sø	<0,10	<0,10	0,016	<0,050	<0,020	0,67	21,9
Bryrup Langsø	<0,10	<0,10	0,0057	<0,050	<0,020	0,59	32,3
Langå Sø	<0,10	<0,10	0,0049	<0,050	<0,020	1,2	38,9
Søby Sø	<0,10	<0,10	0,0047	<0,050	<0,020	1,3	30,6
Viborg Søndersø	<0,10	<0,10	0,053	<0,050	<0,020	2,5	34,5
Byn Sø	<0,10	<0,10	0,0038	0,09	<0,020	1,3	29
Median	-	-	0,004	-	-	0,57	
Minimum			0,003	0,09		0,03	
Maximum			0,088	0,09		4,2	
PNEC				0,063 <sup>10</sup>		0,039 <sup>11</sup>	

<sup>10</sup>[http://tcsweb3.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/REPORT/bisphenolareport325.pdf](http://tcsweb3.jrc.it/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/bisphenolareport325.pdf)

<sup>11</sup>[http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb\\_archive/eusoils\\_docs/other/EUR22265\\_1.pdf](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eusoils_docs/other/EUR22265_1.pdf)

Octylphenol blev fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen i 20 af søerne (0,003-0,088 mg/kg); i Søholm og Holm Sø var der for lidt materiale til at gennemføre analyse for dette stof. Der er ikke fundet PNEC-værdier for dette stof.

Bisphenol A er kun fundet i Byn Sø. Koncentrationen var en smule over den fundne PNEC-værdi for stoffet.

Totalt set vurderes Viborg Søndersø og Byn Sø til at være de mest belastede søer med hensyn til phenoler. I Byn Sø blev alle tre phenoler påvist og i Viborg Søndersø blev to af stofferne fundet i koncentrationer  $\geq$  3. kvartil. Dog blev der i Tystrup Sø fundet den største koncentration af octylphenol og i Nors Sø maksimal koncentration af nonylphenol. Viborg Søndersø og Byn Sø blev der dog også fundet relativt høje koncentrationer af dette stof.

## 7.6 Chlorerede kulbrinter

Tabel 7.6 Forekomst af Chlorerede kulbrinter i søsediment. Alle stofkoncentrationer er angivet i mg/kg tørstof. Se endvidere tabeltekst til tabel 7.2.

	Pentaklorbenzen	Hexaklorbenzen	Hexachlorbutadien	Glødetab % af TS
Lund Fjord	<0,010	<0,010	<0,010	3
Bagsværd Sø	<0,0010	<0,0010	<0,010	39,2
Langå Sø	<0,0010	<0,0010	<0,010	38,9
Nors Sø	<0,0010	<0,0010	<0,010	29,5
Søby Sø	<0,0010	<0,0010	<0,010	30,6
Arreskov Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	37,6
Byn Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	29
Gundsømagle Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	21,9
Hinge Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	18,8
Holm Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	60,9
Hornum Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	35,8
Maglesø	<0,0005	<0,0005	<0,010	20,5
Pensylvanien Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	35
Rosenlund Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	10,9
St. Søgård Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	22,6
Søgård Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	17,7
Søholm Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	19,5
Tuel Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	16
Tystrup Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	12,8
Vesterborg Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	13,7
Vomme Sø	<0,0005	<0,0005	<0,010	18,9
Bryrup Langsø	For lidt mat.	For lidt mat.	For lidt mat.	32,3
Viborg Søndersø	<0,0010	0,0014	<0,010	34,5
Tebstrup Sø	<0,0005	0,92	<0,010	22,4
Lemvig Sø	<0,50	1,4	<10	12,3
Median	-	-	-	
Minimum	-	0,92	-	
Maximum	-	1,4	-	
PNEC	-	0,169 <sup>12</sup>	-	

<sup>12</sup>[http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?!=working\\_groups/advisory\\_substance\\_s/eqs\\_fraunhofer\\_report/factsheets\\_finaldraft/hxchlbenzeneeqsdatasheet/ EN 1.0 &a=d](http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?!=working_groups/advisory_substance_s/eqs_fraunhofer_report/factsheets_finaldraft/hxchlbenzeneeqsdatasheet/ EN 1.0 &a=d)

Det eneste stof blandt de chlorerede kulbrinter, der blev fundet over detektionsgrænsen er hexaklorbenzen, som blev fundet i Tebstrup Sø og Lemvig Sø i koncentrationer på henholdsvis 0,92 og 1,4 mg/kg. Begge disse koncentrationer overstiger den fundne PNEC værdi.

## 7.7 Organotinforbindelser

Af organotinforbindelserne er monobutyltin, dibutyltin og tributyltin fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen i henholdsvis 21, 19 og 16 af søerne. Dioctyltin og triphenyltin er hver fundet i en sø (henholdsvis 1,4 og 1,2 µg/kg), og i begge tilfælde i koncentrationer tæt på detektionsgrænsen.

Tabel 7.7. Forekomst af organotinforbindelser i søsediment. Alle stofkoncentrationer er angivet i µg/kg tørstof. Se endvidere tabeltekst til tabel 7.2.

	mono-butyltin	dibutyltin	tributyltin	tetra-butyltin	mono-octyltin	diocetyltn	tricyklo-hexyltin	mono-phenyltin	diphenyltin	triphenyltin	Glødetab % af TS
Byn Sø	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	29
Hinge Sø	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	18,8
Lemvig Sø	1,3	1,2	1,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	12,3
Vesterborg Sø	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	13,7
Langå Sø	1,9	1,5	1,5	<1,0	<1,0	<2,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	38,9
Lund Fjord	0	2,38	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	3
Tebstrup Sø	2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	22,4
Vomme Sø	1	<1,0	2	For lidt mat.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	18,9
Søby Sø	3	1,6	1	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	30,6
Tuel Sø	1,5	2,3	2,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	16
Tystrup Sø	3,4	1,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	12,8
Arreskov Sø	2,7	1,2	3,3	For lidt mat.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	37,6
Holm Sø	3,8	3,8	<1,0	For lidt mat.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	60,9
Maglesø	2,8	5,6	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	20,5
Søgård Sø	1,6	4,1	1,8	For lidt mat.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,0	<1,0	17,7
Søholm Sø	2,3	<1,0	3	For lidt mat.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	19,5
Hornum Sø	4,6	5,36	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	35,8
St. Søgård Sø	2,3	13	1,8	For lidt mat.	<1,0	1,4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	22,6
Bryrup Langsø	5,9	3,2	5,9	<1,0	<1,0	<2,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	32,3
Gundsømagle Sø	5	7,4	11	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	21,9
Nors Sø	40	34,1	6,47	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	0	<1,00	<1,00	29,5
Viborg Søndersø	4,9	11	11	<1,0	<1,0	<2,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	34,5
Bagsværd Sø	9,7	21	37	<1,0	<1,0	<2,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	39,2
Pensylvanien Sø	18	14	34	For lidt mat.	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,0	1,2	35
Rosenlund Sø	11,6	15,9	13,3	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	10,9
Median	2,9	4,1	3,15	-	-	-	-	-	-	-	
Minimum	1	1,2	1	-	-	1,4	-	-	-	1,2	
Maximum	40	34,1	37	-	-	1,4	-	-	-	1,2	
PNEC			0,0023 <sup>13</sup>								

<sup>12</sup>[http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working\\_groups/advisory\\_substances/eqs\\_fraunhofer\\_report/eqs\\_sheets\\_annex/tributyltin\\_eqs/ EN 1.0 &a=d](http://circa.europa.eu/Members/irc/env/wfd/library?l=working_groups/advisory_substances/eqs_fraunhofer_report/eqs_sheets_annex/tributyltin_eqs/EN_1.0_&a=d)



Mono- di- og tributyltin blev fundet på samme koncentrationsniveau (minimumsværdier 1-1,2 µg/kg og maksimumsværdier 34-40 µg/l). er De højeste koncentrationer af både mono- og dibutyltin blev fundet i Nors Sø, mens den højeste koncentration af tributyltin blev fundet Bagsværd Sø. Udover disse søer blev der også i Pensylvanien Sø, Rosenlund Sø, Viborg Sønder Sø, Gundsømagle Sø, Bryrup Langsø og St. Søgård Sø fundet relativt høje koncentrationer af en til flere af de tre organotinforbindelser.

De fundne koncentrationer af tributyltin var højere end den fundne PNEC værdi i alle de søer, hvor stoffet blev fundet over detektionsgrænsen, i mange tilfælde med en faktor 1000 og i Bagsværd Sø og Pensylvanien Sø mere end 10000 gange.

## 7.8 Bromerede flammehæmmere

Der blev kun påvist bromerede flammehæmmere i en af de 25 undersøgte søer, Tuel Sø, og kun af stofferne BDE47, BDE99 og BDE100. Der er ikke fundet PNEC værdier, og stofgruppen behandles derfor ikke yderligere.

Tabel 7.8. Forekomst af Bromerede flammehæmmere i søsediment. Koncentrationer af de fundne stoffer, BDE47, BDE99 og BDE100 er angivet i µg/kg tørstof. Se endvidere tabeltekst til tabel 7.1.

	BDE 47	BDE 99	BDE 100	BDE 154	BDE 153	BDE 209	Glødetab % af TS
Arreskov Sø	<0,20	<0,20	<0,20	<0,50	<0,50	<5,0	37,6
Bagsværd Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<50	39,2
Bryrup Langsø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<50	32,3
Byn Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<100	29
Gundsømagle Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<100	21,9
Hinge Sø	<0,30	<0,30	<0,30	<0,50	<0,50	<2,0	18,8
Holm Sø	<0,20	<0,20	<0,20	<0,50	<0,50	<5,0	60,9
Hornum Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0	<10	35,8
Langå Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<50	38,9
Lemvig Sø	<0,30	<0,30	<0,30	<0,50	<0,50	<2,0	12,3
Lund Fjord	<0,50	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0	<10	3
Maglesø	<0,30	<0,30	<0,30	<0,50	<0,50	<2,0	20,5
Nors Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<50	29,5
Pensylvanien Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<50	35
Rosenlund Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0	<10	10,9
St. Søgård Sø	<0,20	<0,20	<0,20	<0,50	<0,50	<5,0	22,6
Søby Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<50	30,6
Søgård Sø	<0,20	<0,20	<0,20	<0,50	<0,50	<5,0	17,7
Søholm Sø	<0,20	<0,20	<0,20	<0,50	<0,50	<5,0	19,5
Sønder Sø	<0,50	<0,50	<0,50	<2,0	<2,0	<100	34,5
Tebstrup Sø	<0,30	<0,30	<0,30	<0,50	<0,50	<2,0	22,4
Tystrup Sø	<0,30	<0,30	<0,30	<0,50	<0,50	<2,0	12,8
Vesterborg Sø	<0,30	<0,30	<0,30	<0,50	<0,50	<2,0	13,7
Vomme Sø	<0,20	<0,20	<0,20	<0,50	<0,50	<5,0	18,9
Tuel Sø	0,72	1,9	0,57	<0,50	<0,50	<2,0	16

## 7.9 Perflourerede forbindelser

Ingen af de undersøgte perflourerede forbindelser blev fundet i koncentrationer, der overstiger detektionsgrænsen og behandles derfor ikke nærmere. Det skal dog bemærkes, at der for mange af søerne var for lidt sediment til at gennemføre analyse.

Tabel 7.9. Oversigt over de analyserede perflourerede forbindelser i søsediment. Ingen af stofferne blev fundet i koncentrationer, der overstiger detektionsgrænsen. \*Ikke tilstrækkeligt materiale

	PFOS	PFOSA	PFHxS	PFOA	PFNA	PFDA	PFDUnA	Glødetab % af TS
Arreskov Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	37,6
Bagsværd Sø	*	*	*	*	*	*	*	39,2
Bryrup Langsø	*	*	*	*	*	*	*	32,3
Byn Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	29
Gundsømagle Sø	*	*	*	*	*	*	*	21,9
Hinge Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	18,8
Holm Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	60,9
Hornum Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	35,8
Langå Sø	*	*	*	*	*	*	*	38,9
Lemvig Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	12,3
Lund Fjord	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	3
Maglesø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	20,5
Nors Sø	*	*	*	*	*	*	*	29,5
Pensylvanien Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	35
Rosenlund Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	10,9
St. Søgård Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	22,6
Søby Sø	*	*	*	*	*	*	*	30,6
Søgård Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	17,7
Søholm Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	19,5
Sønder Sø	*	*	*	*	*	*	*	34,5
Tebstrup Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	22,4
Tuel Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	16
Tystrup Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	12,8
Vesterborg Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	13,7
Vomme Sø	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	18,9

## 7.10 Samlet vurdering

I alle de undersøgte søer blev der fundet miljøfremmede stoffer og tungmetaller i sedimentet. En del af stofferne blev fundet over litteraturværdier for PEC eller PNEC. Det betyder, at det ikke kan udelukkes at stofferne kan have en effekt i søerne.

Ved en sammenligning af de enkelte søer er det tydeligt, at nogle søer skiller sig ud. I Viborg Sønder sø blev adskillige af de undersøgte stoffer blandt både tungmetallerne, PAH'erne og phenolerne fundet i de højeste koncentrationer. Byn Sø indenfor tungmetallerne, Pensylvanien indenfor PAH'erne og Nors Sø indenfor organotinforbindelserne. I sedimentet fra Nors Sø blev der fundet påfaldende høje koncentrationer af mono- og dibutyltin, mens der i Bagsværd Sø blev fundet den højeste koncentration af tributyltin.

## 8 Klima og afstrømning

Variationer i de klimatiske forhold og afstrømning kan både direkte og indirekte influere på søernes miljøtilstand. I nedbørsrige år med stor afstrømning vil der generelt være en større tilførsel af næringsstoffer fra dyrkede og udyrkede arealer til søerne – specielt af kvælstof. Vandets opholdstid vil til gengæld være kort, og derfor vil der være tendens til, at stoftilbageholdelsen i søerne i procent af tilførslen vil være relativt mindre end i et "tørt" år. Temperaturen påvirker direkte en række processer i søerne, og forskelle i temperaturniveauet og sæsonforløbet kan derfor være en medvirkende årsag til forskelle i den generelle miljøtilstand mellem de enkelte år. Også de øvrige klimatiske faktorer påvirker alle, i højere eller mindre grad, søernes tilstand og udvikling. Kendskab til variationer i de klimatiske forhold er således nødvendig, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes.

Klimadata er tilvejebragt via DMI's GRID-data (<http://novana.dmi.dk/novana>). Data for temperatur og vindforhold er således baseret på data fra kvadrater på 20x20 km, de såkaldte Grid værdier, mens månedsnedbøren er baseret på 10x10 km Grid. For alle parametre er Grid 'klippet' med kystlinjen og derefter beregnet for arealet inden for kystlinjen. Det bemærkes, at de anvendte nedbørsværdier ikke er korrigeret for faktorer, som har indflydelse på de faktiske værdier. Disse faktorer er højde over terrænet, vind og wetting (vanddråber, der afsættes på regnmålerens sider, hvorfra de fordampes uden at blive registreret). Måneddata for nedbør og potentiel fordampning anvendes i beregningen af næringsstofbalancer for 13 intensive søer (kapitel 3.8). For datagrundlag og beregningsmetoder af ferskvandsafstrømningen henvises til Wiberg-Larsen et al., 2010).

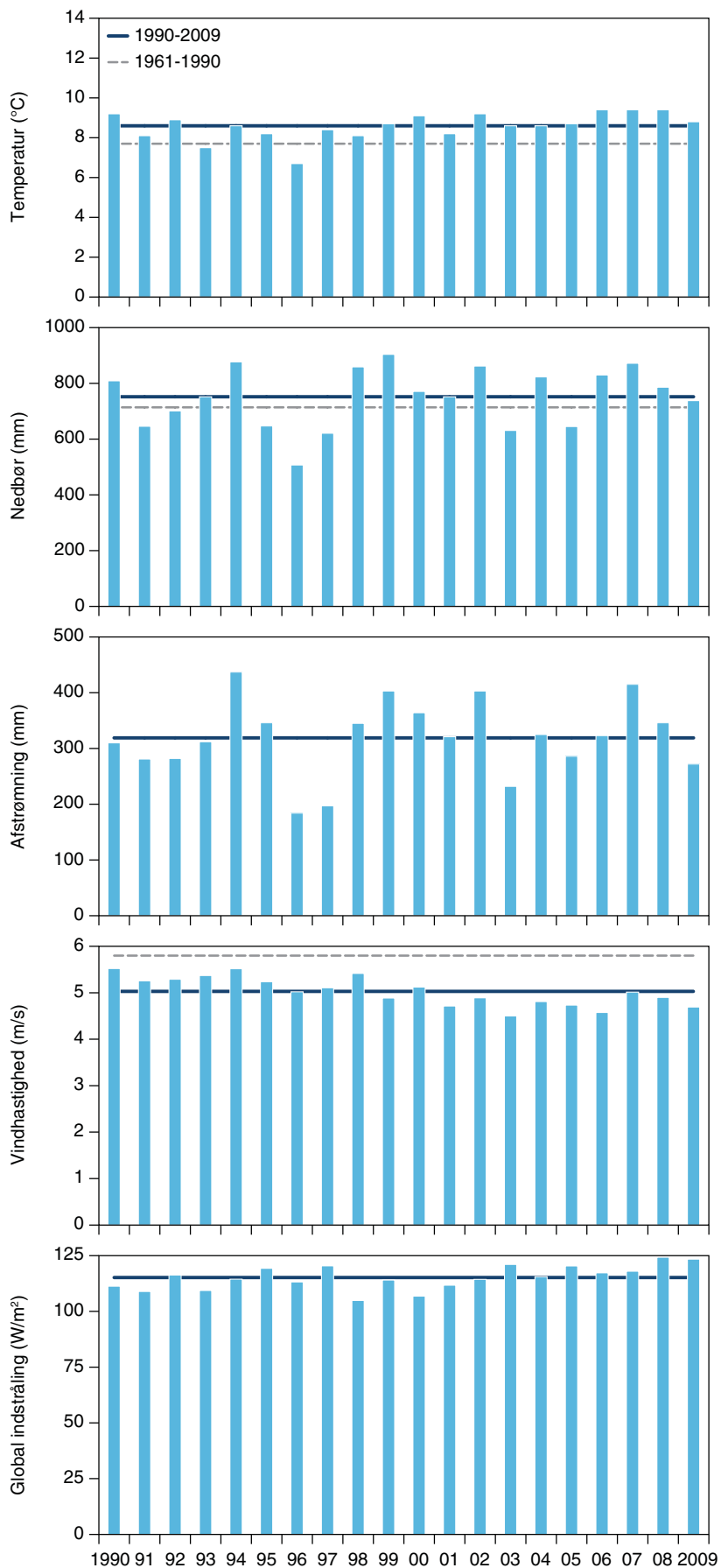
Her gives der en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2009 sammenlignet med overvågningsperioden 1990-2009 samt "normalperioden", som er defineret som årene 1961-1990.

### 8.1 Temperatur og global indstråling

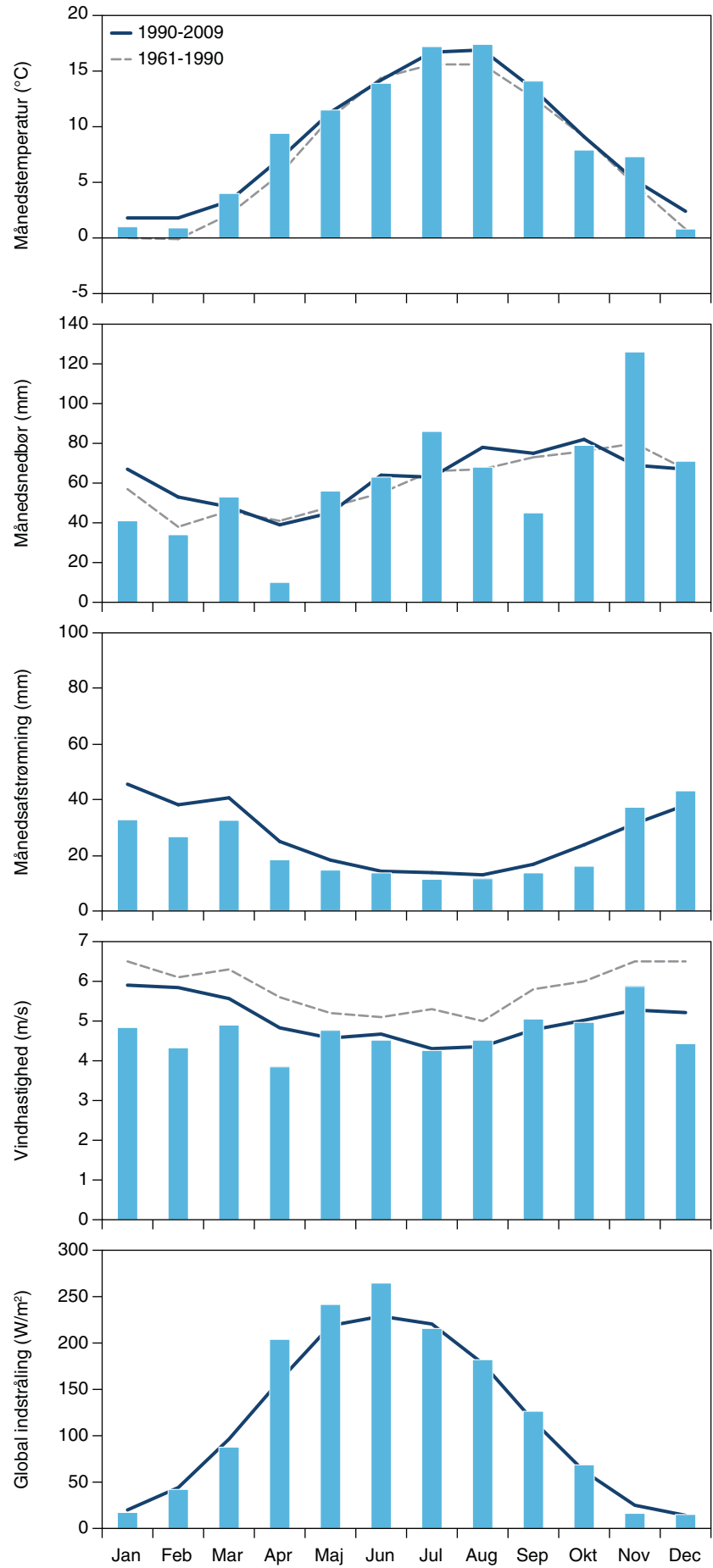
Vejret i 2009 var som helhed betydeligt varmere end normalen for perioden 1961-1990 (figur 8.1). Specielt varmere end normalt var månederne april og november (figur 8.2). Også i forhold til gennemsnittet for perioden 1990-2009 var disse måneder relativt varme, mens januar, februar og december var koldere. Gennemsnitstemperaturen var i 2009 8,8°C og dermed godt en grad varmere end normalen for perioden 1961-1990, men dog kun en anelse højere end gennemsnittet for perioden med det Nationale Overvågningsprogram af Vandmiljøet (1990-2009).

Den globale indstråling i 2009 repræsenterer den næsthøjeste værdi registreret i perioden 1990-2009 (figur 8.1). Det høje årsgennemsnit skyldes høj indstråling i forsommeren sammenlignet med normalen for perioden 1990-2009 (figur 8.2).

Figur 8.1. Årsværdier for temperatur, nedbør, ferskvandsafstrømning, vindhastighed og global indstråling for Danmark 1990-2009. Desuden er gennemsnit for perioderne 1961-1990 (dog ikke for ferskvandsafstrømning og global indstråling) og 1990-2009 indlagt.

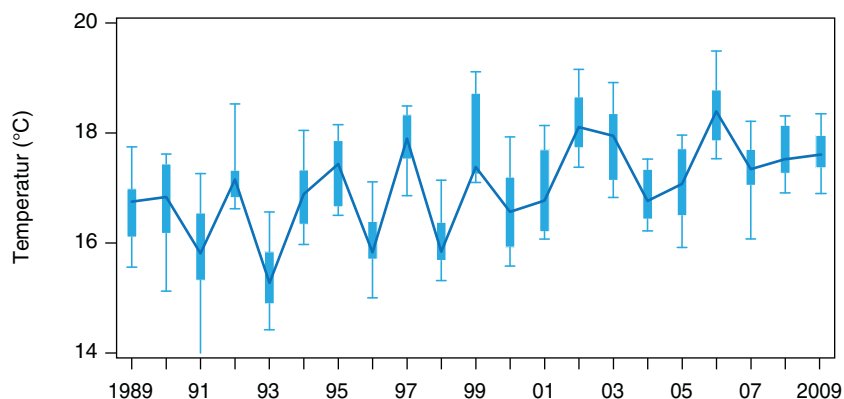


Figur 8.2. Månedsværdier for temperatur, nedbør, ferskvandsafstrømning, vindhastighed og global indstråling i 2009 samt gennemsnit for perioden 1961-1990 og 1990-2009 (førstnævnte dog ikke for global indstråling og ferskvandsafstrømningen). Data fra hele Danmark.



Vandtemperatureren i søerne responderer på den aktuelle lufttemperatur og indstrålingsforholdet. Vandtemperaturen i sommermånederne i overvågningssøerne i 2009 var relativt høj (figur 8.3), trods lufttemperaturer svarende til gennemsnitstemperaturen for 1990-2009 i sommermånederne. Derimod var den globale indstråling relativt høj i april-juni (figur 8.2). År til år variationer i lufttemperaturen er udtalte i udviklingen i vandtemperaturen i søerne. De lavere gennemsnitstemperaturer i overfladevandet i eksempelvis 2004 og 2005 vurderes således at være et resultat af relativt kolde sommer måneder i de pågældende år (Lauridsen et al., 2005).

Figur 8.3. Gennemsnit af vandtemperatur i overfladevandet i de 19 overvågningssøer for sommerperioden for de enkelte år fra 1989 til 2009.



## 8.2 Nedbør

I 2009 var den gennemsnitlige nedbør for hele landet 732 mm og dermed lidt mindre end gennemsnittet for 1990-2009 (750 mm), men lidt højere end gennemsnittet på 714 mm for normalperioden 1961-1990 (figur 8.1). Nedbørsmængden i november 2009 var specielt stor (figur 8.2). Det bemærkes også, at nedbøren i årets første måneder (især april) var noget mindre end gennemsnittet for såvel 1961-1990 som 1990-2009. På trods af store variationer fra år til år har der været en signifikant stigende nedbør for perioden 1917-2000 (Bøgestrand et al., 2003). Denne tendens er altså overordnet set fortsat i 2009.

## 8.3 Afstrømning

Den arealspecifikke ferskvandsafstrømning i 2009 var på 272 mm. Afstrømningen var dermed hele 22 % mindre end i det foregående år. Ferskvandsafstrømningen i 2009 var også 15 % mindre end gennemsnittet for 1990-2009 (319 mm) (figur 8.1). Fra januar til og med oktober var ferskvandsafstrømningen meget mindre end gennemsnittet for 1990-2009 (figur 8.2). Den megen nedbør i november medførte dog, at ferskvandsafstrømningen i resten af året blev lidt højere end normalt.

Afstrømningsforholdene udviser normalt, ligesom nedbøren, en stor geografisk variation, hvilket også var tilfældet i 2009. I det vestlige Danmark var afstrømningen i 2009 således på 250-400 mm, mens afstrømningen i det østlige Danmark typisk 'kun' var omkring 100-200 mm. Dog var afstrømningen til Lillebælt på 300 mm.

## 8.4 Vindforhold

Den gennemsnitlige årlige vindhastighed for hele Danmark var i 2009 på 4,7 m/s og dermed mindre end gennemsnittet for perioden 1961-1990 (5,8 m/s) samt 1990-2009 (5,0 m/s) (figur 8.1).

Især først på året og i december blæste det mindre end normalt (figur 8.2). I den øvrige del af året var vindhastigheden som normalt for perioden 1990-2009. Vindhastigheden i 2009 fortsatte dermed den tendens, der har været i de senere år, imod mere rolige vindforhold gennemsnitligt set.

## 9 Referencer

*Bøgestrand, J. (Red.) (2003): Vandløb 2002, NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig Rapport fra DMU nr. 470.*

*Gonzales Sagrario, M.A., Jeppesen, E., Goma, J., Søndergaard, M., Jensen, J.P., Lauridsen, T.L. & Landkildehus, F. (2005): Does high nitrogen loading prevent clearwater conditions in shallow lakes at moderately high phosphorus concentrations? Freshwater Biology 50: 27-41.*

*Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L., Liboriussen, L., Landkildehus, F., & Sortkjær, L., (2004): Søer 2003. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 88 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 515. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>*

*Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. (2002): Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. 195 s. – Faglig rapport fra DMU, nr. 426. <http://www.dmu.dk/Overvågning/NOVA-revision>.*

*Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., Søndergård, M., Jeppesen, E., Strzelczak, A. & Sortkjær, L. (2005): Søer 2004. NOVANA. Danmarks Miljøundersøgelser. 66s. – Faglig rapport fra DMU nr. 553. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>*

*Macdonald, D.D., Ingersoll, C.G. & Berger, T.A. (2000): Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 29: 20-31.*

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

*Søndergaard, M., Jeppesen, E & Jensen, J.P. (1999): Danske søer og deres restaurering. Danmarks Miljøundersøgelser. 34 s. Temarapport fra DMU nr. 24.*

*Søndergaard, M., Jensen, J.P. & Jeppesen, E. (2002): Små søer og vandhuller. Skov og Naturstyrelsen, 104 s.*

*Søndergaard, M., Jensen, J.P., Liboriussen, L. & Nielsen, K. (2003): Danske søer – fosfortilførsel og opfyldelse af målsætninger. VMP III, Fase II. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU 480: 37 s. (elektronisk).*

*Søndergaard, M., Jeppesen, E. & Jensen, J.P. (2005): Pond or lake: does it make any difference? - Archiv für Hydrobiologie 162(2): 143-165*

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



*Ærtebjerg, G. & Andersen, J.H. (red.), Bendtsen, J., Carstensen, J., Christiansen, T., Dahl, K., Dahllöf, I., Ellermann, T., Fossing, H., Greve, T.M., Gustafsson, K., Hansen, J.L.S., Henriksen, P., Josefson, A.B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M, Markager, S., Nielsen, T.G., Ovesen, N.B., Petersen, J.K., Riemann, B., Risgaard-Petersen, N., Ambelas Skjøth, C., Stedmon, C., Strand, J., Nielsen, S.P., Jensen, J.B & Madsen, H.B. (2004): Marine områder 2003 – Miljøtilstand og udvikling. 97 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 513. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>.*

## **DMU Danmarks Miljøundersøgelser**

Danmarks Miljøundersøgelser er en del af Aarhus Universitet. På DMU's hjemmeside [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk) finder du beskrivelser af DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter.

DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø. Her kan du også finde en database over alle publikationer som DMU's medarbejdere har publiceret, dvs. videnskabelige artikler, rapporter, konferencebidrag og populærfaglige artikler.

Yderligere information: [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 4630 1200  
Fax: 4630 1114

Administration  
Afdeling for Arktisk Miljø  
Afdeling for Atmosfærisk Miljø  
Afdeling for Marin Økologi  
Afdeling for Miljøkemi og Mikrobiologi  
Afdeling for Systemanalyse

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejløvej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 8920 1400  
Fax: 8920 1414

Afdeling for Ferskvandsøkologi  
Afdeling for Terrestrisk Økologi

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 14, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 8920 1700  
Fax: 8920 1514

Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

## Faglige rapporter fra DMU

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

Nr./No.	2010
789	Forekomst og regulering af fritlevende mink i Danmark i jagtsæsonen 2007/08. Af Asferg, T. 28 s.
788	Forekomst af antikoagulante rodenticider i danske rovfugle, ugler og små rovpattedyr. En basisundersøgelse. Af Christensen, T.K., Elmeros, M. & Lassen, P. 84 s.
787	Effekter af øgede kvælstoftilførsler på miljøet i danske fjorde. Af Markager, S., Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Windolf, J. & Timmermann, K. 54 s.
786	Emissions from decentralised CHP plants 2007 – Energinet.dk Environmental project no. 07/1882. Project report 5 – Emission factors and emission inventory for decentralised CHP production. By Nielsen, M., Nielsen, O.-K. & Thomsen, M. 113 pp.
785	Guidelines to environmental impact assessment of seismic activities in Greenland waters. 2nd edition. By Boertmann, D., Tougaard, J., Johansen, K. & Mosbech, A. 42 pp.
784	Denmark's National Inventory Report 2010. Emission Inventories 1990-2008 – Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. By Nielsen, O.-K., Lyck, E., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Gyldenkærne, S., Winther, M., Nielsen, M., Fauser, P., Thomsen, M., Plejdrup, M.S., Albrektsen, R., Hjelgaard, K., Johannsen, V.K., Vesterdal, L., Rasmussen, E., Arfaoui, K. & Baunbæk, L. 1178 pp.
783	Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner. Af Andersen, M.S. 33 s.
782	Screening for kloralkaner i sediment. Relevans for NOVANA. Af Larsen, M.M., Hjorth, M. & Sortkjær, O. 22 s.
781	Emissionskortlægning for decentral kraftvarme 2007 – Energinet.dk miljøprojekt nr. 07/1882. Delrapport 5 Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme, 2006. Af Nielsen, M., Nielsen, O.-K. & Thomsen, M. 105 s.
780	Heavy Metal Emissions for Danish Road Transport. By Winther, M. & Slentø, E. 99 pp.
779	Brændefyrings bidrag til luftforurening. Nogle resultater fra projektet WOODUSE. Af Olesen, H.R., Wählin, P. & Illerup, J.B. 71 s.
778	Ynglefugle i Tøndermarsken og Margrethe Kog 1975-2009. En analyse af udviklingen i fuglenes antal og fordeling med anbefalinger til forvaltningstiltag. Af Clausen, P. & Kahlert, J. (red.) 206 s.
777	Air pollution from residential wood combustion in a Danish village. Measuring campaign and analysis of results. By Wählin, P., Olesen, H.R., Bossi, R. & Stubkjær, J. 49 pp.
776	Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2008. By Nielsen, O.-K., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Hoffmann, L., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Fauser, P., Plejdrup, M.S., Albrektsen, R. & Hjelgaard, K. 565 pp.
775	Environmental monitoring at the former lead-zinc mine in Maarmorilik, Northwest Greenland, in 2009. By Johansen, P., Asmund, G., Rigét, F., Johansen, K. & Schledermand, H. 32 pp.
774	Kvælstofbelastningen ved udvalgte terrestriske habitatområder i Sønderborg kommune. Af Frohn, L. M., Skjøth, C. A., Becker, T., Geels, C. & Hertel, O. 30 s.
773	Geese, seabirds and mammals in North and Northeast Greenland. Aerial surveys in summer 2009. By Boertmann, D. & Nielsen, R.D. 66 pp.
772	Environmental monitoring at the Nalunaq Gold Mine, South Greenland, 2009. By Glahder, C.M., Asmund, G. & Riget, F. 32 pp.
771	OMLHighway within the framework of SELMAGIS. Final Report. By Jensen, S.S., Becker, T., Ketznel, M., Løfstrøm, P., Olesen, H.R. & Lorentz, H. 26 pp.
770	Road pricing, luftforurening og eksternalitetsomkostninger. Af Jensen, S.S., Ketznel, M. & Andersen, M.S. 48 s.

## SØER 2009

NOVANA

Rapporten giver en status for den nationale søovervågning i 2009 og beskriver udviklingen i udvalgte indikatorer siden overvågningsprogrammets start i 1989. Miljøtilstanden er generelt forbedret siden 1989. Forbedringerne kan tydeligst ses i de vandkemiske indikatorer, men også flere biologiske indikatorer viser tendenser til forbedringer i miljøtilstanden.